

Konvergenz von fiktiver Physik und Realität

Naturkonstanten aus einem neuen Elektron-Modell erklärt

Die Forschung konzentriert sich darauf, das Elektron aus Beobachtungen bei atomarer Bindung zu beschreiben. Dabei erzielte Ergebnisse sind häufig unbefriedigend, weil besonders relativistische Deutungsversuche Begriffe und mathematische Beziehungen einführen, die oft unverstanden akzeptiert werden müssen.

Es wird hier demgegenüber ein Elektron-Modell vorgestellt, das sich aus der Analyse des freien Elektrons ergibt. Das dabei entwickelte Modell ist frappant einfach, anschaulich und liefert auch allgemein für die Physik bemerkenswerte Lösungen. Vom klassischen Modell bleibt ein radialsymmetrisches Elektrofeld, das sich mit einem leeren Mittelraum zyklisch bewegt. Die mathematische Betrachtung des Modells führt zu erstaunlichen Ergebnissen: Erstmals zeigen sich Zusammenhänge und Erklärungen für Naturgrößen wie *Planck*- und *Dirac*-Konstante, Elektron-Eigendrehimpuls, *Bohrsches* Magneton, *Bohrscher* Radius und *Sommerfeld*-Feinstruktur-Konstante! Ferner offenbaren die im Elektron vorhandenen Energien, daß das Elektron entgegen der Lehrmeinung wohl nicht kreiselt und masselos ist!

Im untersuchten Elementarsystem bestehen - nun teils wesentlich einfachere - Beziehungen für über 30 Naturgrößen, davon 18 Konstanten. Das vorgeschlagene Elektron-Modell erleichtert das Verständnis mancher physikalischer Phänomene - bspw die Ergebnisse des Doppelspalt-Versuchs.

Aspekte der Atomphysik stehen beim hier vorerst isoliert betrachteten Modell nicht zur Debatte.

Die beiden Grundgesetze der Elektrolyse (*Faraday* 1834) besagen, daß die abgeschiedenen Stoffmengen den transportierten Ladungsmengen proportional sind.^[1] Dank *Loschmidts* verlässlichen Angaben 1865 (Atommassen und -ausdehnung) bestätigte er die *Avogadro*sche Hypothese.^[2] Damit ließ sich zeigen, daß jede transportierte Ionenladung eine unteilbare Elementarladung ist. Dieses „Atom der Elektrizität“ (*Helmholtz* 1881)^[11] bezeichnete *Stoney* 1894 als Elektron.^[3]

Nach klassischer Betrachtung ist das Elektron e^- ein kugeliges Korpuskel und trägt auf seiner Oberfläche eine negative elektrische Elementarladung. Die fiktiven Feldlinien seines radialsymmetrischen elektrischen Felds \hat{E}_e zeigen determinativ auf die Elektronmitte. Die Kugel kreiselt demnach um die eigene Achse mit einem Elektronenspin S_e . Das sich angeblich drehende/bewegte Feld \hat{E}_e erzeugt ein Magnetfeld \hat{B}_e mit magnetischem Moment μ_e .

Bekannte Größen des Elektrons sind z B im *Millikan*-Versuch 1909 ermittelte Elementar(punkt)ladung e_0 ^[4,5], gemessene Ruhemasse m_{e0} (Fadenstrahlrohr) und rechnerisch bestimmter klassischer Radius r_e des Ruhemassevolumens. Ferner ist spätestens seit *Einstein*^[6] die Elektron-Ruheenergie W_0 [= 8,187 105 06(36) · 10⁻¹⁴ J]^[7] bekannt. Davon beinhaltet das Elektronfeld \hat{E}_e als potentielle Energie W_{e0} die Hälfte. Die andere Hälfte wird einer Selbstenergie^[8] zugeordnet.

In der klassischen Physik versteht man unter **Selbstenergie** die potentielle Energie einer Ladungsverteilung im eigenen Feld^[9]; die Selbstenergie entspricht der Wechselwirkung der Ladung mit dem von ihr erzeugten elektrostatischen Feld.^[10] sie sei erforderlich, wenn Feld und Ladung voneinander getrennt werden sollen.

Vom Ideal einer Punktladung muß in der Elektrodynamik abgewichen werden, um für die Selbstenergie keinen divergierenden Ausdruck zu erhalten.^[11] Die Beseitigung der mit der Selbstenergie des Elektrons zusammenhängenden Schwierigkeiten erfolgt in der Quantenelektrodynamik durch die kovariante Renormierung von Ladung und Masse, die in eindeutiger Weise zu endlichen Ausdrücken für Ladung und Masse führt, die mit den beobachteten Werten identifiziert werden; analog verfährt man mit der Selbstenergie der Protonen (*Feynman*-Diagramm).^[12]

Erklärungsversuche für die fiktive Selbstenergie werfen mehr Fragen auf, als nachvollziehbare Antworten zu liefern.

Zu obigem Modell ist anzumerken:

- 1 Bekannte Größen sind ferner zB der **Elektronenspin** $S_e = \frac{1}{2}\hbar = 5,272\,858\,63(24) \cdot 10^{-35} \text{ J}\cdot\text{s}$ ^[7] und der Kugel-Drehimpuls $L_{ei} = 2S_e = 1,054\,571\,726(47) \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ^[7] (= *Diracsche* Konstante \hbar). Für die etwa kreiselnde Massekugel gilt mit obigen Größen $L_{ei} = \frac{2}{5} m_{e0} r_e^2 \omega_{ei}$ (mit Kreisel-Kreisfrequenz ω_{ei}). Da $m_{e0} = 9,109\,382\,91(40) \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ^[7] und $r_e = 2,817\,940\,3267(27) \cdot 10^{-15} \text{ m}$ ^[7], errechnete sich ω_{ei} zu $\omega_{ei} = \frac{5}{2} L_{ei} / (m_{e0} r_e^2) = 3,644\,715\,129 \cdot 10^{25} \text{ s}^{-1}$ ($f_{ei} = 5,800\,744\,289 \cdot 10^{24} \text{ s}^{-1}$; eine Frequenz im Bereich der Gammastrahlen). Daraus resultierte eine Elektron-Kreiselergie $W_{ei} = \frac{1}{5} m_{e0} r_e^2 \omega_{ei}^2 = 1,921\,806\,7609 \cdot 10^9 \text{ J} = 2,347\,358\,127 \cdot 10^4 W_0$. Dieses hohe Maß an **Energie ist nirgendwo enthalten** oder unterzubringen. Allein Elektrofeld-Energie und unterstellte Selbstenergie bilden doch in der Summe bereits die Ruheenergie.
- 2 Zweifel am Elektron-Modell werden verstärkt, weil sich eine vermeintliche Eigendrehung des Elektrons nicht auf seine Umgebung auswirkt, da entweder das Elektrofeld diese Drehung ohnehin nicht mitmacht oder ein etwa kreiselndes radialsymmetrisches Elektrofeld **kein Magnetfeld** erzeugt: Feldenergiedichten im Raum ändern sich dabei nicht.^[13]
- 3 Das derzeitige Modell erklärt weder Ergebnisse resp Beziehungen von bspw Doppelspalt-Experiment, *EPR*-Effekt, *Dirac*-Konstante, Feinstruktur-Konstante noch *Planck*-Konstante.

Einen Lösungsansatz für obige Widersprüche, offene Fragen sowie weitere bisher unerklärte, aber im Wert sehr genau ermittelte physikalische Größen könnte ein dagegen anderes Elektron-Modell liefern:

- 4 Das radialsymmetrische elektrische **Feld** ist durch seine überall im Raum vorhandene Felddichte $\hat{\sigma}_e(r_e)$ bzw Feldstärke $\hat{E}_e(r_e) [= \hat{\sigma}_e(r_e)/\epsilon_0]$ präsent. Es tritt über die Felddichte (resp Feldstärke) mit seiner Umgebung in Wechselbeziehung. Die auf der Oberfläche $A_e(r_e)$ jedes beliebigen Kugelradius r_e vorhandene Felddichte $\hat{\sigma}_e(r_e)$ summiert sich zur Elementarladung e_0 [= $4\pi r_e^2 \hat{\sigma}_e(r_e)$]. Im Grenzfall $r_e = 0$ konzentriert sich die Felddichte auf einen Punkt zur Ladung.

Zur Charakterisierung des Elektrons bedarf es der **Ladung** nicht. Diese ist nicht zusätzlich vorhanden. Sprachlicher und mathematischer Vorteil dieser rechnerischen Größe ist ihr konstanter Wert. Wegen nur rechnerischer Ladung ist eine **Selbstenergie** jedoch entbehrlich. Was wäre, wenn die der Selbstenergie zugeordnete halbe Ruheenergie – wegen Symmetrie gegenüber der potentiellen Feldenergie – **kinetische** Energie ist?

5 Existenz in absoluter Starre ist eine Paradoxie. Dasein ist bewegtes Sein – ansonsten ist es Irrealität. (**Einstein**: „Alles im Leben ist Schwingung.“) Das Elektron ist langlebig^[5] (von Annihilationen abgesehen): mittlere Lebensdauer $> 10^{24}$ a (vergl Vermutung: „Urknall“ vor $< 10^{11}$ a). Somit dürfte es kaum ruhen, da es sonst zerfiel (bisher ohne experimentellen Hinweis). Da die weitaus größte Anzahl aller Elementarteilchen Elektronen sind, bewegt sich ein Elektron auf einem Kreis. Für die Quantenphysik wurde zur Beantwortung von Elektron-Fragen die Zitter- und Hyperzitterbewegung erdacht.^[14,15]

6 Plancksches Wirkungsquantum h bildet mit Anregungsfrequenz f beim (mit Vakuum-Lichtgeschwindigkeit c_0 bewegten) Photon eine physikalische (äußere) **Verknüpfung**.

Könnte **Planck**-Konstante h beim Elektron eine (innere) Verknüpfung darstellen?

7 Der Quotient aus Ruheenergie W_0 und **Planck**-Konstante h ergibt eine Frequenz f_e . Es ist naheliegend, daß sich das Elektron intrinsisch mit dieser Frequenz zyklisch bewegt. Erfolgte es mit c_0 , entspräche der Umlaufradius r_E der **Compton**-Wellenlänge λ_{Ce} .

Mit den Annahmen **4 ... 7** werden bemerkenswerte Ergebnisse erzielt:

8 Im Elektrofeld steckt eine potentielle Energie W_{e0} von $W_{e0} = 1/8 e_0^2 / (\pi r_e \epsilon_0) = 4,093\ 552\ 532\ 73 \cdot 10^{-14} \text{ J} = 1/2 W_0$.
(Anm: Das Elektron ist ein Elementarteil. Seine „Ruhe-“ und Feldenergie sind konstant - also auch e_0^2 / r_e .)

Die zweite Ruheenergie-Hälfte ergibt sich rechnerisch aus dem umlaufenden „Korpuskel der Masse m_{e0} “ und der Geschwindigkeit c_0 als System-Bahnenergie W_{sb} zu $W_{sb} = 2 m_{e0} (\pi r_e f_e)^2 = 1/2 m_{e0} \cdot c_0^2 = 1/2 h \cdot f_e = 1/2 W_0$.

9 Nach **Einsteins** SRT sind mit c_0 bewegte Objekte **masselos**. Das kreisende Elektron selbst ist daher ohne Masse. An ihm zerren folglich beim Umlauf keine Fliehkräfte. Auch Masse tritt (zumindest hier) nur als rechnerische Größe auf.

10 Träge Energie und Masse lassen sich nach **Einsteins** SRT gegenüberstellen^[16], Energie und Masse sind einander äquivalent.^[17]

11 Das zyklisch bewegte elektrische Feld erzeugt ein torusförmiges Wirbel-Magnetfeld. Dessen Energie W_{em} ^[18]
 $W_{em} = 2,647\ 569\ 647\ 60 \cdot 10^{-16} \text{ J} = 0,006\ 467\ 657\ 70 W_{e0} = 0,003\ 233\ 828\ 84 W_0$
ist der potentiellen Energie W_{e0} entnommen. Somit verbleibt eine Kinesiofeld-Energie W_{ek} ^[19]
 $W_{ek} = W_{e0} - W_{em} = 4,067\ 076\ 836\ 25 \cdot 10^{-14} \text{ J} = 0,993\ 532\ 342\ 32 W_{e0} = 0,496\ 766\ 171\ 16 W_0$.

12 Man könnte dieses Gebilde „bewegtes elementares Elektrofeld eEF mit sekundärem elementarem Magnetfeld eMF“ **Elementarsystem** ES nennen. Um keine Verwirrung zu stiften, bleibt es jedoch besser beim Begriff Elektron.

13 Dessen (symmetrische) Energiesumme beträgt $W_{ek} + W_{em} + W_{sb} = W_{e0} + W_{sb} = 2 W_{e0} = W_0 = h \cdot f_e$.

14 Weitere Energien sind im Elementarsystem nicht enthalten. Eine sich etwa aus einer kreiselnden Elektronmasse ergebende Kreiselergie W_{ei} wäre nicht unterzubringen (siehe **1**). Das Elektron **kreiselt also nicht!**
Ein kreiselndes radialsymmetrisches Elektrofeld würde ohnehin kein Magnetfeld erzeugen (siehe **2** sowie ^[13]).

15 Für **Planck**-Konstante h findet man mit Obigem bspw die Beziehung $h = 1/2 r_E e_0^2 / (r_e \epsilon_0 c_0)$.^[20]

16 Fügt man für h hergeleitete Beziehungen in übliche Formeln von Größen ein, die durch h ausgedrückt werden, liefert dies frappierende Gleichungen, z B für die **Sommerfeld**-Feinstruktur-Konstante α $\alpha = r_e / r_E$ ^[21]
und für den **Bohrschen** Radius a_0 $a_0 = r_e / \alpha^2 = r_E^2 / r_e$.^[22]

Feynman käme nun endlich zur Ruhe und wäre nicht mehr gedemütigt.^[23]

17 Der Elektronenspin S_e berechnet sich bei oben unterstellter Bewegung aus $S_e = 1/4 \mu_0 r_E^2 e_0^2 f_e^2 / r_e$.^[24]

Das **Bohrsche** Magneton μ_B ergibt sich aus dem umlaufenden Feld mit $\mu_B = 1/2 r_E e_0 c_0$.^[25]
läßt sich also - entgegen der Lehrmeinung - aus dem Elementarsystem herleiten.

Analysierende Feldberechnungen zeigen, daß örtliche Felddichtebewegungen allein für Magnetfeldwerte belanglos sind.^[26] Entscheidend ist die Geschwindigkeit des verursachenden Gesamtfelds, bei radialsymmetrischen Feldern die der Feldmitte. Bei Feldberechnungen mit Einzel„ladungen“ sind **Maxwellsche** Gleichungen bedingt^[27] und das **Biot-Savart**-Gesetz modifiziert^[28] anwendbar, da sie für el-magnetische Wellenausbreitung resp zeitgemittelte Ladungshäufigkeiten konzipiert sind.

Aus Feldbeziehungen des Elementarsystems geht auch Vakuum-Wellenwiderstand Z_0 hervor, der also nicht nur im elektromagnetischen Strahlungsfeld von Bedeutung ist.^[29]

Die **Von-Klitzing**-Konstante R_K (**Hall**-Widerstand) ist ein Elektrofeld-Widerstand.^[30]

Mit dem vorgestellten Modell ergibt sich folgendes:

Das Elektron ist kein Korpuskel mit Ladung und Masse, sondern („nur“!) ein radialsymmetrisches elektrisches Feld \hat{E}_e . Sein Zentrum bildet ein feldfreier kugelförmiger Raum mit Radius r_e . Das Feld bewegt sich mit Lichtgeschwindigkeit c_0 – im unbeeinflussten Zustand zyklisch auf einem Kreis mit Radius $r_E = \lambda_{ce}$. Hierdurch wird sekundär ein torusförmiges Magnetfeld \hat{B}_e mit magnetischem Moment μ_e erzeugt. Dieses Rotationssystem – lediglich aus zwei Feldern bestehend – enthält die „Ruhe“energie W_0 und stellt sich wegen seiner Trägheit^[31] nach außen wie mit Masse m_{e0} und Spin S_e dar. Es gibt keine (Punkt-)Ladung. Am Ort, der dem Elektron zugeordnet ist, klafft ein absolut leerer Raum, der nicht rotiert.

Nimmt man also an, ein Elektron bewege sich grundsätzlich intrinsisch zyklisch, ergibt sich ein Elementarsystem, das mehr als 30 physikalische Größen (darunter 18 Konstanten)^[32] verbindet, deren Herkunft und / oder Bedeutung teils bisher nicht erklärt werden, bspw die des **Plancks**chen Wirkungsquantums h und der Feinstruktur-Konstante α . Aber auch das Elektron selbst erhält eine Deutung, die die Ergebnisse des Doppelspalt-Experiments und das Verhalten des Photons plausibel machen könnten.

Plancks Hinweis 1900 auf das Versagen der klassischen Physik bei Wärmestrahlung, **Einsteins** Überlegungen 1905 zum Photon und bspw **Louis de Broglies** 1924 versuchte Deutungen der Ergebnisse des Doppelspalt-Experiments führten zur anfangs heftig umstrittenen, bis heute wohl kaum verstandenen Quantenphysik.^[33,34]

Einen möglichen Weg aus dieser unbefriedigenden Situation könnte das neue Elektron-Modell weisen:

Wenn beim **Doppelspaltversuch** mit Elektronen (oder Photonen, von Elektronen abgelöste Anregungsenergien, über Energiehebel^[35] h abgebildete Vielfache der Ruheenergie) geschossen wird, werden gemäß Obigem (ins Unendliche ausgeweitete) Felder bewegt. Die durch die Spalte (an Feldern der Spaltränder vorbei) gelangenden, ggf aufgeteilten und gebeugten Felder korrelieren noch nach dem Durchgang, auch wenn ein Spalt erst danach abgedeckt wird. Ist daran etwas suspekt?

Der von **Einstein** entdeckte **fotolektrische Effekt** war ein Anlaß, die Quantentheorie einzuführen. Möglicherweise kann das **EPR-Paradoxon**, basierend auf dem Elementarsystem und der Kopplung seiner fernwirkenden Felder und damit „Verbundenheit-in-der-Trennung“ zweier Teilchen^[36] (nach **Paulis** Ausschluß-Prinzip), logisch erklärt werden.

Das scheinbar zwiespältige **Verhalten des Photons**, sein Welle-Teilchen-Dualismus könnte durch ein Weder-Noch ersetzt werden: Das Photon ist, wie das Elektron, ein sich bewegendes Doppelfeld. Sind Wahrscheinlichkeitsamplituden nun obsolet?

Bei sich in Längsrichtung mit **Lichtgeschwindigkeit** bewegendem Photon ist weder longitudinal noch transversal eine modulierte Geschwindigkeitskomponente denkbar. Kann es also schwingen?

Ist nicht seine Energie $h \cdot f$ ggf lediglich das, was das **getroffene Ziel zum Schwingen** anregt?

Alle elektrischen Felder existieren bereits (bis ins Unendliche). Sie bauen sich nicht erst auf und müssen/können sich nicht erst ausbreiten. Wegen Superposition mit anderen sind sie ggf latent (Neutron).

Beim „Senden/Strahlen“ verschiebt sich ein Feld, und wegen besonders hoher Felddichte in seiner Feldmitte wird der Ortswechsel dort am ehesten bemerkt. Eine ausgeprägte „Wellenfront“ eines Feldes gibt es nicht.

Das beim Elektrofild-Verschieben **erzeugte Magnetfeld** ist unmittelbar bis ins Unendliche vorhanden, weil das Elektrofild bis dort reicht. Auch ein einzelnes Magnetfeld (von einem einzelnen Elektrofild) baut sich somit nicht zeitverzögert auf.

Bedarf es zur Erklärung des **Durchtunnelns einer Potentialbarriere** geliehener Energie wie in der Quantenmechanik?

Welcher **Ort** soll ins Unendliche ausgedehnten Feldern zugeschrieben werden? Ist **Heisenbergs** Unbestimmtheitsrelation zu modifizieren?

Die Annahme des umlaufenden Elektrons und der sich daraus ergebenden Ergebnisse läßt vermuten, daß sich alle subatomaren Objekte zyklisch bewegen – zumindest das Proton mit mindestens 10^{31} Jahre mittlerer Lebensdauer.^[37]

Schließlich haben auch Nukleonen einen Spin und Bahndrehimpuls.

Kann das Modell „(masseloses!) Elementarsystem“ überdies das Verständnis der Schwachen und Starken Wechselwirkungen erleichtern? Kommen wir über dieses Modell der Weltformel näher?

Die Annahme eines Elementarsystems statt eines klassischen Elektrons oder einer Elektron-Aufenthaltswolke dürfte in der Betrachtungsweise / Deutung vieler physikalischer Vorgänge weitreichende Konsequenzen haben. Quantisierung aber – wenn man so will, nicht zuletzt wegen Faktor h – bleibt dabei bestehen, so wie Pi Kreiszahl bleibt.

Ob zur Interpretation Parallel- oder viele Welten benötigt werden, sei dahingestellt.

Kommt die Physik womöglich doch ohne Mystifikation aus? Stirbt **Schrödingers** Katze nicht im Multiversum?

Darf **Newton** auch im subatomaren Bereich bemüht werden? Flammen Diskussionen von Anfang 1900 wieder auf?

Wie immer ziehen neue Antworten neue Fragen nach sich.

Anm: **Nach Ausarbeitung** des oben vorgestellten Modells wurden dem Verfasser **andere** Elektron-Modelle bekannt.^[38,39]
Auch nach diesen bewegt sich das Elektron intrinsisch. Jedoch gelangt keines dieser Modell zu (einfacher definierenden) Beziehungen für etwa die Konstanten nach **Planck** h , **Von Klitzing** R_K , **Rydberg** R_∞ , der Feinstruktur α , dem **Bohrschen** Magneton μ_B sowie Radius a_0 und Vakuum-Wellenwiderstand Z_0 – um nur einige zu nennen.
Gauthiers Modell geht mit der einbezogenen Zitterbewegung vom Verhalten des atomgebundenen Elektrons aus.
Kanarevs Modell ist ein modifiziertes **Parson**-Magneton-Modell des Elektrons von 1915.^[40]

Quellenverzeichnis

- [1] **Weißmantel**, Christian (Hrsg): *Kleine Enzyklopädie Atom- und Kernphysik*, 1. Aufl: Verlag Harri Deutsch, Thun; Frankfurt/M (1983) S 15
- [2] aaO S 14
- [3] **Stoney**, George Johnstone: *Of the „Electron“ or Atom of Electricity*, Philosophical Magazine **38** (1994) S 418
- [4] **Kurzweil**, Peter: *Das Vieweg Formel-Lexikon*, 1. Aufl: Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig; Wiesbaden (2002) S 15
- [5] <http://de.wikipedia.org/wiki/Elektron>
- [6] **Einstein**, Albert: *Spezielle Relativitätstheorie*, Manuskript (1912) S 39, nach Gleichung (28')
- [7] **The 2010 CODATA Recommended Values of the Fundamental Physical Constants**: <http://physics.nist.gov/cuu/Constants/Table>
- [8] siehe bspw <http://de.wikipedia.org/wiki/Elektron>, Absatz „Klassischer Elektronenradius“
- [9] <http://de.wikipedia.org/wiki/Selbstenergie>, 1. Zeile
- [10] **Meyers Großes Taschenlexikon**, Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim (2003), 9. Aufl in 26 Bänden, S 6776
- [11] <http://www.techniklexikon.net/d/selbstenergie/selbstenergie.htm>, Text nach der Gleichung
s a **Rosenfeld**, L.: *ZS f Phys* **86**, S 479, 635 (1933)
s a **Weisskopf**, V.: *ZS f Phys* **89**, S 27 (1934)
- [12] <http://www.techniklexikon.net/d/selbstenergie/selbstenergie.htm>, letzter Absatz
- [13] **KÖRBER**, hans wm: *ELEKTRONEN-Bewegungen* Teil 1, 2. Aufl: Edition SAPIENTIA, pro literatur Verlag, Augsburg (2009) S 13, 54
- [14] **Schrödinger**, Erwin: *Sitzungsberichte Preußische Akademie der Wissenschaften*, Berlin (1930) S 418
- [15] **Hönl**, Helmut: *Annalen der Physik* (V) **33** (1938) S 565
- [16] **Einstein**, aaO S 39ff, §14, insbesondere S 41
- [17] **Fritsch**, Harald: *Elementarteilchen*, Verlag C.H.Beck oHG, München (2004) S 19
- [18] **KÖRBER**, aaO S 30, Gleichung (1.3.27)
- [19] aaO S 30, Gleichung (1.3.28)
- [20] aaO S 42, Gleichung (1.4.8)
- [21] aaO S 47, Gleichung (1.5.2)
- [22] aaO S 50, Gleichung (1.5.27)
- [23] **Fritsch**, aaO S 64: „... jeder theoretische Physiker solle sich in seinem Büro an die Wandtafel schreiben: *137 - wie wenig wir doch wissen.*“
- [24] **KÖRBER**, aaO S 43, Gleichung (1.4.10)
- [25] aaO S 40, Gleichung (1.3.77)
- [26] aaO S 54, 6. These
- [27] aaO S 66
- [28] aaO S 61
- [29] aaO S 58
- [30] aaO S 50, Gleichung (1.5.24) und S 59, Gleichung (1.6.2.37)
- [31] aaO S 44
- [32] aaO S 77
- [33] **Feynman**, Richard P.: „Wer behauptet, die Quantentheorie verstanden zu haben, der hat sie nicht verstanden.“ in **Lesch**, Harald: *Physik für die Westentasche*, 3. Aufl: Piper Verlag GmbH, München (2003) S 81; s a **KÖRBER**, aaO S 46
- [34] **Feynman**, Richard P.: „Ich glaube mit Sicherheit behaupten zu können, daß niemand die Quantenmechanik versteht.“ in **Polkinghorne**, John: *Quantentheorie, Eine Einführung*, Reclams Universal-Bibliothek Nr. 18371, Philipp Reclam jun. GmbH & Co., Stuttgart (2006) S 5
- [35] **KÖRBER**, aaO S 43, 1. Absatz
- [36] **Polkinghorne**, John: *Quantentheorie, Eine Einführung*, Reclams Universal-Bibliothek Nr. 18371, Philipp Reclam jun. GmbH & Co., Stuttgart (2006) S 116
- [37] **Fritsch**, aaO S 109
- [38] **Gauthier**, Richard: PowerPoint-Präsentation „*Is Matter Made of Light? Superluminal Quantum Models of the Photon and the Electron*“ on March 29 - April 2, 2009 at Best, The Netherlands
- [39] **Kanarev**, Ph. M.: *Model of the Electron*, APEIRON Vol. 7 Nr. 3-4, July-October, 2000, S 184...193
- [40] „*Toroidal ring model*“, ein Artikel unter: <http://en.wikipedia.org/w/index.php?oldid=417633408>