

Folgerungen für die Struktur des Elektrons aus der des Photons

Helmut Nieke

Zusammenfassung

Aus den Newton'schen Beugungsexperimenten und dem Ansatz für die Struktur des Photons nach Heisenberg folgerte Nieke eine Struktur des Photons als elektromagnetisches Wirbelpaar. Die Möglichkeit der Paarbildung und Positronenannihilation fordert dann für das Elektron dessen Struktur als elektromagnetischer Wirbelzwilling mit der richtigen Symmetrie des Elektrons. Das Positron hat dann die gleiche Struktur, nur die Drehrichtung der Wirbel ist entgegengesetzt. Es wird empfohlen, die Paulische Spindefinition zu korrigieren, + und - Vorzeichen sind nur für Quantenzahlen mit entgegengerichteter Rotationsrichtung zulässig und nicht für antiparallele Stellung der Elektronen. So kann die β -Emission neu formuliert werden.

Consequences for Structure of Electrons out of that of Photons

Abstract

From Newton's diffraction experiments and from the statement for structure of photons by Heisenberg, Nieke inferred the structure of photons as electromagnetic vortex-pairs. The possibility of pair formation and positron annihilation demands an electromagnetic vortex-twin for the structure of electrons; it gives the right symmetry of electron. So positrons have the same structure, only the direction of rotation of vortices is opposite. Pauli's definition of spin is commented to be corrected: + and - is valid for direction of rotation and not for antiparallel direction of electrons. So the β -emission could be described in a new way.

1. Einleitung

Nieke [1] referierte Arbeiten, die zu der Arbeitshypothese der Struktur des Photons als elektromagnetisches Wirbelpaar führen. Ein Wirbelpaar besteht aus zwei nebeneinander liegenden Wirbeln entgegengesetzten Drehsinns und gleicher Stärke. Nieke [2] diskutierte die Möglichkeit der Emission der Photonen mit Struktur und Feld. Diese Struktur des Photons sollte bei der Wechselwirkung mit Paarbildung oder Positronenannihilation, auch Hinweise auf die Struktur des Elektrons ergeben, was in dieser Arbeit untersucht werden soll.

2. Paarbildung und ein Modell des Elektrons

In der bisherigen Auffassung ergibt die Paarbildung oder die Positronenannihilation als einfachste Form ohne weitere Wechselwirkung

$$1 \text{ Elektron} + 1 \text{ Positron} == 2 \text{ Gammaquanten.} \quad (1)$$

Mit der Anwendung der Ladungs-, Energie- und Impulserhaltungssätze sind die Ausagemöglichkeiten erschöpft. Mit dem Photon mit Struktur nach der Wirbelhypothese läßt sich diese Gleichung schreiben als

$$1 \text{ Elektron} + 1 \text{ Positron} == 2 \text{ Wirbelpaare.} \quad (2)$$

14

Außer die Erhaltungssätze anzuwenden, kann jetzt noch nach Herkunft und Verbleib der Wirbel gesucht werde. Die einfachste Annahme wäre:

Jedes Elektron und Positron enthält zwei Wirbel gleicher Drehrichtung, als Rechts (R)-oder Links (L)-Wirbelzwilling.

$$1 \text{ R-Wirbelzwilling} + 1 \text{ L-Wirbelzwilling} = 2 \text{ Wirbelpaare.}$$

(3)

Gemäß der Wirbeldynamik (z.B. nach Sommerfeld [3]) umkreisen zwei Wirbel gleichen Drehsinns (= Wirbelzwilling) ihren Schwerpunkt, der hier zwischen beiden Wirbeln liegt. Der Drehsinn um den Schwerpunkt entspricht dem Drehsinn der Einzelwirbel. Diese beiden einander umkreisenden elektromagnetischen Wirbel gleichen Drehsinns müßten die Eigenschaft einer Ladung haben und nur bei der Elementarladung stabil sein und ein magnetisches Moment besitzen. Warum aber diese Wirbelzwillinge nur mit der Elementarladung stabil sind, dafür gibt das aufgestellte Modell des Elektrons mit der Struktur des Wirbelzwillings bisher keine neuen Gesichtspunkte. Zu vermuten wäre, daß sich die Lösung bei der Struktur des Photons und Elektrons als Stabilitätsbedingung in der Verbindung von Elektro- und Wirbeldynamik ergibt.

Eine Argumentation wie hier im Abschnitt 2 benutzte z.B. Winter [4] zur formalen Deutung des Betazerfalls: „... daß die Naturgesetze die gleiche Form annehmen, wenn wir die Teilchenpaare, die miteinander durch den Austausch des W-Teilchens koppeln, ineinander umwandeln (ineinander ‚drehen‘): ...“

Der Fall (3) wird eintreten, wenn Elektron und Positron ohne kinetische Energie aufeinander treffen. Schopper [5] und Genz [6] schossen die Partikel mit großer kinetischer Energie aufeinander, wobei weitere Erscheinungen zu erwarten sind, was als Feuerball der Energie oder als Mini-Urknall bezeichnet wird.

Numerisch stehen in Gleichung (2) auf der einen Seite zwei Spin 1/2-Teilchen, auf der anderen Seite jedoch zwei Spin 1-Teilchen. Hier kann man an der Spinerhaltung zweifeln. Die Berücksichtigung der einzelnen Spinelemente mit Vorzeichen hingegen, gibt bei Gleichung (3) auf beiden Seiten vier Wirbelelemente (je zwei rechts und zwei links), hier ist der Spinerhaltungssatz erfüllt im Sinn der Erhaltung der Teilwirbel.

Die Übereinstimmung Photon - Elektron und Wirbelpaar - Wirbelzwilling ist bemerkenswert:

Das Photon läuft mit Lichtgeschwindigkeit, es ist in Ruhe nicht existenzfähig, bei linear polarisiertem Licht ist die Ausbreitungsrichtung zweizählige polare Achse. - Das Wirbelpaar bewegt sich mit großer Geschwindigkeit in der Ebene der Wirbel senkrecht zur Verbindungslinie der Schwerpunkte der beiden Wirbel vorwärts, sie treiben sich gegenseitig vorwärts, in Ruhe ist es instabil. Die Ausbreitungsrichtung ist die polare zweizählige Symmetrieachse.

Das Elektron und der Wirbelzwilling sind in Ruhe stabil. Im Wirbelzwilling treiben sich die beiden Wirbel gleichen Drehsinns umeinander und liefern damit auch die Symmetrie des Elektrons mit einer polaren Symmetrieachse.

Aber ein wesentlicher Unterschied (der hiermit nicht erklärt ist) besteht zwischen Photon und Elektron: Das Photon ist bei unterschiedlichen Energien stabil, wenn nur die Frequenz dazu paßt; nach einer Beugung kann die Frequenz und damit die Energie nach Nieke [7] vermindert sein. Das Elektron hingegen ist nur mit der Elementarladung und konstantem magnetischen Moment bekannt.

Unterschiedlich ist das Verhalten bei der Polarisation. Beim Photon liegt die Polarisations Ebene konstant im Raum. Verständlich wird das mit der Struktur als Wirbelpaar, das sich nach Nieke [2] mit einem doppelten Kreiselpaß vergleichen läßt. Einzelne oder isolierte Elektronen weisen diese räumliche Stabilität ihrer Symmetrieachse nicht in diesem Maße auf. Aufschluß über Eigenschaften eines isolierten Elektrons suchte man in Elektronenfallen, oder

Penning-traps, referiert bei Dehmelt [8]. Das gyromagnetische Verhältnis wird zu 2 mit einer Abweichung kleiner als $1 \cdot 10^{-11}$ bestimmt. Die Ausrichtung der Spinachse wechselte bei Resonanzversuchen leicht und oft.

3. Das Paulische Prinzip

Als Spin gilt das mechanische Drehmoment, das magnetische Moment, oder beides zusammen. Nach Pauli [9] haben die magnetischen- oder Spin-Quantenzahlen die Werte $m_s = +1/2$ oder $m_s = -1/2$, wobei sich zwei Elektronen mit sonst gleichen Quantenzahlen stets antiparallel einstellen (Paulisches Ausschließungsprinzip). Eine Drehung eines Elektrons um 180° ändert also die Spin-Quantenzahl von $+1/2$ auf $-1/2$ ohne daß sich eine Drehrichtung ändert.

Pauli [9] schrieb: „Schon in meiner ursprünglichen Arbeit hatte ich den Umstand stark betont, daß es mir unmöglich war, für das Ausschließungsprinzip einen logischen Grund anzugeben oder es aus allgemeinen Annahmen abzuleiten. Ich hatte immer das Gefühl, und ich habe es noch heute, daß das ein Mangel ist.“

Mit dieser Unterscheidung der Ausrichtung des Elektrons mit $+$ oder $-$ hat er eine Unterscheidung der Rotationsrichtung ausgeschlossen. Dies ergab sich aus seiner Überzeugung der Unanschaulichkeit bei Quantenprozessen, er wollte dem Spin keine anschauliche Bedeutung unterlegen. Nicht wie Uhlenbeck und Goudsmith [10] nach der Entdeckung des magnetischen Moments des Elektrons 1925, die eine Rotation annahmen. Pauli konnte zu dieser Zeit das Positron noch nicht kennen, denn es wurde erst 1932 entdeckt. Nachträglich wäre eine Korrektur möglich gewesen, die aber nicht erfolgte. Das Vorzeichen des Spin wäre dann mit dem Vorzeichen der Ladung des Elektrons oder Positrons gekoppelt. Diese Unterlassung hatte weitreichende Folgen, denn damit erhielten Elektron, Positron, Proton und Neutron den Spin $1/2$ und wurden als Spin $1/2$ -Teilchen bezeichnet. Dabei ist zu bemerken, daß aus einer Rechtsschraube bei einer 180° Kippung senkrecht zur Längsachse keine Linksschraube wird. Dabei hatte Pauli natürlich recht, wenn er den Spin als einfache Rotation nach Uhlenbeck u. Goudsmith nicht akzeptierte, denn so einfach kann es nicht sein und alle physikalischen Erscheinungen der Elektronen und Atome sprachen dagegen. Aber hier werden zahlreiche Argumente vorgebracht für die Struktur von Photon und Elektron nicht als einfache Rotation, sondern mit innerer Rotationen als Wirbelpaar und Wirbelzwilling, also als Wirbelaggregat. Aber auch das ist nur die einfachste physikalische Möglichkeit mit der Teilchen auch selbständig existenzfähig sein können, aber es kann natürlich auch komplizierter sein.

Es ist eine allgemeine Erscheinung, daß Gründer einer Theorie die Schwächen ihrer Theorie besser kennen als ihre Schüler und Nachfolger, diese halten dies für Wahrheit und so zweifelten Paulis Nachfolger nicht an der Vorzeichenumkehr bei Drehung des Elektrons.

Als Änderung wird vorgeschlagen, das Vorzeichen des Spin mit dem Vorzeichen der Ladung zu koppeln und als Spinrichtung die des magnetischen Moments einzuführen (vgl. Frenkel [11] und Formel (3)). Dann sind Elektronen Spin $| - |$ Teilchen, Positron und Proton Spin $| + |$ Teilchen und das Neutron ein Spin $| +- |$ Teilchen, es hat keine resultierende Ladung, wohl aber ein magnetisches Moment (Lande's g-Faktor). Zwei Elektronen mit entgegengerichtetem Spin und magnetischem Moment bilden dann ein System. Innere 2, 8, ... Elektronen bilden bereits derartige Systeme.

Die β -Emission ergibt sich im einfachsten Fall als Zerfall des Neutrons und damit die Spinbilanz:

$$1 \text{ Neutron } | +- | == 1 \text{ Proton } | + | + 1 \text{ Elektron } | - | \quad (4)$$

womit das Neutrino überflüssig wird, das nur eingeführt wurde, um die verfehlte Spindefinition zu kompensieren. Das Neutrino wurde mit großem Aufwand gesucht und nur als gefunden gemeldet

durch Rechnungen aus Zehnerpotenzen höheren Störungen. Mit Berücksichtigung der Rotationsrichtung sind also diese zweifelhaften Rechnungen nicht mehr notwendig. Eine neue Kennzeichnung der Spinrichtung der Elektronen muß gefunden werden.

Hier wird in Gleichung (4) das Neutron und Proton hinzugenommen, von denen zwar Symmetrie und physikalische Daten bekannt sind, aber nicht deren Struktur. Das rechtfertigt aber nicht das Neutrino, denn die Bezeichnung der Spinquantenzahlen nach Pauli ist nicht gerechtfertigt, wie er ja selbst schrieb.

Beim radioaktiven β -Zerfall fand man Elektronen nur mit Linksdrall, Positronen nur mit Rechtsdrall. Dies könnte mit der hypothetischen Struktur der Elektronen und Positronen als Rechts- bzw. Links-Wirbelzwillinge zusammenhängen. Pauli [12] referierte die Literatur darüber. Schopper [13] fand zirkular polarisierte Photonen in β -Prozessen mit angeregten Nukleonen. Keßler [14] berichtete zusammenfassend über den Zusammenhang von Polarisation oder Spin der Photonen und der Photoelektronen. Er schrieb: „Eine Spinausrichtung der Photoelektronen ist nicht die Ausnahme, sondern die Regel.“

Scheck [15] berichtete über Probleme der Neutrino-Physik. Er schrieb (übersetzt): „Von der theoretischen Seite brauchen wir einen neuen Eingang und einen frischen Versuch zum Verständnis des Neutrino.“

4. Mechanisches Modell

Nieke [2] veranschaulichte das Modell des Photon als elektromagnetischen Wirbelpaares auf der Drehscheibe, wo zwei Kreisel in entgegengerichtete Drehung gebracht werden können, ohne daß sich die Drehscheibe in Bewegung setzt. Die Gleichung (3) und (4) läßt sich dann mit zwei Kreisel mit gleicher, und zwei Kreisel in entgegengerichteter Drehrichtung ähnlich demonstrieren. Die Ausführung wird komplizierter, denn es müssen gleichzeitig jeweils zwei entgegengerichtete Rotationen erzeugt werden. Aber es ist durchaus möglich, das so durchzuführen, daß die Drehmomente bezüglich der Achse sich aufheben, die Drehscheibe bleibt also in Ruhe.

Das gilt allerdings nur für den reinen Spin, denn bei genauer Durchrechnung ist zu berücksichtigen, daß die entstehenden Teilchen unterschiedliche Massen und magnetische Momente haben. Es ist also zu erwarten, daß noch kinetische Energie, Drall (Drehung der fertigen Teilchen als Ganzes), Anregungen oder Resonanzen bei der β -Emission auftreten.

Nun aber ist das Elektron kein rein mechanisches Gebilde, es wurde als hypothetischer elektromagnetischer Wirbelzwilling bezeichnet. Für die Elektromagnetik sind die Maxwell'schen Gleichungen maßgebend. Danach soll die zeitliche Änderung der einen Feldgröße gleich dem Rotor der anderen Feldgröße sein, in einer Gleichung auch entgegengesetzt gleich.

In der Technik ist ein perpetuum mobile nicht möglich, aber in der Natur muß das nicht auch für stabile Elementarteilchen gelten, denn sie brauchen nach außen keine Arbeit zu leisten.

5. Literatur zu Spin und Struktur des Elektrons

Lorentz [16] beschrieb die Bewegungseigenschaften des Elektrons, wie sie noch in jedem Lehrbuch zu finden sind. Er erwähnte aber das deformierbare Elektron, wo trotz Deformation das magnetische Moment konstant bleibt.

Stark [17] vertrat bereits ab 1907 den Standpunkt, daß das Elektron eine ringartige axiale Struktur habe. Elektromagnetische Energie strömt einmal kreisförmig um eine Achse, also in Richtung des Wirbelfadens eines Ringwirbels und dann als zweite zyklische Strömung um diesen Faden herum, also wie rein geometrisch bei Hicks [18], was als Hicks Wirbel ohne Bezug auf das Elektron

bekannt ist. Dabei liegt dieser Ring beim Wasserstoff um den positiven Kern, der Durchmesser des Ringes ist aber je nach Energielage variabel. Nach Bohrs Quantentheorie umkreist das Elektron den positiven Kern. Da Bohr das Elektron als grundsätzlich nicht lokalisierbar, sondern als verschmierte Ladung ansah, sind beide Anschauungen gar nicht so verschieden.

Beim Kohlenstoff sind nach Stark die vier Valenzelektronen tetraedrisch zum Kern angeordnet, wobei die Mittelpunkte feststehen. Die Ringe liegen also außerhalb des Kernes und außerhalb der beiden inneren Elektronen. Mit dem Bohrschen Modell ist die tetraedrische Bindung des Kohlenstoffs nicht so anschaulich deutbar. Kossel [19] bestätigte die Anschaulichkeit, wies aber darauf hin, daß jede Annahme von ruhenden Elektronen zusätzliche Kräfte fremder Natur fordert, was Willkür zuläßt.

Uhlenbeck u. Goudsmith [10] führten den Spin als mechanischen Drehimpuls ein. Mit dem Modell des Wirbelzwillings als deformierbares Medium, wäre dies erneut zu berechnen. Damit braucht und darf der Spin des Elektrons keine formale Quantenzahl mehr sein.

Dirac [20] fand durch Linearisierung der relativistischen Schrödinger-Gleichung in seiner Theorie des magnetischen Elektrons eine Wellengleichung mit vier Komponenten, wobei er die mit negativen Vorzeichen dem Positron zuordnete.

Wiener [21] folgerte aus seinem kinetischen Grundgesetz (wo Translation und Drehbewegung vereint ist) als Grundbaustein einen Schraubenwirbel, das „Archon“. Zur Bildung der Elementarteilchen treten rechts- und linksschraubige Archonen zusammen. Broglie [22] wandte dieses Prinzip als „méthode de fusion“ an. Born u. Peng [23] nannten den Grundbaustein „Apeiron“. Verwandte Modelle vertreten z. B. Jehle [24] mit Elektron und Quark als Überlagerung von Elementarschleifenformen, Pekeris [25] mit einem hydromechanischen Modell mit stationären Zirkulationen, Dahl [26] mit dem rotierenden Elektron als Rotormodell aus zwei Elementen und Hughston [27] mit zwei Twistorelementen.

Nach Mack u. Petkova [28] läßt sich das Quark-Modell durch kondensierte Wirbel beschreiben. Die innere Bewegung des Elektrons nach Hönl [29] und die Zitterbewegung nach Schrödinger [30] liefert die Hypothese des Wirbelzwillings automatisch. Hönl betonte das Elektron als „Pol-Dipol Teilchen“. Bopp [31] folgerte aus der Wechselwirkung von Lichtquanten mit der Materie, daß Lichtquanten nicht aus Elektronenpaaren bestehen können, die beim Stoß geteilt werden. Harari [32] diskutierte als Baustein der Elementarteilchen das „richon“. Da die Gesamtenergie eines Elektrons kleiner sein müsse als die seiner Bausteine, folgerte Harari, daß es für das Elektron keine zusammengesetzte Struktur geben könne. Bei der Struktur des Wirbelzwillings ist dies aber möglich, da beide Einzelwirbel sich im gleichen Drehsinn umkreisen. Es ergeben sich also drei Bewegungen, die der beiden Einzelwirbel und deren Rotation umeinander. Für Spin 1/2-Teilchen werden analog drei Quarks diskutiert. Beim Photon als Wirbelpaar ergibt sich die dritte Bewegung als Geschwindigkeit in Ausbreitungsrichtung.

Pavsic, u. a. [33] gehen von Ciffords 4 x 4 Matrix aus und deuten ihr Ergebnis als punktähnliche Ladung, dessen Flugbahn eine zylindrische Schneckenlinie beschreibt. Nach Hautot [34] sind Ladung und magnetisches Moment zwei Wesenheiten der Selbststruktur, sphärisch die Materie und Ladung, axial Winkel- und magnetisches Moment.

Wasserman [35] gibt als Modell des Elektrons ein Möbiussches Band asymmetrisch zerschnitten an, wobei zwei verkettete Streifen entstehen, ein Möbiussches Band und verkettet ein dreifach verdrehtes Möbiussches Band. Die Verdrehung verbindet er mit dem Spin, die Verkettung mit Masse und Ladung.

Es ist festzustellen, daß es zahlreiche Theorien gibt, nach denen Photon und Elektron aus zwei Grundbausteinen bestehen. Aus den Betrachtungen dieser Arbeit folgt ein besonders anschauliches und experimentell begründetes Modell auf der Grundlage der Wirbeldynamik.

6. Weitere Anwendungen

Die hier entwickelten Modelle des Photons und des Elektrons gestatten und erfordern eine Ergänzung der Deutung vieler physikalischer Erscheinungen mit Photonen und Elektronen.

Daß Supraleitfähigkeit und Supraflüssigkeit erfolgreich mit der Wirbeldynamik beschrieben wurden, wird als bekannt vorausgesetzt.

Thomson [36] und Heaviside [37] versuchten die Trägheit geladener Teilchen durch Selbstinduktion gemäß der Lenzschen Regel zu erklären. Mit dem Feld der Ladungen führte das nicht zum Erfolg, aber mit Ladungs- und magnetischen Momente erzeugenden Feldern kann dies erneut versucht werden. Dabei läßt sich dieses Prinzip, anders als bei Thomson und Heaviside, auch auf insgesamt ungeladene Teilchen übertragen.

Auch das Verhalten gemäß der speziellen Relativitätstheorie könnte im veränderten Rücklauf der die Ladung und magnetischen Momente erzeugenden Felder begründet sein als Wechselwirkung des Teilchens mit sich selbst. Einstein [38] stellte die Frage: „Sollte sich nicht die Grundeigenschaft der Materie, die Trägheit, feldtheoretisch deuten lassen?“

Literatur

- [1] H. Nieke, Newtons Beugungsexperimente und ihre Weiterführung. Arbeit 12.
- [2] Wie [1], Arbeit 13
- [3] A. Sommerfeld, Vorlesungen über theoretische Physik, Bd. II, Mechanik der deformierbaren Medien. Akad. Verlagsges., Leipzig 1945, S. 155
- [4] K. Winter, Phys. Bl. **49** (1993) 621
- [5] H. Schopper, Materie und Antimaterie, München 1969.
- [6] H. Genz, Naturwiss. **82** (1995) 170
- [7] Wie [1], Arbeit 6
- [8] H. Dehmelt, Science **247** (1990) 539
- [9] W. Pauli, Aufsätze und Vorträge über Physik und Erkenntnistheorie. Vieweg, Braunschweig 1961, S. 120-146 (Nobel-Vortrag 1946);
Z. Physik **31** (1925) 373, 765.
Collected and Selected Papers. New York 1964.
- [10] G. E. Uhlenbeck u. S. Goudsmith, Naturwiss. **13** (1925) 953.
- [11] J. Frenkel, Z. Physik **37** (1926) 243; **47** (1928) 786.
- [12] Wie [9] S. 155.
- [13] H. Schopper, Phil. Mag. **2** (1957) 720
- [14] J. Keßler, Phys. Bl. **38** (1982) 31; **48** (1992) 1013.
- [15] F. Scheck, in: Physics at KAON, Proceedings Bad Honnef 1989, Springer Berlin a.o. 1990;
Z. Phys. C, Part. a. Fields **46** (1990) 73
- [16] A. H. Lorentz, Theory of Elektrons. Leipzig 1916; In: Enzykop. d. math. Wiss. Bd 5, T 2 S. 145-188, Teubner, Leipzig 1904-1922.
- [17] J. Stark, Die Physik der Atomoberfläche. Hirzel, Leipzig 1940.
- [18] W. M. Hicks, Phil. Trans Roy. Soc. London Ser. A **192** (1899) 33.
- [19] W. Kossel, Valenzkräfte und Röntgenspektren. Springer, Berlin 1924, S.11 u. 49.
- [20] P. A. M. Dirac, Die Prinzipien der Quantenmechanik. Hirzel, Leipzig 1930. Referiert in: A. Sommerfeld: Atombau und Spektrallinien II. Vieweg, Braunschweig 1960, S. 209-341.
The Principles of Quantum Mechanics. Clarendon Press Oxford 1935, 1947, 1958.
- [21] O. Wiener, Abh. math.-nat. Kl. Sächs. Akad. **38** (1921) No IV; Ber. mat.-nat. Kl. Sächs. Akad. **75** (1923) 132; **76** (1924) 170.
- [22] L. de Broglie, Théorie général des particules á spin (méthode de fusion). Paris 1943
- [23] M. Born a. H. W Peng, Nature **153** (1944) 164.
- [24] H. Jehle, Phys. Rev (3) D **11** (1975) 2147.
- [25] D. L. Pekeris, Proc. Natl. Acad. Sci (USA) **72** (1975) 2037.
- [26] J. P. Dahl, Math. Fys. Med. Vid. Selsk. **39** (1977) No 12.
- [27] L. P. Hugston, Twistor and Particles. Lecture notes in physics, Bd. 97, Springer, Berlin, Göttingen, Heidelberg~ New York 1979, S.102.
- [28] G. Mack a. V. B. Petkova, Ann. Phys. (New York) **125** (1980) 117.
- [29] H. Hönl, Erg. ex. Naturwiss. **26** (1952) 291
- [30] E. Schrödinger, Sitzungsber. Preuß. Akad. Berlin, math~- phys. Kl. (1930) 422
- [31] F. Bopp, Naturwiss. Rundschau **35** (1982) 236.
- [32] H. Harari, Sci. Am. (USA) **248** (1983) Nr. 4, p. 48;

- Spectrum d. Wiss. (1983) Juni S. 54.
- [33] M. Pavsic, E. Recami, W. A. Rodrigues, Jr, G. D. Maccarrone, F. Raciti a. G. Salesi, Physics Letters, B (Amsterdam) **318** (1993) 481.
- [34] A. Hautot, Physics Essays (Canada) **6** (1993) 152.
- [35] J. Wasserman, Specul. Sc. Techn. **15** (1992) 221
- [36] J. J. Thomson, Phil. Mag. (5) **11** (1881) 229; **28** (1889) 1.
- [37] O. Heaviside, Phil. Mag. (5) **27** (1889) 324
- [38] A. Einstein, Out of my later years. Phil. Lib., New York 1950;
Aus meinen späten Tagen. D. Verl.-Anst. Stuttgart 1979, S. 112.