

## Über den Sinngehalt des Planckschen Wirkungsquantums

»Plancksches Wirkungsquantum, Planck-Konstante, Formelzeichen  $h$ , ein von Max Planck bei der Angabe seines Strahlungsgesetzes ohne weitere Interpretation eingeführte Konstante, mit der er das Rayleigh-Jeanssche und das Wiensche Strahlungsgesetz vereinigen konnte. Aus experimentellen Werten bestimmte Planck den Wert zu  $h=6,55 \cdot 10^{-34}$  Js.

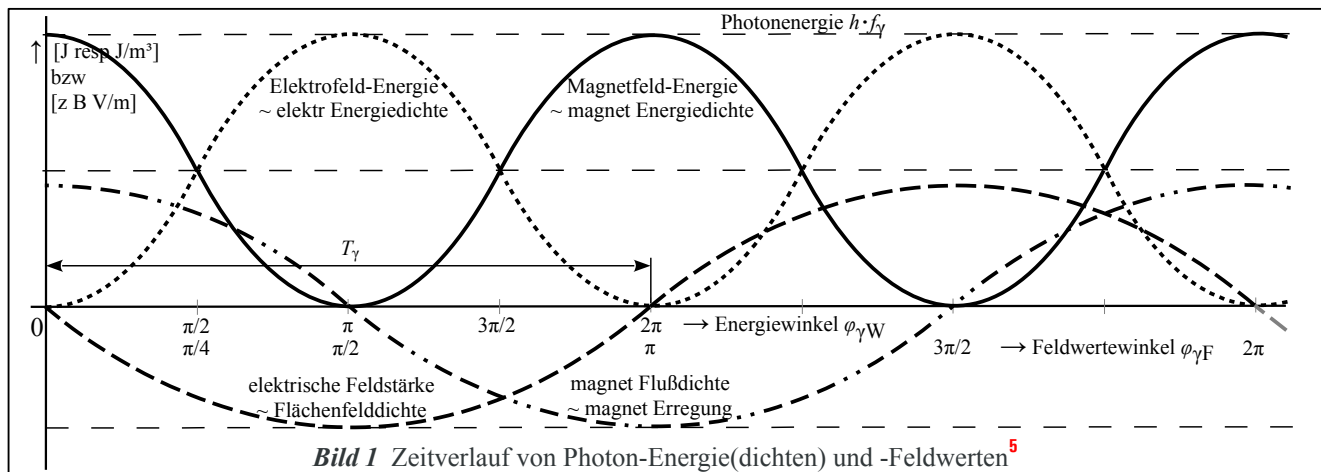
Albert Einstein legte 1905 mit seiner Lichtquantenhypothese eine Interpretation von  $h \cdot \nu$  als Energie eines Photons der Frequenz  $\nu$  vor. Diese Interpretation verfestigte sich mit der Entwicklung des Bohrschen Atommodells 1913 und der Formulierung der Quantenmechanik in den zwanziger Jahren. Das Plancksche Wirkungsquantum wird heute als eine universelle Naturkonstante verstanden, die die Grenze aller physikalischen Beschreibungen im klassischen Sinne festlegt.«<sup>1</sup>

Wie wenig Planck sich anfangs unter dem von ihm gefundenen Zusammenhang vorstellen konnte, geht wohl daraus hervor, daß er von einer Hilfsgröße  $h$  sprach.

Ogleich Einstein 1905 dann die Deutung  $h \cdot \nu (=h \cdot f)$  ins Gespräch brachte, wußten er „wie die gesamte Wissenschaft“ nicht, was ein Photon ist und was bei diesem schwingen würde. Erst des Autors Arbeit<sup>2</sup> von 2015 lieferte in Kieler Feldtheorie<sup>3</sup> eine Begründung für die interessante Beziehung.

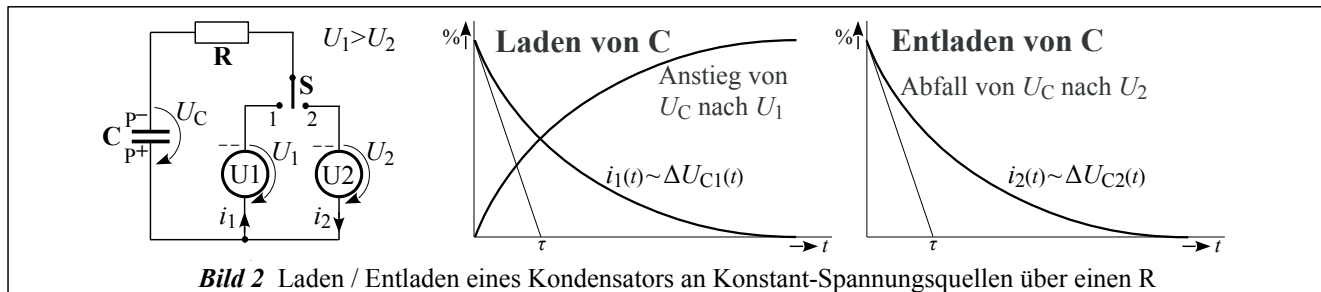
Die Welt kennt die Gleichung  $W = h \cdot f$  als den Zusammenhang der Photonenergie wie auch, seit der KiFT, für Energie von Elementarfeldern  $eeEF - Elro e^c$  und Poro  $e^{\varnothing}$ .

Ein Photon  $\gamma$  entsteht durch abrupte Zustandsänderung (Eile, Richtung, Energiedichte) eines elementaren Elektrofelds. Nach Quantensprung abwärts folgt ein den Atomkern umrundendes Elro,  $eeEF^-$  auf tieferer Bahn plötzlich in kleinerem Toruswinkel  $\delta$ .<sup>4</sup> Das initiiert ein in Feldeile  $c$  enteilendes, nichtelementares Magnetfeld. Das kollabiert, da es nicht durch ein bewegtes E-Feld gestützt ist und induziert ein instabiles Elektrofeld, das seinerseits einbrechen wird und wieder ein M-Feld erzeugt. → Bild 1



Je größer die Zustandsänderung war, umso höher ist Photonenergie  $W_\gamma$  und damit Frequenz  $f_\gamma$ .

Ein (fragwürdiger) Vergleich A mit dem Laden / Entladen eines Kondensators drängt sich auf. → Bild 2



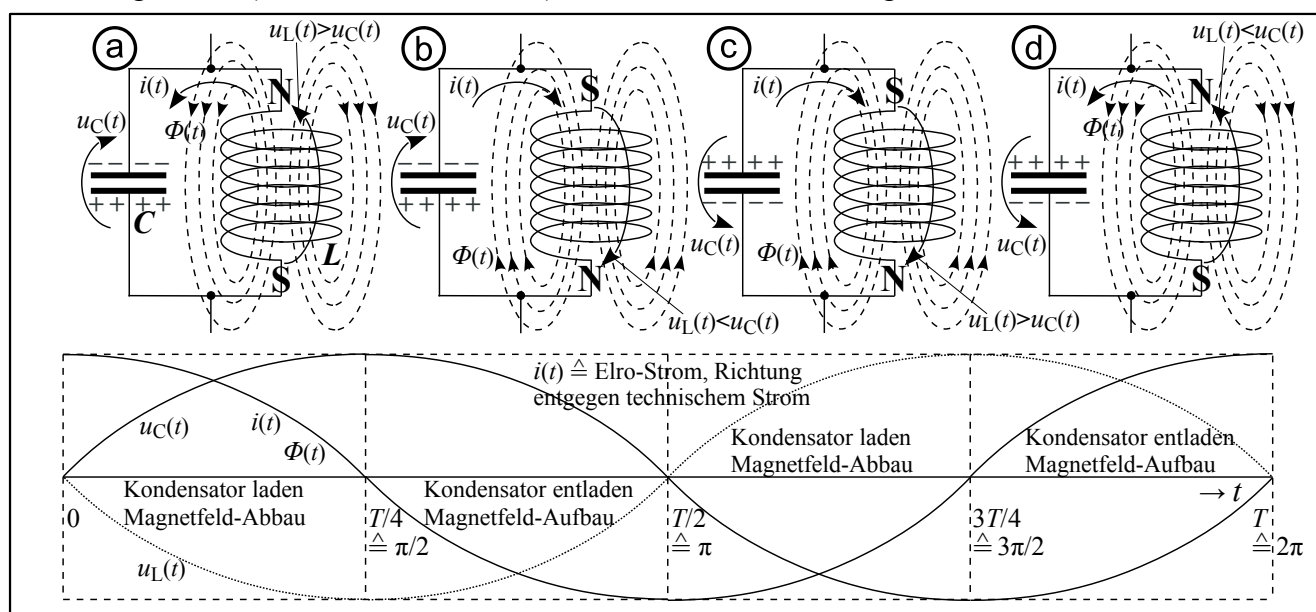
Ein Kondensator C sei auf eine Spannung  $U_C$  geladen. Wird Schalter S in Stellung 1 gelegt, fließt anfangs wegen Potentialdifferenz  $U_1 - U_C = \Delta U_{C1}$  ein Strom  $I_1 = \Delta U_{C1} / R$ . Mit  $I_1$  werden fortwährend Elementarfelder  $eeEF^-$  (Elros  $e^c$ ) zum Kondensatorbelag P<sup>-</sup> gedrückt (Überschuß) und von P<sup>+</sup> abgezogen (Mangel): C wird geladen, und  $U_C$  steigt an. Die Differenz  $\Delta U_{C1}$  und somit  $I_1$  nehmen ab.  $I_1$  verläuft bekanntlich exponentiell gemäß  $i_1(t) = I_1 \cdot e^{-t/RC}$ , da eine kontinuierlich abnehmende Differenz den nächstmöglichen Wert verantwortet. Mit über die Zeit ansteigender  $U_C$  werden  $\Delta U_{C1}$  und somit  $i_1$  ständig kleiner und streben asymptotisch dem Wert null zu.  $RC$  ist eine Zeitkonstant  $\tau = R \cdot C$ .

(In der Technik wird davon ausgegangen, C sei nach  $5\tau$  mit ca 99,3% voll geladen. Läufer ↔ Schnecke Strom ist hier entgegen technischer Sicht ein  $eeEF^-$ -Kreisstrom vom Minus- zum Pluspol.)

Schaltet **S** nun in Stellung **2**, fließt ein Entladestrom  $i_2(t) = [(U_2 - U_C)/R] \cdot e^{-t/RC}$ , der  $U_C$  an  $U_2$  angleicht. Laden und Entladen von **C** sind im Zeitablauf durch  $\tau = R \cdot C$  bestimmt und nicht durch  $U_C$ ,  $U_1$  oder  $U_2$ . Unabhängig von in **C** gespeicherter Energie  $W_C = \frac{1}{2} C \cdot U_C^2$  beansprucht volles Laden / Entladen immer gleiche Zeit  $t \approx 5\tau$ . Je höher  $\Delta U_C$ , umso stärker drängen entsprechend eng angehäufte  $eEF^-$  zum Ausgleich von  $U_1$  nach  $U_C$  bzw von  $U_C$  nach  $U_2$  und erzwingen einen Strom gemäß *Ohmschem* Gesetz  $I = U/R$ .  $U_1$  und  $U_2$  sind aus Konstant-Spannungsquellen  $U_1, U_2$  bereitgestellt.

Anwesenheit sehr vieler  $eEF^-$  im Raum übt auf alle entsprechend hohen Druck, abstoßende *Coulomb*-Kraft aus und sorgt für Abwanderung, sobald dafür ein Weg gegen geringeren Druck möglich ist. Laden/Entladen ist Ortstausch „korpuskularer“ Energie, von  $eEF^-$ , behindert von *Ohmschem* Widerstand.

Auch Vergleich B (als solcher zweifelhaft) mit elektrischem Schwingkreis kommt in den Sinn: → **Bild 3**



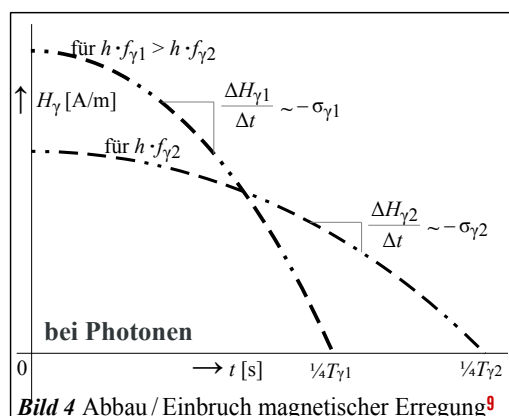
**Bild 3** Zyklische Vorgänge im elektrischen Schwingkreis<sup>6</sup>

So verlustfrei, schwingt der LC-Kreis nach *Thomson-Formel* in Frequenz  $f_{LC} = 1/[2\pi\sqrt{LC}]$ . Ständiger Energiewechsel zwischen einer Kapazität **C** und einer Induktivität **L** ist gleichfalls „gestückelte“ Energie in großer Anzahl als  $eEF^-$  zwischen zwei Orten hin- und herwandernd, harmonisch schwingend.

Wie aber ist der frequentierende Vorgang in einem Photon nachvollziehbar zu beschreiben?

Elementare Elektrofelder  $eEF$  (Elektron  $e^-$  oder Positron  $e^+$ ) sind durch intrinsische Kreisbewegung mit Feldeile  $c$  stabile  $eEF$  (Elro  $e^c$  und Poro  $e^o$ ). In Atomen umlaufen Elros den Kern helikal auf zulässigen Radien, die analog der Anregungsstufe **AS**, dem Quantenzustand weiter oder enger sind. Demgemäß häufig winden sich Elros während eines Atomumlaufs auf einem Torus in entsprechendem Toruswinkel  $\delta$ . Die feldfreie Mitte **fM** eines Elros ist konstant mit  $c$  unterwegs, selbstredend auch in Atomen, ob vor, während oder nach einem Quantensprung **QS**. Im Grundzustand, auf engstem Umlaufradius  $r_{ew}$  sind Elro-Bindungsenergie  $W_{bs}$ , Umlaufzeit  $v_{ew}$  und Toruswinkel  $\delta$  am größten.<sup>7,8</sup> Fällt ein Elro aus einer höheren **AS** auf eine tiefere Bahn, erfolgt dies im Startbahn-Toruswinkel. Auf der Zielbahn gelandet, erhöht dies für das Elro den Toruswinkel  $\delta$  abrupt in Umlaufrichtung. In gleicher Richtung erregt dies ein nichtelementares Magnetfeld. Dessen Energie  $\Delta W_{bs}$  entspricht der Differenz der Bindungsenergien vor und nach **QS**. Das M-Feld ist jedoch solo und nicht durch ein E-Feld gestützt. Durch  $c$ -Bewegung stimuliert, bricht es daher ein und induziert dabei ein Elektrofeld, dem die Energie übertragen wird. Der

weitere Ablauf ist der eines Photons mit  $\Delta W_{bs} = W_\gamma = h \cdot f_\gamma$  (1)



**Bild 4** Abbau / Einbruch magnetischer Erregung<sup>9</sup>

Gleichung  $W_\gamma = h \cdot f_\gamma$  ist für Photonenergie zwar mathematisch korrekt. Physikalisch aber ist nicht auf Antrieb nachvollziehbar, warum Feldenergien umso schneller abbauen, je höher sie sind. → **Bild 4** Dafür fand sich nun, wie Schuppen von den Augen fallend, eine verständliche Deutung:

Je höher die Energie eines Elektro- oder Magnetfelds ist, umso höher ist die Energiedichte und damit der „Druck“, in den Raumpunkten einen Wechsel herbeizuführen. Da bei einem Photon jedoch nicht äußerer Druck auf Nivellierung drängt, läßt nur innerer labiler Aufbau Umgestaltung zu. Das beim Photon startende Magnetfeld und alle zeitlich folgenden Felder sind nichtelementar, ergo instabil. Ferner fehlt ein stets stützendes

Gegenfeld. Daher erfolgt interner Wandel in den konstant mit  $c$  linear bewegten Raumpunkten. Das Photon schwingt harmonisch mit  $f_\gamma$ . Somit gilt für die zeitabhängige Phase  $\varphi_\gamma(t) = 2\pi f_\gamma t = \omega_\gamma t$  und im Magnetfeld für einen beliebigen Raumpunkt  $\bullet$  (im Abstand  $r_\bullet$  von der Feldmitte) über die Zeit:<sup>10</sup>

$$H_\bullet(t) = \frac{e_0 c}{4\pi r_\bullet^2} \cos(\omega_\gamma t) \quad B_\bullet(t) = \frac{\mu_0 e_0 c}{4\pi r_\bullet^2} \cos(\omega_\gamma t) \quad \rho_{m\bullet}(t) = \frac{1}{2} H_\bullet(t) \cdot B_\bullet(t) = \mu_0 \left( \frac{e_0 c}{4\pi r_\bullet^2} \right)^2 \cos^2(\omega_\gamma t) \quad (2) \dots (4)$$

Das Elektrofeld läuft dem Magnetfeld um  $\pi/2$  voraus. Deshalb gilt für dieses:<sup>11</sup>

$$\sigma_\bullet(t) = \frac{e_0}{4\pi r_\bullet^2} \sin(\omega_\gamma t) \quad E_\bullet(t) = \frac{e_0}{4\pi r_\bullet^2 \epsilon_0} \sin(\omega_\gamma t) \quad \rho_{e\bullet}(t) = \frac{1}{2} \sigma_\bullet(t) \cdot E_\bullet(t) = \frac{1}{\epsilon_0} \left( \frac{e_0}{4\pi r_\bullet^2} \right)^2 \sin^2(\omega_\gamma t) \quad (5) \dots (7)$$

In gleichem Maße, wie die Energiedichte einer Feldart abnimmt, steigt die andere – Summe beider ist konstant, nichts geht verloren. Die Gesamtenergiedichte  $\rho_\gamma$  eines Photons beträgt im Raumpunkt  $\bullet$  also:

$$\rho_\gamma = \rho_{m\bullet}(t) + \rho_{e\bullet}(t) = \left( \frac{e_0}{4\pi r_\bullet^2} \right)^2 \left[ \mu_0 c^2 \cos^2(\omega_\gamma t) + \frac{\sin^2(\omega_\gamma t)}{\epsilon_0} \right] = \frac{1}{\epsilon_0} \left( \frac{e_0}{4\pi r_\bullet^2} \right)^2 \quad \text{mit } \sin^2 x + \cos^2 x = 1 \quad (8)$$

sowie mit  $\epsilon_0 \mu_0 c^2 = 1$

Nach welcher **Gesetzmäßigkeit**, unter welcher Rahmenbedingung geht das vor sich?

Der Übergang von einer Feldart zur anderen vollzieht sich dadurch, daß im anfänglichen Magnetfeld dessen Flußdichte  $B_\bullet$ , da mit Eile  $c$  bewegt, in Raumpunkten Feldstärke  $E_\bullet$  ( $\sim \sigma_\bullet$ ) induziert und sich selbst entsprechend reduziert, gegen null fallend – also Magnetfeld ab- und Elektrofeld aufbauend. Danach wird aus der mit  $c$  eilenden Flächenfelddichte  $\sigma_\bullet$  peu à peu Erregung  $H_\bullet$  ( $\sim B_\bullet$ ),  $\sigma_\bullet$  mindernd und  $H_\bullet$  zunehmend, bis E-Feldenergie vollends zu M-Feldenergie transformierte usw. (*Maxwell? wo?*)

$$\rightarrow B_\bullet \left[ \frac{\text{s} \cdot \text{V}}{\text{m}^2} \right] \cdot c \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] = E_\bullet \left[ \frac{\text{V}}{\text{m}} \right] \left( \triangleq \frac{\sigma_\bullet}{\epsilon_0} \right) \quad \leftrightarrow \quad \sigma_\bullet \left[ \frac{\text{s} \cdot \text{A}}{\text{m}^2} \right] \cdot c \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] = H_\bullet \left[ \frac{\text{A}}{\text{m}} \right] \left( \triangleq \frac{B_\bullet}{\mu_0} \right) \quad \leftrightarrow \quad (9) \dots (10)$$

Die Polarität der Felder wechselt folglich nach jeder Halbperiode  $\frac{1}{2} T_\gamma$ , also mit  $2f_\gamma$ . → **Bild 1** In jedem Moment kann ein Photon zwar magnetisch resp elektrisch geortet werden, zeitgemittelt ist es aber neutral. Ein Photon hat kein magnetisches Moment und kann damit nicht gravitieren.

Kollision kann Photon-Richtung, nicht -Eile oder -Energie ändern. Rotverschiebung ist zweifelhaft.

Im Mittel ist das Photon ein Magnetfeld mit Energie  $\frac{1}{2} W_\gamma = \frac{1}{2} h \cdot f_\gamma$ . Daher kann ihm wegen Eile  $c$  und  $\frac{1}{2} W_\gamma = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} m_\gamma \cdot c^2$  eine träge Masse  $m_\gamma = 2W_\gamma/c^2$  zugerechnet werden, die die lineare Bewegung stabilisiert.

Nach Beleuchtung verschiedener Aspekte eine **Erklärung** für die Bedeutung des Wirkungsquantums:

Ein jedes Photon füllt, wie alle Felder, stets den gleichen, vollen Raum bis ins Unendliche aus. Eine bspw doppelte Energie  $W_\gamma$  ist mit doppelter Volumen-Energiedichte  $\rho_\gamma$  verbunden. Doch die Feldwerte Flußdichte  $B_\bullet$ , Erregung  $H_\bullet$ , Feldstärke  $E_\bullet$  und Flächenfelddichte  $\sigma_\bullet$  wirken vervierfacht, da sie in  $\rho_{m\bullet}$  und  $\rho_{e\bullet}$  mit quadriertem Betrag vorkommen. Feldumbau vollzieht sich daher mittels Eile  $c$  in quadratischer Rasanz bezogen aufs Energievielfache. Folglich ist ein Feldumbau in analog kürzerer oder längerer Zeit beendet – die Periodendauer paßt sich reziprok der Energiehöhe an:

Das Produkt  $h$  aus Energie  $W_\gamma$  und Periode  $T_\gamma$  ist konstant.

Im Gegensatz zur allgemein üblichen Notation (1) ist hierfür eine (logische) einleuchtende mathematische Beziehung angebar, wenn der **Kehrwert** von  $f$  eingesetzt wird: (Idee vom 20.2.2019)

$$h = W_\gamma \cdot \frac{1}{f_\gamma} = W_\gamma \cdot T_\gamma \quad \left( \text{so von Interesse} = W_\gamma \cdot \frac{\lambda_\gamma}{c} \right) = 6,626\,070\,16 \cdot 10^{-34} \text{ s} \cdot \text{J} \quad (= \dots \text{m}^2 \cdot \text{kg/s}) \quad (11)$$

mit Photon-Wellenlänge  $\lambda_\gamma$

Demnach wird in z B einem Photon der Energie  $W_\gamma$ , das Wandeln eines Magnetfelds in ein Elektrofeld und umgekehrt harmonisch ablaufend innerhalb solcher Periodendauer  $T_\gamma$  erfolgen, daß das Produkt  $h$  ( $= W_\gamma \cdot T_\gamma$ ) eingehalten wird, denn Wirkungsquantum  $h$  ist konstant.  $h$  ist folglich grundlegende Größe, ohne Toleranz, ein Energiehebel der Natur – aber nicht explizit und nicht solo direkt auffindbar, nicht eine Entität, sondern eine Eigenschaft elektromagnetischer Felder wie etwa  $\epsilon_0$  und  $\mu_0$ .

Unser Denken ist es gewohnt, abzählbare Stückelungen zu vergleichen. Wenn bspw festgestellt wird, der Wind würde schwächer, nimmt die Anzahl pro Zeiteinheit bewegter Luftmoleküle ab. Doch beim Photon geht es um gleitende Zustandsänderungen und ineinander übergehende Energietransformationen. Das erschwert unsere Vorstellung vom Sinn des ggf mystischen Wirkungsquantums, des Wesens eines energiedichte-schwingenden,  $c$ -bewegten Kugelfelds, eines Photons.

Kiel, 5./14. März 2019  
Fassung b




hw mk www.elektron.wiki  
hwm.k@online.de  
sinngelalt\_von\_h-b.pdf

## Quellen

Arbeiten des Verfassers sind auf seiner Netzseite [www.elektron.wiki](http://www.elektron.wiki) aus Rubrik „Veröffentlichungen“ abrufbar.

- <sup>1</sup> <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/plancksches-wirkungsquantum/11310>
- <sup>2</sup> *hwmk*: *Von Ladung, Masse und dem Quantensprung initiiertem Photon*, 8-S-Aufs (2015), S 7 ladg\_masse\_photon\_b.pdf
- <sup>3</sup> *hwmk*: *Minimalstrukturen der Natur – über die Grundzüge Kieler Feldtheorie*, 48-S-Aufs (2019) ministruktur-a.pdf
- <sup>4</sup> *hwmk*: *Erfolgreiche Suche der Ursache kontinuierlichen Lichtspektrums*, 10-S-Aufs (2018), Seite 2 *Bild 3* kontin spektrum\_a.pdf
- <sup>5</sup> in <sup>3</sup> Seite 24 *Bild 18*
- <sup>6</sup> *hwmk*: *Schwingfähige Strukturen – vom Elro zur Atomuhr*, 11-S-Aufs (2018), Seite 3 *Bild 2* schwingf strukt-a.pdf
- <sup>7</sup> *hwmk*: *Beziehungen im atomaren Wasserstoff (Protium) – ...*, 53-S-Aufsatz (2013), S 27f beziehungen im atomaren H-k.pdf
- <sup>8</sup> *hwmk*: *Der dem Elektron beim Quantensprung immanente Absturzstatus*, 5-S-Aufs (2016) QS-Status\_d.pdf
- <sup>9</sup> *hwmk*: *Was ist ein Photon?* 3-S-Aufs in DIN A4 nach einem DIN-A0-Plakat (2017), *Bild 3* Bremen17MP20-Photon\_A4\_c.pdf
- <sup>10</sup> in <sup>3</sup> Seiten 4 und 5 analog den Gleichungen (1.7), (1.8) und (1.9)
- <sup>11</sup> in <sup>3</sup> Seite 4 analog den Gleichungen (1.3), (1.4) und (1.5)