

Sind Elementarteilchen Schwarze Löcher?

Welche Form hätte ein Ereignishorizont in einem Elementarteilchen, damit ein stabiles Teilchen mit einer Elementarladung entstehen kann?

Manuel Goessling – manuel@goessling.info
www.Manuel.Goessling.info
© 2020 Manuel Goessling

Abstrakt:

Betrachtet man die Paarbildung bei Elementarteilchen, kann man davon ausgehen, dass Elementarteilchen aus "eingefangenen" elektromagnetischen Wellen bestehen. Wenn uns nur die Maxwell Gleichungen und die Allgemeine Relativitätstheorie zur Verfügung stehen, benötigen wir einen Ereignishorizont um die Existenz von Elementarteilchen zu erklären. Wie würde ein Ereignishorizont aussehen, der die elektromagnetische Welle einfängt und gleichzeitig eine Elementarladung bildet. Es wird davon ausgegangen, dass die Energie des Elementarteilchens nur in einem elektromagnetischen Feld gespeichert ist. Das elektrische Feld konzentriert sich zum Ereignishorizont hin, so dass dort die Energiedichte sehr stark wird. Am Ereignishorizont enden bzw. starten die elektrischen Feldlinien. Der Ereignishorizont sorgt dafür, dass das Teilchen stabil ist.¹

In dieser Arbeit soll ein möglicher Ereignishorizont gefunden werden, der zu der Elementarladung und der Energie der Teilchen passt. Es wird gezeigt, dass ein zylindrischer Ereignishorizont dies ermöglicht.

Key words:

Elektromagnetisches Elementarteilchen –Modell, Ereignishorizont in Elementarteilchen, Elementarladung, ART, Maxwell Gleichungen, Feinstrukturkonstante, Quantengravitation,

1. Einleitung

Was sind Ladungen?

Elementarteilchen haben, unabhängig von ihrer Masse, eine konstante Elementarladung, die positiv oder negativ ist. Elektronen haben beispielsweise eine negative Elementarladung von $e = \pm 1,6021917 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Stellt man sich die Frage, was ist eine Ladung, kann man dies mit dem Gaußschen Gesetz so beantworten: Ladungen sind der Anfang (+) oder das Ende (-) einer elektrischen Feldlinie. Betrachtet man die Oberfläche A eines Volumens und summiert alle elektrischen Feldlinien \vec{E} die durch die Oberfläche ein- und austreten, erhält man einen Wert für die Ladung Q in dem Volumen:

¹

$$Q = \varepsilon_0 \oint_A \vec{E} d\vec{A}$$

Ladungen existieren nur in Verbindung mit dem Start und dem Ende von elektrischen Feldlinien. Kann dieser Startpunkt ein Ereignishorizont sein?

Was ist Materie?

Es ist bekannt, dass Ladungen auch nur in Verbindung mit Materie auftreten. Ohne Materie gäbe es auch keine Ladungen. Es stellt sich daher auch die Frage: Was ist Materie? Elementarteilchen sind die kleinsten Bausteine der Materie. Zu jedem Elementarteilchen existiert ein Antiteilchen. Das Antiteilchen des Elektrons e^- ist das Positron e^+ . Elektronen haben eine negative Elementarladung (Ende des elektrischen Feldes) und Positronen haben eine positive Elementarladung (Anfang der elektrischen Feldlinien).

Die Ambivalenz zwischen Materie und elektromagnetischer Welle wird gut in den Feynman Diagrammen in Abbildung 1 gezeigt.

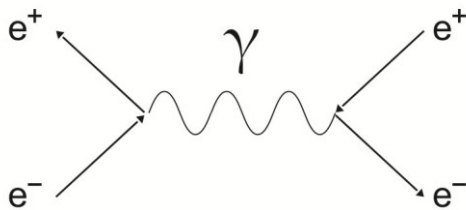


Abb. 1: Feynman Diagramme zur Paarvernichtung und Paarerzeugung²

Bringt man ein Elektron (e^-) und ein Positron (e^+) zusammen, zerstrahlen sie und aus Materie werden elektromagnetische Wellen (γ) ohne Ladung aber mit einem elektrischen Feld. Das elektrische Feld bildet eine Schleife ohne Anfang und Ende. Die elektromagnetischen Wellen bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit und besitzen keine Masse. Bei der Paarbildung können aus den elektromagnetischen Wellen γ wieder ein Positron und ein Elektron entstehen.

Die Elementarteilchen besitzen Masse, Ladung und können sich nicht mit Lichtgeschwindigkeit bewegen. Dieses Verhalten von Materie, Antimaterie und elektromagnetischen Wellen kann man im Laborversuch beobachten³.

Materie und Antimaterie ist somit nur ein anderer Zustand einer elektromagnetischen Welle. Bei der Umwandlung von einer elektromagnetischen Welle in zwei Teilchen, wird die Welle in zwei kleinen Raumgebieten gefangen und bildet dort ein Positron und ein Elektron.⁴ Wie sich eine elektromagnetische Welle in

² <https://de.wikipedia.org/wiki/Bhabha-Streuung>

³ <http://www.slac.stanford.edu/exp/e144/e144.html>

⁴Richard Gauthier, 2018, „Is the electron a superluminal half-photon with toroidal topology?“ https://www.researchgate.net/publication/326098757_Is_the_electron_a_superluminal_half-

einem kleinen Raumgebiet bewegen muss, um eine Ladung zu erzeugen wurde schon von anderen Autoren beschrieben.⁵⁶⁷⁸ Dabei geht es darum, dass sich die elektrischen Feldlinien konzentrieren. Auch die Entstehung der Masse⁹¹⁰ und die relativistische Längenkontraktion und die Zeitdilatation wurden mit der Lichtfalle bereits beschrieben.¹¹

Im Folgenden soll untersucht werden, welche Form ein Ereignishorizont haben muss, der durch die Konzentration der elektrischen Feldlinien entsteht und eine Elementarladung erzeugt. Dabei wird davon ausgegangen, dass die gesamte Energie des Elementarteilchens im elektromagnetischen Feld gespeichert ist.

2. Der Ereignishorizont als Ladungsquelle

Vorstellbar ist, dass durch die hohe Energiedichte ein Ereignishorizont entsteht, der dann wie eine Gravitationslinse die elektromagnetische Welle auf eine Kreisbahn zwingt. Der Ereignishorizont ist der Anfang (+) oder das Ende (-) der elektrischen Feldlinien. Welche Form hätte ein Ereignishorizont, damit eine Elementarladung entsteht, wenn die gesamte Energie des Elementarteilchens im elektromagnetischen Feld gespeichert ist.

Der kugelförmige Ereignishorizont ist nicht möglich

Die Gesamtenergie des Elementarteilchens ist proportional zur Masse: $E = m_e * c^2$. Geht man davon aus, dass die Gesamtenergie E im elektromagnetischen Feld gespeichert ist, dann ist sie das Integral der Energiedichte über das gesamte Volumen. Die Energiedichte entsteht durch das elektrische und magnetische Feld in dem Volumen. Die Energie einer elektromagnetischen Welle schwingt zwischen elektrischer Energie und magnetischer Energie. Die beiden Energien sind gleich groß und es braucht nur die Energie des elektrischen Feldes integriert und verdoppelt werden um die Gesamtenergie zu ermitteln.

photon_with_toroidal_topology

⁵ John Graeme Williamson, Martin B. van der Mark "Is the electron a photon with toroidal topology?" January 1997 Annales de la Fondation Louis de Broglie 22(2):133

⁶ Caesar, Christoph; www.ccaesar.com/ger_index.html, 2003-2019

⁷ Meyer, Carl-Friedrich; Relativistische invariante Bahnen in Elementarteilchen, Shaker Verlag, Aachen 2005; ISBN 3-8322-3692-9

⁸ Gößling, Manuel; Physik – Rechnen mit dem Elementarzylinder; Das Elektron als elektromagnetische Welle; 2. Auflage 2018; ISBN 978-3-9819366-1-2

⁹ Martin B. van der Mark in dem Artikel „Light is Heavy“ beschrieben. https://www.researchgate.net/publication/301845471_Light_is_Heavy

¹⁰ Richard Gauthier, „A Photon Has Inertial Mass in Mirror Reflection and Compton Scattering“ 2016 https://www.researchgate.net/publication/303547243_A_Photon_Has_Inertial_Mass_in_Mirror_Reflection_and_Compton_Scattering

¹¹ Weiß, H.; Wellenmodell eines Teilchens; Unterhaching: Herbert Weiß; 1991

$$\begin{aligned}
E &= \int_V \omega_{EB} dV = \int_V (\omega_M + \omega_E) dV = \int_V 2 * \omega_E dV \\
&= \int_V \varepsilon_0 * |\vec{E}|^2 dV = \int_V \varepsilon_0 * \left(\frac{Q}{4 * \pi * \varepsilon_0 * r^2} \right)^2 dV
\end{aligned}$$

Der Koordinatenmittelpunkt möge im Zentrum des Elementarteilchens liegen. Das Volumen in dem sich das elektrische Feld ausbreitet reicht vom Ereignishorizont r_{EH} bis ins Unendliche.

$$E = \int_{r_{EH}}^{\infty} \varepsilon_0 * \left(\frac{Q}{4 * \pi * \varepsilon_0 * r^2} \right)^2 * 4 * \pi * r^2 * dr$$

$$E = \left(\frac{Q^2}{4 * \pi * \varepsilon_0 * r_{EH}} \right) = m_e * c^2 \quad (1)$$

Stellt man diese Formel um, erhält man für die Ladung Q:

$$Q = \sqrt{4 * \pi * \varepsilon_0 * r_{EH} * m_e * c^2} \quad (2)$$

Unbekannt ist noch der Radius des Ereignishorizonts r_{EH} . Der Ereignishorizont beginnt dort, wo eine elektromagnetische Welle nicht mehr aus dem Gravitationsfeld des Teilchens entkommen kann, da die Raumkrümmung zu stark ist. Für die leichte und schnelle Berechnung des Radius r_{EH} wähle ich einen klassischen Ansatz. Man stelle sich die elektromagnetisch Welle als ein Teilchen m_T mit Lichtgeschwindigkeit c vor, das versucht aus dem Gravitationsfeld der Masse m_e zu entkommen. Die kinetische Energie wird mit der potentiellen Energie gleich gesetzt.

$$\frac{1}{2} * m_T * c^2 = \int_{r_{EH}}^{\infty} G \frac{m_T * m_e}{r^2} dr$$

$$\frac{1}{2} * c^2 = \int_{r_{EH}}^{\infty} G \frac{m(r)}{r^2} dr \quad (3)$$

Mit den zwei Gleichungen (2) und (3) und den zwei Unbekannten Q und r_{EH} erhält man für die Ladung (siehe Anhang A):

$$Q = m_e * \sqrt{4 * \pi * \varepsilon_0 * G}$$

$$Q_{Elektron} = m_{Elektron} * \sqrt{4 * \pi * \varepsilon_0 * G} = 7,85 * 10^{-41} C \ll e$$

Bei einem kugelförmigen Ereignishorizont wird die Ladung viel zu klein. Auch ist sie proportional zur Masse des Elementarteilchens. Dies kann nicht stimmen, da die Elementarladung e nicht von der Masse des Elementarteilchens abhängig ist. Der

Ereignishorizont kann daher nicht kugelsymmetrisch sein.
 Auch würde ein kugelförmiger Ereignishorizont der Heisenbergsche Unschärferelation widersprechen, da die Wellenlänge der elektromagnetischen Welle (Compton-Wellenlänge) sehr viel größer ist als der Durchmesser des Ereignishorizonts.

Der zylinderförmige Ereignishorizont

Wenn sich die elektrischen Feldlinien nicht auf einen Punkt, sondern auf eine Linie konzentrieren, entsteht ein zylinderförmiger Ereignishorizont.

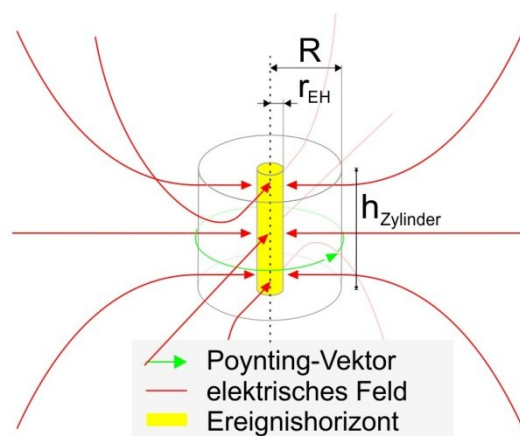


Abb. 2: Konzentration der elektrischen Feldlinien auf eine Linie

Der zylinderförmige Ereignishorizont hat eine Länge $h_{Zylinder}$ und einen Radius r_{EH} . Wenn man wider davon ausgeht, dass die gesamte Energie nur im elektromagnetischen Feld gespeichert ist, dann ergibt sich für die Ladung Q (siehe Anhang B):

$$Q = \sqrt{\frac{2 * \epsilon_0 * h * c}{\frac{1}{2\pi} + \frac{h}{h_{Zylinder} * \pi * m_e * c} * \ln\left(\frac{h}{m_e * c * r_{EH}}\right)}} \quad (4)$$

mit

$$r_{EH} = \frac{G * Q^2}{\pi * \epsilon_0 * c^4 * h_{Zylinder}} \quad (5)$$

Da die Ladung Q bekannt ist, haben wir zwei Gleichungen mit zwei Unbekannten: $h_{Zylinder}$ und r_{EH} .

Für die verschiedenen Elementarteilchen berechnen sich der Radius r_{EH} und die Höhe $h_{Zylinder}$ des Ereignishorizonts wie folgt:

	Masse [kg]	Ladung Q [e]	$h_{Zylinder}$ [m]	$h_{Zylinder} / \lambda_0$	r_{EH} [m]
Elektron	$9,109558 * 10^{-31}$	-1	$6,143 * 10^{-13}$	0,2532	$1,241 * 10^{-59}$

Muon	$1,883532 \cdot 10^{-28}$	-1	$2,678 \cdot 10^{-15}$	0,2282	$2,846 \cdot 10^{-57}$
Tau	$3,167\ 54 \cdot 10^{-27}$	-1	$1,500 \cdot 10^{-16}$	0,2149	$5,084 \cdot 10^{-56}$
Up	$3,85 \cdot 10^{-30}$	2/3	$3,237 \cdot 10^{-13}$	$0,2506 / (2/3)^2$	$1,047 \cdot 10^{-59}$
Down	$8,32 \cdot 10^{-30}$	-1/3	$6,106 \cdot 10^{-13}$	$0,2555 / (1/3)^2$	$1,387 \cdot 10^{-60}$

Die Ladung Q muss unabhängig von der Masse m_e des Elementarteilchens sein. Der Logarithmus (in Gleichung 4) der sehr großen Zahl $\left(\frac{h}{m_e * c * r_{EH}}\right)$ ist nahezu konstant und kaum von der Masse m_e abhängig. Dies ist gegeben, da der Radius des Ereignishorizonts r_{EH} sehr klein ist. Der Radius des Ereignishorizonts r_{EH} ist proportional zur Masse bzw. zur Energie des Elementarteilchens. Die Höhe des Ereignishorizonts $h_{Zylinder}$ ist umgekehrt proportional zur Masse des Elementarteilchens m_e .

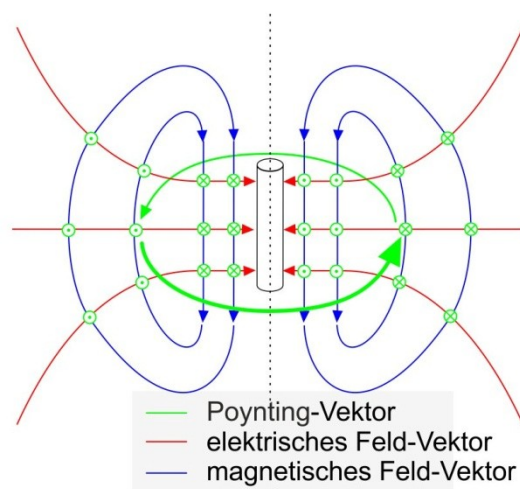


Abb. 3: Die magnetischen Feldlinien (blau) bilden eine Schleife

Geht man davon aus, dass sich die elektromagnetische Welle, die ein Elementarteilchen bildet, im Kreis bewegt, dann bilden die magnetischen Feldlinien eine Schleife (siehe Abb. 3). Diese Schleife kann nicht kleiner als die Wellenlänge der elektro-magnetischen Welle werden. Die Wellenlänge ist daher proportional zur Höhe des Ereignishorizonts und umgekehrt proportional zur Masse des Elementarteilchens.

$$E = m_e * c^2 = \frac{h * c}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{h}{m_e * c} \sim h_{Zylinder}$$

Als grobe Näherung gilt für die Höhe $h_{Zylinder}$:

$$h_{\text{Zylinder}} \approx \frac{1}{\pi * \sqrt{2}} * \frac{e^2}{Q^2} * \lambda$$

3. Ergebnis

Auch wenn hier ein vereinfachtes Modell zur Berechnung des elektromagnetischen Feldes verwendet wurde, ist das Ergebnis doch eindeutig:

Die Elementarladung kann dadurch entstehen, dass die elektrischen Feldlinien einen Anfang und ein Ende am zylinderförmigen Ereignishorizont finden. Mit einem zylindrischen Ereignishorizont ist dies für alle Elementarteilchen möglich. Die maximale Energiedichte am Ereignishorizont von Leptonen ist immer:

$$\omega_{\text{max}} = \frac{\epsilon_0 * c^8}{4 * G^2 * e^2}$$

In dem hier vorgeschlagenen elektromagnetischen Modell wird der Ereignishorizont r_{EH} eines Elementarteilchens größer mit zunehmender Energie bzw. zunehmender Masse des Teilchens. Die Höhe wird jedoch mit zunehmender Energie kleiner. Der Durchmesser des zylindrisch geformten Ereignishorizonts wird sehr klein im Verhältnis zur Höhe des Zylinders. Der Ereignishorizont gleicht einem Faden oder String. Das Verhältnis Höhe zum Durchmesser ist beim Ereignishorizont des Elektrons $2 * 10^{46}$. Dies ist eine unvorstellbar große Zahl. Sie ist größer als das Verhältnis der Durchmesser vom Universum zum Durchmesser des Protons. Aber trotz dieser großen Zahl ist der Durchmesser nicht Null und nicht eindimensional, wie in der Stringtheorie, sondern abhängig von der Energie des Elementarteilchens. Der string-förmige Ereignishorizont kann die Entstehung von Elementarladungen erklären. Er ist jedoch kein schwarzes Loch, da der Durchmesser sehr viel kleiner ist als die Compton-Wellenlänge aller bekannten Teilchen. Der Ereignishorizont kann daher keine Teilchen schlucken wie ein Schwarzes Loch.

4. Ausblick:

Betrachtet man ein Elementarteilchen ausschließlich als elektromagnetische Welle, lassen sich viele physikalischen Größen anschaulich erklären. Die Elementarladung entsteht dadurch, dass die elektrischen Feldlinien einen Anfang und ein Ende am Ereignishorizont finden. Der Welle-Teilchen-Dualismus wird durch die elektromagnetische Welle und den Ereignishorizont verständlich.

Der Durchmesser des zylindrisch geformten Ereignishorizonts ist abhängig von der Energie des Elementarteilchens.

Durch diese Abhängigkeit lässt sich die Gravitation sehr anschaulich erklären. Der Ereignishorizont wird im Gravitationsfeld zu einem Kegelstumpf, da das Teilchen Energie im Gravitationsfeld gewinnt wenn es fällt bzw. verliert wenn es aufsteigt (Gravitative-Rot-Blau-Verschiebung¹²). Die Gravitationsbeschleunigung lässt sich mit dem Verlauf des Poynting-Vektors¹³ auf dem Kegelstumpf berechnen.¹⁴

¹² <https://de.wikipedia.org/wiki/Pound-Rebka-Experiment>

Die Gravitationskraft lässt sich mit dem Verlauf des Poynting-Vektors und dem Strahlungsdruck des Poynting-Vektors bestimmen. Betrachtet man das Elementarteilchen als eine Lichtuhr, lässt sich so sehr anschaulich die Zeitveränderung durch die Gravitation und durch Bewegung berechnen. Die Gesamtenergie in einem Raumpunkt wird durch die Überlagerung der Feldenergien aller elektromagnetischen Felder erzeugt. Dazu zählen auch die elektromagnetischen Felder der Elementarteilchen. Die Gesamtenergie in einem Punkt ist proportional zum Gravitationspotential in diesem Punkt.

5. Anhang

A: Berechnung des Kugelfeldes

$$Q = \sqrt{4 * \pi * \epsilon_0 * r_{EH} * m_e * c^2} \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} * c^2 = \int_{r_{EH}}^{\infty} G \frac{m(r)}{r^2} dr \quad (2)$$

$$m_{e(r)} = \frac{Q^2}{4 * \pi * \epsilon_0 * c^2 * r}$$

$$\frac{1}{2} * c^2 = \frac{G * Q^2}{4 * \pi * \epsilon_0 * c^2} \int_{r_{EH}}^{\infty} \frac{1}{r^3} dr = \frac{G * Q^2}{4 * \pi * \epsilon_0 * c^2} * \left(\frac{1}{2 * r_{EH}^2} \right)$$

$$r_{EH} = \sqrt{\frac{G * Q^2}{4 * \pi * \epsilon_0 * c^4}}$$

$$\frac{Q^2}{4 * \pi * \epsilon_0 * r_{EH}} = \frac{Q * c^2}{\sqrt{4 * \pi * \epsilon_0 * G}} = m_e * c^2$$

$$Q = m_e * \sqrt{4 * \pi * \epsilon_0 * G}$$

B: Berechnung des zylindersymmetrischen Ereignishorizonts

Das elektrische Feld einer Elementarladung erscheint aus makroskopischer Sicht kugelsymmetrisch. Im mikroskopischen Bereich ist das Feld jedoch zylindersymmetrisch (siehe Abb. 2). Die Energie ist hauptsächlich im zylinderförmigen Feld gespeichert. Das kugelsymmetrische, elektrische Feld spielt energetisch kaum eine Rolle.

Für eine einfache Rechnung wird der stufenlose Übergang vom zylinderförmigen Feld in ein kugelförmiges Feld abrupt beim Radius $r = \lambda_0$ vorgenommen.

Für die Energie erhält man:

$$E = \int_V \omega_{EB} dV = \int_V (\omega_M + \omega_E) dV = \int_V 2 * \omega_E dV = \int_V \epsilon_0 * |\vec{E}|^2 dV$$

$$E = \int_{r_{EH}}^{\lambda_0} \epsilon_0 * |\vec{E}|_{Zylinder}^2 * 2 * \pi * r * h_{Zylinder} dr + \int_{\lambda_0}^{\infty} \epsilon_0 * |\vec{E}|_{Kugel}^2 * 4 * \pi * r^2 dr$$

$$E = \int_{r_{EH}}^{\lambda_0} \frac{Q^2}{4 * \pi^2 * \epsilon_0 * r^2 * h_{Zylinder}^2} * 2 * \pi * r * h_{Zylinder} dr + \int_{\lambda_0}^{\infty} \frac{Q^2}{16 * \pi^2 * \epsilon_0 * r^4} * 4 * \pi * r^2 dr$$

$$E = \frac{Q^2}{2 * \pi * \epsilon_0 * h_{Zylinder}} \int_{r_{EH}}^{\lambda_0} \frac{1}{r} dr + \int_{\lambda_0}^{\infty} \frac{Q^2}{16 * \pi^2 * \epsilon_0 * r^4} * 4 * \pi * r^2 dr$$

Die Compton Wellenlänge λ_0 wird durch die Masse des Elementarteilchens m_e ersetzt und die Integrale gelöst:

$$\lambda_0 = \frac{h}{m_e * c}$$

$$E = \frac{Q^2}{2 * \pi * \epsilon_0 * h_{Zylinder}} \left(\ln \left(\frac{h}{m_e * c * r_{EH}} \right) + \frac{h_{Zylinder} * m_e * c}{2 * h} \right)$$

Setzt man diese Feldenergie gleich mit der Gesamtenergie des Teilchens, erhält man:

$$\frac{Q^2}{2 * \pi * \epsilon_0 * h_{Zylinder}} \left(\ln \left(\frac{h}{m_e * c * r_{EH}} \right) + \frac{h_{Zylinder} * m_e * c}{2 * h} \right) = m_e * c^2$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 * \pi * \epsilon_0 * h_{Zylinder} * m_e * c^2}{\ln \left(\frac{h}{m_e * c * r_{EH}} \right) + \frac{h_{Zylinder} * m_e * c}{2 * h}}}$$

Umformen:

$$Q = \sqrt{\frac{2 * \epsilon_0 * h * c}{\frac{1}{2\pi} + \frac{h}{h_{Zylinder} * \pi * m_e * c} \ln \left(\frac{h}{m_e * c * r_{EH}} \right)}}$$

Die $1/2\pi$ im Nenner steht für die Energie im kugelförmigen Fernfeld. Der Rest im Nenner für die Energie im Zylinderfeld. Zusammen muss der Nenner 137 ergeben, damit die Elementarladung e herauskommt.

Der Radius r_{EH} des Ereignishorizonts berechnet sich wie folgt:

Der Ereignishorizont beginnt dort, wo eine elektromagnetische Welle nicht mehr aus dem Gravitationsfeld des Teilchens entkommen kann, da die Raumkrümmung zu stark ist. Für die leichte und schnelle Berechnung des Radius r_{EH} wählen wir hier einen klassischen Ansatz. Man stelle sich die elektromagnetische Welle als ein Teilchen m_T mit Lichtgeschwindigkeit c vor, das versucht aus dem Gravitationsfeld der Masse m_e zu entkommen. Die kinetische Energie wird mit der potentiellen Energie gleich gesetzt.

$$E_{Kinetic} = E_{Gravitation}$$

$$\frac{1}{2} m_T * c^2 = \int_{r_{EH}}^{\infty} G \frac{m_T * m_e(r)}{r^2} dr$$

Das Teilchen m_T bewegt sich in dem Teilchen m_e , vom Ereignishorizont bis ins Unendliche. Für die Gravitation muss daher nur die Masse $m_e(r)$ berücksichtigt werden, die das Teilchen bereits passiert hat. Das kugelsymmetrische Fernfeld wird vernachlässigt.

$$m_e(r) = \frac{E(r)}{c^2} = \frac{Q^2}{2 * \pi * \epsilon_0 * c^2 * h_{Zylinder}} \ln \left(\frac{r}{r_{EH}} \right)$$

Setzt man dies ein und kürzt m_T raus, erhält man:

$$\frac{1}{2} * c^2 = \frac{G * Q^2}{2 * \pi * \epsilon_0 * c^2 * h_{Zylinder}} \int_{r_{EH}}^{\infty} \frac{\ln \left(\frac{r}{r_{EH}} \right)}{r^2} dr$$

$$\frac{\pi * \epsilon_0 * c^4 * h_{Zylinder}}{G * Q^2} = \frac{1}{r_{EH}}$$

$$r_{EH} = \frac{G * Q^2}{\pi * \epsilon_0 * c^4 * h_{Zylinder}}$$

6. Konstanten

Elektrische Feldkonstante

$$\epsilon_0 = 8,854185 \cdot 10^{-12} \quad \frac{A \cdot s}{V \cdot m}$$

Elektrische Elementarladung

$$e = 1,6021917 \cdot 10^{-19} \quad C$$

Gravitationskonstante

$$G = 6,6732 \cdot 10^{-11} \quad \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$$

Lichtgeschwindigkeit im Vakuum

$$c = 299.792.458 \quad \frac{m}{s}$$

Magnetische Feldkonstante

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \quad \frac{V \cdot s}{A \cdot m}$$

Plancksches Wirkungsquantum

$$h = 6,62607004 \cdot 10^{-34} \quad Js$$

reduziertes Plancksches W.-q.

$$\hbar = \frac{h}{2 \cdot \pi} \quad Js$$

Ruhemasse des Elektrons oder des Positrons

$$m_{\text{Elektron}} = 9,109558 \cdot 10^{-31} \quad kg$$

Compton-Wellenlänge des Elektrons oder des Positrons

$$\lambda_0 = 2,42631023 \cdot 10^{-12} \quad m$$

Feinstrukturkonstante

$$\alpha = \frac{1}{137,035999046} = \frac{e^2}{2 \cdot \epsilon_0 \cdot h \cdot c}$$

7. Literatur

J. Brandes /J. Czerniawski; *Spezielle und Allgemeine Relativitätstheorie für Physiker und Philosophen*; Karlsbad: VRI - Verlag relativistischer Interpretationen; 2010
ISBN 978-3-930879-08-3

Caesar, Christoph; www.ccaesar.com/ger_index.html, 2003-2019
Patentschrift DE10341341 A1 (Offenlegungsschrift), eingereicht am 8.9.2003,
offengelegt am 14.4.2005

R. P. Feynman; *QED Die seltsame Theorie des Lichts und der Materie*;
München: R. Piper GmbH & Co. KG; 1995; ISBN 3-492-11562-4

Feynman/Leighton/Sands; *Feynman - Vorlesungen über Physik* (Band 1 bis 3);
München: R. Oldenbourg Verlag; 1987; ISBN 3-486-20018-6

Feynman; *Quantenelektrodynamik* (Band 3a);
München: R. Oldenbourg Verlag; 1992; ISBN 3-486-22315-1

Fließbach, T.; *Allgemeine Relativitätstheorie*;
Heidelberg: Springer - Spektrum Akademischer Verlag; 2012
ISBN 978-3-8274-3031-1

Frohne, H.; Einführung in die Elektrotechnik (1-3)
Grundlagen und Netzwerke,
Elektrische und magnetische Felder,
Wechselstrom,
Teubner Studienskripten; Stuttgart, 1982, 1989, 1989

Gauthier, Richard; A Photon Has Inertial Mass in Mirror Reflection and Compton Scattering; 2016; Department of Chemistry and Physics; Santa Rosa Junior College Santa Rosa, California, USA
https://www.researchgate.net/publication/303547243_A_Photon_Has_Inertial_Mass_in_Mirror_Reflection_and_Compton_Scattering

Gauthier, Richard; Is the electron a superluminal half-photon with toroidal topology?; 2018; Department of Chemistry and Physics; Santa Rosa Junior College Santa Rosa, California, USA

Gößling, Manuel; Physik – Rechnen mit dem Elementarzylinder
Das Elektron als elektromagnetische Welle
2. Auflage 2018; ISBN 978-3-9819366-1-2

Gößling, Manuel: Theorie zur Elementarladung
Leptonen als elektromagnetische Welle; Damme, 2019
<http://manuel.goessling.info/Elementarladung%20Manuel%20Goessling.pdf>

Gößling, Manuel: Gravitationsmodell: Elementarteilchen als elektromagnetische Welle; Damme, 2020
<http://manuel.goessling.info/Gravitation%20Manuel%20Goessling%202020.pdf>

Gößling, Manuel: Elektromagnetische Wellen und Materie im Gravitationsfeld eines Schwarzen Loches; Damme, 2020
http://manuel.goessling.info/Elektromagnetischer_Wellen_und_Materie_im_Gravitationsfeld_eines_Schwarzen_Loches2020.pdf

Meyer, Carl-Friedrich; Relativistische invariante Bahnen in Elementarteilchen, Shaker Verlag, Aachen 2005; ISBN 3-8322-3692-9

Weiß, H.; *Wellenmodell eines Teilchens*;
Unterhaching: Herbert Weiß; 1991

Martin B. van der Mark: „Light is Heavy“; Published in: Van A tot Q, NNV, November, 2000;
https://www.researchgate.net/publication/301845471_Light_is_Heavy

John Graeme Williamson, Martin B. van der Mark “Is the electron a photon with toroidal topology?” January 1997 *Annales de la Fondation Louis de Broglie* 22(2):133