

## Energienstufen der Elektronen im magnetischen Eigenfeld

Helmut Nieke.

### Zusammenfassung

Das um den Kern kreisende Elektron mit seinem magnetischen Moment bildet ein 'magnetisches Moment-Blatt'. Mit Hilfe der Lorentzkraft kann eine der elektrischen Anziehung entgegengerichtete Kraft erzeugt werden. Diese Kraft stabilisiert die Bahn des Elektrons und bewirkt Energiestufen der Elektronen beim phasengerechten Rücklauf des Feldes. Bohr konnte das magnetische Moment des Elektrons nicht berücksichtigen, denn es war noch nicht entdeckt. Als es dann entdeckt wurde, hatte er sich bereits festgelegt, daß das Atom klassisch nicht zu berechnen sei. Das magnetische Moment des Elektrons wird gedeutet als 'Wirbeltrieb', der das magnetische Wirbelfeld erzeugt, und nicht als magnetischen Dipol oder virtuellen Monopol.

## Energy-Steps of Electron in Magnetic Eigen-Field

### Abstract

The electron with its magnetic moment is shown as 'magnetic moment-sheet' circulating round the nucleus. The Lorentz-force yields a force opposite to electrical attraction. This force stabilizes the path of electron and can cause the energy-steps of electron if the field of electron returns with right phase. Bohr could not consider the magnetic moment of electron because it was not yet discovered. When it was discovered, he had hasty committed himself that the atom is classic not calculable. The magnetic moment of the electron is not interpreted as magnetic dipole or virtual monopole but as magnetic 'vortex-propelling', which generates the magnetic vortex-field.

### 1. Quantisierung nach Bohr

Mit der Einstein-Gleichung

$$E = h f \quad (1)$$

ist festgelegt, daß von der Energie E ein Photon mit der Frequenz f gebildet wird. Licht ist quantisiert, es existiert in Lichtquanten oder Photonen.

Bohr ging vom einfachsten Fall eines Atoms, dem Wasserstoffatom, aus und beschränkte sich anfangs auf Kreisbahnen. Folgt man der Darstellung von Sommerfeld [1], so ergibt sich die klassische Beschreibung des Gleichgewichtes von Anziehung des positiven Kernes, hier  $Z = 1$ , und des negativen Elektrons mit der Zentrifugalkraft der Kreisbewegung mit dem Radius  $a$  und der Kreisfrequenz  $\omega$

$$|\mathbf{F}| = m a \omega^2 = e^2 / a^2 \quad (2)$$

Um damit die Frequenzen der Balmerreihe des Wasserstoffes zu bekommen, mußte Bohr eine quantentheoretische Bedingung hinzufügen, die er als Stufen des Impulsmomentes des Rotators deutete:

$$m a^2 \omega = n h / 2 \pi \quad (3)$$

Durch Division von (2) und (3) folgt:

$$v = a \omega = 2 \pi e^2 / n h \quad (4)$$

Diese Bedingung interpretierte man, daß sich Elektronen nur auf gequantelten Kreisen, auf 'Bohrschen Bahnen', bewegen können, wo  $n$  die Quantenzahl der Bahn bedeutet. Aber die aus (1) gefolgerten Frequenzen  $\Delta E = h(f_1 - f_2)$  sind so nicht zu begründen, da nicht von  $E_1$  und  $E_2$  Photonen gebildet werden.

Sommerfeld [2] schrieb 1922 an Einstein über wunderbare zahlenmäßige Gesetze von Linienkombinationen: „Alles klappt, bleibt aber im tiefsten Grund unklar. Ich kann nur die Technik der Quanten fördern, Sie müssen ihre Philosophie machen.“

## 2. Berücksichtigung des magnetischen Eigenfeldes

Bohrs Ausführungen im Kapitel 1 konnten die Energiestufen als Folge der Quantisierung nur formal zeigen. Es ist nur eine Anpassung an die Balmerformel. Nach Nieke [3] und [4] ist, gemäß der Nichtberücksichtigung der Newtonschen Beugungsexperimente, die Kopenhagener Deutung ohne Grundlage. (Übergang innerer zu äußeren Beugungsstreifen: niemals kann Licht eine Welle sein; gebeugtes Licht ist lokalisiert in der engen Umgebung der Kante: Beugung kann nicht indeterministisch, sondern muß deterministisch sein). Bei Nieke [5] und [6] wird dies auf Elektronen übertragen.

Es muß also eine neue Basis gefunden werden, hier der neue Versuch: Die Berücksichtigung der magnetischen Eigenfelder, der Struktur der Elementarteilchen und ihre Selbstwechselwirkung mit ihrem zurücklaufenden Feld. Dabei werden zwei Möglichkeiten untersucht: Das magnetische Feld des um den Atomkern kreisenden Elektrons und das magnetische Moment des Elektrons selbst.

## 3. Das Magnetfeld des kreisenden Elektrons mit Ladung

Das Elektron hat in jedem Fall ein elektrisches Feld, das bewegte Elektron erzeugt auch ein magnetisches Feld. Aber das Elektron wie auch das Atom ist ein stabiles und stationäres Gebilde, es darf im stationären Zustand keine (innere) Energie und damit auch kein Feld verlieren. Für das Feld ist daher zu fordern: alles muß zum Elektron zurücklaufen. Wenn ein Austausch des Feldes zwischen Elektron und Kern stattfindet, so muß gleich viel hinüber wie herüber fließen. Das Feld eines statischen oder stationären Dipols nimmt im Fernfeld mit  $r^3$  ab, es geht also kein Feld verloren. Eine Strahlung des kreisenden Elektrons wird experimentell nicht gefunden. Nach Nieke [3] wird durch die Struktur des Photons als Wirbelpaar dies ausgeschlossen, denn ein kreisendes Elektron kann nicht zwei entgegengerichtete elektromagnetische Wirbel induzieren, wie es für das Photon zu fordern ist. Das stationär kreisende Elektron kann also nicht strahlen, es kann aus diesem Grund keine Energie verlieren und in den Kern stürzen. Das ist ein wichtiger Punkt, über den die bisherige Theorie schweigend hinweggegangen ist. Also auch aus diesem Grund muß dieses Problem neu aufgerollt werden.

Das kreisende Elektron erzeugt ein Magnetfeld. Die Lorentzkraft  $|\mathbf{F}_L|$  steht als Vektorprodukt senkrecht auf der Geschwindigkeit des Elektrons und dem selbst erzeugten Magnetfeld.

$$\mathbf{F}_L = e |\mathbf{v} \times \mathbf{B}| = e |\mathbf{v}| |\mathbf{B}| \quad (5)$$

Die Geschwindigkeit  $|\mathbf{v}|$  des kreisenden Elektrons beträgt  $a \omega$ . Das Magnetfeld einer kreisenden Ladung entspricht dem eines Stromes  $nI$ . Im Zentrum erhält man das Feld dividiert durch die Fläche:

$$B = \mu H = \mu_0 e a \omega / 2 \pi a^2 = \mu_0 \omega e / 2 \pi a$$

$$|\mathbf{F}_L| = e a \omega \mu_0 e \omega / 2 \cdot \pi a = \mu_0 e^2 \omega^2 / 2 \pi \quad (6)$$

setzt man den Grundradius des Wasserstoffatoms  $a = 0,5 \cdot 10^{-10} \text{ m}$  bis  $0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ , und berechnet  $\omega$  aus Gleichung (2), wobei (2) im SI-System lautet

$$\begin{aligned} |\mathbf{F}| &= m a \omega^2 = e^2 / \epsilon_0 a^2 && \text{also} && (2') \\ \omega^2 &= e^2 / \epsilon_0 m a^3 \\ \omega^2 &= 2,56 \cdot 10^{-38} (\text{As})^2 / 8,9 \cdot 10^{-12} (\text{As/Vm}) 9,1 \cdot 10^{-31} (\text{kg}) 0,15 \cdot 10^{-30} (\text{m}^3) \\ \omega^2 &= 2,1 \cdot 10^{-34} \text{ s}^{-2} \\ \omega &= 1,45 \cdot 10^{17} \text{ s}^{-1} && (7) \end{aligned}$$

Damit ergibt sich für (6) die Lorentzkraft:

$$\begin{aligned} |\mathbf{F}_L| &= 1,26 \cdot 10^{-6} (\text{Vs/Am}) 2,56 \cdot 10^{-38} (\text{A}^2 \text{ s}^2) 2,1 \cdot 10^{34} (\text{s}^{-2}) / 2 \cdot \pi \\ |\mathbf{F}_L| &= 1,08 \cdot 10^{-10} (\text{N}) && (8) \end{aligned}$$

Das ist zu vergleichen entweder mit der rechten Seite von Gleichung (2'), also mit der elektrischen Anziehung, die das Elektron erfährt

$$\begin{aligned} |\mathbf{F}_A| &= e^2 / \epsilon_0 a^2 \\ |\mathbf{F}_A| &= 2,56 \cdot 10^{-38} (\text{As})^2 / 8,9 \cdot 10^{-12} (\text{As/Vm}) 0,28 \cdot 10^{-20} (\text{m}^2) \\ |\mathbf{F}_A| &= 1,03 \cdot 10^{-6} \text{ N} && (9) \end{aligned}$$

Oder mit der linken Seite von (2'), der Zentrifugalkraft:

$$\begin{aligned} |\mathbf{F}_Z| &= e a \omega^2 \\ |\mathbf{F}_Z| &= 9,1 \cdot 10^{-31} (\text{kg}) 0,53 \cdot 10^{-10} (\text{m}) 2,1 \cdot 10^{34} (\text{s}^{-2}) \\ |\mathbf{F}_Z| &= 1,01 \cdot 10^{-6} \text{ N} && (10) \end{aligned}$$

Das heißt, die Lorentzkraft mit dem durch die kreisende Ladung erzeugten Magnetfeld ist klein gegen die Kräfte der Anziehung oder der Zentrifugalkraft. Die Lorentzkraft ist hier also zu vernachlässigen.. Interessant ist aber die Richtung dieser Kraft, sie liegt in Richtung der Anziehung und entgegen der Zentrifugalkraft.

#### 4. Das magnetische Feld des kreisenden Elektrons mit magnetischem Moment

Bohr begann 1913 das Atom entsprechend dem Planetenmodell zu berechnen, das magnetische Moment des Elektrons konnte er nicht berücksichtigen, denn es war noch nicht entdeckt. Als es 1925 entdeckt wurde, hatte sich Bohr bereits festgelegt, daß das Atom klassisch nicht zu berechnen sei, Indeterminismus und Unanschaulichkeit war als Prinzip der modernen Physik propagiert. Abschnitt 3 zeigte, daß die Berücksichtigung des Magnetfeldes des kreisenden Elektrons keine merkliche Änderung ergibt. Da 1925 das magnetische Moment des Elektrons entdeckt wurde und dies damals nicht berücksichtigt wurde, so ist das jetzt nachzuholen.

Das Elektron hat ein magnetisches Moment von der Größe eines Bohrschen Magneton  $\mu_B$ . Für die Lorentzkraft wird aber die magnetische Induktion  $B$  gebraucht und das Feld eines magnetischen Dipols ist nicht ohne spezielle Annahmen anzugeben. Dann steht dieser magnetische Dipol nicht still, sondern kreist im Rhythmus von  $\omega$ . Dieses Feld wurde bisher nicht berücksichtigt. Chew [7] machte die Selbstwechselwirkung wissenschaftsfähig, denn die Wirkungen des magnetischen Momentes als Magnetfeld bei der Lorentzkraft auf die Ladung des Elektron sind Selbstwechselwirkungen. Frage: wirkt außerdem das magnetische Moment direkt auf sich selbst? (also auch ohne elektrische Ladung des Elektrons). Experimente mit rotierenden (ev. geladenen) magnetischen Dipolen sind nicht einfach und eine Extrapolation auf atomare Dimensionen unsicher.

Das Magnetfeld des kreisenden Elektrons im Abschnitt 3 liefert zwar ein nur kleines Feld, es kann aber angenommen werden, daß sich das Elektron mit seinem magnetischen Moment entgegen dazu ausrichtet, die Lorentzkraft hat hier dann die Richtung der Zentrifugalkraft und damit entgegen der elektrischen Anziehung.

Zur Berechnung der magnetischen Induktion  $B$  wird folgendes Näherungsverfahren angewendet. Als Grundlage gilt der Satz: Die Stärke eines Poles  $\Phi$  ist proportional dem Kraftfluß, den er in den Außenraum des Magneten schickt

$$|B| = \Phi / 2 F \text{ (Vs m)} \quad \text{mit } F \text{ als Fläche} = \pi r^2.$$

$$\text{Magnetisches Moment } \mu = \Phi l \text{ (Vs m)} \quad \text{mit } l = \text{Polabstand} = \text{Dipollänge}$$

Diese konventionelle Aufspaltung wird später in Frage gestellt, soll aber zur Prüfung der Größenordnung der Lorentzkraft zuerst beibehalten werden

$$|B| = \mu_B / 2 \pi r^2 l \quad (11)$$

Bohrsches Magneton  $\mu_B = 1,15 \cdot 10^{-29}$  (Vs m). Der Polabstand  $l$  ist sicher kleiner als der Elektronenradius, der zu  $r_E = 2,8 \cdot 10^{-15}$  m angegeben wird. Damit ergibt sich die Lorentzkraft nach (6), wenn  $r =$  Radius des Wasserstoffatoms  $a$  gesetzt wird:

$$|F_L| = e a \omega \mu_B / a^2 2 \pi l = e \omega \mu_B / 2 \pi a l \quad (12)$$

Um einen Überblick über  $l$  zu gewinnen mit  $|F|$  aus (9)  $F_A$  oder (10)  $F_Z$ .

$$l = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ (A s)} \cdot 145 \cdot 10^{17} \text{ (s}^{-1}\text{)} \cdot 1,15 \cdot 10^{-29} \text{ (Vs m)} / 2 \pi \cdot 10^{-6} \text{ N} \\ = 0,85 \cdot 10^{-15} \text{ m.} \quad (13)$$

Die Dipollänge  $l$  ergibt sich in der richtigen Größenordnung. Die Lorentzkraft kann also die Größe der Kraft  $F_Z$  aus (2) haben. Statt (2) wäre also zu setzen:

$$|F| = m a \omega^2 + e \omega \mu_B / 2 \pi a l = e^2 / a^2 \quad (14)$$

Damit wäre für  $a\omega$  und  $a\omega^2$  neue Quantenbedingungen zu suchen. Dies soll noch keine Lösung, sondern nur eine Anregung sein.

Es ist aber nicht notwendig, daß im Elektron ein Nord- und ein Südpol, also ein Dipol vorhanden sein muß, denn um das magnetische Wirbelfeld zu erzeugen, genügt ein Antrieb der Wirbel, als Vorschlag die Bezeichnung: 'magnetischer Wirbeltrieb'. Nieke [5] folgerte aus der Möglichkeit der Paarbildung für das Elektron und Positron die Struktur des Wirbelzwillings. Dieser elektromagnetische Wirbelzwillung müßte also den magnetischen Wirbeltrieb bewirken und als Folgeprodukt die elektrische Ladung liefern, je nach Rotationsrichtung positiv oder negativ. Da der Magnetismus überwiegend durch ausgerichtete magnetische Momente der Elektronen bewirkt wird, so möchte man das verallgemeinern: Mikroskopisch ist der Magnetismus durch ausgerichtete Wirbeltriebe bedingt und nur makroskopisch kann man diese Kette der Wirbeltriebe als magnetischen Dipol deuten.

Ein Strom, der eine Fläche umkreist, oder eine um den Kern kreisende Ladung, erzeugt ein Magnetfeld, das als magnetisches Blatt oder als magnetische Doppelschicht bezeichnet wird, also wie in Abschnitt 3. Mit Berücksichtigung des magnetischen Momentes des kreisenden Elektrons wurde in Abschnitt 4 gezeigt, daß auch das magnetische Moment ein Magnetfeld erzeugt, das mit der Lorentzkraft eine Wirkung auf das Elektron ausübt. Dieses Magnetfeld soll als 'magnetisches Moment-Blatt' bezeichnet werden.

Sommerfeld [8] schrieb dazu: „Die Frage, um die es sich letzten Endes handelt, ist die, ob neben der Coulomb-Kraft noch Wechselwirkungen zwischen Proton und Elektron eingreifen von der Art, wie sie in der Kernphysik zu beobachten sind.“ Sommerfeld hatte also die richtige Ahnung, aber auch nach 1925 war damals eine Selbstwechselwirkung nicht denkbar.

Die Berücksichtigung des magnetischen Momentes des kreisenden Elektrons als magnetisches Moment-Blatt bewirkt als Gegenkraft der elektrischen Anziehung außer der Zentrifugalkraft auch noch mit der Lorentzkraft eine Stabilisierung der Bahn des Elektrons und gibt neue Bedingungen für stationäre Bahnen der Elektronen.

### 5. Lichtemission des Elektrons im Atomverband

Lichtemission durch beschleunigt oder verzögert bewegte Elektronen wurde von Nieke [6] beschrieben.

Im Atom kann Licht nur emittiert werden, wenn die Anregung eines kreisenden Elektrons mit im Betrag veränderlichen Dipolmoment verbunden ist. In den Abschnitten 3 und 4 ist dies aber nicht vorhanden und das stationär kreisende Elektron kann nicht strahlen, wie schon begründet wurde.

Anregung erfordert eine Absorption von Licht, Elektronenstoß oder thermischen Stoß. Das kann nur im beschränkten Frequenz- oder Geschwindigkeitsbereiches passieren. Wird ein Elektron durch Stoß angeregt, so kann bei ausreichender Energie das Elektron das Atom verlassen (Stoßionisation). Reicht die Energie des Stoßes dazu nicht, so ist nach der Anregung eine Kreisbahn nicht mehr möglich, das Elektron müßte dann etwa auf einer Ellipsenbahn laufen. Oder wie sollte sonst ein im Betrag veränderliches Dipolmoment entstehen? Eine genaue Ellipsenbahn ist nicht sicher, da die Lorentzkraft (14) nur mit  $a\omega$  wächst, wobei eine zusätzliche Präzession nicht auszuschließen ist.

Gemäß der Balmerformel sind Emissionen bei diskreten Energiezuständen möglich. Dabei bestimmt die Anregung die mögliche Energiestufe. Das von Dipolmoment induzierte Feld kann ein Photon aufbauen. Begründet könnte dies mit der Struktur der Elektronen werden nach Nieke [6] oder demonstriert durch die Zitterbewegung nach Schrödinger [9]. Also mit der Forderung der Anregung, des Aufbaus des Photons und des phasengerechten Rücklaufs des Feldes des Elektrons lassen sich auch Energiestufen des Elektrons begründen, wie dies Bohr formal mit den Gleichungen (3) und (4) tat. Erst wenn das periodisch wechselnde Dipolmoment durch Strahlung oder Stoßverluste abgebaut ist, dann ist wieder eine Kreisbahn des Elektrons möglich.

Nieke [4] diskutierte die spontane Emission, die zu einer Emission eines Photons durch die während der Lebensdauer des Zustandes gesammelten Energie führt. Dabei können sich Feldlinien abschnüren wie dies Hertz [10] beschrieben hat und Nieke [6] ausführlich diskutierte. In jeder Halbperiode schnüren sich entgegengerichtete Feldlinien ab, bis sich die Energie  $hf$  gesammelt hat als Photon im 'status nascendi'. Dann entsteht ein Photon, das sich mit Lichtgeschwindigkeit entfernt.

Die Doublettenstruktur des Wasserstoffs könnte erklärt werden wenn nicht nur bei einem Phasenzustand des Feldrücklaufs Stabilität besteht, sondern bei zwei. Die übliche Deutung der positiven und negativen Spinstellung, also Umkehrung des magnetischen Momentes des Elektrons, ist nach Nieke [5] nicht durchführbar, da die Vorzeichenumkehr für Rechts- und Linksspin vorbehalten sein sollte und außerdem ist die Richtung hier durch das magnetische Moment-Blatt festgelegt.

### 6. Diskussion

Der Radius des Elektrons  $r_E$  wurde nach Stoß- und Streuexperimenten berechnet. Das magnetische Moment des Elektrons wurde aus dem Stern-Gerlach Effekt im inhomogenen Feld berechnet und gilt als zuverlässig. Die Radien des Wasserstoffs  $r_H$  wurden mit thermodynamischen Methoden ermittelt.

Die Berechnungen zeigen, daß die Selbstwechselwirkung des magnetischen Momentes des Elektrons im Verein mit der Lorentzkraft und dem Rücklauf des Feldes die verschiedenen

Energiestufen des Elektrons bewirken können. Da das Feld phasengerecht zurücklaufen muß, so ergeben sich periodische Zustände. Die Periodizität und damit die Energiestufen ergeben sich aus der Art der Bewegung, der Geschwindigkeit des Elektrons um den Kern und der Struktur des Elektrons.

Hier ist Popper [11] zu zitieren: „Insofern ist die Kausalmetaphysik in ihren Auswirkungen viel fruchtbarer als eine indeterministische Metaphysik, wie sie z. B. von Heisenberg vertreten wird; wir sehen in der Tat, daß die Heisenbergschen Formulierungen lähmend auf die Forschung gewirkt haben. Unsere Untersuchung läßt erkennen, daß selbst naheliegende Zusammenhänge übersehen werden können, wenn uns immer wieder eingehämmert wird, daß das Suchen nach solchen Zusammenhängen ‘sinnlos’ sei.“

Bei Nieke [5] wurde Stark als ein Verfechter des ringförmigen Elektrons zitiert. Dort und auch hier wurde das ringförmige Elektron nicht bestätigt, aber mehrere magnetische Moment-Blätter setzen nicht mehr voraus, daß jedes Elektron um den Atomkern als Mittelpunkt kreisen muß. Bei symmetrischer Anordnung ist auch eine Lage des Atomkernes außerhalb der magnetischen Moment-Blätter möglich. So ist die tetraedrische Anordnung der vier Valenz-Elektronen des Kohlenstoffs außerhalb der inneren Elektronen wie bei Stark nicht mehr auszuschließen. Kossels Einschätzung, daß dazu eine neue Kraft notwendig sei, wird aber bestätigt. Eine neue Kraft wird durch Berücksichtigung des magnetischen Momentes des Elektrons, Selbstwechselwirkung und Lorentzkraft angegeben.

Dabei ist für das Elektron nicht anzunehmen, daß dort ein Nord- und ein Südpol vorhanden sind, sondern zur Erzeugung des magnetischen Wirbelfeldes genügt ein ‘Wirbeltrieb’. Die englische Übersetzung ist anschaulicher: ‘vortex-propelling’. Da nach Nieke [5] das Elektron die Struktur eines elektromagnetischen Wirbelzwillings hat, müßte dieser das magnetische Wirbelfeld des magnetischen Momentes als Außenfeld erzeugen. Die Rotationsrichtung des Wirbelzwillings würde nach Nieke [5] das Vorzeichen der Ladung bestimmen. Elektron und Positron würden dann einen Spin mit dem entgegengesetzten Vorzeichen erhalten. Diese Vorstellung könnte mit Hilfe kombinierter und erweiterter Wirbel- und Elektrodynamik mathematisch zu beschreiben sein.

### Literatur

- [1] A. Sommerfeld, Atombau und Spektrallinien. Bd. I, Vieweg, Braunschweig 1960, 2. Kap § 4, S. 92.  
Atomic Structure and Spectral Lines. Methuse, London 1923, 1930, 1934.
- [2] Hrsg. A. Hermann, A. Einstein und A. Sommerfeld: Briefwechsel. Stuttgart 1968.
- [3] H. Nieke, Newtons Beugungsexperimente und ihre Weiterführung. Arbeit 12.
- [4] Wie [3], Arbeit 13.
- [5] Wie [3], Arbeit 14.
- [6] Wie [3], Arbeit 16.
- [7] Wie [1], Bd. II, S. 280.
- [8] F. Chew, Science **161** (1968) 160; Physics Today **23** (1970) 23.
- [9] E. Schrödinger, Preuß. Akad. Wiss. Berlin mat.-nat. Kl. (1930) 462.
- [10] H. Hertz, Ann. Physik (III) **36** (1889) 1;  
Ges. Werke, Bd. 1. Barth, Leipzig 1892.

- [11] K. Popper, Logik der Forschung. 9. Aufl. Mohr, Tübingen 1989, S. 196.  
Hrsg. E. Botcher: Die Einheit der Gesellschaftswiss. Bd. 4;  
The Logic of scientific discovery. (1935); 2nd Ed. London, New York: Basic Books 1959.