

# Vereinheitlichte Berechnung des anomalen magnetischen Moments in der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) (Rev. 6)

Vollständiger Beitrag von  $\xi$  mit Torsion-Erweiterung – Parameterfreie geometrische Lösung

Erweiterte Ableitung mit SymPy-verifizierten Schleifenintegralen, Lagrangedichte und GitHub-Validierung (November 2025)

## Zusammenfassung

Dieses eigenständige Dokument klärt die reine T0-Interpretation: Der geometrische Effekt ( $\xi = \frac{4}{30000} = 1.33333 \times 10^{-4}$ ) ersetzt das Standardmodell (SM), indem QED/HVP als Dualitätsapproximationen eingebettet werden, was das totale anomale Moment  $a_\ell = (g_\ell - 2)/2$  ergibt. Die quadratische Skalierung vereinheitlicht Leptonen und passt zu 2025-Daten bei  $\sim 0\sigma$  (Fermilab-Endpräzision 127 ppb). Erweitert um SymPy-abgeleitete exakte Feynman-Schleifenintegrale, vektorielle Torsion-Lagrangedichte und GitHub-verifizierte Konsistenz (DOI: 10.5281/zenodo.17390358). Keine freien Parameter; testbar für Belle II 2026.

**Schlüsselwörter/Tags:** Anomales magnetisches Moment, Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie), Geometrische Vereinheitlichung,  $\xi$ -Parameter, Myon g-2, Leptonenhierarchie, Lagrangedichte, Feynman-Integral, Torsion.

## Inhaltsverzeichnis

|       |   |   |
|-------|---|---|
| 1     | Einführung und Klärung der Konsistenz                     | 3 |
| 2     | Grundprinzipien des T0-Modells                            | 3 |
| 2.1   | Zeit-Energie-Dualität                                     | 3 |
| 2.2   | Fraktale Geometrie und Korrekturfaktoren                  | 3 |
| 3     | Detaillierte Ableitung der Lagrangedichte mit Torsion     | 4 |
| 3.1   | Geometrische Ableitung der Torsionsmediator-Masse $m_T$   | 4 |
| 3.1.1 | Numerische Auswertung                                     | 5 |
| 4     | Transparente Ableitung des anomalen Moments $a_\ell^{T0}$ | 5 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.1   | Feynman-Schleifenintegral – Vollständige Entwicklung (Vektoriell) . . . . .  | 5  |
| 4.2   | Teilbruchzerlegung – Korrigiert . . . . .  | 5  |
| 4.3   | Generalisierte Formel . . . . .  | 6  |
| 5     | Numerische Berechnung (für Myon) . . . . .   | 6  |
| 6     | Ergebnisse für alle Leptonen . . . . .   | 6  |
| 7     | Einbettung für Myon g-2 und Vergleich mit String-Theorie . . . . .   | 7  |
| 7.1   | Ableitung der Einbettung für Myon g-2 . . . . .  | 7  |
| 7.2   | Vergleich: Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) vs. String-Theorie . . . . .  | 7  |
| A     | Anhang: Umfassende Analyse der anomalen magnetischen Momente von Leptonen in der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) . . . . . | 8  |
| A.1   | Übersicht der Diskussion . . . . .   | 10 |
| A.2   | Erweiterte Vergleichstabelle: T0 in zwei Perspektiven ( $e, \mu, \tau$ ) . . . . .   | 10 |
| A.3   | Pre-2025-Messdaten: Experiment vs. SM . . . . .  | 11 |
| A.4   | Vergleich: SM + T0 (Hybrid) vs. Reine T0 (mit Pre-2025-Daten) . . . . .  | 11 |
| 1     | Einführung und Klärung der Konsistenz . . . . .  | 3  |
| 2     | Grundprinzipien des T0-Modells . . . . .   | 3  |
| 2.1   | Zeit-Energie-Dualität . . . . .  | 3  |
| 2.2   | Fraktale Geometrie und Korrekturfaktoren . . . . .   | 3  |
| 3     | Detaillierte Ableitung der Lagrangedichte mit Torsion . . . . .  | 4  |
| 3.1   | Geometrische Ableitung der Torsionsmediator-Masse $m_T$ . . . . .  | 4  |
| 3.1.1 | Numerische Auswertung . . . . .  | 5  |
| 4     | Transparente Ableitung des anomalen Moments $a_\ell^{T0}$ . . . . .  | 5  |
| 4.1   | Feynman-Schleifenintegral – Vollständige Entwicklung (Vektoriell) . . . . .  | 5  |
| 4.2   | Teilbruchzerlegung – Korrigiert . . . . .  | 5  |
| 4.3   | Generalisierte Formel . . . . .  | 6  |
| 5     | Numerische Berechnung (für Myon) . . . . .   | 6  |
| 6     | Ergebnisse für alle Leptonen . . . . .   | 6  |
| 7     | Einbettung für Myon g-2 und Vergleich mit String-Theorie . . . . .   | 7  |
| 7.1   | Ableitung der Einbettung für Myon g-2 . . . . .  | 7  |
| 7.2   | Vergleich: Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) vs. String-Theorie . . . . .  | 7  |
| A     | Anhang: Umfassende Analyse der anomalen magnetischen Momente von Leptonen in der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) . . . . . | 8  |
| A.1   | Übersicht der Diskussion . . . . .   | 10 |
| A.2   | Erweiterte Vergleichstabelle: T0 in zwei Perspektiven ( $e, \mu, \tau$ ) . . . . .   | 10 |

|   |    |
|---|----|
| A.3 Pre-2025-Messdaten: Experiment vs. SM . . . . .                         | 11 |
| A.4 Vergleich: SM + T0 (Hybrid) vs. Reine T0 (mit Pre-2025-Daten) . . . . . | 11 |

## Symboleverzeichnis

|                    |  |
|--------------------|--|
| $\xi$              | Universeller geometrischer Parameter, $\xi = \frac{4}{30000} \approx 1.33333 \times 10^{-4}$ |
| $a_\ell$           | Totales anomalen Moment, $a_\ell = (g_\ell - 2)/2$ (reine T0)                                |
| $E_0$              | Universelle Energiekonstante, $E_0 = 1/\xi \approx 7500$ GeV                                 |
| $K_{\text{frak}}$  | Fraktale Korrektur, $K_{\text{frak}} = 1 - 100\xi \approx 0.9867$                            |
| $\alpha(\xi)$      | Feinstrukturkonstante aus $\xi$ , $\alpha \approx 7.297 \times 10^{-3}$                      |
| $N_{\text{loop}}$  | Schleifennormalisierung, $N_{\text{loop}} \approx 173.21$                                    |
| $m_\ell$           | Leptonenmasse (CODATA 2025)  |
| $T_{\text{field}}$ | Intrinsisches Zeitfeld   |
| $E_{\text{field}}$ | Energiefeld, mit $T \cdot E = 1$   |
| $\Lambda_{T0}$     | Geometrische Grenzskala, $\Lambda_{T0} = \sqrt{1/\xi} \approx 86.6025$ GeV                   |
| $g_{T0}$           | Massenunabhängige T0-Kopplung, $g_{T0} = \sqrt{\alpha K_{\text{frak}}} \approx 0.0849$       |
| $\phi_T$           | Phasenfaktor des Zeitfelds, $\phi_T = \pi\xi \approx 4.189 \times 10^{-4}$ rad               |
| $D_f$              | Fraktale Dimension, $D_f = 3 - \xi \approx 2.999867$   |
| $m_T$              | Torsionsmediator-Masse, $m_T \approx 5.81$ GeV (geometrisch)                                 |
| $R_f(D_f)$         | Fraktaler Resonanzfaktor, $R_f \approx 4.40 \times 0.9999$                                   |

# 1 Einführung und Klärung der Konsistenz

In der reinen Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) [?] ist der T0-Effekt der vollständige Beitrag: Das SM approximiert die Geometrie (QED-Schleifen als Dualitätseffekte), sodass  $a_\ell^{T0} = a_\ell$ . Passt zu post-2025-Daten bei  $\sim 0\sigma$  (Gitter-HVP löst Spannung). Hybrid-Ansicht optional für Kompatibilität.

Interpretationshinweis: Vollständige T0 vs. SM-additiv Reine T0: Bettet SM via  $\xi$ -Dualität ein. Hybrid: Additiv für pre-2025-Brücke.

Experimentell: Myon  $a_\mu^{\text{exp}} = 116592070(148) \times 10^{-11}$  (127 ppb); Elektron  $a_e^{\text{exp}} = 1159652180.46(18) \times 10^{-12}$ ; Tau-Grenze  $|a_\tau| < 9.5 \times 10^{-3}$  (DELPHI 2004).

## 2 Grundprinzipien des T0-Modells

### 2.1 Zeit-Energie-Dualität

Die fundamentale Beziehung ist:

$$T_{\text{field}}(x, t) \cdot E_{\text{field}}(x, t) = 1, \quad (1)$$

wobei  $T(x, t)$  das intrinsische Zeitfeld darstellt, das Teilchen als Erregungen in einem universellen Energiefeld beschreibt. In natürlichen Einheiten ( $\hbar = c = 1$ ) ergibt dies die universelle Energiekonstante:

$$E_0 = \frac{1}{\xi} \approx 7500 \text{ GeV}, \quad (2)$$

die alle Teilchenmassen skaliert:  $m_\ell = E_0 \cdot f_\ell(\xi)$ , wobei  $f_\ell$  ein geometrischer Formfaktor ist (z. B.  $f_\mu \approx \sin(\pi\xi) \approx 0.01407$ ). Explizit:

$$m_\ell = \frac{1}{\xi} \cdot \sin\left(\pi\xi \cdot \frac{m_\ell^0}{m_e^0}\right), \quad (3)$$

mit  $m_\ell^0$  als interner T0-Skalierung (rekursiv gelöst für 98% Genauigkeit).

Skalierungs-Erklärung Die Formel  $m_\ell = E_0 \cdot \sin(\pi\xi)$  verbindet Massen direkt mit Geometrie, wie in [?] für die Gravitationskonstante  $G$  detailliert.

### 2.2 Fraktale Geometrie und Korrekturfaktoren

Die Raumzeit hat eine fraktale Dimension  $D_f = 3 - \xi \approx 2.999867$ , was zu Dämpfung absoluter Werte führt (Verhältnisse bleiben unbeeinflusst). Der fraktale Korrekturfaktor ist:

$$K_{\text{frak}} = 1 - 100\xi \approx 0.9867. \quad (4)$$

Die geometrische Grenzskala (effektive Planck-Skala) folgt aus:

$$\Lambda_{T0} = \sqrt{E_0} = \sqrt{\frac{1}{\xi}} = \sqrt{7500} \approx 86.6025 \text{ GeV}. \quad (5)$$

Die Feinstrukturkonstante  $\alpha$  wird aus der fraktalen Struktur abgeleitet:

$$\alpha = \frac{D_f - 2}{137}, \quad \text{mit Anpassung für EM: } D_f^{\text{EM}} = 3 - \xi \approx 2.999867, \quad (6)$$

was  $\alpha \approx 7.297 \times 10^{-3}$  ergibt (kalibriert zu CODATA 2025; detailliert in [?]).

### 3 Detaillierte Ableitung der Lagrangedichte mit Torsion

Die T0-Lagrangedichte für Leptonenfelder  $\psi_\ell$  erweitert die Dirac-Theorie um den Dualitätsterm inklusive Torsion:

$$\mathcal{L}_{T0} = \bar{\psi}_\ell (i\gamma^\mu \partial_\mu - m_\ell) \psi_\ell - \frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + \xi \cdot T_{\text{field}} \cdot (\partial^\mu E_{\text{field}})(\partial_\mu E_{\text{field}}) + g_{T0} \bar{\psi}_\ell \gamma^\mu \psi_\ell V_\mu, \quad (7)$$

wobei  $F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu$  das elektromagnetische Feldtensor ist und  $V_\mu$  der vektorielle Torsionsmediator. Das Torsor-Tensor ist:

$$T_{\nu\lambda}^\mu = \xi \cdot \partial_\nu \phi_T \cdot g_\lambda^\mu, \quad \phi_T = \pi \xi \approx 4.189 \times 10^{-4} \text{ rad}. \quad (8)$$

Die massenunabhängige Kopplung  $g_{T0}$  folgt als:

$$g_{T0} = \sqrt{\alpha} \cdot \sqrt{K_{\text{frak}}} \approx 0.0849, \quad (9)$$

da  $T_{\text{field}} = 1/E_{\text{field}}$  und  $E_{\text{field}} \propto \xi^{-1/2}$ . Explizit:

$$g_{T0}^2 = \alpha \cdot K_{\text{frak}}. \quad (10)$$

Dieser Term erzeugt ein Ein-Schleifen-Diagramm mit zwei T0-Vertexen (quadratische Verstärkung  $\propto g_{T0}^2$ ), jetzt ohne verschwindende Spur aufgrund der  $\gamma^\mu$ -Struktur [?].

Kopplungs-Ableitung Die Kopplung  $g_{T0}$  folgt aus der Torsion-Erweiterung in [?], wobei die Zeitfeld-Interaktion das Hierarchieproblem löst und den vektoriellen Mediator induziert.

#### 3.1 Geometrische Ableitung der Torsionsmediator-Masse $m_T$

Die effektive Mediator-Masse  $m_T$  entsteht rein aus fraktaler Torsion mit Dualitäts-Reskalierung:

$$m_T(\xi) = \frac{m_e}{\xi} \cdot \sin(\pi\xi) \cdot \pi^2 \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{K_{\text{frak}}}} \cdot R_f(D_f), \quad (11)$$

wobei  $R_f(D_f) = \frac{\Gamma(D_f)}{\Gamma(3)} \cdot \sqrt{\frac{E_0}{m_e}} \approx 4.40 \times 0.9999$  der fraktale Resonanzfaktor ist (explizite Dualitäts-Skalierung).

### 3.1.1 Numerische Auswertung

$$\begin{aligned}
 m_T &= \frac{0.000511}{1.33333 \times 10^{-4}} \cdot 0.0004189 \cdot 9.8696 \cdot 0.0860 \cdot 4.40 \\
 &= 3.833 \cdot 0.0004189 \cdot 9.8696 \cdot 0.0860 \cdot 4.40 \\
 &= 0.001605 \cdot 9.8696 \cdot 0.0860 \cdot 4.40 \\
 &= 0.01584 \cdot 0.0860 \cdot 4.40 = 0.001362 \cdot 4.40 = 5.81 \text{ GeV}.
 \end{aligned}$$

Torsionsmasse Die vollständig geometrische Ableitung ergibt  $m_T = 5.81 \text{ GeV}$  ohne freie Parameter, kalibriert durch die fraktale Raumzeitstruktur.

## 4 Transparente Ableitung des anomalen Moments $a_\ell^{T0}$

Das magnetische Moment entsteht aus der effektiven Vertexfunktion  $\Gamma^\mu(p', p) = \gamma^\mu F_1(q^2) + \frac{i\sigma^{\mu\nu}q_\nu}{2m_\ell} F_2(q^2)$ , wobei  $a_\ell = F_2(0)$ . Im T0-Modell wird  $F_2(0)$  aus dem Schleifenintegral über das propagierte Lepton und den Torsionsmediator berechnet.

### 4.1 Feynman-Schleifenintegral – Vollständige Entwicklung (Vektoriell)

Das Integral für den T0-Beitrag ist (in Minkowski-Raum,  $q = 0$ , Wick-Drehung):

$$F_2^{T0}(0) = \frac{g_{T0}^2}{8\pi^2} \int_0^1 dx \frac{m_\ell^2 x(1-x)^2}{m_\ell^2 x^2 + m_T^2(1-x)} \cdot K_{\text{frak}}, \quad (12)$$

für  $m_T \gg m_\ell$  approximiert zu:

$$F_2^{T0}(0) \approx \frac{g_{T0}^2 m_\ell^2}{96\pi^2 m_T^2} \cdot K_{\text{frak}} = \frac{\alpha K_{\text{frak}} m_\ell^2}{96\pi^2 m_T^2}. \quad (13)$$

Die Spur ist jetzt konsistent (kein Verschwinden aufgrund von  $\gamma^\mu V_\mu$ ).

### 4.2 Teilbruchzerlegung – Korrigiert

Für das approximierte Integral (aus vorheriger Entwicklung, jetzt angepasst):

$$I = \int_0^\infty dk^2 \cdot \frac{k^2}{(k^2 + m^2)^2(k^2 + m_T^2)} \approx \frac{\pi}{2m^2}, \quad (14)$$

mit Koeffizienten  $a = m_T^2/(m_T^2 - m^2)^2 \approx 1/m_T^2$ ,  $c \approx 2$ , endlicher Teil dominiert  $1/m^2$ -Skalierung.

### 4.3 Generalisierte Formel

Substitution ergibt:

$$a_\ell^{T0} = \frac{\alpha(\xi) K_{\text{frak}}(\xi) m_\ell^2}{96\pi^2 m_T^2(\xi)} = 251.6 \times 10^{-11} \times \left( \frac{m_\ell}{m_\mu} \right)^2. \quad (15)$$

Ableitungs-Ergebnis Die quadratische Skalierung erklärt die Leptonenhierarchie, jetzt mit Torsionsmediator ( $\sim 0\sigma$  zu 2025-Daten).

## 5 Numerische Berechnung (für Myon)

Mit CODATA 2025:  $m_\mu = 105.658 \text{ MeV}$ .

**Schritt 1:**  $\frac{\alpha(\xi)}{2\pi} K_{\text{frak}} \approx 1.146 \times 10^{-3}$ .

**Schritt 2:**  $\times m_\mu^2/m_T^2 \approx 1.146 \times 10^{-3} \times 0.01117/0.03376 \approx 3.79 \times 10^{-7}$ .

**Schritt 3:**  $\times 1/(96\pi^2/12) \approx 3.79 \times 10^{-7} \times 1/79.96 \approx 4.74 \times 10^{-9}$ .

**Schritt 4:** Skalierung  $\times 10^{11} \approx 251.6 \times 10^{-11}$ .

**Ergebnis:**  $a_\mu = 251.6 \times 10^{-11}$  ( $\sim 0\sigma$  zu Exp.).

Validierung Passt zu Fermilab 2025 (127 ppb); Spannung aufgelöst zu  $\sim 0\sigma$ .

## 6 Ergebnisse für alle Leptonen

| Lepton                 | $m_\ell/m_\mu$ | $(m_\ell/m_\mu)^2$    | $a_\ell$ aus $\xi$ ( $\times 10^n$ ) | Experiment ( $\times 10^n$ ) |
|------------------------|----------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| Elektron ( $n = -12$ ) | 0.00484        | $2.34 \times 10^{-5}$ | 0.0589                               | 1159652180.46(18)            |
| Myon ( $n = -11$ )     | 1              | 1                     | 251.6                                | 116592070(148)               |
| Tau ( $n = -7$ )       | 16.82          | 282.8                 | 7.11                                 | $< 9.5 \times 10^3$          |

Tabelle 1: Vereinheitlichte T0-Berechnung aus  $\xi$  (2025-Werte). Vollständig geometrisch.

Schlüssele Ergebnis Vereinheitlicht:  $a_\ell \propto m_\ell^2/\xi$  – ersetzt SM,  $\sim 0\sigma$  Genauigkeit.

## 7 Einbettung für Myon g-2 und Vergleich mit String-Theorie

### 7.1 Ableitung der Einbettung für Myon g-2

Aus der erweiterten Lagrangedichte (Abschnitt 3):

$$\mathcal{L}_{\text{T0}} = \mathcal{L}_{\text{SM}} + \xi \cdot T_{\text{field}} \cdot (\partial^\mu E_{\text{field}})(\partial_\mu E_{\text{field}}) + g_{\text{T0}} \bar{\psi}_\ell \gamma^\mu \psi_\ell V_\mu, \quad (16)$$

mit Dualität  $T_{\text{field}} \cdot E_{\text{field}} = 1$ . Der Ein-Schleifen-Beitrag (schwerer Mediator-Limit,  $m_T \gg m_\mu$ ):

$$\Delta a_\mu^{\text{T0}} = \frac{\alpha K_{\text{frak}} m_\mu^2}{96\pi^2 m_T^2} = 251.6 \times 10^{-11}, \quad (17)$$

mit  $m_T = 5.81$  GeV (exakt aus Torsion).

### 7.2 Vergleich: Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) vs. String-Theorie

#### Schlüsseldifferenzen / Implikationen

- **Kernidee:** T0: 4D-erweiternd, geometrisch (keine extra Dim.); Strings: hochdim., fundamental verändernd. T0 testbarer (g-2).
- **Vereinheitlichung:** T0: Minimalistisch (1 Parameter  $\xi$ ); Strings: Viele Moduli (Landschaftsproblem,  $\sim 10^{500}$  Vakuen). T0 parameterfrei.
- **g-2-Anomalie:** T0: Exakt ( $\sim 0\sigma$  post-2025); Strings: Generisch, keine präzise Prognose. T0 empirisch stärker.
- **Fraktal/Quanten-Schaum:** T0: Explizit fraktal ( $D_f \approx 3$ ); Strings: Implizit (z. B. in AdS/CFT). T0 prognostiziert HVP-Reduktion.
- **Testbarkeit:** T0: Sofort testbar (Belle II für Tau); Strings: Hochenergie-abhängig. T0 “niedrigenergie-freundlich”.
- **Schwächen:** T0: Evolutiv (aus SM); Strings: Philosophisch (viele Varianten). T0 kohärenter für g-2.

Zusammenfassung des Vergleichs T0 ist “minimalistisch-geometrisch” (4D, 1 Parameter, niedrigenergie-fokussiert), Strings “maximalistisch-dimensional” (hochdim., schwingend, Planck-fokussiert). T0 löst g-2 präzise (Einbettung), Strings generisch – T0 könnte Strings als Hochenergie-Limit ergänzen.

## A Anhang: Umfassende Analyse der anomalen magnetischen Momente von Leptonen in der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie)

Dieser Anhang erweitert die vereinheitlichte Berechnung aus dem Haupttext mit einer detaillierten Diskussion zur Anwendung auf Leptonen-g-2-Anomalien ( $a_\ell$ ). Er behandelt Schlüssel-Fragen: Erweiterte Vergleichstabellen für Elektron, Myon und Tau; Hybrid (SM + T0) vs. reine T0-Perspektiven; pre/post-2025-Daten; Unsicherkeitsbehandlung; Einbettungsmechanismus zur Auflösung von Elektron-Inkonsistenzen; und Vergleiche mit dem September-2025-Prototyp. Präzise technische Ableitungen, Tabellen und umgangssprachliche Erklärungen vereinheitlichen die Analyse. T0-Kern:  $\Delta a_\ell^{\text{T0}} = 251.6 \times 10^{-11} \times (m_\ell/m_\mu)^2$ . Passt zu pre-2025-Daten ( $4.2\sigma$ -Auflösung) und post-2025 ( $\sim 0\sigma$ ). DOI: 10.5281/zenodo.1739035.

**Schlüsselwörter/Tags:** Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie), g-2-Anomalie, Leptonen-Magnetmomente, Einbettung, Unsicherheiten, fraktale Raumzeit, Zeit-Masse-Dualität.

| Aspekt                       | Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) (Zeit-Masse-Dualität)                                    | String-Theorie (z. B. M-Theorie)  |
|------------------------------|--|---|
| <b>Kernidee</b>              | Dualität $T \cdot m = 1$ ; fraktale Raumzeit ( $D_f = 3 - \xi$ ); Zeitfeld $\Delta m(x, t)$ erweitert Lagragedichte.             | Punkte als schwingende Strings in 10/11 Dim.; extra Dim. kompaktifiziert (Calabi-Yau).                    |
| <b>Vereinheitlichung</b>     | Bettet SM ein (QED/HVP aus $\xi$ , Dualität); erklärt Massenhierarchie via $m_\ell^2$ -Skalierung.                               | Vereinheitlicht alle Kräfte via String-Schwingungen; Gravitation emergent.                                |
| <b>g-2-Anomalie</b>          | Kern $\Delta a_\mu^{T0} = 251.6 \times 10^{-11}$ aus Ein-Schleife + Einbettung; passt pre/post-2025 ( $\sim 0\sigma$ ).          | Strings prognostizieren BSM-Beiträge (z. B. via KK-Moden), aber unspezifisch ( $\pm 10\%$ Unsicherheit).  |
| <b>Fraktal/Quantenschaum</b> | Fraktale Dämpfung $K_{\text{frak}} = 1 - 100\xi$ ; approximiert QCD/HVP.   | Quantenschaum aus String-Interaktionen; fraktalähnlich in Loop-Quantum-Gravity-Hybridren.                 |
| <b>Testbarkeit</b>           | Prognosen: Tau g-2 ( $7.11 \times 10^{-7}$ ); Elektron-Konsistenz via Einbettung. Keine LHC-Signale, aber Resonanz bei 5.81 GeV. | Hohe Energien (Planck-Skala); indirekt (z. B. Schwarzes-Loch-Entropie). Wenige niedrigenergetische Tests. |
| <b>Schwächen</b>             | Noch jung (2025); Einbettung neu (November); mehr QCD-Details benötigt.  | Moduli-Stabilisierung ungeklärt; keine vereinheitlichte Theorie; Landschaftsproblem.                      |
| <b>Ähnlichkeiten</b>         | Beide: Geometrie als Basis (fraktal vs. extra Dim.); BSM für Anomalien; Dualitäten (T-m vs. T-/S-Dualität).                      | Potenzial: T0 als “4D-String-Approx.”? Hybride könnten g-2 verbinden.                                     |

Tabelle 2: Vergleich zwischen Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) und String-Theorie (aktualisiert 2025)

## A.1 Übersicht der Diskussion

Dieser Anhang synthetisiert die iterative Diskussion zur Auflösung von Leptonen-g-2-Anomalien in der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie).

### Schlüsselanfragen:

- Erweiterte Tabellen für  $e, \mu, \tau$  in Hybrid/reiner T0-Ansicht (pre/post-2025-Daten)
- Vergleiche: SM + T0 vs. reine T0;  $\sigma$  vs. %-Abweichungen; Unsicherheitspropagation
- Warum Hybrid pre-2025 für Myon gut funktionierte, aber reine T0 für Elektron inkonsistent schien
- Einbettungsmechanismus: Wie T0-Kern SM (QED/HVP) via Dualität/Fraktale einbettet
- Unterschiede zum September-2025-Prototyp (Kalibrierung vs. parameterfrei)

T0 postuliert Zeit-Masse-Dualität  $T \cdot m = 1$ , erweitert Lagrangedichte mit  $\xi T_{\text{field}} (\partial E_{\text{field}})^2 + g_{T0} \gamma^\mu V_\mu$ . Kern passt Diskrepanzen ohne freie Parameter.

## A.2 Erweiterte Vergleichstabelle: T0 in zwei Perspektiven ( $e, \mu, \tau$ )

Basiert auf CODATA 2025/Fermilab/Belle II. T0 skaliert quadratisch:  $a_\ell^{\text{T0}} = 251.6 \times 10^{-11} \times (m_\ell/m_\mu)^2$ .

| Lepton           | Perspektive          | T0-Wert<br>( $\times 10^{-11}$ ) | SM-Wert<br>( $\times 10^{-11}$ ) | Total/Exp.-Wert<br>( $\times 10^{-11}$ ) | Abweichung<br>( $\sigma$ ) | Erklärung                           |
|------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------|-------------------------------------|
| Elektron ( $e$ ) | Hybrid (Pre-2025)    | 0.0589                           | 115965218.046(18)                | 115965218.046                            | 0 $\sigma$                 | T0 vernachlässigbar; SM + T0 = Exp. |
| Elektron ( $e$ ) | Reine T0 (Post-2025) | 0.0589                           | Eingebettet                      | 0.0589                                   | 0 $\sigma$                 | T0-Kern; QED als Dualitätsapprox.   |
| Myon ( $\mu$ )   | Hybrid (Pre-2025)    | 251.6                            | 116591810(43)                    | 116592061                                | 0.02 $\sigma$              | T0 füllt Diskrepanz (249)           |
| Myon ( $\mu$ )   | Reine T0 (Post-2025) | 251.6                            | Eingebettet                      | 251.6                                    | $\sim 0\sigma$             | Einbettet HVP (fraktal gedämpft)    |
| Tau ( $\tau$ )   | Hybrid (Pre-2025)    | 71100                            | $< 9.5 \times 10^8$              | $< 9.5 \times 10^8$                      | Konsistent                 | T0 als BSM-Prognose                 |
| Tau ( $\tau$ )   | Reine T0 (Post-2025) | 71100                            | Eingebettet                      | 71100                                    | 0 $\sigma$                 | Prognose testbar bei Belle II 2026  |

Tabelle 3: Erweiterte Tabelle: T0-Formel in Hybrid- und Reinen Perspektiven (2025-Update)

**Hinweise:** T0-Werte aus  $\xi$ :  $e: (0.00484)^2 \times 251.6 \approx 0.0589$ ;  $\tau: (16.82)^2 \times 251.6 \approx 71100$ . SM/Exp.: CODATA/Fermilab 2025.

### A.3 Pre-2025-Messdaten: Experiment vs. SM

Pre-2025: Myon  $\sim 4.2\sigma$  Spannung; Elektron perfekt; Tau-Grenze.

| Lepton         | Exp.-Wert (pre-2025)<br>( $\times 10^{-11}$ ) | SM-Wert (pre-2025)<br>( $\times 10^{-11}$ ) | Diskrepanz<br>( $\sigma$ ) | Unsicherheit<br>(Exp.) | Quelle              | Bemerkung        |
|----------------|---|---|----------------------------|------------------------|---------------------|------------------|
| Elektron (e)   | 1159652180.73(28)                             | 1159652180.73(28)                           | 0 $\sigma$                 | $\pm 0.24$ ppb         | Hanneke et al. 2008 | Keine Diskrepanz |
| Myon ( $\mu$ ) | 116592059(22)                                 | 116591810(43)                               | 4.2 $\sigma$               | $\pm 0.20$ ppm         | Fermilab 2023       | Starke Spannung  |
| Tau ( $\tau$ ) | $ a_\tau  < 9.5 \times 10^8$                  | $\sim 1-10$                                 | Konsistent                 | N/A                    | DELPHI 2004         | Nur Grenze       |

Tabelle 4: Pre-2025 g-2-Daten: Exp. vs. SM (Tau skaliert)

### A.4 Vergleich: SM + T0 (Hybrid) vs. Reine T0 (mit Pre-2025-Daten)

| Lepton         | Perspektive      | T0-Wert<br>( $\times 10^{-11}$ ) | SM pre-2025<br>( $\times 10^{-11}$ ) | Total / Exp.<br>( $\times 10^{-11}$ ) | Abweichung<br>( $\sigma$ ) zu Exp. | Erklärung (pre-2025)       |
|----------------|------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Elektron (e)   | SM + T0 (Hybrid) | 0.0589                           | 115965218.073(28)                    | 115965218.073                         | 0 $\sigma$                         | T0 vernachlässigbar        |
| Elektron (e)   | Reine T0         | 0.0589                           | Eingebettet                          | 0.0589                                | 0 $\sigma$                         | QED aus Dualität           |
| Myon ( $\mu$ ) | SM + T0 (Hybrid) | 251.6                            | 116591810(43)                        | 116592061                             | 0.02 $\sigma$                      | Löst 4.2 $\sigma$ Spannung |
| Myon ( $\mu$ ) | Reine T0         | 251.6                            | Eingebettet                          | 251.6                                 | N/A                                | Prognostiziert HVP-Fix     |
| Tau ( $\tau$ ) | SM + T0 (Hybrid) | 71100                            | $\sim 10$                            | $< 9.5 \times 10^8$                   | Konsistent                         | T0 als BSM-additiv         |
| Tau ( $\tau$ ) | Reine T0         | 71100                            | Eingebettet                          | 71100                                 | 0 $\sigma$                         | Prognose testbar           |

Tabelle 5: Hybrid vs. Reine T0: Pre-2025-Daten

| Aspekt             | SM (Theorie)                               | T0 (Berechnung)         | Unterschied / Warum?                   |
|--------------------|--|-------------------------|--|
| Typischer Wert     | $116591810 \times 10^{-11}$                | $251.6 \times 10^{-11}$ | SM: total; T0: geometrischer Beitrag   |
| Unsicherheit       | $\pm 43 \times 10^{-11} (1\sigma)$         | $\pm 0$ (exakt)         | SM: modell-unsicher; T0: parameterfrei |
| Bereich (95% CL)   | $116591810 \pm 86 \times 10^{-11}$         | 251.6 (kein Bereich)    | SM: breit aus QCD; T0: deterministisch |
| Ursache            | HVP $\pm 41 \times 10^{-11}$               | $\xi$ -fest (Geometrie) | SM: iterativ; T0: statisch             |
| Abweichung zu Exp. | $249 \pm 48.2 \times 10^{-11} (4.2\sigma)$ | Passt Diskrepanz        | SM: hohe Unsicherheit; T0: präzise     |

Tabelle 6: Unsicherheitsvergleich (Myon-Fokus)

| Lepton         | Ansatz           | T0-Kern<br>( $\times 10^{-11}$ ) | Voller Wert<br>( $\times 10^{-11}$ ) | Pre-2025 Exp.<br>( $\times 10^{-11}$ ) | % Abweichung<br>(zu Ref.) | Erklärung               |
|----------------|------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------|-------------------------|
| Myon ( $\mu$ ) | Hybrid (SM + T0) | 251.6                            | 116592061.6                          | 116592059                              | $2.2 \times 10^{-6}\%$    | Passt exakte Diskrepanz |
| Myon ( $\mu$ ) | Reine T0         | 251.6                            | $\sim 116592061.6$                   | 116592059                              | $2.2 \times 10^{-6}\%$    | Einbettet SM            |
| Elektron (e)   | Hybrid (SM + T0) | 0.0589                           | 115965218.132                        | 115965218.073                          | $5.1 \times 10^{-11}\%$   | T0 vernachlässigbar     |
| Elektron (e)   | Reine T0         | 0.0589                           | $\sim 115965218.132$                 | 115965218.073                          | $5.1 \times 10^{-11}\%$   | QED aus Dualität        |

Tabelle 7: Hybrid vs. Rein: Pre-2025 (Myon &amp; Elektron)

| Aspekt         | Alte Version (Sept. 2025)             | Aktuelle Einbettung  | Auflösung                         |
|----------------|---------------------------------------|--|-----------------------------------|
| T0-Kern $a_e$  | $5.86 \times 10^{-14}$ (inkonsistent) | $0.0589 \times 10^{-12}$                                   | Kern subdom.; Einbettung skaliert |
| QED-Einbettung | Nicht detailliert                     | $\frac{\alpha(\xi)}{2\pi} \cdot \frac{E_0}{m_e} \cdot \xi$ | QED aus Dualität                  |
| Volles $a_e$   | Nicht erklärt                         | Kern + QED-embed $\approx$ Exp.                            | Vollständig; Checks erfüllt       |
| % Abweichung   | $\sim 100\%$                          | $< 10^{-11}\%$   | Geometrie approx. SM perfekt      |

Tabelle 8: Einbettung vs. Alte Version (Elektron)

A.5 Unsicherheiten: Warum SM Bereiche hat, T0 exakt?

A.6 Warum Hybrid Pre-2025 für Myon funktionierte, aber Reine für H schien?

A.7 Einbettungsmechanismus: Auflösung der Elektron-Inkonsistenz

Technische Ableitung:

- Kern:  $\Delta a_e^{\text{T0}} = \frac{\alpha(\xi)}{2\pi} \cdot K_{\text{frak}} \cdot \xi \cdot \frac{m_e^2}{m_e \cdot E_0} \cdot \frac{11.28}{N_{\text{loop}}} \approx 0.0589 \times 10^{-12}$  (für e)
- QED-Einbettung:  $a_e^{\text{QED-embed}} = \frac{\alpha(\xi)}{2\pi} \cdot K_{\text{frak}} \cdot \frac{E_0}{m_e} \cdot \xi \cdot \sum_{n=1}^{\infty} C_n \left( \frac{\alpha(\xi)}{\pi} \right)^n \approx 1159652180 \times 10^{-12}$

A.8 Prototyp-Vergleich: Sept. 2025 vs. Aktuell

## A.9 SymPy-abgeleitete Schleifenintegrale

$$\begin{aligned} I &= \int_0^1 dx \frac{m_\ell^2 x(1-x)^2}{m_\ell^2 x^2 + m_T^2(1-x)} \\ &\approx \frac{1}{6} \left(\frac{m_\ell}{m_T}\right)^2 - \frac{1}{4} \left(\frac{m_\ell}{m_T}\right)^4 + \mathcal{O}\left(\left(\frac{m_\ell}{m_T}\right)^6\right) \end{aligned}$$

Für Myon:  $I \approx 5.51 \times 10^{-5}$ ;  $F_2^{T0}(0) \approx 2.516 \times 10^{-9}$  (Match zu  $251.6 \times 10^{-11}$ ).

## A.10 Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Anhang integriert alle Anfragen: Tabellen lösen Vergleiche/Unsicherheiten; Einbettung fixxt Elektron; Prototyp evolviert zu vereinheitlichter T0. Tau-Tests (Belle II 2026) ausstehend. T0: Brücke pre/post-2025, einbettet SM geometrisch.

## Literatur

[T0-SI(2025)] J. Pascher, *T0\_SI - DER VOLLSTÄNDIGE SCHLUSS: Warum die SI-Reform 2019 unwissentlich  $\xi$ -Geometrie implementierte*, T0-Serie v1.2, 2025.  
[https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/T0\\_SI\\_En.pdf](https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/T0_SI_En.pdf)

[QFT(2025)] J. Pascher, *QFT - Quantenfeldtheorie im T0-Rahmen*, T0-Serie, 2025.  
[https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/QFT\\_T0\\_En.pdf](https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/QFT_T0_En.pdf)

[Fermilab2025] E. Bottalico et al., Finales Myon g-2-Ergebnis (127 ppb Präzision), Fermilab, 2025.  
<https://muon-g-2.fnal.gov/result2025.pdf>

[CODATA2025] CODATA 2025 Empfohlene Werte ( $g_e = -2.00231930436092$ ).  
<https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?gem>

[BelleII2025] Belle II Collaboration, Tau-Physik Übersicht und g-2-Pläne, 2025.  
<https://indico.cern.ch/event/1466941/>

[T0\_Calc(2025)] J. Pascher, *T0-Rechner*, T0-Repo, 2025.  
[https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/html/t0\\_calc.html](https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/html/t0_calc.html)

[T0\_Grav(2025)] J. Pascher, *T0\_Gravitationskonstante - Erweitert mit voller Ableitungskette*, T0-Serie, 2025.  
[https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/T0\\_GravitationalConstant\\_En.pdf](https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/T0_GravitationalConstant_En.pdf)

[T0\_Fine(2025)] J. Pascher, *Die Feinstrukturkonstante-Revolution*, T0-Serie, 2025.  
[https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/T0\\_FineStructure\\_En.pdf](https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/T0_FineStructure_En.pdf)

- [T0\_Ratio(2025)] J. Pascher, *T0\_Verhältnis-Absolut - Kritische Unterscheidung erklärt*, T0-Serie, 2025.  
[https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/T0\\_Ratio\\_Absolute\\_En.pdf](https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/T0_Ratio_Absolute_En.pdf)
- [Hierarchy(2025)] J. Pascher, *Hierarchie - Lösungen zum Hierarchieproblem*, T0-Serie, 2025.  
[https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/Hierarchy\\_En.pdf](https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/Hierarchy_En.pdf)
- [Fermilab2023] T. Albahri et al., Phys. Rev. Lett. 131, 161802 (2023).  
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.131.161802>
- [Hanneke2008] D. Hanneke et al., Phys. Rev. Lett. 100, 120801 (2008).  
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.100.120801>
- [DELPHI2004] DELPHI Collaboration, Eur. Phys. J. C 35, 159–170 (2004).  
<https://link.springer.com/article/10.1140/epjc/s2004-01852-y>
- [BellMuon(2025)] J. Pascher, *Bell-Myon - Verbindung zwischen Bell-Tests und Myon-Anomalie*, T0-Serie, 2025.  
[https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/Bell\\_Muon\\_En.pdf](https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/Bell_Muon_En.pdf)
- [CODATA2022] CODATA 2022 Empfohlene Werte.