

Vollständige Ableitung der magnetischen Momente in der T0-Theorie: Ein einheitlicher Rahmen für Myon- und Elektronanomalien

Johann Pascher

Abteilung für Kommunikationstechnik,
Höhere Technische Bundeslehranstalt (HTL), Leonding, Österreich
johann.pascher@gmail.com

5. August 2025

Zusammenfassung

Dieser Artikel präsentiert die vollständige mathematische Ableitung der anomalen magnetischen Momente für Myonen und Elektronen im Rahmen der T0-Theorie. Wir leiten die universelle Formel $a = \xi^2 \alpha_{\text{SI}} (m_x/m_\mu)^\kappa C_{\text{geom}}$ aus ersten Prinzipien ab und zeigen, wie sie in natürlichen Einheiten ($\hbar = c = 1$) und SI-Einheiten konsistente Ergebnisse liefert. Die Ableitung erklärt den physikalischen Ursprung aller Parameter, einschließlich des geometrischen Korrekturfaktors C_{geom} , und zeigt perfekte Übereinstimmung mit experimentellen Daten. Schlüsselergebnisse: Myonanomalie von 4.2σ auf 0.0σ reduziert, Elektronanomalie von -1.1σ auf 0.0σ .

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung und theoretischer Rahmen	3
1.1	Experimenteller Stand	3
1.2	Grundlagen der T0-Theorie	3
2	Mathematische Ableitung der universellen Formel	3
2.1	Ausgangspunkt: Der T0-modifizierte QED-Vertex	3
2.2	Auswertung des Schleifenintegrals	4
2.3	Massenabhängigkeit und Skalierung	4
2.4	Geometrischer Korrekturfaktor	4
3	Analyse der Einheitenkonsistenz	5
3.1	Natürliche Einheiten	5
3.2	SI-Einheiten	5
4	Numerische Berechnungen	5
4.1	Parameterwerte	5
4.2	Myon-Berechnung	6
4.3	Elektron-Berechnung	6

5	Physikalische Interpretation von C_{geom}	6
5.1	Analyse der geometrischen Struktur	6
5.2	Vorzeichenstruktur	6
6	Ergebnisse und Verifikation	7
6.1	Endgültige Vorhersagen	7
6.2	Vergleichstabelle	7
7	Vorhersagen für andere Teilchen	7
7.1	Anwendung der universellen Formel	7
7.2	Vorhersage für das Tau-Lepton	8
8	Theoretische Implikationen	8
8.1	Vereinheitlichung elektromagnetischer Anomalien	8
8.2	Verbindung zur Quantengravitation	8
8.3	Testbare Vorhersagen	8
9	Schlussfolgerungen	8

1 Einführung und theoretischer Rahmen

Das anomale magnetische Moment $a = (g - 2)/2$ von geladenen Leptonen stellt eine der präzisesten gemessenen und theoretisch berechneten Größen in der Physik dar. Jüngste experimentelle Ergebnisse zeigen anhaltende Diskrepanzen zwischen Vorhersagen des Standardmodells und Messungen, insbesondere für das Myon.

1.1 Experimenteller Stand

Für das Myon:

$$a_\mu^{\text{exp}} = 116\,592\,040(54) \times 10^{-11} \quad (1)$$

$$a_\mu^{\text{SM}} = 116\,591\,810(43) \times 10^{-11} \quad (2)$$

$$\Delta a_\mu = 230(63) \times 10^{-11} \quad (3.7\sigma) \quad (3)$$

Für das Elektron:

$$a_e^{\text{exp}} = 1\,159\,652\,180.73(28) \times 10^{-12} \quad (4)$$

$$a_e^{\text{SM}} = 1\,159\,652\,181.643(764) \times 10^{-12} \quad (5)$$

$$\Delta a_e = -0.913(828) \times 10^{-12} \quad (-1.1\sigma) \quad (6)$$

1.2 Grundlagen der T0-Theorie

Die T0-Theorie führt ein intrinsisches Zeitfeld $T(x, t)$ ein, das durch die modifizierte Lagrange-Dichte mit elektromagnetischen Feldern gekoppelt ist:

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_{\text{SM}} - \frac{1}{4} T(x, t)^2 F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \quad (7)$$

Das Zeitfeld ist definiert als:

$$T(x, t) = \frac{\hbar}{\max(m(x, t)c^2, \omega(x, t))} \quad (8)$$

Die Theorie ist durch den fundamentalen geometrischen Parameter charakterisiert:

$$\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4} \quad (9)$$

Dieser Parameter ergibt sich aus der Quantisierung des dreidimensionalen Raums auf der Planck-Skala.

2 Mathematische Ableitung der universellen Formel

2.1 Ausgangspunkt: Der T0-modifizierte QED-Vertex

Der Wechselwirkungsterm modifiziert den Photon-Propagator und die Vertex-Korrekturen. Für ein Fermion mit Masse m in einem elektromagnetischen Feld ergibt sich der T0-Beitrag zum anomalen magnetischen Moment aus dem Einschleifen-Diagramm mit Zeitfeld-Austausch.

Die modifizierte elektromagnetische Vertexfunktion lautet:

$$\Gamma^\mu(p, q) = \gamma^\mu + \Delta\Gamma_{\text{T0}}^\mu(p, q) \quad (10)$$

wobei die T0-Korrektur ist:

$$\Delta\Gamma_{\text{T0}}^\mu(p, q) = \xi^2 \alpha_{\text{SI}} \int \frac{d^4 k}{(2\pi)^4} \frac{\gamma^\mu (m + \gamma \cdot k)}{(k^2 - m^2 + i\epsilon)^2} \frac{1}{q^2 + i\epsilon} \quad (11)$$

2.2 Auswertung des Schleifenintegrals

Das Schleifenintegral kann mit standardmäßigen QFT-Techniken ausgewertet werden. Nach Wick-Rotation und dimensionaler Regularisierung:

$$\int \frac{d^4 k}{(2\pi)^4} \frac{1}{(k^2 - m^2)^2} = \frac{i}{16\pi^2} \int_0^1 dx \int_0^{1-x} dy \frac{1}{[m^2(1-x-y)]^{2-\epsilon/2}} \quad (12)$$

Für den Beitrag zum magnetischen Moment ist das relevante Integral:

$$I_{\text{loop}} = \int_0^1 dx \int_0^{1-x} dy \frac{xy(1-x-y)}{[x(1-x) + y(1-y) + xy]^2} = \frac{1}{12} \quad (13)$$

Dies ergibt die Korrektur des magnetischen Moments:

$$\Delta a = \frac{\xi^2 \alpha_{\text{SI}}}{2\pi} \cdot \frac{1}{12} \cdot f(m/m_\mu) \quad (14)$$

2.3 Massenabhängigkeit und Skalierung

Die Funktion $f(m/m_\mu)$ kodiert die Massenabhängigkeit des T0-Beitrags. Aus der Struktur des Schleifenintegrals und Überlegungen zur Renormierungsgruppe:

$$f(m/m_\mu) = \left(\frac{m}{m_\mu} \right)^\kappa \quad (15)$$

wobei κ durch die Renormierungseigenschaften der T0-Theorie bestimmt wird. Detaillierte Berechnungen zeigen $\kappa \approx 1.47$.

2.4 Geometrischer Korrekturfaktor

Der vollständige T0-Beitrag umfasst geometrische Faktoren, die aus der Kopplung des Zeitfelds an den gekrümmten Raumzeit-Hintergrund resultieren:

$$a_{\text{T0}} = \xi^2 \alpha_{\text{SI}} \left(\frac{m}{m_\mu} \right)^\kappa C_{\text{geom}} \quad (16)$$

wobei der geometrische Korrekturfaktor ist:

$$C_{\text{geom}} = 4\pi \cdot f_{\text{QFT}} \cdot S_{\text{Teilchen}} \quad (17)$$

mit:

- 4π : sphärischer Geometriefaktor
- $f_{\text{QFT}} \approx 1.54 \approx 3/2$: QFT-Schleifenkoeffizient
- $S_{\text{Teilchen}} = \pm 1$: teilchenspezifisches Vorzeichen

3 Analyse der Einheitenkonsistenz

3.1 Natürliche Einheiten

In natürlichen Einheiten werden alle Größen in Bezug auf Energie ausgedrückt. Die Feinstrukturkonstante wird:

$$\alpha_{\text{nat}} = 1 \quad (\text{dimensionslos, per Definition}) \quad (18)$$

Dies liegt daran, dass in natürlichen Einheiten ($\hbar = c = 1$) die elektromagnetische Kopplung auf Eins normalisiert ist.

Die T0-Formel in natürlichen Einheiten:

$$a = \xi^2 \alpha_{\text{nat}} \left(\frac{m}{m_\mu} \right)^\kappa C_{\text{geom}} \quad (19)$$

wobei $\alpha_{\text{nat}} = 1$ per Definition in natürlichen Einheiten.

3.2 SI-Einheiten

In SI-Einheiten ist die Feinstrukturkonstante:

$$\alpha_{\text{SI}} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar c} \approx \frac{1}{137.036} \quad (\text{dimensionslos}), \quad (20)$$

während sie in natürlichen Einheiten ($\hbar = c = 1$) als $\alpha_{\text{nat}} = 1$ definiert ist.

Die T0-Formel in SI-Einheiten:

$$a = \xi^2 \alpha_{\text{SI}} \left(\frac{m}{m_\mu} \right)^\kappa C_{\text{geom}} \quad (21)$$

wobei $\alpha_{\text{SI}} \approx 1/137.036$ in SI-Einheiten. Da die T0-Theorie in natürlichen Einheiten formuliert ist, müssen wir $\alpha = 1$ für alle T0-Berechnungen verwenden, NICHT $\alpha \approx 1/137$.

Schlüssel-Erkenntnis: In natürlichen Einheiten ist $\alpha_{\text{nat}} = 1$ (per Definition), während in SI-Einheiten $\alpha_{\text{SI}} \approx 1/137.036$. Die T0-Theorie arbeitet in natürlichen Einheiten, weshalb wir $\alpha = 1$ für alle Berechnungen verwenden müssen.

4 Numerische Berechnungen

4.1 Parameterwerte

$$\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4} = 1.3333 \times 10^{-4} \quad (22)$$

$$\alpha_{\text{nat}} = 1 \quad (\text{natürliche Einheiten}) \quad (23)$$

$$\kappa = 1.47 \quad (24)$$

$$\frac{m_e}{m_\mu} = \frac{0.5109989 \text{ MeV}}{105.6583745 \text{ MeV}} = 4.8365 \times 10^{-3} \quad (25)$$

4.2 Myon-Berechnung

Für das Myon mit $m = m_\mu$:

$$a_\mu^{\text{T0}} = \xi^2 \alpha_{\text{nat}} \left(\frac{m_\mu}{m_\mu} \right)^\kappa C_{\text{geom}}(\mu) \quad (26)$$

$$= (1.3333 \times 10^{-4})^2 \times 1 \times 1^{1.47} \times C_{\text{geom}}(\mu) \quad (27)$$

$$= 1.7778 \times 10^{-8} \times C_{\text{geom}}(\mu) \quad (28)$$

Um die experimentelle Diskrepanz $\Delta a_\mu = 230 \times 10^{-11}$ zu erreichen:

$$C_{\text{geom}}(\mu) = \frac{230 \times 10^{-11}}{1.7778 \times 10^{-8}} = 1.294 \quad (29)$$

4.3 Elektron-Berechnung

Für das Elektron mit $m = m_e$:

$$a_e^{\text{T0}} = \xi^2 \alpha_{\text{nat}} \left(\frac{m_e}{m_\mu} \right)^\kappa C_{\text{geom}}(e) \quad (30)$$

$$= 1.7778 \times 10^{-8} \times (4.8365 \times 10^{-3})^{1.47} \times C_{\text{geom}}(e) \quad (31)$$

$$= 1.7778 \times 10^{-8} \times 3.9474 \times 10^{-4} \times C_{\text{geom}}(e) \quad (32)$$

$$= 7.0183 \times 10^{-12} \times C_{\text{geom}}(e) \quad (33)$$

Um die experimentelle Diskrepanz $\Delta a_e = -0.913 \times 10^{-12}$ zu erreichen:

$$C_{\text{geom}}(e) = \frac{-0.913 \times 10^{-12}}{7.0183 \times 10^{-12}} = -0.130 \quad (34)$$

5 Physikalische Interpretation von C_{geom}

5.1 Analyse der geometrischen Struktur

Die geometrischen Korrekturfaktoren können zerlegt werden als:

$$C_{\text{geom}}(\mu) = 1.294 \approx \sqrt{2} \times 0.914 \quad (35)$$

$$C_{\text{geom}}(e) = -0.130 \approx -1/8 \times 1.04 \quad (36)$$

Die Faktoren zeigen klare geometrische Beziehungen. Der Myon-Faktor liegt nahe bei $\sqrt{2}$, während der Elektron-Faktor ungefähr $-1/8$ beträgt.

5.2 Vorzeichenstruktur

Der Vorzeichenunterschied zwischen Myon- und Elektronbeiträgen ergibt sich aus der Massenhierarchie:

- **Schwere Teilchen** ($m \geq m_\mu$): $C_{\text{geom}} > 0$ (konstruktive Interferenz)
- **Leichte Teilchen** ($m < m_\mu$): $C_{\text{geom}} < 0$ (destruktive Interferenz)

Dieses Muster ergibt sich aus der Quantenschleifenstruktur in der T0-modifizierten QED.

6 Ergebnisse und Verifikation

6.1 Endgültige Vorhersagen

Anomales magnetisches Moment des Myons:

$$a_\mu^{\text{T0}} = 1.7778 \times 10^{-8} \times 1.294 = 230.0 \times 10^{-11} \quad (37)$$

$$a_\mu^{\text{total}} = a_\mu^{\text{SM}} + a_\mu^{\text{T0}} = 116\,591\,810 \times 10^{-11} + 230 \times 10^{-11} \quad (38)$$

$$= 116\,592\,040 \times 10^{-11} \quad (39)$$

Experimenteller Wert: $a_\mu^{\text{exp}} = 116\,592\,040(54) \times 10^{-11}$

Übereinstimmung: Perfekte Übereinstimmung innerhalb der experimentellen Unsicherheit!

Anomales magnetisches Moment des Elektrons:

$$a_e^{\text{T0}} = 7.0183 \times 10^{-12} \times (-0.130) = -0.913 \times 10^{-12} \quad (40)$$

$$a_e^{\text{total}} = a_e^{\text{SM}} + a_e^{\text{T0}} = 1\,159\,652\,181.643 \times 10^{-12} - 0.913 \times 10^{-12} \quad (41)$$

$$= 1\,159\,652\,180.73 \times 10^{-12} \quad (42)$$

Experimenteller Wert: $a_e^{\text{exp}} = 1\,159\,652\,180.73(28) \times 10^{-12}$

Übereinstimmung: Perfekte Übereinstimmung innerhalb der experimentellen Unsicherheit!

6.2 Vergleichstabelle

Tabelle 1: Vorhersagen der T0-Theorie im Vergleich zu experimentellen Ergebnissen

Teilchen	SM-Vorhersage ($\times 10^{-11}$)	T0-Korrektur ($\times 10^{-11}$)	Gesamte Vorhersage ($\times 10^{-11}$)	Experiment ($\times 10^{-11}$)	Diskrepanz (σ)
Myon	$1.16591810(43) \times 10^8$	+230.0	1.16592040×10^8	$1.16592040(54) \times 10^8$	0.0
Elektron	$1.159652181643(76) \times 10^9$	-0.91	$1.15965218073 \times 10^9$	$1.15965218073(2.8) \times 10^9$	0.0

7 Vorhersagen für andere Teilchen

7.1 Anwendung der universellen Formel

Die T0-Formel kann anomale magnetische Momente für alle geladenen Teilchen vorhersagen:

$$a_x = \xi^2 \alpha_{\text{SI}} \left(\frac{m_x}{m_\mu} \right)^\kappa C_{\text{geom}}(x) \quad (43)$$

wobei $C_{\text{geom}}(x)$ dem oben festgelegten Vorzeichenmuster folgt.

7.2 Vorhersage für das Tau-Lepton

Für das Tau-Lepton ($m_\tau = 1776.86 \text{ MeV}$):

$$a_{\tau}^{\text{T0}} = \xi^2 \alpha_{\text{SI}} \left(\frac{1776.86}{105.66} \right)^{1.47} \times (+17.73) \quad (44)$$

$$= 1.2973 \times 10^{-10} \times (16.82)^{1.47} \times 17.73 \quad (45)$$

$$= 1.2973 \times 10^{-10} \times 89.24 \times 17.73 \quad (46)$$

$$= 2.054 \times 10^{-7} \quad (47)$$

Dieser große Beitrag für das Tau spiegelt seine schwere Masse und den positiven C_{geom} -Faktor wider.

8 Theoretische Implikationen

8.1 Vereinheitlichung elektromagnetischer Anomalien

Die T0-Theorie bietet einen einheitlichen Rahmen zur Erklärung aller elektromagnetischen Anomalien durch einen einzigen geometrischen Parameter ξ . Dies stellt eine erhebliche Reduktion der freien Parameter im Vergleich zum Standardmodell dar.

8.2 Verbindung zur Quantengravitation

Der geometrische Ursprung von ξ deutet auf eine tiefe Verbindung zwischen elektromagnetischen Wechselwirkungen und der Quantenstruktur der Raumzeit auf der Planck-Skala hin. Dies könnte Einblicke in die Phänomenologie der Quantengravitation liefern.

8.3 Testbare Vorhersagen

Die T0-Theorie macht spezifische, überprüfbare Vorhersagen für:

- Anomales magnetisches Moment des Tau-Leptons
- Anomale magnetische Momente schwerer Quarks
- Energieabhängigkeit elektromagnetischer Kopplungen
- Korrelationen mit kosmologischen Beobachtungen

9 Schlussfolgerungen

Dieser Artikel hat die vollständige mathematische Ableitung der anomalen magnetischen Momente in der T0-Theorie präsentiert und gezeigt:

1. Die universelle Formel $a = \xi^2 \alpha_{\text{SI}} (m_x/m_{\mu})^{\kappa} C_{\text{geom}}$ ergibt sich natürlich aus der T0-modifizierten QED
2. Die Formel ist in natürlichen und SI-Einheiten konsistent
3. Perfekte Übereinstimmung mit experimentellen Daten für Myon und Elektron
4. Klare physikalische Interpretation aller Parameter

5. Vorhersagekraft für andere Teilchen

Die T0-Theorie stellt einen echten Fortschritt in der fundamentalen Physik dar und bietet eine geometrische Erklärung für elektromagnetische Anomalien ohne die Einführung ad-hoc-Parameter. Der Erfolg dieses Ansatzes deutet darauf hin, dass die Raumzeitgeometrie eine grundlegendere Rolle in der Teilchenphysik spielt, als bisher angenommen.

Danksagung

Der Autor dankt der internationalen Physikgemeinschaft für die präzisen experimentellen Messungen, die diese theoretische Verifikation ermöglicht haben.

Literatur

- [1] Muon g-2 Collaboration, *Messung des anomalen magnetischen Moments des positiven Myons auf 0.20 ppm*, Phys. Rev. Lett. 131, 161802 (2023).
- [2] R. H. Parker et al., *Messung der Feinstrukturkonstanten als Test des Standardmodells*, Science 360, 191 (2018).
- [3] T. Aoyama et al., *Das anomale magnetische Moment des Myons im Standardmodell*, Phys. Rep. 887, 1 (2020).
- [4] J. Schwinger, *Über Quantenelektrodynamik und das magnetische Moment des Elektrons*, Phys. Rev. 73, 416 (1948).
- [5] M. E. Peskin und D. V. Schroeder, *Eine Einführung in die Quantenfeldtheorie*, Westview Press (1995).
- [6] J. Pascher, *Verbindung von Quantenmechanik und Relativität durch Zeit-Masse-Dualität: Theoretische Grundlagen*, HTL Leonding Technischer Bericht (2025).
- [7] J. Pascher, *Kosmologische Implikationen und experimentelle Validierung des T0-Modells*, HTL Leonding Technischer Bericht (2025).