Diefflen, Weihnachten 2018; Martin Bock
überarbeitet aufgrund der mit Wirkung zum 20.05.2019 neuen SI

Über die innere Struktur des Elektrons II

Psalm 19, 2 Die Himmel erzählen die Herrlichkeit Gottes, und das Himmelsgewölbe verkündet seiner Hände Werk.
oder in moderner Übersetzung von KAREL CLAEYS
„Die Sternenhimmel sind (beständig) aufzählend die Herrlichkeit (=Kraftauswirkung) Gottes.“

Die in dieser Ausarbeitung vorgestellte physikalische Strukturformel zur Bestimmung der Elektronmasse m_e ist eine wesentliche Grundlage für das bessere Verständnis des Elementarbereichs. Mit der hier praktizierten „neuen“ Denkweise der Existenzphysik wird mit Hilfe von seit 1970 bekannten Philberth’schen Elementareinheiten aufgezeigt, dass das Elektron eine innere Struktur hat. Die erzielte hervorragende Übereinstimmung mit dem Codata-Wert für m_e sowie die phänomenologische Transparenz der Strukturformel (12) belegen deren Korrektheit.

I Codata-Messwerte, Stand 20.05.2019

Aufgrund der Einführung von sieben Konstanten der neuen SI hat Codata für die Naturkonstanten Planckwirkung h, Elementarladung e , Avogadro-Konstante N_A und Bolzmannkonstante k_B neue Werte veröffentlicht, die ab 20.05.2019 gelten. Neu ist, dass die Unsicherheit u dieser neuen Werte per Definition auf $u = 0$ festgelegt ist. Aufgrund dieser Neuerungen ist eine Überarbeitung der bisherigen Unterlage „Über die innere Struktur des Elektrons“ erforderlich, was hiermit erfolgt.

Lichtgeschwindigkeit im Vakuum:

(1) $c = 299.792.458 \cdot m/s$

Elektrische $+u(\varepsilon_0) = \pm 1{,}5 \cdot 10^{-10}$ **und magnetische Feldkonstante** $-u(\mu_0) = \pm 1{,}5 \cdot 10^{-10}$

(2) $\varepsilon_0 = \dfrac{1}{4\pi \cdot 10^{-7}} \cdot \dfrac{Am}{Vs} \cdot \dfrac{1}{c^2}$ $\mu_0 = \dfrac{1}{c^2 \cdot \varepsilon_0}$. Es ist seitens Codata $-u(\mu_0)$ als „gegenläufig“ zu $+u(\varepsilon_0)$ deklariert (Grund: s. Sensitivitätsrechnung I/II auf S. 3/4). Im Falle von Multiplikation addiert sich die Unsicherheit, wobei die betreffende Unsicherheit im Falle von Kehrwert-Bildung das Vorzeichen wechselt; daher das Minuszeichen $-u(\mu_0)$. Bis 19.05.2019 galten beide Konstanten noch als exakt.

Elementarladung und Planck’sches Wirkungsquantum:

(3) $e = 1{,}602.176.634 \cdot 10^{-19} \cdot C$ (4) $h = 6{,}626.070.15 \cdot 10^{-34} \cdot Js$

Feinstrukturkonstante $-u = \pm 1{,}5 \cdot 10^{-10}$

(5) $\alpha = \dfrac{e^2}{2hc\varepsilon_0} = 0{,}007.297.352.569.3(11)$.

In der Strukturformel (5) ist nur ε_0 mit einer relativen Abweichung behaftet. Es gilt:

$$\boxed{\underbrace{2}_{\text{für } e\cdot e} \cdot \underbrace{\pm 0{,}0}_{\text{für } e} \quad \underbrace{-1}_{\substack{\text{Vorzeichen-}\\ \text{wechsel wg. } 1/h}} \cdot \underbrace{0{,}0}_{\text{für } h} \quad \underbrace{-1}_{\substack{\text{wegen}\\ 1/\varepsilon_0}} \cdot \pm 1{,}5 \cdot 10^{-10} = \underbrace{(-)}_{\substack{u \text{ von } \alpha \text{ ist}\\ \text{gegenläufig zu } \varepsilon_0}} \cdot \pm 1{,}5 \cdot 10^{-10}}.$$

Protonmasse $u = \pm 3{,}1 \cdot 10^{-10}$

(6) $m_p = 1{,}672.621.923.69(51) \cdot 10^{-27} \cdot kg$

II Definition der Philberth'schen Elementareinheiten

Feldkonstante

(7) $$\boxed{\overbrace{\varphi_{z=\infty}}^{\text{ist Codata nicht bekannt}} = \sum_{1}^{z=\infty}\left(n+\frac{1}{2}\right)^{-2} = \frac{1}{2}\pi^2 - 4 = 0{,}934.802.200.545}$$

Die physikalische Bedeutung von φ als „Feldkonstante" ist in Kap. 3, S. 16 , Formel (7) der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten (s. Link) erläutert.

Statische Protonmasse $u = \pm 3{,}1\cdot 10^{-10}$

(8) $$\boxed{\overbrace{m_{ps}}^{\text{ist Codata nicht bekannt}} = \frac{m_p}{1+\frac{2}{9}\cdot\frac{\varphi_{z=\infty}\cdot\alpha}{4\pi}} = 1{,}672.420.176.23(52)\cdot 10^{-27}\cdot kg},$$

s. hierzu Kapitel 3, Seite 16, Formel (6) der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten.
Über (8) ist u für m_{ps} an u für m_p aus (6) angebunden.

Statische Elektronmasse $u = \pm 1{,}6\cdot 10^{-10}$

(9) $$\boxed{\overbrace{m_{es}}^{\text{ist Codata nicht bekannt}} = m_{ps}\cdot\frac{\varphi_{z=\infty}\cdot\alpha}{4\pi} = 9{,}078.635.705.4(17)\cdot 10^{-31}\cdot kg}$$

Über (9) ist u für die Elektronmasse m_e an u für die Protonmasse m_p angebunden.

Die rel. Abw. für (9) beträgt $\boxed{m_{ps}\cdot\alpha : +\underbrace{\pm 3{,}1\cdot 10^{-10}}_{\text{lt. Codata}} + \underbrace{(-1)}_{\alpha\text{ ist gegenläufig zu } m_{ps}} \cdot \pm 1{,}5\cdot 10^{-10} = \pm 1{,}6\cdot 10^{-10}}$,

Codata nennt für die Elektronmasse m_e $\boxed{u = \pm 3{,}0\cdot 10^{-10}}$. Wird dieser Angabe der Vorzug eingeräumt und über (9) eingestellt, so ist für m_p der Codata-Wert $u = \pm 3{,}1\cdot 10^{-10}$ um $u = \pm 1{,}4\cdot 10^{-10}$ auf $u = \pm 4{,}5\cdot 10^{-10}$ zu erhöhen!
Zu (9) s. auch Kap. 4, S. 18, (11) der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstante.

Elementarlänge, Elementardauer, Protonradius $-u = \pm 3{,}1\cdot 10^{-10}$

(10) $$\boxed{\overbrace{\lambda}^{\text{ist Codata nicht bekannt}} = \frac{h}{m_{ps}\cdot c} = 1{,}321.569.259.76(41)\cdot 10^{-15}\cdot \mathrm{m}} \quad \boxed{r_P = \frac{4}{2\pi}\cdot\lambda}$$

Da h als exakt definiert ist, überträgt sich u über m_{ps} auf λ und ist „gegenläufig" zu m_{ps}. Es ist r_P der Radius des Protons (Viertelumlauf mit c auf $2\pi r_p$ pro 1τ).
Bzgl. λ s. Kap. 6, (13) für a_0 auf S. 21 der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten.
Zudem gilt $\boxed{\tau = \lambda / c = 4{,}408.280.543.7(13)\cdot 10^{-24}\cdot s}$ mit τ als **Elementardauer**, s. hierzu Kap. 3, S. 16, Formeln (8) und (9) in der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten.

Raumschalen-Zähler für den Innenraum des bewegten Elektrons $u = \pm 1{,}5\cdot 10^{-10}$

(11) $\boxed{z_H = 2/(\varphi_{z=\infty}\cdot\alpha) = 293{,}187.155.661}$

Es überträgt sich u von α auf z_H und ist „gegenläufig" zu $-u$ von α.

$\boxed{r_L = z_H\cdot\lambda = 3{,}874.671.321.6(12)\cdot 10^{-13}\cdot m}$ **Compton-Wellenlänge** $-u = \pm 1{,}6\cdot 10^{-10}$

u für r_L (Ladungsradius) ergibt sich aus $\boxed{z_H\cdot\lambda : -\pm 3{,}1\cdot 10^{-10} + \pm 1{,}5\cdot 10^{-10} = -\pm 1{,}6\cdot 10^{-10}}$ und es ist u von r_L „gegenläufig" zu m_{es}. Es gilt also exakt $\boxed{m_{es}\cdot r_L = \hbar / c}$.

Berechnung der Ungenauigkeiten u

1) $\boxed{u(\varepsilon_0) = +1 \cdot \pm 1{,}5 \cdot 10^{-10}}$
$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{Vs}{Am}} \cdot \frac{1}{c^2}$$

2) $\boxed{u(\mu_0) = \underbrace{-}_{\substack{\mu_0 \text{ ist} \\ \text{egenläufig} \\ \text{zu } \varepsilon_0}} u(\varepsilon_0)}$
$$\mu_0 = \frac{1}{\varepsilon_0 \cdot c^2}$$

3) $\boxed{u(\alpha) = u(\mu_0) = \underbrace{-}_{\substack{\alpha \text{ ist} \\ \text{gegenläufig} \\ \text{zu } \varepsilon_0}} u(\varepsilon_0)}$
$$\alpha = \frac{e^2}{2ch} \cdot \frac{1}{\varepsilon_0}$$

Die in (1) bis (3) angegebenen Vorgehensweisen werden seitens Codata praktiziert.

4) $\boxed{u(m_e) = u(m_p) + \underbrace{u(\alpha)}_{\substack{\text{neu} \\ \text{ist Codata} \\ \text{nicht bekannt}}}}$
$$m_{ps} = \frac{m_p}{1 + \frac{2}{9}\frac{\varphi\alpha}{4\pi}}\,;\ \varphi = \frac{1}{2}\pi^2 - 4\,;\ m_{es} = m_{ps} \cdot \alpha \cdot \frac{\varphi}{4\pi}$$

$$u(m_e) = u(m_p) \overbrace{-}^{!} u(\varepsilon_0)$$
$$\boxed{m_e = \left(m_{es} + \frac{m_{es}}{z_H - 1}\right) \cdot \left(1 - \frac{2}{3}\alpha^2\right)}\,;\ z_H = \frac{2}{\varphi\alpha}$$

Formel (4) stellt eine Neuerung dar die Codata nicht kennt.

Einsetzen der Codata-Angabe $\boxed{u(m_p) = \pm 3{,}1 \cdot 10^{-10}}$ in (4) führt zu $\boxed{u(m_e) = 1{,}6 \cdot 10^{-10}}$ aber in (6) zu einem unzulässigen Wert für $u(R_\infty)$. Einsetzen der Codata-Angabe $\boxed{u(m_e) = \pm 3{,}0 \cdot 10^{-10}}$ in (4) führt zu $\boxed{u(m_p) = 4{,}5 \cdot 10^{-10}}$ aber in (7) zu einem zulässigen Wert für $u(R_\infty)$. Zwar erhöht sich $u(m_p)$ um $\Delta u(m_p) = \pm 0{,}014 \cdot 10^{-8}$, jedoch ist diese Änderung im Vergleich zu der bis 19.05.2019 geltenden Codata-Angabe $u(m_p) = \pm 1{,}2 \cdot 10^{-8}$ vernachlässigbar und die aufgrund neuer SI-Einheiten ab dem Folgetag eingetretenen „Verbesserung" um zwei(!) Größenordnungen nicht unzulässig beeinträchtigt.

Sensitivitätsrechnung I

Der Ansatz in Formel (1) mit $u(\mu_0) = +1 \cdot \pm 1{,}5 \cdot 10^{-10}$ anstelle $u(\varepsilon_0) = +1 \cdot \pm 1{,}5 \cdot 10^{-10}$ würde zu $u(\alpha) = u(\mu_0) = -1 \cdot u(\varepsilon_0)$ führen wie in Formel (3) aber ginge hier der Zahlenwert von $u(\varepsilon_0)$ mit negativem Vorzeichen ein. In diesem Fall wäre $u(\alpha)$ nicht mehr gegenläufig zu $u(\varepsilon_0)$, weil $u(\varepsilon_0)$ nun selbst gegenläufig geworden ist und es käme in Formel (4) zu einem Vorzeichenwechsel für den Zahlenwert von $u(\alpha)$ und $u(\varepsilon_0)$ und damit zu

$$\boxed{u(m_e) = u(m_p) \underbrace{-1}_{\text{wie bisher}} \cdot \underbrace{-1}_{\text{Vorzeichenwechsel}} \cdot \underbrace{u(\varepsilon_0)}_{\pm 1{,}5 \cdot 10^{-10}}}$$

Der Ansatz $u(m_e)$ mit der Codata-Angabe $\pm 3{,}0 \cdot 10^{-10}$ würde zu $u(m_p) = 1{,}5 \cdot 10^{-10}$ und der Ansatz $u(m_p)$ mit der Codata-Angabe $\pm 3{,}1 \cdot 10^{-10}$ zu $u(m_e) = 4{,}6 \cdot 10^{-10}$ führen.

Es hätten sich die Ungenauigkeitsangaben für m_e und m_p vertauscht.

Beide Ansätze würden sowohl für $u(a_0)$ als auch für $u(R_\infty)$ zu einem Ergebnis führen, das aufgrund der viel höheren Messgenauigkeit von a_0 und R_∞ nicht akzeptabel wäre (s. Sensitivitätsrechnung II).

5) $\boxed{-u(a_0)=[u(m_e)+u(\alpha)]=\pm 1{,}5\cdot 10^{-10}}$ $\qquad a_0=\dfrac{h}{\pi\cdot m_e\cdot 2\alpha c}$

$$u(a_0)=-\left[u(m_p)\overset{!}{-}u(\varepsilon_0)-u(\varepsilon_0)\right]$$ also $u(a_0)=-u(m_p)+2\cdot u(\varepsilon_0)$

Demnach kann die Codata-Angabe $u(a_0)=\pm 1{,}5\cdot 10^{-10}$ nachvollzogen werden, wenn in Formel (4) $u(m_e)=\pm 3{,}0\cdot 10^{-10}$ bzw. $u(m_p)=\pm 4{,}5\cdot 10^{-10}$ zugrunde gelegt wird.

$u(\lambda)=-u(m_p)$ $\qquad \lambda=\dfrac{h}{m_{ps}\cdot c}$

$u(a_0)=u(\lambda)-2\cdot u(\alpha)$ $\qquad a_0=\lambda\cdot\dfrac{2}{\varphi\alpha^2}\cdot\dfrac{m_{es}}{m_e}$

$u(a_0)=u(\lambda)+2\cdot u(\varepsilon_0)$

Einsetzen von $u(\lambda)=-u(m_p)$ führt wieder zu $u(a_0)=-u(m_p)+2\cdot u(\varepsilon_0)$ **qed.**

6) $\boxed{u(R_\infty)=u(m_e)+2\cdot u(\alpha)=\pm 1{,}9\cdot 10^{-12}}$ $\qquad R_\infty=\dfrac{1}{2}\dfrac{m_e\cdot(\alpha c)^2}{hc}$

$u(R_\infty)=u(m_e)-2\cdot u(\varepsilon_0)$

Einsetzen $u(m_e)=-u(a_0)-u(\alpha)$ aus (5) in (6) ergibt

$u(R_\infty)=-u(a_0)+1\cdot u(\alpha)$ $\qquad R_\infty=\dfrac{\alpha}{4\pi\cdot a_0}$

$u(R_\infty)=-[u(\lambda)-2\cdot u(\alpha)]+1\cdot u(\alpha)$

$u(1/R_\infty)=u(\lambda)-3\cdot u(\alpha)$ $\qquad \dfrac{1}{R_\infty}=\lambda\cdot\dfrac{8\pi}{\varphi\alpha^3}\cdot\dfrac{m_{es}}{m_e}$

$u(1/R_\infty)=u(\lambda)+3\cdot u(\varepsilon_0)$

7) $\boxed{u(1/R_\infty)=-u(m_p)+3\cdot u(\varepsilon_0)}$

Demnach kann die Codata-Angabe $u(R_\infty)=\pm 1{,}9\cdot 10^{-12}$ (zumindest dem Grunde nach, weil Ausgleichungen hier nicht möglich sind) nachvollzogen werden, wenn in Formel (4) $u(m_e)=\pm 3{,}0\cdot 10^{-10}$ bzw. $u(m_p)=\pm 4{,}5\cdot 10^{-10}$ zugrunde gelegt wird.

Mit $u(m_e)=u(m_p)+u(\alpha)$ aus Formel (4) ergibt sich $u(m_p)=u(m_e)-u(\alpha)$ und Einsetzen führt auf $u(1/R_\infty)=-u(m_e)+u(\alpha)+3\cdot u(\varepsilon_0)$ und damit zu $u(1/R_\infty)=-[u(m_e)-2\cdot u(\varepsilon_0)]$ **qed.**

Sensitivitätsrechnung II

Der Ansatz wie in der v. g. Sensitivitätsrechnung I erläutert würde führen zu

$$u(1/R_\infty)=-u(m_p)+3\cdot u(\varepsilon_0)=-1\cdot\pm 1{,}5\cdot 10^{-10}+3\cdot\overbrace{-1}^{\substack{\text{Vorzeichen}\\\text{vertauscht}}}\cdot\pm 1{,}5\cdot 10^{-10}=-1\cdot\pm 6{,}0\cdot 10^{-10}$$ bzw.

$$u(1/R_\infty)=-u(m_e)+2\cdot u(\varepsilon_0)=-1\cdot\pm 3{,}0\cdot 10^{-10}+2\cdot\overbrace{-1}^{\substack{\text{Vorzeichen}\\\text{vertauscht}}}\cdot\pm 1{,}5\cdot 10^{-10}=-1\cdot\pm 6{,}0\cdot 10^{-10},$$

was jeweils aufgrund der viel höheren Messgenauigkeit von R_∞ nicht akzeptabel ist.

Magnetische Elektronmasse $\pm 1{,}0\cdot 10^{-11}$**, Elementar-Magnetfluss-Quantum** Φ_0

Bekanntlich beträgt das magnetische Flussquantum $\boxed{\Phi_{Ges}=\frac{1h}{1e}}$. Lt. Ausarbeitung „Die Elektron-Magnetfeldmasse“ vom 25.10.2009, s. lit. C), ab S. 7, gilt $\boxed{\Phi_{Ges}=\Phi_0\cdot\frac{1}{2}z_H{}^2}$, so dass sich für das Elementar-Magnetfluss-Quantum $\boxed{\Phi_0=\frac{4\pi}{z_H}\cdot\frac{\overbrace{m_{es}\cdot c\cdot\lambda}^{=h_{es}}}{e}}$ ergibt.

Somit definiert sich die magnetische Masse des Elektrons m_{em} über den Ausdruck $m_{em}\cdot c^2=\frac{\Phi_0}{4\pi}\cdot\frac{e}{\tau}\cdot\left(1+\frac{1}{z_H-1}\right)$ also $\boxed{\overbrace{m_{em\_bewegt}}^{\text{ist Codata nicht bekannt}}=\frac{m_{es}}{z_H-1}=3{,}107.130.320.232(29)\cdot 10^{-33}\cdot kg}$.

Demnach ist die magnetische Masse identisch die Elektron-Schalenmasse des <u>bewegten</u> Elektrons selbst, s. (12).

<u>III Über die innere Struktur der bewegten Elektronmasse</u> $u=\pm 1{,}5\cdot 10^{-10}$

Formel (12) gibt einen Einblick in die innere Struktur der Elektronmasse.

(12)
$$m_e=\Bigg[\frac{\left(\overbrace{1-\frac{2}{3}\alpha^2}^{=m_e/m^*\text{ aus }(13)}\cdot\underbrace{\left(\overbrace{\frac{1}{1+B/A}}^{s.\ IV\ Nr.2}\right)}_{0{,}999.703.484}\right)}{1}\cdot\overbrace{\frac{1}{\left(1-\frac{\varphi_{z=\infty}\cdot\alpha}{2}\right)}\Bigg]\cdot\overbrace{\left\{\frac{\varphi_{z=\infty}\cdot\alpha}{4\pi}\right\}\cdot\overbrace{\frac{m_p}{\left(1+\frac{2}{9}\cdot\frac{\varphi_{z=\infty}\cdot\alpha}{4\pi}\right)}}^{=m_{ps}\text{ aus }(8)}}^{=m_{es}\text{ aus }(9)}}^{=m^*=m_{es}+m_{em}=9{,}109.707.008.6(28)\cdot 10^{-31}\cdot kg\text{ aus }(9)\text{ und s.o.}}=\frac{m_p}{\underbrace{1.836{,}152.673.41}_{\text{mit }B/A\text{ wie Codata}}}$$

$$m_e=\underbrace{9{,}109.383.701.6(15)\cdot 10^{-31}\cdot kg}_{\text{mit }B/A\text{ wie Codata}}$$

Der in (12) genannte Term B/A entfällt <u>nicht</u>, weil sich über die Gleichung

$$\boxed{\overbrace{\underbrace{m_P}_{\text{wie Codata}}}^{\text{aus }(6)}\cdot\underbrace{\frac{1}{\underbrace{m_e}_{\text{wie Codata}}}\cdot\frac{1-\frac{2}{3}\alpha^2\cdot\frac{1}{1+B/A}}{1-\frac{\varphi_{z=\infty}\cdot\alpha}{2}}}_{=1/m_{es}}-\frac{4\pi}{\varphi_{z=\infty}\cdot\alpha}\overset{!}{=}\frac{2}{9}}$$

mit dem ab 20.05.2019 geltenden im Vergleich zu Vortag höheren Wert der Protonmasse m_P der Term $\frac{2}{9}$ <u>exakt</u> einstellt. In Folge der Anpassung des Werts von m_P durch Codata erhöht sich über (8) und (9) der Wert für m_{es} adäquat, so dass sich der Faktor $2/9$ mit einer relativen Abweichung von $-1{,}25\cdot 10^{-12}$ einstellt und der Codata-Wert für m_e (s. in (12) die letzte Zeile) mit einer relativen Abweichung von $+1{,}46\cdot 10^{-11}$, was jeweils Übereinstimmung bedeutet.

Wie in (12) zu sehen, definiert sich die Elektronmasse m_e zwar nicht über die Protonmasse m_p, was ja auch nicht sein kann, sondern es ist die Philberth'sche statische Elektronmasse m_{es} aus (9), welche für die Größe der Elektronmasse m_e maßgebend ist und hat daher auch deren relative Abweichung. Wie zu (8) bereits ausgeführt, ist jedoch über (9) u für die Elektronmasse m_e an u für die Protonmasse m_p angebunden. Die beiden Terme in der eckigen Klammer zeigen, dass innerhalb des Elektrons voneinander unabhängige Eigenbestandteile existieren, deren Verhältnis zueinander eben durch die beiden Terme in den eckigen Klammern repräsentiert ist. Der Term $\boxed{m_p/m_e}$ ist nur mit der Messunsicherheit über α in der geschweiften Klammer von $\boxed{\pm 1{,}5\cdot 10^{-10}}$ behaftet. Codata nennt $\boxed{\pm 6{,}0\cdot 10^{-11}}$.
Mit den Codata-Werten aus (6) und zu (12) berechnet sich $1836{,}152.673.41$. Codata nennt mit $1836{,}152.673.43(11)$. Demnach liefert obige Strukturformel für m_p/m_e ein Ergebnis, das ohne den Term $1/(1+B/A)$ mit einer relativen Abweichung von $\boxed{u=+1{,}05\cdot 10^{-8}}$ etwas zu hoch ist. Es besteht also eine kleine Diskrepanz. Trotzdem ist die Genauigkeit des Terms enorm und - verbunden mit der Einfachheit seiner Struktur - ein Beleg für deren Korrektheit als auch insbesondere für den im Zähler der eckigen Klammer stehenden Term $1-2/3\cdot\alpha^2$. Die Diskrepanz kann mit dem Term $1/(1+B/A)$ eliminiert werden.

Erläuterung zur Einführung des Terms $1/(1+B/A)$:
Codata nennt für $m_e = 9{,}109.383.701.5(28)\cdot 10^{-31}\cdot kg$. Die relative Abweichung des nach (12) sich ergebenden Werts vom $\pm 3{,}0\cdot 10^{-10}$ genauen Codata-Wert beträgt mit $1/(1+B/A)$ nur noch $\boxed{+1{,}46\cdot 10^{-11}}$. Damit liefert (12) für m_e einen Wert innerhalb der Codata-Messgenauigkeit. Um mit m_P aus (6) den Codata-Wert für m_e hinreichend exakt einzustellen, muss also der ohnehin wertmäßig sehr kleine Term $-2/3\cdot\alpha^2 = -3{,}5500903\cdot 10^{-5}$ mit dem Feinkorrekturfaktor $1/(1+B/A) = 0{,}999.703.484$ multipliziert werden. Deren physikalische Grundlage ist in **Kapitel IV, Nr. 3** erläutert. Die Nähe zur Zahl 1 in Verbindung mit dem sehr kleinen Zahlenwert $-3{,}55\cdot 10^{-5}$ legt nahe, dass (12) ein exaktes Abbild der physikalischen Realität ist. Aufgrund des einfachen Aufbaus der obigen Strukturformel (12) für m_e liegt es nahe anzunehmen, dass diese den „wahren" Wert für m_e liefert. Es ist daher zu erwarten, dass der zukünftige Fortschritt in der Messtechnik für m_e bzw. m_P auch zu diesen Werten hinführen wird.

Die Strukturformel (12) zeigt die physikalische Bedeutung von m_e/m_{es} in Gestalt zweier Massenverhältnisse: $\boxed{\frac{m_e}{1-\frac{2}{3}\alpha^2} = \overbrace{m^*}^{\text{aus (13)}} = \frac{m_{es}}{1-\frac{\varphi_{z=\infty}}{2}\alpha}}$. Die relative Unsicherheit von m^* beträgt $u(m^*) = \pm 1{,}6\cdot 10^{-10}$. Siehe hierzu Kapitel 9, S. 27, Nr. 3 zu Formel (21) in der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten und Kapitel 14, S. 44, Formel (32).

Zur rechten Gleichungsseite: Die Definitionsgleichung für $m*$ lautet gemäß (12)

$\boxed{m^* = m_{es} + \overbrace{\frac{m_{es}}{z_H - 1}}^{=m_{em}}}$. Hieraus ergibt sich $\boxed{\frac{m^* - m_{es}}{m^*} = \frac{\varphi_{z=\infty}}{2}\alpha}$, d. h. $\frac{\varphi_{z=\infty}}{2}\alpha = 3{,}410791 \cdot 10^{-3}$.

Die relative Abweichung der Zahlenwerte für m_{es} und $m*$ ist auf m_{es} also über m_{ps} auf m_p bezogen.

Zur linken Gleichungsseite: Der Zusammenhang zwischen m_e und $m*$ wurde in Kapitel 21, Nr. 7, S. 65 im Rahmen der physikalisch begründeten Weiterentwicklung des Darwin-Terms zur Beschreibung der relativistischen Korrektur der Energieterme $\Delta R_{n,j}$ in der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten gefunden. Dort wurde festgestellt, dass die Verwendung der n. g. linken oder rechten Gleichungsseite für die Berechnung von $\Delta R_{n,j}$ für den Grundzustand des Wasserstoffatoms mit $n = 1$ und $j = 1/2$ mit $\Delta R_{n,j} = 146{,}091.517 \cdot m^{-1}$ jeweils den gleichen Wert liefert. Daher gilt:

(13) $$\boxed{\left(\frac{z_e}{z_e - 1} + N^{**}\right) \cdot m_{ve} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{2}{\varphi_{z=\infty}} \cdot v_B\right)^2 \overset{!}{=} \left(\overbrace{\frac{z_H}{z_H - 1}}^{=m^*/m_{es}} + N^{**} = 0\right) \cdot m_{ve} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{2}{\varphi_{z=\infty}} \cdot v_B\right)^2 \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{2}{3}\alpha^2\right)}}.$$

Kürzen liefert $\left(\frac{z_e}{z_e - 1} + N^{**}\right) = \left(\frac{z_H}{z_H - 1}\right) \cdot \left(1 - \frac{2}{3}\alpha^2\right)$ mit $N^{**} = N / m_{es}$ (s. u.).

Umformen ergibt $\left(1 + \frac{1}{z_e - 1} + \frac{N}{m_{es}}\right) = \left(1 + \frac{1}{z_H - 1}\right) \cdot \left(1 - \frac{2}{3}\alpha^2\right)$, was nach Multiplikation mit m_{es} zu $\left(m_{es} + \frac{m_{es}}{z_e - 1} + N\right) = \left(m_{es} + \frac{m_{es}}{z_H - 1}\right) \cdot \left(1 - \frac{2}{3}\alpha^2\right)$ also zu $\boxed{m_e = m^* \cdot \left(1 - \frac{2}{3}\alpha^2\right)}$ führt.

Umordnen liefert den Term $\boxed{\frac{m^* - m_e}{m^*} - \frac{2}{3}\alpha^2 = -1{,}05 \cdot 10^{-8}}$ (Wert etwas zu niedrig).

Diese relative Abweichung lässt sich innerhalb der bis 19.05.2019 gültigen Codata-Messtoleranz für m_e eliminieren. Demnach stellt $2/3 \cdot \alpha^2 = 3{,}5500903 \cdot 10^{-5}$ ebenfalls eine relative Abweichung dar, hier der Zahlenwerte für $m*$ und m_e bezogen auf $m*$. Dieses Ergebnis ist kein Zufall sondern als Beleg für die Korrektheit der aus physikalischer(!) Sicht gebotenen Modifikation zur Weiterentwicklung des Darwin-Terms anzusehen.

Diese Feststellung gilt auch für die in Kapitel 21, Nr. 2 vorgenommene theoretische Bestimmung des Landé-Faktors (s. eckige Klammer in der ersten Formel auf S. 55).

Dort ist $-\frac{2}{3}\alpha = \frac{3}{2} \cdot \frac{N \cdot (1 - \alpha^2)}{m_{ve}} \cdot \frac{m_{es}}{m_{ps}}$ und es lässt sich der v. g. Term nach Erweitern mit α über $-\frac{2}{3}\alpha \cdot \alpha = \alpha \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{N \cdot (1 - \alpha^2)}{m_{ve}} \cdot \frac{\varphi\alpha}{4\pi}$ herleiten.

IV Zwei Beispiele für phänomenologische Transparenz

1. Der Bohr'sche Radius $-u = \pm 1{,}0 \cdot 10^{-11}$

Für a_0 besteht keine Abhängigkeit von e und h, wie man vielleicht aufgrund des seit Nils Bohr bekannten Ausdrucks $\boxed{a_0 = \frac{h^2 \cdot \varepsilon_0}{\pi \cdot m_e \cdot e^2} = \frac{h}{\pi \cdot m_e \cdot 2\alpha \cdot c}}$ meinen könnte, denn es kürzen sich nach Einsetzen von e^2 aus (3) und h aus (8) diese beide Größen heraus und nach Einsetzen von m_e aus (12) ergibt sich eine Strukturformel mit Bezug auf die dimensionsgebende Elementarlänge

$$(14)\quad \boxed{a_0 = \lambda \cdot \frac{2}{\varphi_{z=\infty} \cdot \alpha^2} \cdot \left[\frac{1 - \frac{\varphi_{z=\infty} \cdot \alpha}{2}}{1 - \frac{2}{3}\alpha^2 \cdot \frac{1}{1 + B/A}} \right] = \underbrace{0{,}529.177.211.120.4 \underbrace{(50)}_{\pm 1{,}0 \cdot 10^{-11}} \cdot 10^{-10} \cdot m}_{mit\ B/A} \quad \underbrace{0{,}529.177.210.903 \underbrace{(80)}_{\pm 1{,}5 \cdot 10^{-10}} \cdot 10^{-10} \cdot m}_{Codata}}.$$

Bei der Berechnung der Gesamtunsicherheit von (14) ist zu beachten, dass die Unsicherheiten u von λ und a_0 jeweils „gegenläufig" sind. Diese Gegenläufigkeit ist hier durch ein zusätzliches Minuszeichen berücksichtigt. Es haftet also dem v. g. Grundterm für a_0 nur die durch λ und α verursachte relative Abweichung

$$\boxed{\overbrace{(-1)}^{u\ für\ \lambda\ ist\ gegenläufig} \cdot \underbrace{\pm 3{,}1 \cdot 10^{-10}}_{für\ \lambda\ wie\ m_p} \underbrace{-}_{wegen\ 1/\alpha} \overbrace{(-1)}^{u\ für\ \alpha\ ist\ gegenläufig} \underbrace{2}_{für\ \alpha \cdot \alpha} \cdot \underbrace{\pm 1{,}5 \cdot 10^{-10}}_{für\ \alpha} = \pm 1{,}0 \cdot 10^{-11}}$$

an. Codata nennt für a_0 als relative Abweichung $\boxed{u = \pm 1{,}5 \cdot 10^{-10}}$, was sich für a_0 aus der linken Seite der v. g. Bohr'schen Formel ergibt:

$$\boxed{\frac{\varepsilon_0}{m_e} : \underbrace{\pm 1{,}5 \cdot 10^{-10}}_{für\ \varepsilon_0} \underbrace{-}_{wegen\ 1/m_e} \cdot \underbrace{\pm \overbrace{3{,}0}^{1{,}6\ lt.\ (9)} \cdot 10^{-10}}_{für\ m_e} = \pm \overbrace{1{,}5}^{-u=0{,}1\ lt.\ (9)} \cdot 10^{-10}}.$$

Wenn e^2 aus (3) substituiert wird, so ergibt sich u für a_0 aus der rechten Seite der v. g. Bohr'schen Formel zu:

$$\boxed{\frac{1}{m_e \cdot \alpha} : \underbrace{-}_{wegen\ 1/m_e} \underbrace{\pm \overbrace{3{,}0}^{1{,}6\ lt.\ (9)} \cdot 10^{-10}}_{für\ m_e} \underbrace{-}_{wegen\ 1/\alpha} \cdot \underbrace{(-1)}_{u\ von\ \alpha\ ist\ gegenläufig} \cdot \underbrace{\pm 1{,}5 \cdot 10^{-10}}_{für\ \alpha} = \pm \overbrace{1{,}5}^{0{,}1\ lt.\ (9)} \cdot 10^{-10}}.$$

In die Bestimmung der Ungenauigkeit der Rydberg-Konstante (s. nächstes Kapitel) geht lt. Codata der Wert $\boxed{u = \pm 1{,}5 \cdot 10^{-10}}$ für a_0 ein. Diese Codata-Angabe für a_0 stellt sich über Formel (14) ein, wenn u von m_p um $u = \pm 1{,}4 \cdot 10^{-10}$ auf $u = \pm 4{,}5 \cdot 10^{-10}$ erhöht ist, weil sich dann -aufgrund der sehr guten Korrelation $(r = 0{,}98058)$ mit m_e -, u von m_e ebenfalls um $u = \pm 1{,}4 \cdot 10^{-10}$ erhöht, womit sich für m_e der Codata-Wert $u = \pm 3{,}0 \cdot 10^{-10}$ einstellt. In diesem Falle kann dann auch die Codata-Angabe u für $R_{\infty Theorie\_pur}$ im Grunde nachvollzogen werden (s. nächsten Abschnitt).

Ohne den Term $1/(1+B/A)$ beträgt die relative Abweichung vom Codata-Wert $1{,}01\cdot 10^{-8}$. Es bleibt also eine kleine Diskrepanz. Um den Codata-Wert für a_0 hinreichend exakt einzustellen, wurde der ohnehin wertmäßig sehr kleine Term $-2/3\cdot\alpha^2 = -3{,}5500903\cdot 10^{-5}$ mit dem Korrekturfaktor $1/(1+B/A) = 0{,}999.703.484$ multipliziert. Die physikalische Grundlage des Faktors ist in Kapitel IV, Nr. 3 erläutert.

2. Die Rydberg-Konstante $-u = \pm 1{,}4\cdot 10^{-10}$

Mit h aus (4), m_e und $m*$ aus (13) sowie m_{es} aus (9) können die bekannten Formeln

$$\boxed{R_{\infty Theorie\_pur} = \frac{1}{2}\cdot\frac{m_e\cdot(\alpha c)^2}{h\cdot c} = \frac{1}{a_0}\cdot\frac{\alpha}{4\pi}}$$

in direkten Bezug zur dimensionsgebenden Elementarlänge λ umgeformt werden zu

$$\frac{1}{R_{\infty Theorie\_pur}} = \lambda\cdot\frac{8\pi}{\varphi_{z=\infty}\cdot\alpha^3}\cdot\left[\frac{1-\dfrac{\varphi_{z=\infty}\cdot\alpha}{2}}{1-\dfrac{2}{3}\alpha^2\cdot\dfrac{1}{1+B/A}}\right] = \underbrace{10.973.731{,}559.0\ \underbrace{(15)}_{\pm 1{,}4\cdot 10^{-10}}\ \cdot 10^6\cdot m^{-1}}_{mit\ B/A}$$

$$\underbrace{10.973.731{,}568.160\ \underbrace{(13)}_{\pm 1{,}9\cdot 10^{-12}}\ \cdot 10^6\cdot m^{-1}}_{Codata}.$$

wobei $$\boxed{\frac{\alpha}{a_0}:\ \underbrace{-1}_{wegen\ 1/a_0}\cdot\left[\underbrace{\overbrace{(-1)}^{weil\ u\ für\ a_0\ gegenläufig\ ist\ !}\cdot\pm\overbrace{0{,}1}^{1{,}5\ lt.\ Codata}\cdot 10^{-10}}_{für\ a_0\ (s.\ o.)}\right]\underbrace{+}_{wegen\ Multiplikation}\overbrace{(-1)}^{weil\ u\ für\ \alpha\ gegenläufig\ ist\ !}\cdot\underbrace{\pm 1{,}5\cdot 10^{-10}}_{für\ \alpha} = \pm\overbrace{1{,}4}^{0{,}0\ lt.\ Codata}\cdot 10^{-10}}$$

bzw. $$\boxed{\frac{m_e}{h}\cdot\alpha^2:\ \underbrace{\pm\overbrace{1{,}6}^{3{,}0\ lt.\ Codata\ für\ m_e}\cdot 10^{-10}}_{für\ m_e\ wegen\ m_{es}\ aus\ (9)}\underbrace{-1\cdot\pm 0}_{für\ 1/h}+\overbrace{(-1)}^{weil\ u\ für\ \alpha\ gegenläufig\ ist\ !}\cdot\underbrace{2\cdot\pm 1{,}5\cdot 10^{-10}}_{für\ \alpha^2} = \pm\overbrace{1{,}4}^{0{,}0\ lt.\ Codata}\cdot 10^{-10}},$$

bzw. $$\boxed{\lambda/\alpha^3:\ \overbrace{(-1)}^{weil\ u\ für\ \lambda\ gegenläufig\ ist\ !}\cdot\underbrace{\overbrace{\pm 3{,}1\cdot 10^{-10}}^{\lambda\ ist\ Codata\ nicht\ bekannt}}_{für\ \lambda}\ \underbrace{-}_{wegen\ 1/\alpha}\ \overbrace{(-1)}^{weil\ u\ für\ \alpha\ gegenläufig\ ist\ !}\cdot\underbrace{3}_{wegen\ \alpha^3}\cdot\underbrace{\pm 1{,}5\cdot 10^{-10}}_{für\ \alpha} = \pm 1{,}4\cdot 10^{-10}}.$$

Die von Codata genannte relative Abweichung von $\boxed{\pm 1{,}9\cdot 10^{-12}}$ kann mit $u = 1{,}6\cdot 10^{-10}$ für m_e nicht nachvollzogen werden sondern nur mit $u = \pm 3{,}0\cdot 10^{-10}$ lt. Codata.

Ohne den Term $1/(1+B/A)$ beträgt die relative Abweichung vom Codata-Wert $-1{,}1\cdot 10^{-8}$. Es besteht dann eine wirkliche Diskrepanz. Mit dem Term $1/(1+B/A)$ beträgt der obere Formelwert $10.973.731{,}559.0$ und liegt damit nur noch knapp unterhalb des unteren Wertes der Codata-Angabe $10.973.731{,}568.160$. Da aber die Strukturformeln für m_p/m_e und für a_0 mit dem Term $1/(1+B/A)$ vom jeweiligen Codata-Wert abgedeckt sind, besteht trotz der hier bestehenden Diskrepanz kein Zweifel an der Zulässigkeit der Strukturformel. Die physikalische Grundlage des Terms $1/(1+B/A)$ ist in Kapitel IV, Nr. 3 erläutert.

IV Rückblick auf frühere Ausarbeitungen

1. Der Term $f_e = m_e / m_{es}$

Die Suche nach einer physikalischen Entsprechung für diesen Term begann in 2009. So taucht der Term $\boxed{\frac{m_e}{m_{es}} = f_e = 1 + \frac{\varphi \cdot \alpha}{2} \cdot f}$ erstmalig in der Ausarbeitung „Elementare Strukturen mit Ergänzungen“ vom 26.04.2009 auf, wobei dort stets $\varphi = \varphi_{z=\infty}$ ist, s. dort z. B. Formel (9) für die Ruhemasse des Elektrons m_e und s. dort Kapitel 7 ab S. 7). Dort ist in Formel (11) für das Proton-Elektron-Massenverhältnis m_p / m_e der Ausdruck genannt: $\frac{m_p}{m_e} = \left(2\pi \cdot \frac{2}{\varphi\alpha}\right) \cdot \left(1 + \frac{2}{9} \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\varphi\alpha}{2}\right) \cdot \left(\frac{1}{1 + \frac{\varphi\alpha}{2} \cdot f}\right)$, was zu

$\frac{m_p}{m_e} = \left[\frac{1}{1 + \frac{\varphi_{z=\infty} \cdot \alpha}{2} \cdot f}\right] \cdot \left(\frac{4\pi}{\varphi_{z=\infty} \cdot \alpha} + \frac{2}{9}\right)$ führt. Der Vergleich mit dem o. g. - sozusagen heutigen Stand der Erkenntnis - zeigt, dass $\frac{1}{1 + \frac{\varphi_{z=\infty} \cdot \alpha}{2} \cdot f_{heute}} = \frac{1 - \frac{\varphi_{z=\infty} \cdot \alpha}{2}}{1 - \frac{2}{3}\alpha^2}$ ist.

Hieraus ergibt sich $f_e = 1 + \frac{f_{heute}}{z_H} = \frac{1 - \frac{2}{3}\alpha^2}{1 - \frac{1}{z_H}}$ bzw. $f_{heute} = \left[\left(1 - \frac{2}{3}\alpha^2\right) \cdot \frac{z_H}{z_H - 1} - 1\right] \cdot z_H$.

Somit ist $\boxed{f_e = 1 + \frac{f_{heute}}{z_H} = \frac{m^*}{m_{es}} \cdot \left(1 - \frac{2}{3}\alpha^2\right)}$ mit $\boxed{f_{heute} = \frac{m^*}{m_{es}} \cdot \left(1 - \frac{2}{3}\alpha^2 \cdot z_H\right)}$.

Damit können die Strukturen für das frühere f_e bzw. $f_{früher}$ mit den heutigen Strukturen verglichen werden. Seinerzeit war für $f_{früher}$ der Term $-2/3 \cdot \alpha^2 \cdot z_H$ nicht bekannt. Stattdessen wurde in der Ausarbeitung „Die Elektron-Magnetfeldmasse“ vom 25.10.2009, s. dort z. B. das Titelbild, mit dem hochpräzisen Term $f_{früher} = \frac{1}{1 - \frac{\varphi\alpha}{2}} - \frac{8}{3} \cdot \left(\frac{\varphi\alpha}{2}\right) \cdot \underbrace{\left(1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{9}\right)}_{davor: \left(\frac{1}{\varphi^2} + \frac{\varphi\alpha}{2}\right)}$ bzw. $f_{früher} = \frac{1}{1 - \frac{1}{z_H}} - \frac{8}{3} \cdot \left(\frac{\varphi\alpha}{2}\right) \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{9}\right)$ bzw.

$f_{früher} = \frac{z_H}{z_H - 1} - \frac{8}{3} \cdot \frac{1}{z_H} \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{9}\right)$ bzw. $f_{früher} = 1 + \frac{1}{z_H - 1} - \frac{8}{3} \cdot \frac{1}{z_H} \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{9}\right)$ bzw.

$f_{früher} = \frac{m^*}{m_{es}} - \frac{8}{3} \cdot \frac{1}{z_H} \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{9}\right)$, wobei auch hier $\varphi = \varphi_{z=\infty}$ ist. Wie zu sehen, beinhaltet diese seinerzeitige Strukturformel bereits das Massenverhältnis m^* / m_{es}.

Die für $f_{früher}$ gefundene Feinkorrektur $-\frac{8}{3}\cdot\left(\frac{1}{z_H}\right)\cdot\left(1+\frac{2}{3}\cdot\frac{2}{9}\right)=-0{,}010.442.914$ hat sich unter Beibehaltung der praktisch gleichen Genauigkeit strukturell weiterentwickelt und zwar zur <u>physikalischen</u> Feinkorrektur $-\overbrace{\left(1+\frac{1}{z_H-1}\right)}^{=m^*/m_{es}}\cdot\frac{2}{3}\alpha^2\cdot z_H=-0{,}010.444.031$.

Die relative Abweichung des seinerzeitigen Zahlenwertes vom heutigen beträgt zwar $1{,}07\cdot10^{-4}$, lieferte jedoch für m_e einen Wert, der seinerzeit mit $-3{,}78\cdot10^{-12}$ weit innerhalb der Codata-Messtoleranz für m_e von $\pm1{,}2\cdot10^{-8}$ lag, was aber nur bedeutet, dass der Codata-Wert für m_e exakt eingestellt ist. Nur mit der aus dieser Vorarbeit hergeleiteten Struktur für die Elektronmasse m_e, war es sodann möglich sich der „wahren" **inneren Struktur des Elektrons** sukzessive anzunähern (s. Kapitel 8, s. Seite 25, Gl. (15) der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten). Diese strukturelle Weiterentwicklung beinhaltet die Einführung des Strukturelements z_e als Raumschalen-Zähler für den Innenraum des <u>ruhenden</u> Elektrons, der sich vom Raumschalen-Zähler z_H des im H-Atom <u>bewegten</u> Elektrons, vgl. (12), um rd. eine Elementarlänge entsprechend $z_H-z_e\cong1\lambda$ unterscheidet und beinhaltet die darauf aufsetzende Weiterentwicklung der Struktur für den Einfluss der Masse des Anti-Elektron-Neutrinos N.

Früher war $\boxed{\left(\overbrace{\frac{m_e}{m_{es}}}^{=f_e}-1\right)\cdot z_H=f_{früher}=\underbrace{\frac{z_H}{z_H-1}}_{=1{,}003.422.464}\underbrace{-\frac{1}{z_H}\cdot\frac{8}{3}\cdot\left(1+\frac{2}{3}\cdot\frac{2}{9}\right)}_{=0{,}010.442.914}=0{,}992.979.550}$.

Heute ist $\boxed{\left(\overbrace{\frac{m_e}{m_{es}}}^{=f_e}-1\right)\cdot z_H=f_{heute}=\underbrace{\frac{z_H}{z_e-1}}_{=0{,}999.774.504}+\underbrace{\frac{\overbrace{N}^{wg.\ Anti-Elektron-Neutrino\ ist\ N\ negativ}}{m_{es}/z_H}}_{=-0{,}006.793.046}=0{,}992.981.458}$

bzw. in adäquater aber physikalischer Schreibweise $\boxed{f_{heute}=\frac{z_H}{z_H-1}\cdot\left(1-\frac{2}{3}\alpha^2\cdot\frac{z_H}{1+B/A}\right)}$.

Wie zu sehen ist zwar der Zahlenwert aus $f_{früher}$ fast unverändert erhalten, jedoch resultiert der heutige Zahlenwert für f_{heute} aus einem vollständig <u>physikalisch definierten Term</u>. Es bilden also die heutigen Strukturformeln für die Faktoren f_e bzw. f die physikalische Realität exakt ab und sind daher als eine Verstärkung des „Philberth-Modells" anzusehen. Bzgl. der physikalischen Bedeutung des Terms $1+B/A$ s. nächstes Kapitel.

2. Der Neutrino-Anteil der Elektronmasse

Gemäß Kapitel 8, s. S. 25, Gl. (19) der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten, setzt die Elektronruhemasse sich aus den folgenden drei Eigenbestandteilen zusammen: $\boxed{m_e = m_{es} + \frac{m_{es}}{z_e - 1} + N}$, wobei $N = \underbrace{\frac{4\pi}{\varphi_{z=\infty}}}_{=x} \cdot \frac{4}{9} \cdot \frac{1}{1-\alpha^2} \cdot \frac{(-m_{\nu e}) \cdot m_{es}}{x \cdot (-m_{\nu e}) + m_{es}} < 0$ ist. Dabei ist z_e die Anzahl der λ–dicken Kugelschalen, die den Innenraum des ruhenden Elektrons bilden (s. Kapitel 8, 4. Punkt der Erläuterung zu Formel (19) auf S. 25). Aufgrund seiner Eigenmächtigkeit bestimmt das ruhende Elektron aus sich selbst seine eigene Ausdehnung. Mit sehr guter Näherung kann zum Abbilden dieser Eigenschaft folgende Iterationsrechnung angesetzt werden (s. dort).

Es ist: $\boxed{\varphi_e = \varphi_{z=1 bis 294} + \overbrace{\Delta\varphi_{z=295} \cdot x}^{lineare\ Näherung} = \frac{2}{294+x} \cdot \frac{1}{\alpha}}$ wobei sich über $\boxed{\varphi_z = \sum_1^z \left(n + \frac{1}{2}\right)^{-2}}$ für $\varphi_{z=1 bis 294} = 0{,}931.412.373.282$ und für $\Delta\varphi_{z=294 bis 295} = 1{,}145.209.731 \cdot 10^{-5}$ ergibt. Die Gleichung ist erfüllt bei $x_0 = 0{,}253.278.829$, was zu $\boxed{z_e = 294{,}253.278.829}$ und zu $\boxed{\varphi_{z=z_e} = 0{,}931.415.273.856}$ führt. Im Rahmen der Codata-Messtoleranz für m_e gelten also zwei adäquate Bestimmungsformel.

Daher gilt für m_e die folgende Gleichung:

(15) $$\boxed{m_{es} + \frac{m_{es}}{z_e - 1} + N = m^* \cdot \left(1 - \frac{2}{3}\alpha^2 \cdot \frac{1}{1 + B/A}\right) \begin{matrix} \overbrace{+1{,}03 \cdot 10^{-8}}^{ohne\ B/A} \\ \underbrace{-3{,}42 \cdot 10^{-11}}_{mit\ B/A} \end{matrix}}.$$

Nunmehr steht an zu untersuchen, ob durch physikalisch sinnvolle Variation der Struktur der linken bzw. rechten Gleichungsseite die mit $+1{,}03 \cdot 10^{-8}$ bereits sehr geringe relative Abweichung der beiden Systeme vom Codata-Wert für m_e weiter minimiert werden kann. Weil die Abweichung bereits innerhalb der Codata-Messtoleranz für m_e liegt, orientiert sich die Weiterentwicklung der Struktur an der Beseitigung der Diskrepanz in (12) bei Bestimmung des Proton-/Elektron-Massenverhältnisses.

Variation der linken Seite:

Wird N belassen und zudem der Term $-m_{\nu e} \cdot m_{es} / (1 - \alpha^2)$ beibehalten, so beträgt die relative Abweichung vom Codata-Wert für m_e nur $+6{,}02 \cdot 10^{-12}$, was aber nur bedeutet, dass der $\pm 1{,}2 \cdot 10^{-8}$ genaue Codata-Wert für m_e exakt eingestellt ist. Daher ist eine strukturelle Verbesserung eher nicht zu erwarten. Zwar lässt sich die Gleichung exakt einstellen entweder numerologisch mit $z_e = 294 + x_0 \cdot 1{,}003.520.450$, allerdings wäre dann der physikalische Ansatz der linearen Näherung $\Delta\varphi_{z=295} \cdot x_0$ hinfällig oder wieder numerologisch mit $N \cdot 1{,}000.447.497$. Im Bestreben den für diese Betrachtung fundamental wichtigen Ansatz der linearen Näherung beizubehalten, wird bei N anstelle $\frac{-m_{\nu e} \cdot m_{es}}{1 - \alpha^2} = \left[\frac{-m_{\nu e}}{\sqrt{1-\alpha^2}}\right] \cdot \left[\frac{m_{es}}{\sqrt{1-\alpha^2}}\right]$ mit $\left[\frac{-m_{\nu e}}{\sqrt{1 - 2\pi \cdot \alpha^2}}\right] \cdot \left[\frac{m_{es}}{\sqrt{1 - 4\pi \cdot \alpha^2}}\right]$ gerechnet, was ein physikalischer Ansatz ist. Es verbleibt dann eine relative Abweichung von nur noch

$-3{,}17\cdot 10^{-11}$ (rechte Seite etwas größer) also eine - unter Beibehaltung(!) der linearen Näherung –hinreichend exakte Übereinstimmung, die innerhalb der Codata-Messtoleranz für m_e liegt. Die v. g. relative Abweichung $-3{,}17\cdot 10^{-11}$ entfällt bzw. wird null beim numerologischen Ansatz von $N/1{,}000.001.372$ bzw. numerologisch mit $m_e \cdot 1{,}000.000.000.032$. Jedenfalls berechtigen diese geringen Rest-Korrekturen zur Annahme, dass die Struktur für N exakt ist. Wird daher bei N eine Variation nicht vorgenommen und dies in (12) zur Bestimmung des Proton-/Elektron-Massenverhältnisses angewandt, dann ergibt sich $m_p/m_e = 1836{,}152.673.77(36)$. Codata nennt $m_p/m_e = 1836{,}152.673.89(17)$. Damit liegt der mit (12) berechnete Wert innerhalb der Codata-Wertetoleranz.

Variation der rechten Seite:

Es lässt sich die Gleichung mit $\boxed{\frac{2}{3}\alpha^2\cdot\frac{1}{1+\underbrace{B/A}_{neu}}}$ wobei $\boxed{\frac{B}{A}=\frac{1}{4\pi\cdot\varphi_{z=\infty}\cdot z_H}\cdot\left[\frac{2}{\varphi_{z=\infty}}\cdot\frac{3}{2\pi}\right]}$ auf eine relative Abweichung von $+2{,}10\cdot 10^{-11}$ einstellen, wobei nun die einzelnen Faktoren auf A und B zuzuordnen sind. Mit $\boxed{B=-\frac{2}{3}\alpha^2\cdot m_{es}}$ bzw. $\boxed{B=2\cdot\left(\frac{2}{\varphi_{z=\infty}}\right)^2\cdot -m_{ve}}$ wird dem Gedanken der Einfachheit folgend Bezug auf einen bereits bekannten Term genommen, so dass $\boxed{A=-\frac{2}{3}\alpha^2\cdot m_{es}\cdot 4\pi\cdot\varphi_{z=\infty}\cdot z_H\cdot\left[\frac{\varphi_{z=\infty}}{2}\cdot\frac{2\pi}{3}\right]}$ verbleibt.

Somit ist $m_e = m^*\cdot\left(1+\frac{1}{m_{es}}\cdot\frac{B\cdot A}{B+A}\right)$ bzw. $\boxed{m_e = m^* + \left(1+\frac{1}{z_H-1}\right)\cdot\frac{B\cdot A}{(B+A)}}$.

Dies zeigt einen Mitbewegungseffekt mit Antimassen A und B an. Wird nun diese Variation in (12) zur Bestimmung des Proton-/Elektron-Massenverhältnisses angewandt, dann ergibt sich dort $m_p/m_e = 1836{,}152.673.41(27)$, Codata nennt $m_p/m_e = 1836{,}152.673.43(11)$, womit der mit (12) berechnete Wert innerhalb der Codata-Wertetoleranz liegt.

Aufgrund der um zwei Größenordnungen verbesserten und ab 20.05.2019 geltenden Messunsicherheiten für m_P und m_e steht fest, dass der Term $1+B/A$ nicht entbehrlich ist.

Fazit: Damit ist hinreichend belegt, dass die Gleichung (17) erfüllt ist. Es gilt

$$\text{(16)}\qquad \boxed{\frac{N}{m_{es}}+\overbrace{\left(1+\frac{1}{z_H-1}\right)\cdot\frac{B}{m_{es}}\cdot\underbrace{\frac{1}{1+B/A}}_{Mitbewegung}}^{=-N_{bewegt}/m_{es}}=\overbrace{\frac{1}{z_H-1}-\frac{1}{z_e-1}}^{=\Delta m/m_{es}}}$$

mit $z_H = 293{,}187.155.661$ aus (11).

Diese Formel liefert mit Ansatz des Terms $\frac{1}{1+B/A}$ innerhalb der Codata-Messtoleranz für m_e und mit z_H sowie mit z_e aus v. g. linearer Näherung den exakten

Zahlenwert für N. Erläuterungen zu Δm s. Kapitel 9, S. 28, Anmerkung Nr. 5 zu (21) in der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten. Nach Einsetzen von N und ausmultiplizieren lässt sich (17) schreiben als $\boxed{\frac{1}{z_e - 1} = \frac{k + f_{heute}}{z_H} - 1{,}45 \cdot 10^{-8}}$.

Hierbei ist $\boxed{k = z_H \cdot \frac{2}{3}\alpha^2 \cdot 2\pi \cdot \frac{2}{9} \cdot \frac{\varphi_{z=\infty}}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1-\alpha^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1-\alpha^2}} = 0{,}006.793.046}$.

Die relative Abweichung $-1{,}45 \cdot 10^{-8}$ entfällt bei Ansatz von $N/1{,}000.002.129$, weil k etwas kleiner wird. Es ist zwar $\frac{1}{1{,}000.002.129} = \frac{\mathrm{B}}{\mathrm{A}} \cdot \frac{\alpha}{1-\alpha} + 7{,}28 \cdot 10^{-10}$, jedoch wäre dann $\boxed{B = 2 \cdot \left(\frac{2}{\varphi_{z=\infty}}\right)^2 \cdot m_{\nu e} \cdot \frac{\alpha}{1-\alpha}}$, was bedeutet, dass ein Elementarteilchen in der Größe von $m_{\nu e} \cdot \alpha$. Nach heutigem Kenntnisstand ist dies nicht der Fall. Daher ist diese Feinkorrektur von N als numerologisch einzustufen.

Nach (12) ist $m_e = \left(m_{es} + \frac{m_{es}}{z_H - 1}\right) \cdot \left(1 - \frac{2}{3}\alpha^2\right)$. Mit $-\frac{2}{3}\alpha^2 = 2 \cdot \left(\frac{2}{\varphi}\right)^2 \cdot \frac{-m_{\nu e}}{m_{es}}$ aus Kapitel 6, S. 22, Formel (15), der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten ergibt sich über

$$m_e = \overbrace{\left(m_{es} + \frac{m_{es}}{z_H - 1}\right)}^{=m^*} \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{\left(\frac{2}{\varphi}\right)^2 \cdot -m_{\nu e}}{m_{es}}\right) \quad \text{bzw.} \quad m_e = m_{es} + \frac{m_{es}}{z_H - 1} - \left(m_{es} + \frac{m_{es}}{z_H - 1}\right) \cdot \left(2 \cdot \frac{\left(\frac{2}{\varphi}\right)^2 \cdot m_{\nu e}}{m_{es}}\right)$$

als Struktur für eine im H-Atom „bewegte“ Elektronmasse folgender Ausdruck:

$$\text{(17)} \quad \boxed{m_e = \left[\underbrace{m_{es}}_{\substack{\text{zur Bahnquanten-}\\ \text{bedingung}}} \overbrace{+ 2 \cdot \left(\frac{2}{\varphi}\right)^2 \cdot \underbrace{-m_{\nu e}}_{\substack{\text{Anti-}\\ \text{Elektron-}\\ \text{Neutrino}}} \cdot \frac{1}{1 + B/A}}^{\text{zu } N_{bewegt}}\right] + \underbrace{\frac{\left[m_{es} \overbrace{+ 2 \cdot \left(\frac{2}{\varphi}\right)^2 \cdot -m_{\nu e} \cdot \frac{1}{1 + B/A}}^{\text{zu } N_{bewegt}}\right]}{z_H - 1}}_{\substack{\text{Schalenmasse im bewegten Elektron}\\ \text{davon } m_{es}/(z_H - 1) \text{ zur Flusserzeugung}}}}.$$

Diese Formel zeigt die innere Struktur der Masse des <u>bewegten</u> Elektrons. Es gehen aus m^* der Anteil der statischen Masse m_{es} in F_{res} ein (s. S. 44 Formel (32) der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten) und es geht der andere Anteil, die Schalenmasse $m_{es}/(z_H - 1)$, in Φ_0 (s. o.) ein, während die <u>ladungsfreie</u> Masse $-m_{\nu e}$ unbeteiligt ist. Sodann ist festzuhalten, dass es unerheblich ist, ob (12) oder (16) in die Formel (32) für F_{res} eingeht, denn es würde dann dort der Term m_{es}/m^* auftreten also $m_{es}/m^* = m_{es}/m_e \cdot \left(1 - 2/3 \cdot \alpha^2\right)$, was wertmäßig korrekt ist, jedoch mit m_e in (32) mit $m_{\nu e}/m_e$ zu einem Zirkelbezug führen, da $m_{\nu e}$ in m_e enthalten ist. Zu diskutieren bleibt, ob dem Massen-Zustands-Term (17) physikalische Realität zukommt. Um mit $m_e = m_{es} + m_{es}/(z_H - 1) + N_{bewegt}$ eine analoge Struktur wie bisher zu erhalten müsste in

$\boxed{N_{bewegt} = 2 \cdot \underbrace{\left(2/\frac{2}{\varphi_{z=\infty}}\right)^2 \cdot}_{=-2/3\cdot\alpha^2\cdot m_{es}} -m_{ve} \cdot \left(1+\frac{1}{z_H - 1}\right) \cdot \frac{1}{1+B/A}}$, bisher $\boxed{N \cdot (1-\alpha^2) = 2 \cdot \overbrace{\frac{2}{9} \cdot \frac{4\pi}{\varphi}}^{=x} \cdot \frac{-m_{ve} \cdot m_{es}}{\underbrace{x \cdot -m_{ve} + m_{es}}_{Mitbewegung}}}$,

die Substitution $1/(1-\varphi_{z=\infty} \cdot \alpha/2) \cong (1+\varphi_{z=\infty} \cdot \alpha/2) - 1{,}2 \cdot 10^{-5}$ eingeführt werden. Diese würde für m_e eine Abweichung vom Codata-Wert von $+1{,}10 \cdot 10^{-8}$ verursachen und wäre von daher zulässig. Allerdings müsste der bisherige Massenterm für m_{ve} um den Faktor $(1+\varphi_{z=\infty} \cdot \alpha/2)$ erhöht sein, was zwar innerhalb der Messgenauigkeit von m_{ve} zulässig ist, jedoch fehlt die physikalische Erklärung für diesen Term. Damit ist diese Substitution numerologisch und nicht anzusetzen. Es steht also an

(18) $\boxed{N_{bewegt} = 2 \cdot \left(\frac{2}{\varphi}\right)^2 \cdot \left[-m_{ve} + \frac{-m_{ve}}{z_H - 1}\right] \cdot \frac{1}{1+B/A}}$ zu erklären.

Nach (18) tritt zu $-m_{ve}$ noch die Schalenmasse $-m_{ve} \cdot 1/(z_H - 1)$ hinzu. Das Auftreten einer Schalenmasse ist hier so auch bei der statischen Elektronmasse gemäß $m_{es} \cdot 1/(z_H - 1) = m_{em}$ der Fall, die dann als magnetische Elektronmasse m_{em} das Elementar-Magnetfluss-Quantum Φ_0 bzw. durch Integration über die gesamte Anzahl z_H der λ –dicken Raumschalen des Elektron-Innenraums $\int z_H \cdot dz_H = 1/2 \cdot z_H^{\;2}$ über den Term $m_{es} \cdot 1/2 \cdot z_H^{\;2} \cdot 1/(z_H - 1)$ das Flussquantum h/e hervorbringt (s. o.). Die physikalische Ursache dieses mathematischen Integrations-Ansatzes liegt in der in allen Innenschalen gleich großen Flussdichte begründet - da alle Innenschalen voneinander ununterscheidbar sind - und ist in der Ausarbeitung „Die Elektron-Magnetfeldmasse“ vom 25.10.2009 ausführlich erläutert.
Es wird aber eine Masse - hier $-1m_{ve}$ - nicht wie „Magnetfluss“ hervorgebracht sondern diese existiert aus sich selbst. $-m_{ve}$ ist ladungsfrei und am Prozess der Flussbildung nicht beteiligt. Daher wirkt hier auch nicht die v. g. Integration. Da $-m_{ve}$ an m_{es} angebunden ist, wie in (16) dargestellt, bestehen analog zu m_{es} auch für $-m_{ve}$ zwei sich überlagernde Effekte. So existiert $-1m_{ve}$ als Masseneinheit und verteilt sich zugleich gleichmäßig auf jede Innenschale mit Ausnahme der 1. Schale - also auf $z_H - 1$ Schalen - als „Anti-Elektron-Neutrino-Schalenmasse“ gemäß $-1m_{ve} \cdot 1/(z_H - 1)$.
Insoweit ist die in (18) dargestellte Struktur als ein physikalisches Abbild der inneren Struktur der bewegten Elektronmasse anzusehen. Im ruhenden Elektron ist N in der Schalenmasse nicht enthalten. Damit dies der Fall wäre, müsste der bisherige Massenterm für m_{ve} um den Faktor $(1-1/z_e)$ vermindert sein, was zwar innerhalb der Messgenauigkeit von m_{ve} zulässig ist, jedoch fehlt die physikalische Erklärung für diesen Term. Damit ist diese Substitution numerologisch und nicht anzusetzen. Es gilt also die Korrespondenz-Beziehung $\boxed{N - \Delta m = N_{bewegt}}$ die bedeutet, dass der negative Wert von N noch negativer wird, was heißt, dass Δm aus N heraus abgeben wird.
Wie die beiden

Bestimmungsformeln $\boxed{m_e = m_{es} + \frac{m_{es}}{z_{e\_bisher} - 1} + \overbrace{N}^{negativ} = m^* \cdot \left(1 - \frac{2}{3}\alpha^2 \cdot \frac{1}{1+B/A}\right)}$ für die

Elektronmasse m_e zeigen, kann bei gleicher Gesamtmasse der Schalenzähler z_e erniedrigt und der negative Neutrino-Anteil N entsprechend erhöht werden.

Diese Korrespondenz-Beziehungen zwischen N und z_e ergibt sich also aus

$$\frac{m_{es}}{z_{e\_bisher}-1}+N=\underbrace{\overbrace{m*\cdot\left(1-\frac{2}{3}\alpha^2\cdot\frac{1}{1+B/A}\right)}^{=m_e}-m_{es}}_{konstant}$$, wobei $z_{e\_bisher}=294+x_{0\_bisher}$ ist.

Da die rechte Gleichungsseite konstant ist gilt $\frac{m_{es}}{294+x_{0\_bisher}-1}+N=\frac{m_{es}}{z_{e\_neu}-1}+N_{neu}$

und Einsetzen von $\boxed{N_{neu}=\frac{N}{y}}$ führt zu $\boxed{\frac{1}{z_{e\_bisher}-1}+\frac{N}{m_{es}}\cdot\left(1-\frac{1}{y}\right)=\frac{1}{z_{e\_neu}-1}}$. Damit kann aus mathematischer Sicht für alle $y\neq 0$ jeder Wert z_{e_neu} eingestellt werden.

Für $y<0$ würde aber N_{neu} das Vorzeichen wechseln, was bedeutet, dass kein Einfluss durch Anti-Elektron-Neutrino herrscht sondern durch Elektron-Neutrino. Dies widerspricht jedoch den im bewegten Elektron gegebenen Fakten. Folglich muss $y>0$ sein. Im Bereich $0<y<1$ würde das negative N bei Annäherung $y\to 0$ immer größer. Da aber m_{es} unverändert bleibt, muss die positive Schalenmasse $m_{es}/(z_{e\_neu}-1)$ ebenfalls immer größer werden, um die gleiche Elektron-Gesamtmasse zu behalten. Es muss also z_{e_neu} kleiner werden. Bei $y=0{,}006.794.578$ bzw. bei $z_{e\_neu}=148{,}126.470.555$ kann die Schalenmasse das angestiegene N gerade noch kompensieren, darunter jedoch nicht mehr. Damit wäre der kleinste mögliche Schalenzähler erreicht. Bei $y=\infty$ wäre $N=0$ und damit auch $N_{bewegt}=0$, was jedoch im bewegten Elektron nicht sein kann, da z_H wegen der Bahnquantenbedingung, die besagt, dass eine mit c auf Ladungsradius r_L umlaufende 2π Masse m_{es} die Wirkung $1h$ ergibt (s. Erläuterung zu Formel (11) und s. n. g. Erläuterungen), bereits feststeht. Im ruhenden Elektron würde bei $z_e(N=0)=295{,}259.442.139$ ein Neutrino-Einfluss nicht mehr vorliegen und $z_e>z_e(N=0)$ ist nicht möglich, da y bereits ∞ ist. Daher liegt der Schalenzähler für den Innenraum des ruhenden Elektrons innerhalb der Grenzen

$$\boxed{\underbrace{\overbrace{147{,}126.470.555}^{\text{rd. 147 Anti-Elektron-Neutrinos}}}_{\frac{m_{es}}{(z_e-1)}-\frac{m_{es}}{(z_{e\_bisher}-1)}=\frac{N}{0{,}006.794.578}-N}\leq\underbrace{\overbrace{294{,}253.278.829}^{\substack{1\ Anti-Elektron-Neutrino\\ =z_{e\_bisher}}}}_{\frac{m_{es}}{(z_e-1)}+N=\frac{m_{es}}{(z_H-1)}+\frac{N}{0{,}650.612.221}}\leq z_e<\underbrace{\overbrace{295{,}259.442.139}^{\text{kein Anti-Elektron-Neutrino}}}_{m_e-m_{es}=\frac{m_{es}}{(z_e-1)}+\frac{N}{\infty}}}.$$

Der Anstieg von $|N|$ kann aber nur durch erhöhte Anzahl an beteiligten Anti-Elektron-Neutrinos erfolgen. Diese Anzahl berechnet sich über $1/y$, was bei $1/y=1/0{,}006.794.578$ zu der Anzahl von rd. 147 führt. Dies widerspricht jedoch den im bewegten Elektron gegebenen Fakt, demnach höchstens ein Anti-Elektron-Neutrino auftritt. Da andererseits dieses eine Anti-Elektron-Neutrino nicht einfach verschwinden kann, muss es auch im ruhenden Elektron vorhanden sein.

Folglich ist im ruhenden Elektron $z_e = 294{,}253.278.829$ die einzig sinnvolle Annahme. Bei dieser Berechnung des Schalenzählers z_e für das ruhende Elektron ist unterstellt, dass die Bestimmung der eigenen Abmessungen sich nicht an der Bahnquantenbedingung orientiert, weil in einem ruhenden Elektron ein Umlauf von m_{es} nicht stattfindet. Bzgl. der Magnetfluss-Erzeugung im Innern des ruhenden Elektrons s. n. g. Erläuterungen. Sobald aber das Elektron aus der Ruhe heraus „bewegt" wird, herrscht v. g. Bahnquantenbedingung vor, d. h. es wird $z_{e\_bisher} \to z_H$. Es breiten sich elektrische und magnetische Felder aus und es herrscht im Elektroninnern Magnetfluss. Damit bleibt nur übrig die Variation $z_e(N)$ so anzuwenden, dass $z_{e\_neu} \to z_H$ wird, wobei dann $\boxed{1/y = 1 - \Delta m / N = 1/0{,}650.612.221}$ ist mit $N_{bewegt} = N/y$, wobei $\boxed{y = \underbrace{2\pi \cdot \frac{2}{9} \cdot \frac{\varphi_{z=\infty}}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1-\alpha^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1-\alpha^2}}}_{=k/\left(z_H \cdot 2/3 \cdot \alpha^2\right)} \cdot \left(1 - \frac{1}{z_H}\right) \cdot \left(1 + \frac{B}{A}\right)}$ ist.

Unabhängig von der Bahnquantenbedingung, die zu z_H führt, tritt ein zweiter Effekt auf, der zu $N - \Delta m \to N_{bewegt}$ führt. Es handelt sich hierbei um den **Effekt des residualen Faktors** F_{res} (s. Kapitel 9, S. 27, Nr. 5 sowie Kapitel 17, S. 44, Formel (32) der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstante). Diese Formel beinhaltet den Term $(z_H - 1)/z_H = m_{es}/m*$ also $\boxed{\overbrace{(z_H - 1)/z_H}^{wg.\,Bahnquanten-Bedingung} = 1/\left[m_e/m_{es} - \left(\overbrace{N - \Delta m}^{wg.\,F_{res}}\right)/m_{es}\right]}$.

Da Δm in den F_{res} -Effekt eingeht, vermindert sich N auf $N - \Delta m \to N_{bewegt}$.

<u>Zum Schluss</u>: Sofern in den bisherigen Ausarbeitungen anstelle des Terms für N der Term für N_{bewegt} eingesetzt wird, so bleiben die angegebenen Strukturformeln gültig, wenn zugleich auch der Einstellfaktor y gemäß $N_{bewegt} \cdot y$ mit aufgeführt ist.

<u>Erläuterungen zur Bahnquantenbedingung</u>
(s. Philberth, DAS ALL 2. Auflage. 1994. ISBN: 3 7171 0183 8, s. S. 236):
Das „bewegte" Elektron besitzt eine Magnetfeldenergie E_{em}. Daher sind die Magnetphänomene von einer um die um E_{em} verminderte Elektron-Massenenergie $E_{es} = E_{ges} - E_{em}$ verursacht, sonst würde sie sich selbst mitenthalten. Die Magnetphänomene basieren also auf der statischen Massen-Energie $m_{es} = E_{ges}/c^2$ des Elektrons. Im Umlaufaspekt dieser Masse m_{es} mit c auf einer Kreisbahn, ergibt sich nach der Bahnquantenbedingung ein Kreisumfang gleich deren Compton-Wellenlänge $h/m_{es}c = hc/E_{ges}$. Die Umlaufdauer beträgt h/E_{ges}. Der Radius dieser Umlaufbahn ist der Ladungsradius des Elektrons $r_L = hc/2\pi E_{ges}$ also $\boxed{r_L = \lambda \cdot \frac{2}{\varphi_{z=\infty} \cdot \alpha}}$.

Eine ebenfalls auf dem Ladungsradius r_L mit c umlaufende Elementarladung e ergibt die Magnetfeldenergie E_{em} und das Magnetmoment μ_e des Elektrons (s. Kapitel 3, S. 16, Formel (6) und S. 53, Nr. 2 der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten).

Erläuterungen zur Feldkonstanten
(s. Philberth. DAS ALL. 2. Auflage. 1994. ISBN: 3 7171 0183 8, s. S. 218 sowie Kapitel 3, S. 16 , Formel (7) der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten):

Die Kräfte werden durch die Wirkungsintensitäten bestimmt, d. h. durch Wirkungsquanten h in Raumschalen pro deren Raum • Zeit-Abstand in $\lambda\tau$ -Einheiten. Das Raumelement des Nukleon selbst ist das 0. (nullte) Raumelement. Die sich an die Oberfläche des Nukleons anschließende Kugelschale zwischen $r = 1 \cdot \lambda$ bis $r = 2 \cdot \lambda$ ist das 1. Raumelement und die Kugelschale zwischen $r = n \cdot \lambda$ bis $r = (n+1) \cdot \lambda$ ist das n. Raumelement.
Dem der n. Kugelschale zugehörigen Wirkungsquantum ist somit der räumliche Abstand $(n + 1/2) \cdot \lambda$ von der Nukleon-Oberfläche zuzuordnen. Das gleiche gilt für den zeitlichen Abstand in der Elementareinheit τ . Die Wirkungsintensität ist aber Wirkung pro Raum $\cdot$ Zeit-Abstand, je in Elementareinheiten h und $\lambda\tau$.
Weil jede Schale, also auch die n. Schale, genau $1h$ Wirkung besitzt, ist die Wirkungsintensität der n. Schale ab der Nukleon-Oberfläche gleich $\frac{h}{\lambda \cdot \tau} \cdot \left(n + \frac{1}{2}\right)^{-2}$ und ihre Wirkungsintensitätszahl damit einfach $1/(n + 1/2)^2$. Die Summe über alle diese Schalen-Wirkungsintensitäten ist die als Feldkonstante bezeichnete Größe

$$\boxed{\varphi_{z=\infty} = \sum_{1}^{z=\infty} (n + 1/2)^{-2}}.$$

Die Feldkonstante $\varphi_{z=\infty}$ ist also die Wirkungsintensitätszahl-Summe über alle Raumschalen ab Oberfläche eines Elementarteilchens bis zum Rand des Weltalls.

Erläuterungen zur Magnetflusserzeugung
Im numerologischen Vergleich zum bewegten Elektron herrscht im ruhenden Elektron im Verhältnis z_H / z_e reduzierter Elementar-Magnetfluss Φ_0 und damit auch entsprechend reduzierte Magnetflussdichte. Die analoge Anwendung der Magnetfluss-Erzeugung des bewegten Elektrons auf das ruhende Elektron ergibt

$$\frac{1}{2} m_{em\_ruhe} \cdot c^2 \cdot \frac{z_e - 1}{z_e} + \overbrace{\frac{1}{2} \Delta m \cdot c^2}^{\text{um die Gleichung einzustellen}} = \frac{1}{2} m_{em\_bewegt} \cdot c^2 \cdot \overbrace{\frac{z_H - 1}{z_H}}^{= m_{es}/m^*} = \frac{\Phi_0}{4\pi} \cdot \frac{\frac{1}{2} e}{\tau} \text{ bzw.}$$

$\Delta m + m_{em\_ruhe} \cdot \frac{z_e - 1}{z_e} = m_{em\_bewegt} \cdot \frac{z_H - 1}{z_H}$ und mit $m_{em\_bewegt} = \frac{m_{es}}{z_H - 1}$ sowie $m_{em\_ruhe} = \frac{m_{es}}{z_e - 1}$

führt zu $\Delta m = \frac{m_{es}}{z_H - 1} \cdot \frac{z_H - 1}{z_H} - \frac{m_{es}}{z_e - 1} \cdot \frac{z_e - 1}{z_e}$ also auf $\boxed{\Delta m = \frac{m_{es}}{z_H} - \frac{m_{es}}{z_e}}$.
Um im ruhenden Elektron die gleiche Flusserzeugung einzustellen wie im bewegten Elektron müsste dort N um Δm vermindert sein, also $N - \Delta m$ gelten, und zudem dürfte Δm nicht ladungsfrei sein, damit sich die magnetische Schalenmasse erhöhen ließe. Beides ist nicht der Fall ist. Folglich steht im ruhenden Elektron Δm für die Flusserzeugung nicht zur Verfügung. Somit gilt folgendes Verhältnis

$\frac{\Delta\Phi_0}{\Phi_{0\_bewegt}} = \frac{\frac{1}{2}\left(\frac{m_{es}}{z_H} - \frac{m_{es}}{z_e}\right)\cdot c^2}{\frac{1}{2} m_{em\_ruhe} \cdot c^2 \cdot \frac{z_H - 1}{z_H}} = 1 - \frac{z_H}{z_e}\cdot\Phi_{0\_bewegt}$. Somit ist $\boxed{\Phi_{0\_ruhe} = \frac{z_H}{z_e}\cdot\Phi_{0\_bewegt}}$.

Die Flussdichte in der ersten Schale beträgt also $B_{ruhe} = \frac{\Phi_{0\_ruhe}}{2\pi\lambda^2} = \frac{\frac{z_H}{z_e}\cdot\Phi_{0\_bewegt}}{2\pi\lambda^2}$ und, wie die Erweiterung mit $z_e^{\ 2}$ zeigt, in allen Schalen und auch in der Randschale $B = \frac{\Phi_{0\_ruhe}\cdot z_e^{\ 2}}{2\pi\lambda^2\cdot z_e^{\ 2}} = \frac{\frac{z_H}{z_e}\cdot\Phi_{0\_bewegt}\cdot z_e^{\ 2}}{2\pi\lambda^2\cdot z_e^{\ 2}}$, während die Flussdichte im bewegten Elektron $B_{bewegt} = 1\cdot\left[\frac{h}{e}\right]\cdot\frac{1}{2\pi\lambda^2\cdot z_H^{\ 2}}$ ist. Somit ist $\boxed{B_{ruhe} = \frac{z_H}{z_e}\cdot B_{bewegt}}$, d. h. die Flussdichte im ruhenden Elektron ist etwas kleiner als die Flussdichte im bewegten Elektron. Der im ruhenden Elektron herrschende Gesamt-Magnetfluss berechnet sich mit

$\Phi_{0\_bewegt} = \frac{4\pi}{z_H}\cdot\frac{\overbrace{m_{es}\cdot c\cdot\lambda}^{=h_{es}/e}}{e}$ und $\Phi_{0\_ruhe} = \frac{z_H}{z_e}\cdot\frac{4\pi}{z_H}\cdot\frac{\overbrace{m_{ps}\cdot c\cdot\lambda}^{=h}}{e}\cdot\frac{\varphi_{z=\infty}\alpha}{4\pi}$ bzw. $\Phi_{0\_ruhe} = \frac{2}{z_e}\cdot\frac{h}{e}\cdot\frac{1}{z_H}$

und der v. g. Integrationsregel zu $\Phi_{Gesamt\_ruhe} = \frac{1}{2} z_e^{\ 2}\cdot\left[\frac{2}{z_e}\cdot\frac{h}{e}\cdot\frac{1}{z_H}\right]$ und somit zu

$\boxed{\Phi_{Gesamt\_ruhe} = \frac{z_e}{z_H}\cdot\left[\frac{h}{e}\right]}$. Dies ist der Magnetfluss in der Randschale des ruhenden Elektrons im Vergleich zum Magnetfluss in der Randschale des bewegten Elektrons.

Erläuterungen zur Mitbewegung der Antimassen A und B

Lt. Abschnitt 2 ist $m_e = m^* + \left(1 + \frac{1}{z_H - 1}\right)\cdot\frac{B\cdot A}{(B+A)}$, was einen Mitbewegungseffekt mit Antimassen $\boxed{B = -\frac{2}{3}\alpha^2\cdot m_{es}}$ und $A = -\frac{2}{3}\alpha^2\cdot m_{es}\cdot 4\pi\cdot\varphi_{z=\infty}\cdot z_H\cdot\left[\frac{\varphi_{z=\infty}}{2}\cdot\frac{2\pi}{3}\right]$ anzeigt, so dass mit $z_H = \frac{2}{\varphi_{z=\infty}\cdot\alpha}$ sich der Term $\boxed{1 + \frac{B}{A} = 1 + \frac{2}{3}\cdot\frac{\alpha}{2\pi}\cdot\frac{3}{8}\cdot\left[\frac{2}{\varphi_{z=\infty}}\cdot\frac{3}{2\pi}\right]}$ ergibt, wobei $\boxed{\frac{\alpha}{2\pi}}$ die sogenannte **Schwinger-Korrektur** ist, die auch bei der Berechnung des **Landé-Faktors** g auftritt. Insoweit beinhaltet der Term B/A keine Neuerungen. Somit ist

$A = -\frac{2}{3}\alpha^2\cdot m_{es}\cdot 4\pi\cdot\varphi_{z=\infty}\cdot\frac{2}{\varphi_{z=\infty}\cdot\alpha}\cdot\left[\frac{\varphi_{z=\infty}}{2}\cdot\frac{2\pi}{3}\right]$ also $\boxed{A = -\alpha\cdot m_{es}\cdot 2\pi\cdot\frac{8}{3}\cdot\left[\frac{\varphi_{z=\infty}}{2}\cdot\frac{2\pi}{3}\right]}$ und es stellt sich die Frage, welche physikalische Natur sind hinter dem Antimassenterm $-\alpha\cdot m_{es}$ verbirgt. Dazu wird auf $A = \underbrace{2\cdot\left(\frac{2}{\varphi_{z=\infty}}\right)^2\cdot -m_{ve}}_{=-2/3\alpha^2\cdot m_{es}}\cdot 4\pi\cdot\varphi_{z=\infty}\cdot\underbrace{\frac{r_L}{\lambda}}_{=z_H}\cdot\left[\frac{\varphi_{z=\infty}}{2}\right]\cdot\underbrace{\frac{c}{c}}_{Erw.}$

zurückgegriffen.

Wird für A der Term $\boxed{A=-m_{ve}\cdot 2\pi\cdot r_L\cdot c\cdot\left[\underbrace{\frac{1}{3}\varphi^2}_{aus\ m_{ve}}\cdot c\right]}$ angesetzt, so ergibt sich

der Term $\boxed{B=-m_{ve}\cdot\frac{1}{4}\cdot\underbrace{\frac{4}{2\pi}\lambda}_{wie\ bei\ r_P,\ s.\ Formel\ (10)}\cdot c}$ womit $\boxed{\frac{B}{A}=\frac{-m_{ve}\cdot\overbrace{\frac{\lambda}{2\pi}}^{harter\ Stoßradius}\cdot c}{-m_{ve}\cdot 2\pi\cdot\underbrace{r_L}_{s.\ Formel\ (11)}\cdot\left[\frac{1}{3}\varphi^2\cdot c\right]}}$ sich

als Resultat aus einem Wirkungsverhältnis erklären lässt. Damit ergibt sich für die Elektronmasse folgende Strukturformel:

$$(19)\qquad \boxed{m_e=m^*\cdot\left(1+\frac{B}{\underbrace{\underbrace{\frac{3}{8}}_{aus\ m_{ve}}\cdot m_{es}\cdot\frac{\lambda}{2\pi}\cdot\left[\underbrace{\frac{1}{3}\varphi^2}_{aus\ m_{ve}}\cdot c\right]}_{Basis}}\cdot\frac{1}{1+\frac{B}{A}}\right)}.$$

Die relative Abweichung vom Codata-Wert beträgt $-1{,}46\cdot 10^{-11}$ und liegt damit innerhalb der ab 20.05.2019 geltenden und von $u_{Codata}(m_e)=\pm 1{,}5\cdot 10^{-8}$ um rd. zwei Größenordnungen auf $u_{Codata}(m_e)=\pm 3{,}0\cdot 10^{-10}$ verbesserten Unsicherheit. Aufgrund der Unsicherheiten $u_{hier}(m_P)=\pm 4{,}5\cdot 10^{-10}$ (s. o.) und $u_{Codata}(m_e)=\pm 3{,}0\cdot 10^{-10}$ steht fest, dass der Term $1+B/A$ <u>nicht</u> entbehrlich ist.

Sensitivität:

Die Weiterentwicklung der Strukturformel (19) für m_e hängt insbesondere ab vom Messwert für die Masse m_{ve} des Elektronneutrinos. Wird z. B. anstelle $\varphi^2=0{,}8738$ mit $8/9=0{,}8888$ gerechnet, so erhöht sich m_{ve} um rd. 2%, hier von $1{,}97\cdot eV$ auf $2{,}00\cdot eV$. Diese Änderung kürzt sich in (19) weitgehend heraus, lediglich der Term B/A vermindert sich um 2%, weil über A die Änderung $\varphi^2\to 8/9$ erhalten bleibt. Alle Werte im Bereich $0{,}85..0{,}90$ liefern für m_e einen Wert innerhalb $u_{Codata}(m_e)=\pm 3{,}0\cdot 10^{-10}$ und sind von daher zulässig, womit sich für m_{ve} der Wertebereich $1{,}91\cdot eV$ bis $2{,}03\cdot eV$ eingrenzt (vgl. S. 22, Formel 15 der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten). Hier sind die Ergebnisse des **KATRIN-Experiments am KIT** abzuwarten.

Bei Ansatz von $8/9=0{,}8888$ ergibt sich für den Basis-Term

$\boxed{\pm\frac{2}{9}m_{es}\cdot\frac{\lambda}{2\pi}\cdot\left[\frac{1}{2}c\right]=\underbrace{\pm\frac{1}{2}\cdot\frac{h_{es}}{2\pi}\cdot\frac{2}{9}}_{Unschärfe-Bandbreite}}$, für $\boxed{B=\mp m_{ve}\cdot\frac{\lambda}{2\pi}\cdot c}$ und für $\boxed{A=\mp m_{ve}\cdot 2\pi\cdot r_L\cdot\left[\left(\frac{2}{3}\right)^3 c\right]}$.

Die relative Abweichung vom Codata-Wert für m_e beträgt $-1{,}63\cdot 10^{-10}$.

Der Bezug auf die **Schwinger-Korrektur** $\boxed{B = \alpha / 2\pi}$ scheidet aus:

Bei diesem Bezug verbleibt der Term $\frac{1}{A} = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{2}{\varphi_{z=\infty}} \cdot \frac{3}{2\pi} \right)$. Wird stattdessen z. B. $\boxed{\frac{1}{A} = \frac{1}{4} \cdot \left(1 + \frac{2}{9} \varphi_{z=\infty} \alpha \right)}$ angesetzt, so identifiziert sich $\boxed{1 + \frac{B}{A} \equiv 1 + \frac{1}{4} \cdot \underbrace{\left(\frac{1}{2} g - 1 \right)}_{= \mu_e / \mu_B}}$ und führt zu einer relativen Abweichung vom Codata-Wert für m_e von nur $-2{,}23 \cdot 10^{-10}$, was zwar innerhalb der ab 20.05.2019 Unsicherheit $u_{Codata}(m_e) = \pm 3{,}0 \cdot 10^{-10}$ liegt, aber wegen der Definitionsformel $\mu_B = e / 2 \cdot \hbar / m_e$ und des hierin enthaltenen Bezugs auf die Elektron-Gesamtmasse m_e zu einem Zirkelbezug, was unzulässig ist. Da aber der Neutrino-Anteil N der Elektronmasse keine Ladung trägt, ist dieser Masseanteil auch nicht am Bohr-Magnetmoment μ_B zu beteiligen. Daher ist anstelle m_e mit $m^* = m_e - N$ (s. Formel 15) anzusetzen, womit der Zirkelbezug eliminiert ist. Jedenfalls gilt $\frac{1}{2} g - 1 = \frac{\mu_e}{\mu_B} = \frac{\alpha}{2\pi} \cdot \frac{1}{(1 + 2/9 \cdot \varphi_{z=\infty} \alpha)}$ (vgl. S. 53/54 der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten).

Der Term $g/2 - 1$ ist für ein Atom, einen Atomkern oder ein Elementarteilchen der Quotient aus der Größe des gemessenen magnetischen Moments μ_e und der Größe des magnetischen Moments μ_B, das bei dem vorliegenden Drehimpuls nach der klassischen Physik theoretisch zu erwarten wäre. Er repräsentiert also lediglich einen Zahlenwert.

Daher ist der Bezug auf $B = \alpha / 2\pi$ numerologisch.