

# Anmerkungen zum Photon

*hans wm KÖRBER*

„Die moderne Physik ist für die Physiker viel zu schwer.“ *David Hilbert* (1862-1943)

**Das vermeintlich zwiespältige Verhalten (Welle-Teilchen-Dualismus) des Photons  $\gamma$  bereitet Physikern noch immer Kopfzerbrechen. Je nach Experiment erscheint es ihnen als Korpuskel (Wärmestrahlung, Photoeffekt) oder Welle (Beugung beim Doppelspalt-Versuch). Das Photon ist dies hingegen weder noch, betrachtet man es als ein sich mit Lichtgeschwindigkeit  $c_0$  geradlinig bewegendes elektromagnetisches Feld. Dann werden angeblich widersprüchliche Phänomene verständlich und lassen sich aus einheitlicher Sicht beurteilen.**

## 1. Einleitung

Das Photon (Lichtquant) bewegt sich im Vakuum geradlinig mit Lichtgeschwindigkeit  $c_0 = 299.792.458 \text{ m/s}$  <sup>[1]</sup>. Dies ist nur möglich, wenn es keine **Ruhemasse** hat. Seine **Photon-Energie**  $W_{\text{ph}}$  [J] berechnet sich bekanntlich zu

$$W_{\text{ph}} = h \cdot f = 6,626\,069\,57(29) \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot f \quad (1)$$

mit **Planckschem Wirkungsquantum**  $h = 6,626\,069\,57(29) \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  <sup>[1]</sup> und einer Frequenz  $f$  [Hz], mit der es **am Zielort** möglicherweise zu einer Anregung kommt.

Je nach Energiegehalt lösen Photonen in getroffener Materie verschiedene Prozesse aus <sup>[2]</sup>:

unter 1 eV	( $< 2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ )	Quantensprünge von Elektronen, keine Ionisation,
1 eV ... 100 keV	( $1,6 \cdot 10^{-19} \dots 1,6 \cdot 10^{-14} \text{ J}$ )	Photoeffekt,
50 keV ... 1 MeV	( $8 \cdot 10^{-15} \dots 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ )	<b>Compton</b> -Effekt,
1,022 ... 6 MeV	( $1,64 \cdot 10^{-13} \dots 10^{-12} \text{ J}$ )	Paarbildung,
2,18 ... 16 MeV	( $3,5 \cdot 10^{-13} \dots 2,6 \cdot 10^{-12} \text{ J}$ )	Kernphotoeffekt,
höhere Energien	( $> 3 \cdot 10^{-12} \text{ J}$ )	Photozerfall (Photodisintegration).

Frequenz  $f$  als Faktor (lineare Dispersionsrelation) in (1) zeigt, daß Photonen mit „beliebigen“ Energiewerten (siehe oben) auftreten können und ein Hervorheben der Quantisierung so wenig zwingend ist wie eine solche bspw bei Kreisen wegen der **Ludolphs**chen Zahl  $\pi$ . Niemand prägte den Begriff Quantengeometrie.

Weil sich das Photon geradlinig mit  $c_0$  bewegt, ist darüber hinaus keine longitudinale und / oder transversale Komponente möglich, mit der das Photon etwa eine Geschwindigkeits- und / oder Richtungsmodulation erföhre:

● **Das Photon schwingt nicht und hat keine Wellenlänge!** Im Photon selbst gibt es keine Frequenz  $f$ .

Es ist farb- und lichtlos. Wellenlänge und Frequenz sind auf das Photon direkt bezogen mathematische Größen.

Beim **Compton**-Effekt etwa erfolgt eine vom Streuwinkel abhängige Energieübertragung auf das elastisch gestoßene Elektron, das selbst ein Elektro- mit Magnetfeld ist. Aus der für das Photon reduzierten Energie ergibt sich **rechnerisch** eine niedrigere Frequenz resp größere Wellenlänge, zu der als Folge das Zielobjekt ggf angeregt wird.

Wie energiereich Photonen sind, hängt von der **Ursache ihrer Erzeugung** ab. Oft ist ein Elektron Starter eines Photons. Da auch das Elektron sich grundsätzlich mit Lichtgeschwindigkeit bewegt, wird ein Photon von diesem mit  $c_0$  herausgeschleudert. (Nicht jedes Photon regt zu subjektivem Licht an. So wäre z B der Begriff Elektrongeschwindigkeit passender.)

Direktes Detektieren von Photonen ist (auch in klassischer Physik) ohne Einflußnahme (Doppelspaltexperiment) unmöglich. Erst das Auftreffen in einem Sensor (Auge) führt dort zu Auswirkungen, zur Bestimmung physikalischer Größen oder (subjektiven selektiven) Wahrnehmung. Vom Einfluß auf das stimulierte Zielobjekt wird auf das Photon geschlossen.

Farbe bspw ist subjektive individuelle Empfindung im Sinnesorgan mit assoziativer Deutung im Gehirn und schränkt die Wahrnehmung zudem auf gerade einmal eine Oktave des weiten Frequenzspektrums ein. Beim Photon von Farbe zu sprechen, heißt den Photon-Energiegehalt humanphysiologisch zu interpretieren. Auch der Begriff Licht (Lichtquant) ändert nichts an der zu engen Sichtweise auf das Photon, da Licht nur ein anderes Synonym für den die menschliche Retina reizenden Energiebereich ist. Weil Farbe an und für sich nichts Absolutes ist, kann man sich nicht sicher sein, daß ein anderer wirklich das gleiche wie man selbst „sieht“ (von Achromatopsie abgesehen).

## 2. Mathematische Beziehungen

Wirkungsquantum  $h$  kann als **Energiehebel** aufgefaßt werden [3]. Diese Eigenschaft, die die Fähigkeit zur Energieaufnahme und -abgabe charakterisiert, ergibt sich als Proportion aus den Verhältnissen des „Emitters“ Elektron.

**Planck**-Konstante  $h$  errechnet sich aus den Elektron-Gegebenheiten [4] bspw zu:

$$h = 2\pi r_E m_{e0} c_0 = \frac{e_0^2 r_E}{2 r_e \epsilon_0 c_0} = \frac{\mu_0 e_0^2 c_0 r_E}{2 r_e} \quad (2)$$

in (2) Elektron-Systemradius  $r_E = 3,861\,592\,6800(25) \cdot 10^{-13} \text{ m}^{[1]}$ , Elektron-Ruhemasse  $m_{e0} = 9,109\,382\,91(40) \cdot 10^{-31} \text{ kg}^{[1]}$ , Elementarladung  $e_0 = -1,602\,176\,565(35) \cdot 10^{-19} \text{ s} \cdot \text{A}^{[1]}$ , klassischer Elektronradius  $r_e = 2,817\,940\,3267(27) \cdot 10^{-15} \text{ m}^{[1]}$ , Dielektrizitäts-Konstante  $\epsilon_0 = 8,854\,187\,817 \dots \cdot 10^{-12} \text{ s} \cdot \text{A} / (\text{V} \cdot \text{m})^{[1]}$  und Magnetfeld-Konstante  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ V} \cdot \text{s} / (\text{m} \cdot \text{A})^{[1]}$ .

Auf Grund der Bewegung läßt sich dem Photon eine „kinetische“ Energie  $W_{\text{kin}}$  zuordnen:

$$W_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m_{\text{ph}} \cdot c_0^2 = \frac{1}{2} h \cdot f = 3,313\,034\,79 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot f \quad (3)$$

Die hieraus errechenbare **fiktive Masse**  $m_{\text{ph}}$  (nach CODATA [1] hertz-kilogram-relationship  $\cdot f$ ):

$$m_{\text{ph}} = \frac{h \cdot f}{c_0^2} = \frac{\mu_0 e_0^2 r_E f}{2 r_e c_0} = 7,372\,496\,68(33) \cdot 10^{-51} \text{ kg} \cdot \text{s} \cdot f^{[1]} \quad (4)$$

macht es verständlich, daß das Photon masseähnlich ist, daß es der Gravitation unterliegt. (Wie bekannt erfolgt an massereichen Sternen kein gerader Vorbeiflug.) Aber ein Photon läßt sich weder beschleunigen noch abbremsen.

Das Photon ist primär ein kugelsymmetrisches Elektrofeld mit unendlicher Ausdehnung. Durch die Bewegung mit  $c_0$  wird sekundär ein Magnetfeld erzeugt, das ebenfalls kugelsymmetrisch ist und bis ins Unendliche reicht. Wie in [5] gezeigt, stehen Momentan-Magnetfeld-Energie  $W_{\text{mph}}$  und originäre Elektrofeld-Energie  $W_{\text{epH}}$  zueinander im Verhältnis wie das Quadrat der **Feldmitte-Augenblicks-Geschwindigkeit**  $v_\ell$  zu dem der Lichtgeschwindigkeit  $c_0$ . Da die  $v_\ell$  beim Photon mit der  $c_0$  betragsgleich ist, sind beide Energien gleich groß – sie teilen sich die  $W_{\text{ph}}$  je zur Hälfte, und weil sich das Photon mit konstanter Geschwindigkeit bewegt, gilt dies auch zeitgemittelt:

$$W_{\text{mph}} : W_{\text{epH}} = v_\ell^2 : c_0^2 = c_0^2 : c_0^2 = 1 : 1 = W_{\text{kin}} : \frac{1}{2} W_{\text{ph}} = (\frac{1}{2} h \cdot f) : (\frac{1}{2} h \cdot f) \quad (5)$$

Für die Elektrofeld- sowie Magnetfeld-Energie des **Elektrons** gilt [6]:

$$W_{e0} = W_{\text{em}} = \frac{e_0^2}{8\pi \epsilon_0 r_e} = \frac{\mu_0 e_0^2 c_0^2}{8\pi r_e} = \frac{1}{2} h \frac{c_0}{2\pi r_e} = \frac{1}{2} h \cdot f_e = 4,093\,552\,5327 \cdot 10^{-14} \text{ J}^{[7]} \quad (6)$$

in (6) mit Elementarfrequenz  $f_e = 1,235\,589\,964\,604 \cdot 10^{20} \text{ Hz}^{[8]}$ .

Der letzte Ausdruck in (6) für die Elektron-Feldenergien ist bemerkenswert und ungewöhnlich. Nun ist Frequenz  $f_e$  zwar invariant. Doch bestehen beim Photon und Elektron die gleichen Beziehungen zum Wirkungsquantum. Das ermutigt, auf diesem Wege Beziehungen für Photon-Feldwerte zu finden. (2), (5), (6) verglichen, ergibt für die Photon-Feldenergien:

$$W_{\text{epH}} = W_{\text{mph}} = \frac{e_0^2 r_E}{4 r_e \epsilon_0 c_0} \cdot f = \frac{\mu_0 e_0^2 c_0 r_E}{4 r_e} \cdot f = 3,313\,034\,79 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot f \quad (7)$$

Für **Wirkungsquantum**  $h$  kann auch gesetzt werden:

$$h = \frac{m_{e0} c_0^2}{f_e} \quad (8)$$

Dies in (1) oder (5) eingebracht (mit  $c_0 = 2\pi r_E f_e$ )

$$\frac{1}{2} W_{\text{ph}} = \frac{1}{2} m_{e0} c_0^2 \frac{f}{f_e} = W_{\text{epH}} = W_{\text{mph}} \quad (\pi r_E m_{e0} c_0 \cdot f) \quad (9)$$

zeigt noch deutlicher die „Verwandtschaft“ des Photons mit dem Elektron: Beide sind „nur“ Elektro- mit Magnetfeld. Photon- und Elektron-Feldenergien stehen also zueinander im Verhältnis wie ihre Frequenzen:

$$\frac{W_{\text{ep}}}{W_{\text{e0}}} = \frac{W_{\text{mp}}}{W_{\text{em}}} = \frac{f}{f_e} = \frac{2\pi r_E f}{c_0} \quad (10)$$

Die Photon-Energien sind folglich mit Größen des Elektrons beschreibbar. Daher soll bei Berechnung von Photon-Feldwerten von elektron-ähnlicher Struktur ausgegangen werden: Es gäbe also ad hoc eine elektrofeldfreie Mitte **ffM**. Die **Flächen-,ladungs**„dichte“  $\sigma_B(r_B)$  eines elementaren Elektrofieds **eEF** beträgt im Abstand  $r_B$  von der **ffM**:

$$\sigma_B(r_B) = \frac{e_0}{4\pi r_B^2} \quad (11)$$

Geradlinig mit  $v_\ell$  bewegt, besteht in einem Raumpunkt **B** demzufolge eine **Magnetfeld-Energiedichte**  $\rho_{\text{mB}}(r_B)$  von [9]:

$$\rho_{\text{mB}}(r_B) = \frac{1}{2} H_B(r_B) \cdot B_B(r_B) = \frac{B_B^2(r_B)}{2\mu_0} = \frac{\mu_0}{2} \left( \frac{e_0 \cdot v_\ell}{4\pi r_B^2} \right)^2 = \frac{1}{2\varepsilon_0} \left( \frac{e_0}{4\pi r_B^2} \right)^2 \cdot \frac{v_\ell^2}{c_0^2} \quad (12)$$

Dies **auf das Photon übertragen**, bei dem Geschwindigkeit  $v_\ell = c_0$ , liefert unter Beachtung von (9) oder (10):

$$\rho_{\text{mp}}(r_B; f) = \frac{1}{2} H_B(r_B) \cdot B_B(r_B) \frac{f}{f_e} = \frac{B_B^2(r_B)}{2\mu_0} \cdot \frac{f}{f_e} = \frac{\mu_0}{2} \left( \frac{e_0 c_0}{4\pi r_B^2} \right)^2 \cdot \frac{f}{f_e} = \frac{1}{2\varepsilon_0} \left( \frac{e_0}{4\pi r_B^2} \right)^2 \cdot \frac{f}{f_e} \quad (13)$$

oder auch

$$\rho_{\text{mp}}(r_B; f) = \frac{1}{2} H_B(r_B) \cdot B_B(r_B) \frac{f}{f_e} = \frac{\mu_0 H_B^2(r_B)}{2} \cdot \frac{f}{f_e} = \frac{\mu_0}{2} \sigma_B^2(r_B) c_0^2 \cdot \frac{f}{f_e} = \frac{1}{2\varepsilon_0} \sigma_B^2(r_B) \cdot \frac{f}{f_e} = \rho_{\text{ep}}(r_B; f) \quad (14)$$

Daraus folgt im logischen Schluß für die **Flächenladungsdichte**  $\sigma_{\text{ph}}(r_B; f)$  des Photons in **B** (mit  $c_0 = 2\pi r_E f_e$ ):

$$\sigma_{\text{ph}}(r_B; f) = \sigma_B(r_B) \sqrt{\frac{f}{f_e}} = \frac{e_0}{4\pi r_B^2} \sqrt{\frac{f}{f_e}} = \frac{e_0}{2r_B^2} \sqrt{\frac{r_E f}{2\pi c_0}} = -1,146\,999\,7547 \cdot 10^{-30} \text{ s}^{3/2} \cdot \text{A} \cdot f^{1/2} / r_B^2 \quad (15)$$

für die **elektrische Feldstärke**  $E_{\text{ph}}(r_B; f)$  in beliebigem Raumpunkt **B**:

$$E_{\text{ph}}(r_B; f) = \frac{\sigma_{\text{ph}}(r_B; f)}{\varepsilon_0} = \frac{e_0}{4\pi r_B^2 \varepsilon_0} \sqrt{\frac{f}{f_e}} = \frac{e_0}{2r_B^2 \varepsilon_0} \sqrt{\frac{r_E f}{2\pi c_0}} = -1,295\,431\,9225 \cdot 10^{-19} \text{ m} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{V} \cdot f^{1/2} / r_B^2 \quad (16)$$

für die **magnetische Erregung**  $H_{\text{ph}}(r_B; f)$  in **B**:

$$H_{\text{ph}}(r_B; f) = \sigma_{\text{ph}}(r_B; f) \cdot c_0 = \frac{e_0 c_0}{4\pi r_B^2} \sqrt{\frac{f}{f_e}} = \frac{e_0}{2r_B^2} \sqrt{\frac{r_E c_0 f}{2\pi}} = -3,438\,618\,7578 \cdot 10^{-22} \text{ m} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{A} \cdot f^{1/2} / r_B^2 \quad (17)$$

sowie für die **magnetische Flußdichte**  $B_{\text{ph}}(r_B; f)$  in **B**:

$$B_{\text{ph}}(r_B; f) = \mu_0 \cdot H_{\text{ph}}(r_B; f) = \frac{\mu_0 e_0 c_0}{4\pi r_B^2} \sqrt{\frac{f}{f_e}} = \frac{\mu_0 e_0}{2r_B^2} \sqrt{\frac{r_E c_0 f}{2\pi}} = -4,321\,095\,7711 \cdot 10^{-28} \text{ s}^{3/2} \cdot \text{V} \cdot f^{1/2} / r_B^2 \quad (18)$$

Beim **Doppelspaltexperiment** ist es für das Verständnis vorteilhaft, **bewegte Felder** anzunehmen, auf die z B eine **Coulomb**-Kraft wirkt. Zur Berechnung wird **Photon-„Ladung“**  $q_{\text{ph}}(f)$  benötigt, die bei Vergleich (11) mit (15) zeigt:

$$q_{\text{ph}}(f) = e_0 \sqrt{\frac{f}{f_e}} = e_0 \sqrt{\frac{2\pi r_E f}{c_0}} = -1,441\,362\,4012 \cdot 10^{-29} \text{ s}^{3/2} \cdot \text{A} \cdot f^{1/2} \quad (19)$$

Zwischen einem Photon  $\gamma$  und einer Ladung  $Q$  wirkt damit bei ihrem Mittenabstand  $r_M$  eine **Coulomb**-Kraft  $|\vec{F}_{\text{Cph}}|$ :

$$F_{\text{Cph}} = \frac{q_{\text{ph}}(f) Q}{4\pi \epsilon_0 r_M^2} = \sqrt{\frac{2\pi r_E f}{c_0}} \cdot \frac{e_0 Q}{4\pi \epsilon_0 r_M^2} \quad [\text{mit } 1/(4\pi \epsilon_0) = \text{Coulomb-Konstante } k_C] \quad (20)$$

Ferner erzeugt das mit  $c_0$  bewegte Photon durch sein E-Feld ein M-Feld, das bekanntlich in einem Fremd-M-Feld der Flußdichte  $\vec{B}_{\text{FM}}$  mit diesem durch die **Lorentz**-Kraft  $\vec{F}_L(f)$ :

$$F_L(f) = Q \cdot v \cdot B_{\text{FM}} \cdot \sin \alpha = q_{\text{ph}}(f) \cdot c_0 \cdot B_{\text{FM}} \cdot \sin \alpha = e_0 \sqrt{2\pi r_E c_0 f} \cdot B_{\text{FM}} \cdot \sin \alpha \quad (21)$$

in Wechselwirkung tritt. In (21) ist  $\alpha$  der Winkel zwischen  $\vec{c}_0$  und  $\vec{B}_{\text{FM}}$ .

Allgemein ändert sich die Flußdichte eines M-Felds nichtlinear mit dem Abstand zur Feldmitte. Von der vermeintlichen „Anomalie“ magnetischer Momente ist bekannt, daß eine „Ladung“ in einem M-Feld auf einem Mittenabstand kreist, bei dem die mittleren Flußdichten beider M-Felder gleich sind<sup>[10]</sup>. Geht man von einer **ffM** mit Radius  $r_e$  aus, erhält man:

$${}_r^{\circ}B_{\text{ph}}(r_M;f) = \frac{\mu_0 e_0}{2(r_M - r_e)} \sqrt{\frac{r_E c_0 f}{2\pi}} \int_{r_e}^{r_M} \frac{dr_M}{r_M^2} = \frac{\mu_0 e_0}{2r_e r_M} \sqrt{\frac{r_E c_0 f}{2\pi}} \quad (22)$$

Das Photon beschreibt somit eine Kreisbahn mit Zyklotronradius  $r_M$  in einem Fremd-M-Feld, wenn dessen Flußdichte  ${}_r^{\circ}B_{\text{FM}}(r_M)$  gleich der  ${}_r^{\circ}B_{\text{ph}}(r_M;f)$  ist. Dabei existiert eine **Lorentz**-Kraft  $F_L(r_M;f)$ :

$$F_L(r_M;f) = \frac{\mu_0 e_0^2 r_E c_0 f}{2r_e r_M} \cdot \sin \alpha = \frac{hf}{r_M} \cdot \sin \alpha = 6,626\,069\,57(29) \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}^{[1]} \cdot f \cdot \sin \alpha / r_M \quad (23)$$

Ansonsten ändert sich Abstand  $r_M(t)$  zwischen den Feldmitten über die Zeit – das Photon fliegt eine Spiralkurve.

Besonders die Gleichungen (19) ... (23) sind für eine Diskussion des Doppelspaltexperiments hilfreich.

### 3. Prinzipielle Überlegungen zum Photon

Da es zweifelhaft ist, die Elementarladung  $e_0$  als Entität zu sehen<sup>[11]</sup>, drängt sich beim Vergleich **eEF** mit Photon die Relation auf, das Photon könnte wegen Faktor  $\sqrt{f}$  in (15)...(18) rechnerische Ladung beliebiger Größe sein. Logischer erscheint, Photonen sind entsprechend proportionale Elektrofelder mit in gleichem Raum begleitenden M-Feldern.

Jegliche elektromagnetische Strahlung sind Photonen.

$\gamma$ -Strahlen besitzen höhere Energie als Elektronen ( $W_0 \approx 0,511 \text{ MeV}$ ), da  $f_\gamma > f_e$ .

Ein einzelnes Photon kann keine **Welle** bilden (so wenig wie ein Wassermolekül), es kann nicht schwingen. Nur (sehr) viele Photonen können in ihrem Auftreten je Zeiteinheit (Intensität) und ihrer Richtung (rhythmisch) schwanken. Dabei kann es eine **Polarisation** (bevorzugte Schwingungsebene) geben.

In der **Quantenphysik** ist allerdings ein einzelnes *linear* polarisiertes Photon möglich, wenn zwei entgegengesetzt *zirkular* polarisierte Zustände überlagert werden<sup>[12]</sup>. Quantenmechanisch haben Photonen sogar einen **Spin**. Wie läßt sich der Drehimpuls begründen? **Heisenberg** meinte, man sollte in der Physik nichts verstehen wollen<sup>[13]</sup>. Na, Danke!

Die Verwendung des Terminus **Photonenimpuls**  $p_{\text{ph}}$  ist in Verbindung mit elektromagnetischen Wellen also irritierend:

$$p_{\text{ph}} = m_{\text{ph}} \cdot c_0 = 2\pi r_E f_e \cdot m_{\text{ph}} = \frac{h \cdot f}{c_0} = \frac{h \cdot \vec{k}}{2\pi} = \hbar \cdot \vec{k} = \frac{h}{\lambda} \quad (24)$$

in (24) Wellenzahlvektor  $\vec{k}$  in Wellen-Ausbreitungsrichtung in  $\text{m}^{-1}$ , **Dirac**-Konstante  $\hbar = h/2\pi$  und Wellenlänge  $\lambda$  in m. Die letzten zwei Ausdrücke in (24) werden bspw bei Berechnung der Interferenz-Intensität (Doppelspalttest) verwendet.

Das Photon ist, nicht nur auf seine Flugrichtung bezogen, drehsymmetrisch. Eine Rotation des Photons gibt es nicht. Das Photon hat daher weder einen Spin noch ein magnetisches Moment.

Ferner wird in der QED noch immer nach einer Ruhemasse  $m_{\text{ph}0}$  des Photons gesucht. Derzeit wird ihr Grenzwert auf  $< 3 \cdot 10^{-27} \text{ eV}$  geschätzt<sup>[14]</sup>. Sollte es sich als richtig erweisen, daß das Photon eine von Null abweichende Ruhemasse hat, würde dies die Sicht auf Beziehungen von Elektro- und Magnetfeld ändern. Darauf soll hier nicht gewartet werden.

Wird elektromagnetische Strahlung (Photonen) an einem Körper reflektiert, wird auf diesen ein Impuls übertragen. Durch die Reflexion (Impulsabgabe) ändert sich der Photonenimpuls. Auf den Körper wirkt ein **Strahlungsdruck** (Lichtdruck). **Sonnenlicht** übt auf einen Spiegel einen Druck von ca  $10^{-11}$  bar aus. Dort ist er ohne praktische Bedeutung. Da Strahlungsdruck für kleine Teilchen jedoch die Größe der Massenanziehung erreichen kann, beeinflusst er astrophysikalische Prozesse. Der von der Sonne abgewandte Kometenschweif ist Folge des Strahlungsdrucks.

Strahlungsdruck verschob einen kugelförmigen **Satelliten** von 16 cm  $\varnothing$  in 28 Monaten um 1.600 m aus seiner Bahn. Intensives **Laserlicht** erreicht Intensitäten von  $10^{16}$  W/mm<sup>2</sup>. Damit lassen sich auf der Außenfläche eines Plasmas etwa 100 Mbar erzeugen, was zur Kompression des Plasmas führen kann und es ermöglicht, in der Plasmaphysik neue Druck- und Temperaturbereiche zu erschließen.<sup>[15]</sup>

In abendlichen Gesprächen versuchten **Bohr** und **Heisenberg** zu verstehen, wie ein so einfaches Phänomen, wie etwa die Bahn eines Elektrons in der Nebelkammer, mit dem mathematischen Formalismus der Quanten- oder Wellenmechanik in Einklang gebracht werden könnte. Als dann **Heisenberg** während **Bohrs** Skiurlaub in Norwegen im Februar 1927 froh war, in Kopenhagen einmal allein über diese hoffnungslos schwierigen Probleme nachdenken zu können, dämmerte ihm, sie hätten sich vielleicht die Frage falsch gestellt.<sup>[16]</sup> Darüber und sich an andere Gespräche mit **Einstein** und Studienfreunde erinnernd, kam er auf die Idee der **Unbestimmtheitsrelation** (nach **Bohr** Komplementarität). Seitdem vertritt man in der Quantenphysik die These, die Wertepaare Ort  $x$  und Impuls  $p$  eines quantenmechanischen Objekts (Photo, Elektron, etc) können nicht beliebig klein gemacht werden:  $\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{1}{2} \hbar$ . Also ist nach **Heisenberg** vom Photon (Elektron u a) der derzeitige Aufenthaltsort unbekannt, solange es unterwegs ist.

#### 4. Photoelektrischer Effekt

Die Quantenphysik hat mit ihren sie begründenden Schlüsselexperimenten ein Verständnisproblem: Das Photon zeigt sich für Quantenphysiker beim Doppelspaltexperiment als Welle, beim Photoeffekt dagegen als Korpuskel. Wegen dieses vermeintlich zwiespältigen Verhaltens spricht man vom Welle-Teilchen-Dualismus des Photons.

Je nach erreichtem Ergebnis bei der Photon-Energieübertragung auf ein Elektron unterscheidet man zwischen<sup>[17]</sup>

- (1.) **äußerem** (auch Photoemission oder **Hallwachs**-Effekt) und
- (2.) **innerem** photoelektrischen Effekt [(a) **Photoleitung** bzw (b) **Photovoltaik**] sowie
- (3.) **atomarem** Photoeffekt.

Stets geht es um Übertragung von soviel Energie von einem Photon auf ein Elektron (ggf wg **Compton**-Effekts), daß dies zum Herauslösen eines Elektrons aus seiner Atom- oder Molekülbindung reicht.

Bei (1.) lösen Photonen genügender Energie, auf Halbleiter- oder Metalloberflächen gestrahlt, hier Elektronen heraus, bei (2.a) nimmt bei Photoneneinstrahlung die Leitfähigkeit in Halbleitern zu, da sich ungebundene Elektronen-Loch-Paare bilden,

bei (2.b) wird dies genutzt, um wie in (2.a) in der Raumladungszone entstandene Ladungsträgerpaare zu trennen und so einen Stromfluß in Sperrichtung zu erreichen (Photovoltaik-Anlagen),

bei (3.) werden durch Photonenbeschuß (Gas-)Atomen oder Molekülen Elektronen geraubt, ionisiert und somit leitfähig.

Statt beim Photoeffekt von bestimmten Frequenzen oder Wellenlängen der Photonen zu sprechen und bombardierende Klümpchen vor Augen zu haben, ist das Bild energetischer Photon-Felder wohl angemessener, zumal auch die traktierten Elektronen solche sind und dies geltende Zusammenhänge gut verdeutlicht.

#### 5. Schluß, Kommentar, Folgerung, Anregung

Nach obigem ist das Photon weder **Korpuskel** noch **Welle**, sondern mit Lichtgeschwindigkeit bewegtes kugelsymmetrisches Elektrofeld mit innig verbundenem Magnetfeld gleichen Energiegehalts, beide einer Frequenz proportional. Sich daraus aufzwingende schlüssige Überlegungen entmystifizieren den Photoeffekt als **Schlüsselexperiment zur Begründung der Quantenphysik**. Entsprechendes gilt für das wohl noch bedeutsamere **Doppelspaltexperiment**, dem wegen seiner Tragweite ein weiterer Aufsatz gewidmet wird.

Damit sind weitere Gründe für die noch immer umstrittene Quantenphysik entfallen, die Anfang des 20. Jhs wegen ungelöster Physik-Probleme Antworten in der Quantenphysik suchten, ohne Phänomene dadurch wirklich zu verstehen. Es ist nicht zu erwarten, daß die Quantenphysik wegen in diesem und anderen Aufsätzen beschriebener Erkenntnisse zu den Akten gelegt würde. Dafür geht es in der großen Anhängerschar um zuviel Geld und Prestige.

Sicherlich hilft auch die Quantenphysik, manches in der Physik zu deuten. Ihr bisheriger Alleinvertretungsanspruch allerdings mit Aussagen, daß etwas nicht klassisch erklärbar, durch die Quantenphysik aber längst nachgewiesen sei, wird vermehrt als arrogant erkannt werden. Vertreter der Ansicht, Quantenphysik sei Exzellenzwissenschaft, der sich

alle anderen Richtungen unterzuordnen hätten, könnten mitleidig belächelt werden. Vieles weist auf einen anstehenden Paradigmenwechsel hin.

Es ist nicht vertretbar, die größten Summen für Forschungen auszugeben, deren Ergebnisse oft unverständlich (und nicht nachvollziehbar überprüfbar) sind und notfalls mystisch verifiziert werden – letzteres ist ein Widerspruch in sich.

So wie kein Perpetuum mobile zum Patent angenommen wird, sollte die Vergabe etwa eines Nobelpreises für vermeintliche Ergebnisse versagt werden, die allein zum Ziel haben, einer Lösung zur Weltformel näher zu kommen. Wem ist damit, außer ruhsüchtigen Individuen, gedient? Der Teilchenzoo kostet mehr als alle tierischen zusammengenommen.

Kiel, im Mai 2012 *hwm.k@kielnet.net*

## 6. Quellenverzeichnis

- [1] *The 2010 CODATA Recommended Values of the Fundamental Physical Constants*, aktualisierte Werte vom Juni 2011:  
<http://physics.nist.gov/cuu/Constants/Table/allascii.txt>
- [2] [http://de.wikipedia.org/wiki/Photon#Wechselwirkung\\_von\\_Photonen\\_mit\\_Materie](http://de.wikipedia.org/wiki/Photon#Wechselwirkung_von_Photonen_mit_Materie)
- [3] **KÖRBER**, *hans wm*: *ELEKTRONEN-Bewegungen* Teil 1, 2. Aufl: Edition SAPIENTIA, pro literatur Verlag, Augsburg (2009), Seite 43  
in Ergänzung vom Verfasser:
- [4] *Konvergenz von fiktiver Physik und Realität – Naturkonstanten aus einem neuen Elektron-Modell erklärt*; ein unter diesem Titel seit März 2011 an diverse dt Physik-Institute und bedeutende Physik-Theoretiker persönlich versandter Aufsatz
- [5] in [3] Seite 42 Gleichung (1.4.8)
- [6] **KÖRBER**, *hans wm*: *Überlegungen zur Symmetrie des Elektrons*, Fassung b v 27. April 2012; ein unter diesem Titel seit April 2012 an diverse dt Physik-Institute und bedeutende Physik-Theoretiker persönlich versandter Aufsatz, Seite 4 Gleichung (3.6)
- [7] in [5] Seite 6 Gleichung (4.11)
- [8] in [3] Seite 18 Gleichung (1.2.8)
- [9] in [3] Seite 14 Gleichung (1.1.10)
- [10] in [5] Seite 4 Gleichung (3.4)
- [11] **KÖRBER**, *hans wm*: *Über die Anomalie magnetischer Momente*, Fassung c v 17. März 2012; ein unter diesem Titel seit März 2012 an diverse dt Physik-Institute und bedeutende Physik-Theoretiker persönlich versandter Aufsatz, Seite 8 f
- [12] in [10] Seite 1 Anmerkung ②
- [13] <http://de.wikipedia.org/wiki/Photon#Spin>
- [14] Ausspruch ist nicht belegt
- [15] [http://www.desy.de/user/projects/Physics/ParticleAndNuclear/photon\\_mass.html](http://www.desy.de/user/projects/Physics/ParticleAndNuclear/photon_mass.html)
- [16] **Stöcker**, *Horst* (Hrsg): *Taschenbuch der Physik*, 5., korr Aufl: Verlag Harri Deutsch, Frankfurt am Main (2007), Seite 740
- [17] **Heisenberg**, *Werner*: *Der Teil und das Ganze – Gespräche im Umkreis der Atomphysik*, 8. Aufl: Piper Verlag, München (2010), S 96
- [18] [http://de.wikipedia.org/wiki/Photoelektrischer\\_Effekt](http://de.wikipedia.org/wiki/Photoelektrischer_Effekt)

Fassung a, 6. Mai 2012