Zu Einsteins Elektrodynamik bewegter Körper

Mathias Hüfner 2021

Massen sind ungezählte Mengen, Kräfte dagegen werden durch elektrische Ladungen verursacht. Dieser Umstand wird oft vergessen, obwohl die Physik zwischen Gramm und Newton unterscheidet. Schwere und Trägheit sind folglich gerichtete Kräfte und korrespondieren mit der Masse der Ladungen. Gravitation wird durch im Atom gebundene Ladung verursacht, während die Ionisation Ladungen freisetzt und zwischen diesen elektromagnetische Kräfte induziert.

„*Dass die Elektrodynamik Maxwells – wie dieselbe gegenwärtig aufgefasst zu werden pflegt – in ihrer Anwendung auf bewegte Körper zu Asymmetrien führt, welche den Phänomenen nicht anzuhaften scheinen – ist bekannt.*“ so begann Albert Einstein seinen folgenschweren Aufsatz von 1905.

Was für eine manipulatorische Behauptung! – Auf welcher Statistik beruht diese Aussage und warum soll eine Dynamik überhaupt symmetrisch sein? Mit Verlaub, Einstein hatte offensichtlich die Elektrodynamik nicht verstanden, weder die auf der Wirbeltheorie basierende von James Clerk Maxwell, noch die diskrete von Wilhelm Weber. Nein, er bezieht sich hier auf keine dieser Arbeiten, was durchaus ungewöhnlich in der Wissenschaft ist, oder wollte er vielleicht wissentlich seine Leser in die Irre führen?

Allerdings findet man schon 30 Jahre früher bei Friedrich Zöllner Überlegungen zu einer vierdimensionalen Welt[1], die er in Zusammenhang mit einer Spiegelsymmetrie dreidimensionaler Körper sah, die ihm im Zuge der Aufklärung im 19. Jahrhundert den Ruf einbrachten, dass er an einer Geisteskrankheit leide. Vielleicht ist der Satz in dem Brief an Ehrenfest vom 4. Februar, 1917: “*Ich habe wieder etwas verbrochen in der Gravitationstheorie, was mich ein wenig in Gefahr bringt, in ein Tollhaus interniert zu werden.*” eine Anspielung auf das Verhalten der Öffentlichkeit auf Zöllners Idee vom vierdimensionalen Raum. Albert Einstein jedoch wurde im 20. Jahrhundert, dem Zeitalter des Modernismus und der Gegenreformation zur Aufklärung des 19. Jahrhunderts, ausgelöst durch einen innerkirchlichen Streit um die Enzyklika Papst Pius X, für Ideen zu einer mit dem Glauben harmonierenden Physik gefeiert. Nun muss man Einstein zu Gute halten, dass man in Physiker-Kreisen zu seiner Zeit noch in geschlossenen Systemen dachte und die Thermodynamik mit ihrer Asymmetrie als überaus störend empfand. Aber Thermodynamik ist Elektrodynamik im Mikrowellenbereich. Jeder Haushalt besitzt heute eine Mikrowelle. Es wundert mich, dass dieser Zusammenhang in der akademischen Welt noch nicht angekommen ist.

Ich habe mich auch gefragt, warum Einsteins Arbeit von 1905, deren Ansinnen so absurd ist, einen so tiefen und nachhaltigen Eindruck auf die Menschen hinterlassen hat, dass er bis heute nachwirkt. War es die Mystik, die aus der Lorentztransformation folgte oder war es der religiöse Wunderglaube

1 F. Zöllner *An Wilhelm Weber S. LXXIX in Prinzipien einer elektrodynamischen Theorie der Materie* Bd.I Verlag Wilhelm Engelmann Leipzig 1876 https://books.google.de/books?id=1tEEAAAAYAAJ&printsec=frontcover&source=gbs_book_other_versions_r&redir_esc=y#v=snippet&q=%20Dimensionen&f=false

an ein gottbegnadetes Genie, das nach dem Gebot aus der Enzyklika Pascendi Dominici gregis §58 von 1907 durch die Medien lanciert in der Folge aufgebaut wurde? Jedenfalls betrachtete Einstein die Elektrodynamik durch die Brille der projektiven Lorentztransformation statisch. Die Folge sind Verzerrungen, da Winkel und Längen bei dieser Transformation nicht erhalten bleiben. Den gleichen Effekt haben wir, wenn wir einen Kubus in eine Ebene abbilden. Wenn jemand eine perspektivische Abbildung betrachtet, kommt niemand auf die Idee, dass entfernte Gegenstände nur auf Grund ihrer Entfernung objektiv kleiner seien. Jedem ist klar, dass wenn er seinen Standpunkt in Richtung Horizont wechselt und zurück schaut, dass sich dann die Verhältnisse umkehren. Das Zwillingsparadoxon als Ergebnis der Zeitdilatation wollen angeblich aber nicht einmal Physiker durchschauen. Es hat zumindest mit einem Science-Fiction-Film „*Der Planet der Affen*“ 1968 für brisante Unterhaltung gesorgt, in dem ihre Macher der US-Gesellschaft schonungslos den Spiegel vorhalten konnten.

Die Helix der Dynamik

Jede Dynamik hat ihre Ursache in einer Potentialdifferenz. Sie erzeugt eine Kraft durch die Ladungen beschleunigt werden. Ladungen tragen gewöhnlich Protonen und Elektronen, deren Mengen unzählbar sind. Deshalb kann man gebundene Ladungsträger als wägbare Massen erfassen.

Im allgemeinen halten wir wägbare Massen für neutral. Das stimmt aber nicht. Das Erdpotential ist negativ und die Änderung der Feldstärke ist in Erdnähe etwa 140V/m. Diese Spannung resultiert aus der Gravitation. Es ist die Kraft, die unsere Erde mit ihrer Erdbeschleunigung auf eine andere gebundene Ladung entwickelt. Bei gebundenen Ladungen überwiegen immer die Anziehungskräfte, da die Ladungsträger stets Dipole sind. Wir beschreiben diese Dynamik mit der Mechanik unter Vernachlässigung der Ladungen. Anders verhalten sich freie Ladungsträger und dort verwenden wir die Elektrodynamik. Dort unterscheiden wir die Elektrodynamik der Elektronen in einem Festkörper, wo wir die Massen vernachlässigen können und die Galvanik bzw. die Dynamik eines Plasmas, wo wir die wägbaren Massen berücksichtigen müssen.

Elektrodynamik bewegter Körper ist folglich ein Fluss von Ladungsträgern gebunden an Massen durch ein offenes System mit Eingang und Ausgang. Dieses zu symmetrisieren, heißt, den Strom zu unterbinden, was für die Dynamik kontraproduktiv ist. Die Frage zur Dynamik muss daher lauten: **Auf welchem Weg erfolgt dieser Potentialausgleich?** Jeder natürlich Fluss ist immer eine Kombination aus zwei aufeinander stehenden Bewegungen, einer Rotation und einer Translation in unterschiedlicher Ausprägung. Die resultierenden Bewegung ist die Schraubenlinie, die wir überall in der Natur beobachten. Schon wenn wir uns den Kaffee am Morgen in unsere Tasse gießen, können wir diese Bewegung beobachten, oder wenn wir den Stöpsel aus der mit Wasser gefüllten Badewanne ziehen.

Die vektorielle Beschreibung einer Schraubenlinie in kartesischen Koordinaten lautet:

$$\overrightarrow{X(t)} = \begin{pmatrix} r \cdot \cos(\theta(t)) \\ r \cdot \sin(\theta(t)) \\ h \cdot t + z \end{pmatrix}$$

- Dabei ist $t \in \mathbb{R}$ die Anzahl der von $\vec{x}(0)$ aus durchlaufenen Windungen
- Dabei ist h die *Fallhöhe*, also diejenige Strecke, um die sich die Schraube bei einer vollen Umdrehung nach unten (in Richtung der Zylinderachse; z-Richtung) windet, r der Radius und z die Verschiebung der Schraube in Achs-Richtung.
- $k = h / (\theta r)$ ist die *Fall-Linie* der Helix: Die Helix wird zu einer Geraden mit Neigung k, wenn man den Zylindermantel mit der Helix in die Ebene abwickelt.
- Man nennt $\alpha = \arctan (k)$ den *Gangwinkel* der Schraube.

Unser analytisches Denken hat diese beiden Komponenten der Bewegung (die Rotation und die Translation) für das mechanische Verständnis auseinander genommen. In der Elektrodynamik werden diese beiden Komponenten wieder zusammengeführt. Betrachtet man die Projektion dieser Bewegung in der x,y-Ebene, erhält man aus der Schraubenbewegung eine Wellenbewegung. Die grundlegende Theorie zum Wellenverhalten von Materie wurde von Louis-Victor de Broglie 1924 in seiner Dissertation erarbeitet, wofür er 1929 den Nobelpreis für Physik erhielt. Nur hat man vergessen, dass die Wellenbewegung in der Projektionsebene in Wahrheit eine Schraubenbewegung im Raum ist. Die Projektion in eine senkrecht dazu stehende Ebene liefert das Bild eines Wirbels, wie ihn Descartes und Newton erstmals beschrieben.

Für die weitere Betrachtung ist es nützlich, statt der kartesischen Koordinaten Zylinderkoordinaten *(r;θ;z)* zu verwenden, die einer Schraubenbewegung besser angepasst sind. Eines der erstaunlichsten Rätsel ist die scheinbar kraftfreie Bewegung eines Körpers in einem Potenzialfeld, wie wir es bei den Raumsonden aber auch in der Elektronenhülle um den Atomkern beobachten.

Haben Sie sich nie gefragt, warum Newtons Apfel wieder zur Erde fällt, aber der Mond am Himmel bleibt? Nun, unsere Raketen bekommen einen entsprechenden Startimpuls, damit sie die Umlaufbahn erreichen. Aber woher stammt der Startimpuls all der Himmelskörper, die da umeinander kreisen? Das soll die eindimensionale Gravitation eines Newton richten? Doch die Gravitation versagt außerhalb unseres Sonnensystems, wie die Rotationsverhältnisse an Galaxien zeigen. Wenn wir den Mond von der Sonne aus, dem Inertialzentrum der Erdbahn betrachten, sehen wir, wie er eine Schraubenlinie um die Erdbahn vollführt. Betrachten wir die Erde vom Inertialzentrum der Galaxie, so sehen wir, wie die Erde eine Schraubenlinie um die Sonnenbahn vollführt. Wenn ich ein Elektron von einem Inertialzentrum aus bezüglich einer Atombahn betrachte, erhalte ich auch eine Schraubenlinie, deren Projektion eben die de-Broglie-Welle ergibt.

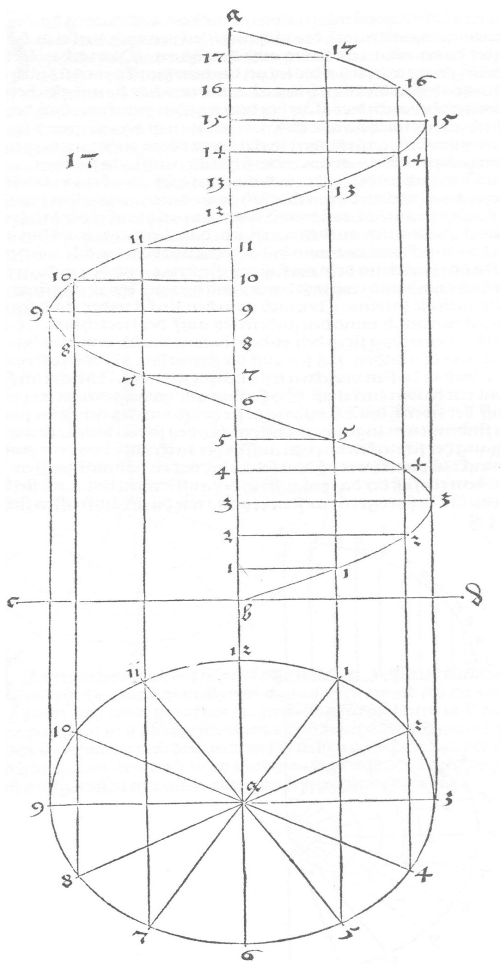

Schaubild 1: Konstruktion einer Helix

Wenn wir einen physikalischen Vorgang betrachten, haben wir einen Betrachtungsrahmen. Wir nennen das ein

Koordinatensystem. In der angelsächsischen Literatur spricht man von einem Frame. Das Wort charakterisiert die Situation treffender, indem es darauf hinweist, dass wir etwas als ein geschlossenes System betrachten. So wird eben die Bewegung der Erde in der Ekliptik betrachtet. Die Eigenbewegung der Sonne wird dabei außen-vor gelassen. Die Natur ist aber kein geschlossenes System. In der Ingenieurtechnik arbeitet man mit offenen Systemen mit Eingangs- und Ausgangsdaten. Es wird also nicht nur das System selbst betrachtet, sondern auch, wie es in seine Umgebung eingebettet ist. Die Maxwellschen Gleichungen beschreiben, wie ein Eingangsstrom eine elektromagnetische Welle abstrahlt. Unter thermodynamischen Gesichtspunkten würde man sagen, dass ein beschleunigter elektrischer Strom Strahlung als Entropie abgibt. Dass elektrische Ströme selbst in Stromkreisen organisiert sind, wird dabei nicht mit betrachtet. Es werden lediglich die Wechselwirkungen von elektrischem und magnetischem Feld beschrieben.

Das zweidimensionale generalisierte Modell der Gravitation von Wilhelm Weber

Andererseits beschreibt die Elektrodynamik von Wilhelm Weber die Kräfte, die zwischen den wägbaren Ladungsträgern herrschen, vom Standpunkt einer diskreten Struktur der Materie.[2] Wenn aber elektrische Kräfte und Gravitationskräfte mit dem gleichen Messprinzip, nämlich mit der Torsionswaage nach Cavendish gemessen werden, gibt es nur einen Unterschied im Betrag dieser Kräfte. Schon 1836 bezeichnete Fabrizio Mossotti die Gravitation als eine residuale Kraft der elektrischen Kraft.[3] Schon früh erkannte man den Unterschied von negativer und positiver Elektrizität und dass man diese auf die polare Atomstruktur der Materie zurückführen kann. Die Kräfte sind dabei der Ausdruck des Bestrebens eines Ladungsausgleichs.

Kräfte werden durch beschleunigte wägbare Massen erzeugt, denen Trägheitskräfte gegenüber stehen. Dabei bedeutet wägbar, dass ein fester Körper durch eine Kraft, die proportional der Masse seiner Protonen und Neutronen[4] ist, im Kraftfeld der Erde gehalten wird. Da bei der Wägung ein Vergleichskörper benutzt wird, bezieht sich die wägbare Masse nur auf die Anzahl der *gebundenen* positiven Ladungsträger. Die negative Elektrizität wird als unwägbar angesehen, da sie im Vergleich zur positiven Elektrizität nur den 1836-sten Teil auf die Waage bringt.

Der zweite Faktor einer Kraft ist die Beschleunigung. Sie ist eine Geschwindigkeitsänderung. Wenn wir keine Geschwindigkeitsänderung haben, gibt es keine Beschleunigung. Das bedeutet aber auch, dass ein Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit kraftfrei ist. Aber kraftfrei heißt nicht, dass da kein Impuls $\vec{p}$ wäre. Der Impuls ist das Produkt aus Massen und Geschwindigkeit.

---

2 Wilhelm Weber- *Elektrodynamische Maassbestimmung insbesondere über den Zusammenhang des elektrischen Grundgesetzes mit dem Gravitationsgesetz* in Webers Werke Bd.IV *Galvanismus und Elektrodynamik* S.479ff Springer 1894

3 „*L'attraction universelle elle mê peut découler comme une déduction des principes qui règlent les forces électriques.*" aus F. Zöllner - Erklärung der universellen Gravitation aus den statischen Wirkungen der Elektrizität und die allgemeine Bedeutung des Weberschen Gesetzes Leipzig 1882 Commisionsverlag S. XXVI

4 Das Neutron besteht aus einem Proton und einem Kern-Elektron, so wirkt ladungstechnisch nur eine Protonladung für ein Proton-Neutron-Paar nach außen in die Atomhülle. Die Restladung realisiert die Kernkräfte. Lediglich das Wasserstoffatom hat eine größere Ladung zur Verfügung, die in der Wasserstoff-Brückenbindung zum Ausdruck kommt. Siehe E. Kaal – *The Structured Atom Model -SAM* https://etherealmatters.org/sites/default/files/document/2018-11/SAM_Presentation_2018-08%20Tesla%20Tech.pdf

Betrachten wir nun Newtons Gravitationsgesetz, so haben wir gelernt, dass gilt: $F_r \propto \frac{M \cdot m}{r^2}$

Nun hat das empirisch abgeleitete Gravitationsgesetz einen gewaltigen Schönheitsfehler, es hat bei *r* = 0 eine Singularität, was bedeuten würde, dass wenn man sich die Masse in einem Punkt konzentriert vorstellt, das Potential über alle Grenzen wachsen würde, was gleichbedeutend mit einem schwarzen Loch wäre. Das gibt es in der Natur nicht. Man kann nicht alle Masse in einem Punkt konzentrieren, also muss man mathematisch dafür Vorkehrungen treffen, dass Massen nicht mit Lichtgeschwindigkeit ineinander stürzen. Zunächst müssen wir Newtons Gesetz erst einmal in Zylinderkoordinaten setzen. Dann verlegen wir die große Masse *M* entsprechend ihrer Trägheit in den Ursprung (z = 0 ; r = 0) und *m* kreist im Abstand $\vec{r}$ um *M*. Nach Einstein nennen wir das ein Inertialsystem. Dann ist in diesem Koordinatensystem eine zum Zentrum gerichtete anziehende Kraft negativ und eine abstoßende Kraft positiv. Wir müssen Newtons Gesetz folglich so schreiben:

$$F_r \propto -\frac{M \cdot m}{r^2}$$

Dabei ist zu beachten, dass Newtons Gesetz eine Idealisierung der wahren Verhältnisse darstellt. Da M und m in ihrem Radius sehr klein gegen r sind (0,46% Abstand Erde Sonne), kann man sie als Punktmassen auffassen. Doch schon beim Merkur und der Venus hat man leichte Abweichungen beobachtet. Dort ist das Verhältnis des Sonnenradius zur Entfernung des Merkur schon 1,2%. Deshalb hat Wilhelm Weber eine Korrektur vorgenommen und durch einen Begrenzer erweitert:

$$F_r \propto -\frac{M \cdot m}{r^2}\left(1-\frac{v_r^2}{c^2}\right)$$

Das soll verhindern, dass die beiden Punktladungen bei beliebiger Annäherung eine Kraft erzeugen, die über alle Maßen wächst. Schließlich fügte er noch einem Term hinzu, die 2. Ableitung des Radius nach der Zeit, also eine Radialbeschleunigung b_r.

$$F_r \propto -\frac{M \cdot m}{r^2}\left(1-\frac{v_r^2}{c^2}+\frac{2r}{c^2} \cdot b_r\right) \tag{1}$$

Die Radialbeschleunigung bestimmt die Exzentrizität der Ellipse und ist für die Periheldrehung verantwortlich. Schließlich soll der kleine Körper um den großen Körper rotieren und je geringer der Abstand, desto schneller die Rotation. Im nächsten Schritt müssen wir uns mit den elektrischen Wirkungen der Massen aufeinander beschäftigen. Wägbare Massen tragen gewöhnlich auch *freie* positive oder negative Ladungen, hervorgerufen durch das Fehlen freier Elektronen oder die Überzahl freier Elektronen. Diese freien Ladungen verändern die Kräftebilanz. So ist die Sonne elektrisch positiv aufgeladen, während die Erde eine negative Gesamtladung besitzt. Währende die Massendichte das Verhältnis von wägbarer Masse zu Volumen ist, ist die Ladungsdichte das Verhältnis von Ladung zu Oberfläche.

Über das Verhältnis von Anziehung und Abstoßung wägbarer Massen machte sich als erster Friedrich Zöllner Gedanken und er formulierte in der zweiten Hälfte des 19.Jahrhunderts zwei Sätze:

1. Alle wägbaren Massen sind nur Verbindungen gleicher positiver und negativer Elektrizität.

2 Die Anziehungskraft gleicher Mengen ungleicher Elektrizität sei größer als die Abstoßung der selben Mengen gleichartiger Elektrizität.

In diesen beiden Annahmen sah Wilhelm Weber die Grundlage dafür, dass das Gravitationsgesetz aller wägbaren Körper sich als Folge des elektrischen Grundgesetzes ergibt und er hob die Bedeutung der Bestätigung dieser Annahme für die gesamte Physik hervor.[5] Er konnte jedoch keinen messbaren Unterschied zwischen anziehender und abstoßender Kraft feststellen. Anders verhielt es sich mit dem Klammerausdruck in Formel (2). Felix Tisserand[6] ein französischer Astronom hatte bei Merkur und Venus Abweichungen im Perihel gefunden, die diesen Faktor erklären könnten. Er gab eine Abweichung von δ = +13.65“ pro Jahrhundert an und für die Venus δ = +2.86“. Die aktuelle Prognose der Periheldrehung für Merkur ist δ = +42“. Erst Paul Gerber gelang es 1898, die Formel für die Periheldrehung vollständig abzuleiten. Gerbers Formel für die Periheldrehung war formal bereits identisch mit der später von Einstein aufgestellten Gleichung. Paul Marmet bestätigte Gerbers Ableitung ohne Relativitätstheorie nur mit dem Satz von der Erhaltung von Masse und Energie[7], der bei Einsteins Relativitätsprinzip keine Rolle spielte.

Die gegenwärtig etablierte Physik ist weit davon entfernt, die Elektrodynamik im Kosmos anzuerkennen. Sie setzt nach wie vor auf Symmetrie in der Teilchenphysik. Dessen ungeachtet wollen wir hier bei Webers Gedanken etwas verweilen.

Wir gehen davon aus, dass das kosmische Medium aus Atomen, Molekülen und Staubteilchen besteht, die im Plasmazustand alle elektrisch aufgeladene Massen besitzen, lediglich für das Elektron soll kein wägbarer Massenanteil berücksichtigt werden, wobei die Ladung stets unterschiedlich von ihrer wägbaren Masse ist, je nachdem ob unwägbare Elektronen fehlen oder eine Überzahl von ihnen vorhanden ist. Nun ist wägbare Masse ein Vergleichsmaß für die Unzählbarkeit der Menge der Elementarteilchen. Es gibt nur zwei stabile Elementarteilchen, das Proton und das Elektron, zwischen denen sich die Kräfte entwickeln können, die für den Zusammenhalt der Materie verantwortlich sind. Auf Grund der Atomstruktur von positivem Atomkern und negativer Atomhülle gibt es keine neutralen Teilchen, sondern die Atome verhalten sich wie Dipole. Das bedeutet, dass sich Atome stets so ordnen, dass sie sich anziehen. Jedoch können auf der Oberfläche von Staubteilchen positive oder negative k bzw. l freie Ladungsträger andocken.

So kann man $- m = - \varepsilon \pm k \cdot q$ schreiben und $M = E \pm l \cdot Q$.

Die Kraft nach Formel (1) unterscheidet nun nach Ladung 4 mögliche Fälle, wovon je zwei Abstoßungskräfte sind

$$F_r \propto \frac{(E \pm l \cdot Q) \cdot (-\varepsilon \pm k \cdot q)}{r^2} \left(1 - \frac{v_r^2}{c^2} + \frac{2 \cdot r\, b_r}{c^2}\right) \tag{2}$$

Betrachten wir nun nur den Faktor der Ladungen, so haben wir folgende Fälle:

5 W. Weber *Elektrodynamische Maassbestimmung insbesondere über den Zusammenhang des elektrodynamischen Grundgesetzes mit dem Gravitationsgesetz* in Webers Werke Bd. IV S. 481

6 F. Tisserand, *Sur le mouvement des planètes autour du Soleil d'après la loi électrodynamique* de Weber. *Compt. rend. 1872. Sept. 30.*

7 P. Marmet *Einsteins Relativitätstheorie kontra klassische Mechanik* Vol. V *Berechnung der Drehung des Perihels von Merkur.* https://www.newtonphysics.on.ca/einstein/relativitaet05.pdf

$$\left(E \pm l \cdot Q\right) \cdot \left(-\varepsilon \pm k \cdot q\right) \tag{3}$$

$$-\left(E - l \cdot Q\right) \cdot \left(\varepsilon - k \cdot q\right) = -\left(E \cdot \varepsilon - l \cdot Q\,\varepsilon + lk \cdot Q \cdot q - E \cdot k \cdot q\right) \tag{4}$$

$$-\left(E + l \cdot Q\right) \cdot \left(\varepsilon - k \cdot q\right) = -\left(E \cdot \varepsilon + l \cdot Q\,\varepsilon - lk \cdot Q \cdot q - E \cdot k \cdot q\right) \tag{5}$$

$$-\left(E - l \cdot Q\right) \cdot \left(\varepsilon + k \cdot q\right) = -\left(E \cdot \varepsilon - l \cdot Q\varepsilon - lk \cdot Q \cdot q + E \cdot k \cdot q\right) \tag{6}$$

$$-\left(E + l \cdot Q\right) \cdot \left(\varepsilon + k \cdot q\right) = -\left(E \cdot \varepsilon + l \cdot Q\varepsilon + lk \cdot Q \cdot q + E \cdot k \cdot q\right) \tag{7}$$

Addieren wir nun die Kräfte von (4) bis (7), so erhalten wir – 4 Eε. Das zeigt, dass bei Punktladungen in großem Abstand die freie Oberflächenladung für die Kräfte zwischen ihnen ohne Bedeutung sind und das widerspricht dem 2. Satz von Zöllners Annahme, so wie es auch Weber gefunden hat. Newtons Gesetz findet aber nicht nur seine Grenze, wenn die beiden Massenradien vergleichbar mit dem Abstand zwischen ihnen werden, sondern auch, wenn viele Punktladungen zusammenwirken, wie es die Sterne in den Galaxien zeigen, denn nach Kepler müssten die Rotationsgeschwindigkeiten mit der Entfernung vom Rotationszentrum indirekt proportional dem Quadrat abnehmen, stattdessen bleiben die Kurven nach einem steilen Anstieg fast konstant über die gesamte Galaxiescheibe. Während Keplers Beobachtung für zwei Massenpunkte galt, haben wir es hier mit sehr vielen Massenpunkten zu tun. Folglich können wir nicht erwarten, dass sich eine Galaxie wie zwei Massenpunkte in einem sehr großen Abstand von einander verhält.

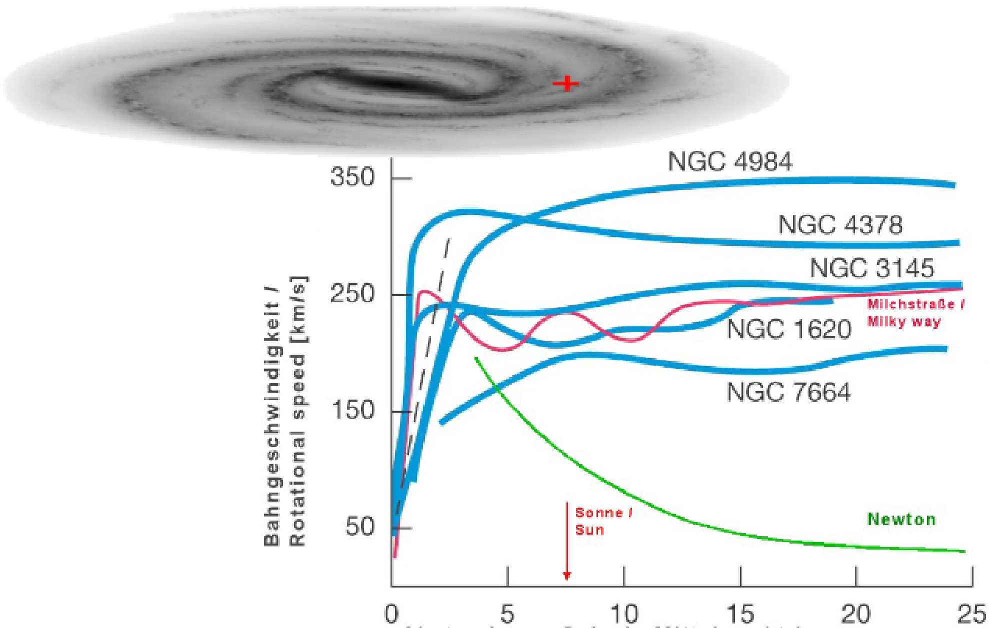

Schaubild 2: Rotationsgeschwindigkeiten von Galaxien nach Folz & Eckardt https://www.atomicprecision.com/Numerical/Paper238b-de.pdf

Statt ein Halo mysteriöser dunkler Materie für diese Geschwindigkeitsverteilung anzunehmen, zeigte mir Klaus Gebler eine ganz einfache und plausible Abschätzung. Man stelle sich vor, die gesamte Masse M wird in zwei Massen aufgeteilt und die daraus entstandenen Kugeln werden wieder in jeweils zwei gleiche Kugeln zerteilt. Diese Teilung wird solange fortgesetzt, bis der Raum zwischen der Masse M und der Probemasse gleichmäßig mit immer kleineren Kugeln ausgefüllt ist. M ist dann über eine Zylinderscheibe mit dem Radius r und der Dicke d verteilt. Dann ist die Masse der Galaxie das Produkt aus dem Volumen V und der mittleren Dichte ρ_M über den Radius; und das Volumen ergibt sich aus $V = 2\pi r^2 \cdot d$, woraus folgt $M = 2\pi r^2 \cdot d \cdot \rho_M$. Wir können davon ausgehen, dass bei dem Prozess der Zerbröckelung der Masse, auf der Oberfläche der Kugeln sich freie Ladungen ausbilden, die mit der Summe der Oberflächen wachsen, sonst würde die Galaxie nicht leuchten. Folglich ist die Ladungsdichte ρ_Q proportional zu ρ_M. Wenn dann die Probeladung m_Q auf der Mantelfläche von V sitzt, ist ihr Abstand vom Zentrum auch r.

Wir setzen den gewonnenen Ausdruck für M in $F_r \propto -\frac{M \cdot m}{r^2}$ und erhalten

$$|F| \propto 2\pi \cdot d \cdot \rho_Q(r) \cdot m_Q \qquad (8)$$

$$F = m \cdot b$$

Die Radialbeschleunigung ist dann proportional der radialen Dichteverteilung und die radiale Kraft ist gleich Null, da sie sich mit der Zentrifugalkraft aufhebt. Folglich muss auch die Beschleunigung Null sein, was aber nicht für alle ihre Komponenten zutreffen muss.

$$b = \frac{\partial v_r}{\partial t} + \frac{\partial v_\theta}{\partial t} + \frac{\partial v_z}{\partial t} \propto d \cdot \rho_Q(r)$$

Daraus folgt:

$$v_r + v_\theta + v_z \propto d \cdot \rho_Q(r) \qquad (9)$$

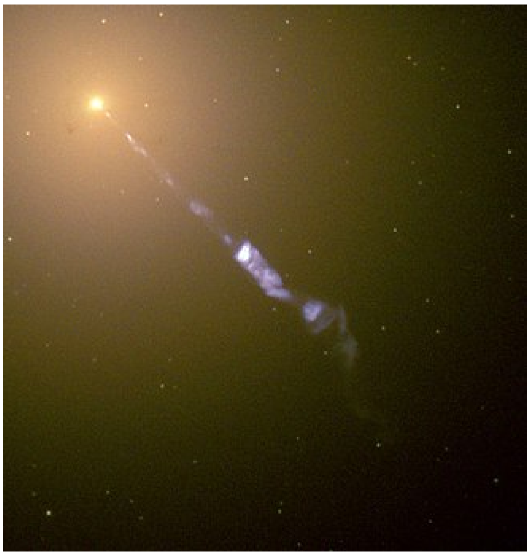

Schaubild 3: Jetstream aus M87

In diesem einfachen Galaxiemodell ist die Radialgeschwindigkeit an einem Ort der Galaxie proportional der mittleren Ladungsdichte und damit auch proportional der Massendichte der Galaxie, was das Plateau in Abb. 2 erklärt. Daraus ist zu schlussfolgern, dass umgekehrt im Zentrum einer Galaxie die Ladungsdichte stark abnimmt, was der Vorstellung von einem Gravitations-monster im Zentrum einer Galaxie direkt widerspricht. Da Masse und Ladung nicht verschwinden können, ist mit einem starken Strom in z-Richtung als Ursache für die geringere Massendichte im Zentrum der Galaxie zu rechnen und zwar, da ein Magnetfeld vorhanden ist, mit einer Ladungstrennung entlang der z-Achse.

Tatsächlich weiß man heute, dass Masse-Jets aus den Rotationszentren bei praktisch allen Scheibengalaxien vorkommen, was allerdings nichts mit schwarzen Löchern zu tun hat, sondern einfach auf die Erhaltung von Masse und Energie zurückzuführen ist, einem Grundgesetz der Physik, das Hermann von Helmholtz schon 1847 formuliert hat. Und noch etwas können wir aus (9) ableiten: Die Oberflächenladungen der Partikel in der Galaxie halten das Plasma wie einen Festkörper zusammen.

Bisher haben wir die Ladung Q einer wägbaren Masse in unserem Modell als ruhend angesehen. Nach Carl Friedrich Gauß ist die Ladung Q Quelle eines elektrischen Feldes, und wenn wir die Ladung entlang der z-Achse bewegen, erhalten wir um den ionisierten Massenstrom ein magnetisches Wirbelfeld. Ändert sich dieses, wird ein elektrisches Wirbelfeld abgestrahlt, was wiederum ein magnetisches Wirbelfeld erzeugt und so fort. Mit anderen Worten, wenn sich wägbare geladene Massen bewegen, wird ein elektromagnetischer Impuls abgegeben, der wiederum wägbare Massen in der Nachbarschaft erregt und so weiter transportiert wird, da alle Massen gekoppelte und gebundene Ladungsträger sind. Nun gibt nicht mehr die Massendichte, sondern die Ladungsdichte freier Ladungsträger den Ausschlag für die weitere Betrachtung. Viele geladene Teilchen, die sich entlang der z-Achse bewegen, ergeben einen Strom I in z-Richtung. Dieser Strom ist durch seine elektrische Ladungsdichte charakterisiert, weniger durch seine Masse, und er induziert ein Magnetfeld. Wir wollen nun das Magnetfeld um diesen Strom, der aus dem Zentrum der Galaxie austritt, untersuchen.

Ein kraftfreies magnetisches Feld nach D. Scott[8]

Betrachten wir nun einen Strom I sich bewegender geladener Teilchen eines Plasma, das keinen äußeren Kräften ausgesetzt ist. Eine nützliche mathematische Idealisierung eines solchen physikalischen kosmischen Stromes ist ein Vektorfeld der Stromdichte $\boldsymbol{j}$, die, wenn in einem zylindrischen Koordinatensystem betrachtet, überall einen durchschnittlichen Stromvektor $\boldsymbol{I}$ erzeugt, der per Definition in die Richtung der z-Achse fließt. Über die Stärke von I wird angenommen, dass sie überall unabhängig von der z-Koordinate ist.

Die Grundstruktur eines solchen kosmischen Magnetfeldes wird durch die Impulsgleichung der idealen Magnetohydrodynamik beschrieben.

$$\left(\nabla \times \vec{B}\right) \times \vec{B} = \mu_0 \cdot \nabla \ \vec{p} \qquad (10)$$

Dabei ist μ_0 die Permeabilität des freien Raums. Die linke Seite dieses Ausdrucks repräsentiert die kompressive magnetische (Lorentz)Kraft und die rechte Seite ist die Expansionskraft (Druckgradient multipliziert mit der Permeabilität des Plasmas). Wir unterscheiden zwischen kraftfreien Feldern mit den partiellen Ableitungen $\nabla \ \vec{p} = 0$ und druck-ausgeglichenen Feldern mit $\nabla \ \vec{p} \neq 0$. Wir wollen hier den kraftfreien Fall betrachten.

Dann gilt für die elektromagnetische Kraft, die jede Ladung innerhalb eines solchen Plasmas erfährt:

---

8 D. Scott - *Birkeland Currents: A Force-Free Field-Aligned Model* http://www.ptep-online.com/2015/PP-41-13.PDF

$$\vec{F}=q\left(\vec{E}+\vec{v}\times\vec{B}\right) \tag{11}$$

Der erste Term $q\cdot\boldsymbol{E}$ ist die elektrische Kraft und der zweite Term $q\ (\boldsymbol{v}\times\boldsymbol{B})$ heißt Magnetkraft.

Dabei ist q die Ladung und v ihre Strömungsgeschwindigkeit. Der Name Lorentzkraft wird verwendet, um den Ausdruck (11) zu beschreiben. Der Plasmabereich erhält einen zylindrischen Stromstrom. Es werden keine anfänglichen Annahmen über die Verteilung der Stromdichte über den Querschnitt getroffen. Ein Ladungsfluss erzeugt ein eigenes Magnetfeld, durch das die Ladung fließt. Die Stelle, an der sich jedes geladene Teilchen q befindet, ist im Strom der Ursprungspunkt zweier lokaler Vektoren: $\boldsymbol{j} = q\cdot\boldsymbol{v}$ (*Stromdichte*) und $\boldsymbol{B}$ (*magnetische Induktion*). Der Stromdichtevektor $\boldsymbol{j}$ erzeugt an jedem Punkt von Natur aus einen von Maxwell [35] gegebenen $rot\boldsymbol{B}$ -Vektor:

$$\nabla\times\vec{B}=\mu\left(\vec{j}+\epsilon\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}\right) \tag{12}$$

Der von Maxwell hinzugefügte Ableitungsterm in (12)$\mu\,\vec{j}$wird als Verschiebungsstrom bezeichnet. Es wird oft als Nullwert angesehen, wie wir es hier tun, wenn angenommen werden kann, dass es in der Region keine zeitlich variierenden elektrischen Felder gibt. Die Integration der $rot\boldsymbol{B}$ -Vektoren über einen Querschnitt des zylindrischen Stroms (Stokes Theorem) ergibt

$$\int_S \nabla\times\vec{B}\cdot dS=\int_S \mu\,\vec{j}\cdot dS=\oint_C \vec{B}\cdot dl \tag{13}$$

wobei S ein beliebiger Querschnitt des Plasmas ist und und μ die Permeabilität bzw. Permittivität des Plasma-Mediums ist. Der zweite Term in (13) ist äquivalent I, wo I der vom Plasma getragene Gesamtstrom ist. Wenn der Querschnitt kreisförmig mit dem Radius r ist, ist der letzte Term in (13) $2\pi\, r\boldsymbol{B}$, wobei $\boldsymbol{B}$ in azimutaler Richtung liegt und nicht mit I und der z-Achse ausgerichtet ist. Somit wird das $\boldsymbol{B}$-Feld von einem zylindrischen Plasma mit seiner äußere Grenze, $r = R$ erzeugt, für das ist

$$\vec{B}_\theta=\frac{\mu\vec{I}}{2R} \tag{14}$$

Ausdruck (12) ist die Punktform und (13) ist die integrale (makroskopische) Form dieser Maxwell-Gleichung. Ausdruck (12) ist zu jedem Zeitpunkt gültig. Die in (13) und (14) angegebenen Integralformen implizieren, dass $\boldsymbol{B}$ eine Vektorsumme der Effekte aller $\boldsymbol{j}$-Vektoren auf der Oberfläche S ist, die von C eingeschlossen ist. $\boldsymbol{B}$ wird nicht direkt von einem einzelnen j erzeugt. In (12) ist klar, dass $\boldsymbol{j}$, die Stromdichte an einem Punkt, nur einen einzelnen $rot\boldsymbol{B}$-Vektor erzeugt, keinen $\boldsymbol{B}$-Vektor. Im Allgemeinen kann es (und es gibt häufig) einen $\boldsymbol{B}$-Vektor ungleich Null an Punkten geben, an denen $j = 0$ ist.

Bevor ein kosmisches Stromsystem, das frei von externen Kräften oder Feldern ist, eine stationäre Konfiguration erreicht, interagieren die $\boldsymbol{j}$- und $\boldsymbol{B}$-Vektoren - alle $\boldsymbol{j}$‘s erzeugen $rot\boldsymbol{B}$ -Vektoren, die sich summieren, um die lokalen $\boldsymbol{B}$-Vektoren zu bilden. An jedem Punkt im Plasma, an dem $\boldsymbol{j} \neq 0$ ist, kann eine Kraft zwischen diesem Stromdichtevektor und seinem lokalen magnetischen $\boldsymbol{B}$-Feld-Vektor bestehen. Diese Kraft ist eine magnetische Lorentzkraft, die durch den zweite Term in (11) gegeben ist. Dieses Vektorkreuzprodukt des Geschwindigkeitsvektors $\boldsymbol{v}$ einer sich bewegenden Ladung und des lokalen Vektors $\boldsymbol{B}$ impliziert dass der skalare Betrag der resultierenden Lorentzkraft auf jedes q durch

$$\vec{F}_L = q \cdot \vec{v} \cdot \vec{B} \cdot \sin\varphi \quad (15)$$

gegeben ist, wobei φ der kleinste Winkel zwischen den Vektoren $\boldsymbol{v}$, der Geschwindigkeit und $\boldsymbol{B}$ ist, mit Beträgen v und B. Wir nennen φ den Lorentz-Winkel. Wenn dieser Winkel Null oder 180 Grad beträgt, verschwindet die magnetische Lorentzkraft $\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B}$ an diesem Punkt. Häufig wird die magnetische Feldstärke (Symbol $\boldsymbol{H}$) verwendet, um die makroskopische Kraftfunktion zu beschreiben, die ein Magnetfeld erzeugt.

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu} = \frac{N \cdot \vec{I}}{l} \quad (16)$$

Die Dimension von $\boldsymbol{H}$ ist A/ m. N ist die Zahl der Windungen.

Die skalare Größe B in (16) ergibt sich aus der Integralform (13). Dieser Ausdruck zeigt, dass B das Ergebnis des Gesamtstroms I ist. Daraus folgt, dass H keine punktförmige Variable ist. Es kann gezeigt werden, dass die im Magnetfeld eines solchen Ionenstroms gespeicherte Energiedichte W_B (Joule/ m³) angegeben ist durch

$$W_B = \frac{\mu}{2} \cdot H^2 \quad (17)$$

Unter Verwendung von (16) in (17) ist die im Magnetfeld eines kosmischen Stroms gespeicherte Gesamtenergie Ψ(Joule) gegeben durch:

$$\Psi = \frac{1}{2}\left(\frac{\mu N^2 A_C}{l}\right) I^2 \quad (18)$$

Dabei ist A_C die Querschnittsfläche und die Induktivität des Ionenstroms wird durch den Faktor in Klammern definiert. Dies zeigt, dass die einzige Möglichkeit, die gesamte gespeicherte Energie auf Null zu reduzieren, darin besteht, den Strom vollständig abzuschalten ($I = 0$ setzen). In diesem Fall würde die gesamte kosmische Stromstruktur aufhören zu existieren.

Wir gehen jedoch davon aus, dass sich der Strom in uneingeschränktem Plasma im kosmischen Raum frei bewegen und verteilen kann, um die intern gespeicherte potentielle Energie aufgrund der Spannungen zu minimieren, die durch magnetische Lorentzkräfte überall im Plasma entstehen. Tatsächlich sind Weltraumplasmen einzigartig positioniert, um *dem Prinzip der minimalen potentiellen Gesamtenergie* zu gehorchen [9]), das besagt, dass sich ein System oder ein Körper zu einer Position und/oder Morphologie verformen oder verschieben muss, die seine gesamte potentielle (gespeicherte) Energie minimiert (eine Formalisierung der Idee, dass „Wasser immer bergab fließt“).

Die in (18) beschriebene Energie ist nicht reduzierbar, weil sie durch die feste Größe I verursacht wird. Die Lorentz-Energien können jedoch eliminiert werden, da sie nicht vom Wert von I abhängen, sondern nur von den Kreuzprodukten zwischen lokalen $\boldsymbol{B}$- und $\boldsymbol{j}$-Vektoren. Sobald der Prozess des Abwerfens der inneren Magnetkraft-Energie ein stationäres Gleichgewicht erreicht, wird diese Struktur als *kraftfreier Strom* bezeichnet und durch die Beziehung zwischen dem Magnetfeldvektor B und dem Stromdichtevektor $\boldsymbol{j}$ an jedem Ort definiert, an dem eine Ladung q im aktuellen Strom vorhanden ist:

9 Callen H. Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics, 2nd ed. John Wiley, New York, NY, 1985.

$$q \cdot (\vec{v} \times \vec{B}) = \vec{j} \times \vec{B} \quad (19)$$

Aus (19) folgt, dass die Lorentzkräfte überall in einem kraftfreien Strom gleich Null sind, da jedes *j* mit seinem entsprechenden ***B*** kollinear ist. Diese Anordnung wird daher auch als feldausgerichteter Strom (FAC) bezeichnet. Aus (12) und (19) folgt direkt, wenn kein zeitveränderliches elektrisches Feld vorhanden ist, dass (19) äquivalent zu

$$(\nabla \times \vec{B}) \times \vec{B} = 0 \quad (20)$$

ist, was identisch mit (9) mit $\nabla \vec{p} = 0$. Dies ist die grundlegende definierende Eigenschaft eines kraftfreien, feldausgerichteten Stroms, was auch als Schwerelosigkeit bezeichnet wird.

Ausdruck (12) impliziert, dass, wenn an irgendeinem Punkt in einem ansonsten feldausgerichteten Strom *j = 0* ist, dann ist Bedingung (20) automatisch erfüllt, selbst wenn ***B*** nicht Null ist. Der Wert der Größe und die Richtung von ***B*** an einem bestimmten Punkt ist im Allgemeinen keine ausreichende Information, um die Größe, Richtung oder sogar die Existenz von *j* an diesem Punkt zu bestimmen. Dies ist das Problem, mit dem Birkeland bei seinen Versuchen konfrontiert war, die Ströme zu identifizieren, die für die von ihm gemessenen Magnetfeldschwankungen verantwortlich waren. Jedoch aus (12) kennt man die Richtung und Größe des $\nabla \times \vec{B}$-Vektors an einem gegebenen Punkt, der dort dem Wert von $\mu \cdot \boldsymbol{j}$ identisch ist. Feld-ausgerichtete, kraftfreie Ströme stellen den niedrigsten Zustand gespeicherter magnetischer Energie dar, der in einem kosmischen Strom erreichbar ist [10]). Wir suchen nun einen Ausdruck für das Magnetfeld B (r;θ;z) in einer solchen Strom/ Feld-Struktur.

Quantitatives Modell eines kraftfreien feldausgerichteten Stroms

Weil (20) erfüllt ist, wenn die Stromdichte ***j*** die gleiche Richtung (mit Ausnahme des Vorzeichens) wie ***B*** hat (und ohne Anforderungen an ihre Größe), wurde von Lundquist [11]) und anderen vorgeschlagen

$$\nabla \times \vec{B} = \alpha \vec{B} \quad (21)$$

zu setzen, was nach (20) äquivalent zu

$$\mu \vec{j} = \alpha \vec{B} \quad (22)$$

wo α ein Skalar verschieden von Null entsprechend von (21) ist. Dies führt zu einer einfachen Lösung, aber es ist von vornherein wichtig, dass für jeden Nicht-Null-Wert α ein Wert B ungleich Null an jedem Punkt das Vorhandensein einer Stromdichte $j \neq 0$ an demselben Punkt erfordert, was im Allgemeinen eine ungerechtfertigte Vermutung ist. Dies gilt insbesondere angesichts der bekannten Tendenz von Plasmen, Filamente zu bilden (wobei Bereiche entstehen, in denen j = 0 ist, B jedoch nicht). Jedoch wollen wir diesen Spezialfall betrachten.

Nun kann man die linke Seite der Gleichung (21) in Zylinderkoordinaten ausdrücken:

---

10 Peratt A. Physics of the Plasma Universe. Springer-Verlag, New York, 1992, p. 44. Republished ISBN 978-1-4614-7818-8, 2015, p. 406.

11 Lundquist S. On the stability of magneto-hydrostatic fields. *Phys. Rev.*, 1951, v. 83 (2), 307–311. Available online: http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRev.83.307.

$$\nabla \times \vec{B} = \left(\frac{\partial B_z}{r \partial \theta} - \frac{\partial B_\theta}{\partial z}, \frac{\partial B_r}{\partial z} - \frac{\partial B_z}{\partial r}, \frac{\partial (r B_\theta)}{r \partial r} - \frac{\partial B_r}{r \partial \theta} \right) \tag{23}$$

und die rechte Seite von (21):

$$\alpha \vec{B} = \left(\alpha B_r, \alpha B_\theta, \alpha B_z \right) \tag{24}$$

In (23) und (24) sind alle Feldkomponenten Funktionen der Position von Vektor *p*. Da es keinen Grund gibt, eine Variation der Stromdichte ***j*** in der *θ*- oder z-Richtung im kosmischen Raum anzunehmen, impliziert (22), dass dies auch für ***B*** gilt. Aus dem Fehlen jeglicher von außen aufgebrachter Kräfte außer möglicherweise eines statischen axialen elektrischen Feldes zur Aufrechterhaltung von ***I*** (erster Term in (11)) und jeglicher zeitlich variierender elektrischer Felder folgt, dass alle partiellen Ableitungen von ***B*** in Bezug auf *θ* und z Null sind und daher bleiben von (21) nach diesen Vereinfachungen in (23) die folgenden drei Ausdrücke: In radialer Richtung ist $\alpha B_r = 0$. Es gibt keine radiale Komponente des ***B***-Vektors. Dies stimmt mit Maxwells div **B** = 0 überein. In azimutaler Richtung erhalten wir

$$\frac{\partial B_z}{\partial r} = -\alpha B_\theta \tag{25}$$

und in radialer Richtung haben wir

$$\frac{\partial (r B_\theta)}{r \partial r} = \alpha B_z \tag{26}$$

Dies führt zu zwei nicht trivial gekoppelten Differentialgleichungen in den beiden abhängigen Variablen $\boldsymbol{B_z}$ und $\boldsymbol{B_\theta}$, wie in (25) und (26) gezeigt. Die unabhängige Variable in beiden ist der radiale Abstand *r*. Die Kombination von (25) und (26) ergibt eine Differentialgleichung zweiter Ordnung in einer einzelnen abhängigen Variablen.

$$\frac{\partial^2 B_z(r)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial B_z(r)}{\partial r} + \alpha^2 B_z(r) = 0 \tag{27}$$

Die abhängige Variable B_z *(r)* ist die axiale Komponente des kraftfreien stationären Magnetfeldes. Das Komponentenfeld B_z *(r)* darf sich so weit erstrecken, wie der Strom reicht. Es wird keine Randbedingung bei einem Wert ungleich Null von *r* eingeführt. In allen realen Strömen im Raum gibt es eine natürliche Grenze *r* = *R* für das Ausmaß der Stromdichte ***j*** (r).

Nachdem die Differentialgleichung (27) nun vollständig spezifiziert wurde, ist sie als identisch mit Bessels Gleichung mit skalaren Parametern identifiziert und erhalten als Lösung:

$$y = A J_0(x) + C Y_0(x):$$

J_0 *(x)* ist die Bessel-Funktion der ersten Art und nullter Ordnung, und Y_0 *(x)* ist die Bessel-Funktion der zweiten Art hat an der Grenze x = 0 den Wert Eins, und die Funktion Y_0 *(x)* hat an derselben Grenze eine Singularität. Da die Realität vorschreibt, dass das Magnetfeld endlich bleibt, muss der Wert des beliebigen Koeffizienten C gleich Null gesetzt werden. Somit ist die Lösung zu (27) gegeben durch:

$$B_z(r) = B_z(0) J_0(\alpha \cdot r) \tag{28}$$

Diese Bessel-Funktion der ersten Art und der Ordnung Null wird verwendet, um die Bessel-Funktionen der ersten Art und der Ordnungen 1, 2, 3 ,. . . durch einfache Differenzierung zu erzeugen. Die Rekursionsformel für die Bessel-Funktion erster Ordnung ist,

$$J_1(x)=\frac{d\,J_0(x)}{dx} \tag{29}$$

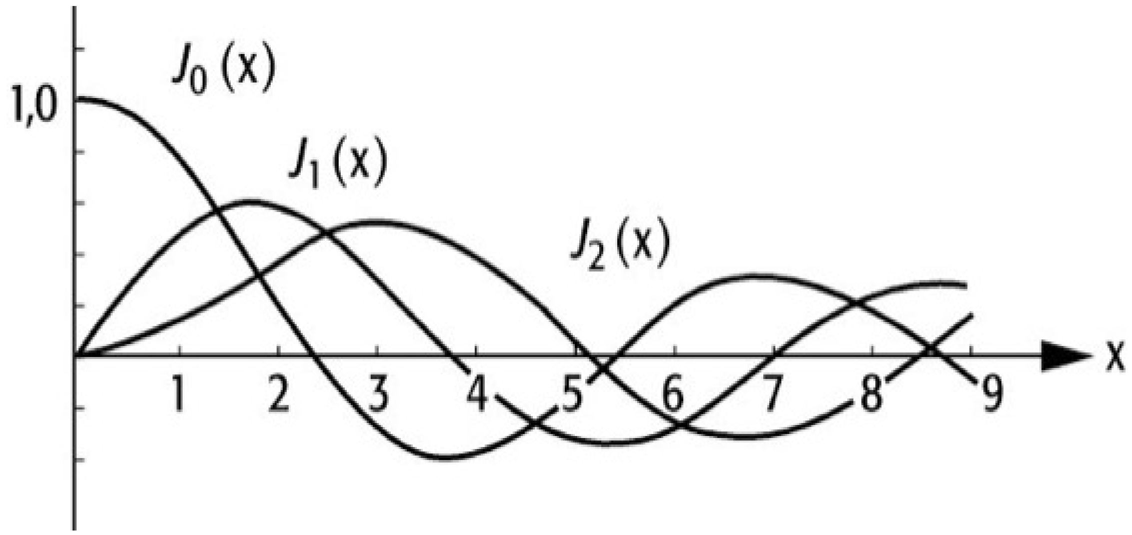

Schaubild 4: Besselfunktionen Nullter bis zweiter Ordnung

So erhalten wir von (25) und (29)

$$B_\theta(r)=B_z(0)\,J_1(\alpha\cdot r) \tag{28}$$

Das Bessel-Funktionsmodell eines kräftefreien Stromes umfasst explizit nur zwei kanonische Variablen: das Magnetfeld *B(r)* und die elektrische Stromdichte *j(r)*. Das Modell erfordert, dass diese beiden Vektorgrößen wie schon oben gesagt, überall parallel sind (nicht wechselwirkend). Da awir annehmen, dass die Strömung eine unbegrenzte Länge und einen kreisförmigen Querschnitt hat, berücksichtigt das Modell keine Variation von B oder ***j*** in der *θ*- oder *z*-Richtung. Aus (13) folgt dann für die Stromdichte:

$$j_z(r)=\frac{\alpha\cdot B_z(0)}{\mu}\,J_0(\alpha\cdot r) \tag{29}$$

und

$$j_\theta(r)=\frac{\alpha\cdot B_z(0)}{\mu}\,J_1(\alpha\cdot r) \tag{30}$$

Der Zusammenhang zwischen Stromdichte ***j*** und Fließgeschwindigkeit ***v*** ist allgemein:

$$\vec{j}=\rho_M\cdot\vec{v} \tag{31}$$

Nun fehlt nur noch der Zusammenhang von Massendichte und Ladungsdichte und wir erhalten die Stromdichte, die Einstein aus den Maxwell-Gleichungen weg haben wollte. Dazu kann man sagen, dass die Ladungsdichte vom Ionisationsgrad des Plasmas abhängt. Auf den Ionisationsgrad kann man von der Strahlungsintensität einer Galaxie schließen. Die elektromagnetische Welle ist die abgegebene dissipative Entropie des offenen Systems, dass die Maxwell-Gleichungen beschreiben. Also kann man schlussfolgern, dass die Rotationsgeschwindigkeit einer Galaxie proportional dem Verhältnis von Stromdichte und Massendichte ist, was die Welligkeit des Plateaus der Geschwindigkeitsverteilung entlang der Galaxieradien in Abb. 2 erklärt, hervorgerufen durch die Spiralarme.

Zusammenfassung

Unser Ausgangspunkt war die Newtonsche Gravitationsgleichung und wir haben gefragt, was die Ursache der kraftfreien Bewegung der Himmelskörper um einander ist und wir haben heraus bekommen, dass es der elektrische Stromfluss des Plasmas ist, der durch Maxwells Gleichungen beschrieben wird und nicht wie Einstein postuliert hat, die Krümmung einer ideellen geschlossenen Hyperfläche, für die der Kosmos gehalten wird. Es reichen wirklich die Gesetze der Elektrodynamik bewegter Körper ohne Lorentztransformation aus, um den Kosmos zu beschreiben. Eine mathematische Transformation ist nur die Änderung der Betrachtung, niemals eine Änderung der Physik. Mit anderen Worten: Von der Natur kann man zwar ein mathematisches Modell machen, aber wenn man das Modell transformiert, hat das keinen rückwirkenden Einfluss auf die Natur und daraus dann Schlussfolgerungen ziehen zu wollen, ist zweifelhaft, insbesondere dann, wenn mathematische und physikalische Grundgesetze nicht beachtet werden, wie der Unterschied zwischen Raum und Oberfläche (Nur Oberflächen können gekrümmt sein, Räume niemals) und die Erhaltung von Masse und Energie.

Zum Schluss möchte ich Prof. Andre Koch Torres Assis von der Universität Campinas in Brasilien dafür danken, dass er die Elektrodynamik Wilhelm Webers dem Vergessen entrissen hat, indem er Webers gesamtes Werk ins Englische übertragen ließ und so einen wichtigen deutschen Beitrag zur Physikgeschichte ins Licht der Weltöffentlichkeit rückte.