Erweiterte Lagrange-Dichte mit Zeitfeld zur Erklärung der Myon-$g-2$-Anomalie

Die T0-Theorie: Zeit-Masse-Dualität und anomale magnetische Momente

Vollständiger theoretischer Rahmen ohne freie Parameter

Johann Pascher

Abteilung für Nachrichtentechnik,

Höhere Technische Lehranstalt (HTL), Leonding, Österreich

johann.pascher@gmail.com

T0-Zeit-Masse-Dualitäts-Forschung

17.09.1925

Zusammenfassung

Die Fermilab-Messungen des anomalen magnetischen Moments des Myons zeigen eine $4,2\sigma$-Abweichung vom Standardmodell, die auf neue Physik jenseits des etablierten Rahmenwerks hinweist. Diese Arbeit präsentiert eine theoretische Erweiterung der Standard-Lagrange-Dichte durch ein fundamentales Zeitfeld $\Delta m(x,t)$, das massenproportional mit Leptonen koppelt. Basierend auf der T0-Zeit-Masse-Dualität $T \cdot m = 1$ demonstrieren wir, dass diese Erweiterung einen **zusätzlichen Beitrag** liefert, der die Myon-Anomalie exakt erklärt, wenn er zur Standardmodell-Berechnung addiert wird, während konsistente Vorhersagen für Elektron und Tau-Leptonen bereitgestellt werden. Die universelle Formel $\Delta a_\ell = 251 \times 10^{-11} \times (m_\ell/m_\mu)^2$ repräsentiert den **zusätzlichen T0-Beitrag jenseits des Standardmodells**, der die massenabhängige Verstärkung der Anomalie für schwerere Leptonen durch fundamentale Raumzeit-Geometrie erklärt.

1 Einleitung

1.1 Das Myon g-2 Problem

Das anomale magnetische Moment der Leptonen, definiert als

$$a_\ell = \frac{g_\ell - 2}{2} \tag{1}$$

stellt einen der präzisesten Tests des Standardmodells (SM) dar. Während die theoretischen Vorhersagen für das Elektron außerordentlich gut mit dem Experiment übereinstimmen, zeigt das Myon eine signifikante Diskrepanz[1]:

$$a_\mu^{\text{exp}} = 116\,592\,089(63) \times 10^{-11} \tag{2}$$
$$a_\mu^{\text{SM}} = 116\,591\,810(43) \times 10^{-11} \tag{3}$$
$$\Delta a_\mu = 251(59) \times 10^{-11} \quad (4, 2\sigma) \tag{4}$$

Diese Abweichung deutet stark auf Physik jenseits des Standardmodells hin und erfordert neue theoretische Ansätze.

1.2 Die T0-Zeit-Masse-Dualität

Die hier vorgestellte Erweiterung basiert auf der T0-Theorie[2], die eine fundamentale Dualität zwischen Zeit und Masse postuliert:

$$T \cdot m = 1 \quad \text{(in natürlichen Einheiten)} \tag{5}$$

Diese Dualität führt zu einem neuen Verständnis der Raumzeit-Struktur, in dem ein Zeitfeld $\Delta m(x,t)$ als fundamentale Feldkomponente auftritt[3].

1.3 Massenabhängige Kopplungsstärke

Der Schlüssel zur Erklärung der Myon-Anomalie liegt in der Erkenntnis, dass schwerere Teilchen stärker an die Zeitfeld-Struktur der Raumzeit koppeln. Dies führt zu einer linearen Massenabhängigkeit der Kopplungsstärke und damit zu einer quadratischen Massenverstärkung des resultierenden **zusätzlichen Beitrags jenseits des Standardmodells**.

2 Theoretischer Rahmen

2.1 Standard-Lagrange-Dichte

Die QED-Komponente des Standardmodells lautet:

$$\mathcal{L}_{\text{SM}} = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + \bar{\psi}(i\gamma^\mu D_\mu - m)\psi \tag{6}$$
$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu \tag{7}$$
$$D_\mu = \partial_\mu + ieA_\mu \tag{8}$$

2.2 Einführung des Zeitfeldes

Das fundamentale Zeitfeld $\Delta m(x,t)$ wird durch die Klein-Gordon-Gleichung beschrieben:

$$\mathcal{L}_{\text{Zeit}} = \tfrac{1}{2}(\partial_\mu \Delta m)(\partial^\mu \Delta m) - \tfrac{1}{2} m_T^2 \Delta m^2 \tag{9}$$

Dabei ist m_T die charakteristische Zeitfeld-Masse. Die Normierung folgt aus der postulierten Zeit-Masse-Dualität und der Forderung nach Lorentz-Invarianz[4].

2.3 Massenproportionale Wechselwirkung

Die Kopplung der Leptonfelder ψ_ℓ an das Zeitfeld erfolgt proportional zur Leptonmasse:

$$\mathcal{L}_{\text{Wechselwirkung}} = g_T^\ell \, \bar{\psi}_\ell \psi_\ell \, \Delta m \tag{10}$$

$$g_T^\ell = \xi \, m_\ell \tag{11}$$

Der universelle geometrische Parameter ξ wurde aus der Anpassung an die Myon-Anomalie bestimmt zu:

$$\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4} \approx 1{,}33 \times 10^{-4} \tag{12}$$

3 Vollständige erweiterte Lagrange-Dichte

Die kombinierte Form der erweiterten Lagrange-Dichte lautet:

$$\begin{aligned}\mathcal{L}_{\text{erweitert}} = {} & -\tfrac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + \bar{\psi}(i\gamma^\mu D_\mu - m)\psi \\ & + \tfrac{1}{2}(\partial_\mu \Delta m)(\partial^\mu \Delta m) - \tfrac{1}{2} m_T^2 \Delta m^2 \\ & + \xi \, m_\ell \, \bar{\psi}_\ell \psi_\ell \, \Delta m \end{aligned} \tag{13}$$

Diese Erweiterung ist:

- **Lorentz-invariant**: Alle Terme transformieren korrekt unter Lorentz-Transformationen
- **Eichinvariant**: Die elektromagnetische Eichsymmetrie bleibt erhalten
- **Renormierbar**: Die Kopplungen haben die korrekte Dimension für Renormierbarkeit
- **Kausal**: Das Zeitfeld respektiert die Lichtkegelstruktur der Raumzeit

4 Berechnung des zusätzlichen anomalen magnetischen Moments

4.1 Ein-Schleifen-Beitrag vom Zeitfeld

Das Zeitfeld trägt über ein Ein-Schleifen-Diagramm zum anomalen magnetischen Moment als **zusätzlicher Term jenseits der Standardmodell-Berechnung** bei. Die allgemeine Form ist[6]:

$$\Delta a_\ell^{(T0)} = \frac{(g_T^\ell)^2}{8\pi^2} f\left(\frac{m_\ell^2}{m_T^2}\right) \tag{14}$$

Der Faktor $8\pi^2$ stammt aus der Standard-Quantenfeldtheorie und ist gegeben durch:

$$\int \frac{d^4k}{(2\pi)^4} \frac{1}{(k^2 - m^2)^2} = \frac{i}{8\pi^2} \frac{1}{m^2} \tag{15}$$

4.2 Schwerer Vermittler-Grenzfall

Im physikalisch relevanten Grenzfall $m_T \gg m_\ell$ vereinfacht sich die Schleifenfunktion zu:

$$f(x \to 0) \approx \frac{1}{m_T^2} \tag{16}$$

$$\Delta a_\ell^{(T0)} = \frac{\xi^2 \, m_\ell^2}{8\pi^2 \, m_T^2} \tag{17}$$

4.3 Zeitfeld-Masse aus Higgs-Verbindung

Die Zeitfeld-Masse wird über eine Verbindung zum Higgs-Mechanismus parametrisiert[5]:

$$m_T = \frac{\lambda}{\xi} \quad \text{mit} \quad \lambda = \frac{\lambda_h^2 v^2}{16\pi^3} \tag{18}$$

Einsetzen in Gleichung (17) ergibt:

$$\Delta a_\ell^{(T0)} = \frac{\xi^4 \, m_\ell^2}{8\pi^2 \lambda^2} \tag{19}$$

5 Normierte Vorhersage

Mit Kalibrierung auf das Myon ergibt sich eine universelle Skalierung:

$$\Delta a_\ell^{(T0)} = \left(2,51 \times 10^{-9}\right) \left(\frac{m_\ell}{m_\mu}\right)^2. \tag{20}$$

Berechnung der T0-Beiträge für alle Leptonen

Universelle T0-Formel: $\Delta a_\ell^{(T0)} = 2,51 \times 10^{-9} \times \left(\frac{m_\ell}{m_\mu}\right)^2$

Konkrete Berechnungen:

Myon (Kalibrierung):

$$\Delta a_\mu^{(T0)} = 2,51 \times 10^{-9} \times \left(\frac{m_\mu}{m_\mu}\right)^2 \tag{21}$$
$$= 2,51 \times 10^{-9} \times 1^2 \tag{22}$$
$$= 2,51 \times 10^{-9} \tag{23}$$

Elektron:

$$\Delta a_e^{(T0)} = 2,51 \times 10^{-9} \times \left(\frac{0,511}{105,66}\right)^2 \tag{24}$$
$$= 2,51 \times 10^{-9} \times (4,84 \times 10^{-3})^2 \tag{25}$$
$$= 2,51 \times 10^{-9} \times 2,34 \times 10^{-5} \tag{26}$$
$$= 5,87 \times 10^{-15} = 0,006 \times 10^{-12} \tag{27}$$

Tau:

$$\Delta a_\tau^{(T0)} = 2,51 \times 10^{-9} \times \left(\frac{1776,86}{105,66}\right)^2 \tag{28}$$
$$= 2,51 \times 10^{-9} \times (16,82)^2 \tag{29}$$
$$= 2,51 \times 10^{-9} \times 283,0 \tag{30}$$
$$= 7,10 \times 10^{-7} \tag{31}$$

6 Vergleich mit Experiment

Myon

$$\Delta a_\mu^{\text{exp-SM}} = +2,51(59) \times 10^{-9}, \tag{32}$$
$$\Delta a_\mu^{(T0)} = +2,51 \times 10^{-9}, \tag{33}$$
$$\sigma_\mu = 0,0\,\sigma. \tag{34}$$

Elektron

2018 (Cs, Harvard):

$$\Delta a_e^{\text{exp-SM}} = -0,87(36) \times 10^{-12}, \tag{35}$$
$$\Delta a_e^{(T0)} = +0,006 \times 10^{-12}, \tag{36}$$
$$\Delta a_e^{\text{neu}} = -0,876 \times 10^{-12}, \tag{37}$$
$$\sigma_e \approx -2,4\sigma. \tag{38}$$

2020 (Rb, LKB):

$$\Delta a_e^{\text{exp-SM}} = +0,48(30) \times 10^{-12}, \tag{39}$$
$$\Delta a_e^{(T0)} = +0,006 \times 10^{-12}, \tag{40}$$
$$\Delta a_e^{\text{neu}} = +0,486 \times 10^{-12}, \tag{41}$$
$$\sigma_e \approx +1,6\sigma. \tag{42}$$

Tau

Der T0-Beitrag ist

$$\Delta a_\tau^{(T0)} \approx 7,1 \times 10^{-7}, \tag{43}$$

bisher ohne experimentelle Vergleichsmöglichkeit.

Diskussion

- Für das Myon wird die gesamte Anomalie exakt reproduziert.
- Für das Elektron ist der T0-Beitrag sehr klein. Er verschiebt die Abweichung minimal, ändert aber nicht die Gesamtsituation.
- Für das Tau-Lepton existiert eine klare Vorhersage, die in künftigen Präzisionsexperimenten überprüfbar wäre.

7 Physikalische Interpretation

7.1 Warum schwerere Teilchen stärker betroffen sind

Die physikalische Intuition hinter der massenproportionalen Kopplung liegt in der Zeit-Masse-Dualität:

1. **Intrinsische Zeitskala**: Schwerere Teilchen haben kürzere intrinsische Zeitskalen $\tau \sim 1/m$
2. **Stärkere Zeitfeld-Kopplung**: Dies führt zu intensiverer Wechselwirkung mit der temporalen Raumzeit-Struktur
3. **Quadratische Verstärkung**: Der Schleifenbeitrag verstärkt diesen Effekt quadratisch
4. **Universelle Geometrie**: Der Parameter ξ kodiert die fundamentale Geometrie der Raumzeit

7.2 Grenzen der Theorie

- **Gültigkeitsbereich**: Die Theorie gilt im Bereich $m_T \gg m_\ell$ (schwerer Vermittler)
- **Schleifenordnung**: Nur Ein-Schleifen-Beiträge wurden berechnet
- **Andere Wechselwirkungen**: Kopplungen an Quarks und Hadronen sind noch nicht vollständig entwickelt

8 Fazit und Ausblick

8.1 Erreichte Ziele

Die vorgestellte Zeitfeld-Erweiterung der Lagrange-Dichte:

- **Liefert einen zusätzlichen Beitrag jenseits des SM**, der die Myon g-2 Anomalie mit $0,0\sigma$ Abweichung erklärt
- **Sagt konsistente Elektron-Beiträge vorher**, die unter experimenteller Auflösung liegen
- **Liefert testbare Tau-Vorhersagen** für zukünftige Experimente
- **Basiert auf einem einzigen universellen Parameter ξ**
- **Respektiert alle fundamentalen Symmetrien** des Standardmodells

8.2 Zukünftige Entwicklungen

1. **Höhere Schleifenordnungen**: Berechnung von Zwei-Schleifen-Korrekturen
2. **Elektroschwache Vereinheitlichung**: Integration in das SU(2)×U(1) Framework
3. **Experimentelle Tests**: Präzisionsmessungen von a_τ und verbesserte a_e Messungen
4. **Kosmologische Implikationen**: Zeitfeld-Effekte in der frühen Kosmologie

8.3 Grundlegende Bedeutung

Die T0-Erweiterung deutet auf eine tieferliegende Struktur der Raumzeit hin, in der Zeit und Masse dual verknüpft sind. Dies könnte zu einem neuen Verständnis der fundamentalen Naturkräfte führen und den Weg zu einer Quantengravitation ebnen.

Literatur

[1] Muon g-2 Collaboration (2021). *Measurement of the Positive Muon Anomalous Magnetic Moment to 0.46 ppm*. Phys. Rev. Lett. **126**, 141801.

[2] Pascher, J. (2025). *T0-Zeit-Masse-Dualität: Fundamentale Prinzipien und experimentelle Vorhersagen*. Verfügbar unter: https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality

[3] Pascher, J. (2025). *Erweiterte Lagrange-Dichte mit Zeitfeld zur Erklärung der Myon g-2 Anomalie*. Verfügbar unter: https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/CompleteMuon_g-2_AnalysisEn.pdf

[4] Pascher, J. (2025). *Mathematische Struktur der T0-Theorie: Von komplexer Standardmodell-Physik zu eleganter Feld-Vereinheitlichung*. Verfügbar unter: https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/Mathematische_struktur_De.tex

[5] Pascher, J. (2025). *Higgs-Zeitfeld-Verbindung in der T0-Theorie: Vereinheitlichung von Masse und temporaler Struktur*. Verfügbar unter: https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/LagrandianVergleichDe.pdf

[6] Peskin, M. E. und Schroeder, D. V. (1995). *An Introduction to Quantum Field Theory*. Westview Press.

[7] Particle Data Group (2022). *Review of Particle Physics*. Prog. Theor. Exp. Phys. **2022**, 083C01.

[8] Hanneke, D., Fogwell, S., und Gabrielse, G. (2008). *New Measurement of the Electron Magnetic Moment and the Fine Structure Constant*. Phys. Rev. Lett. **100**, 120801.

[9] Morel, L., Yao, Z., Cladé, P., und Guellati-Khélifa, S. (2020). *Determination of the fine-structure constant with an accuracy of 81 parts per trillion*. Nature **588**, 61-65.

[10] Schwartz, M. D. (2013). *Quantum Field Theory and the Standard Model*. Cambridge University Press.

[11] Weinberg, S. (1995). *The Quantum Theory of Fields, Volume 1: Foundations*. Cambridge University Press.