Anomale magnetische Momente in der FFGFT-Theorie

Johann Pascher

21 Februar 2026

Inhaltsverzeichnis

Abstract

In der vorliegenden Arbeit wird die fundamentale Architektur der Raumzeit im Rahmen der **Fundamental Fractal Geometric Field Theory (FFGFT)** – intern als T0-Modell (B18) bezeichnet – neu interpretiert. Das zentrale Paradigma besteht im Übergang von einer punktförmigen zu einer rein geometrischen Beschreibung des Vakuums als vierdimensionaler **Hirnwindungs-Torus**. **Geometrischer Aufbau:** Die Theorie gründet auf der fraktal-geometrischen Grundstruktur mit dem Parameter $\xi \approx (4/3) \times 10^{-4}$ und der dichtesten lokalen Kugelpackung durch reguläre **Tetraeder**. Diese tetraedrische Basis bildet das stabile Fundament für die niedrigen Generationen (Elektron, Myon, Proton/Neutron) sowie die lokale 3D-Kristallstruktur des Torsos. Darauf aufbauend entsteht durch fraktale Verzweigung und pentagonale Symmetriebrechung der ideale sub-Planck-Faktor

$$f = 7500,$$

der eine exakt 7500-fache Verkleinerung gegenüber der konventionellen Planck-Skala (t_0) darstellt und direkt aus der geometrischen Windungsdichte $30000/4$ folgt. **g-2-Anomalie:** Ein Kernstück der Arbeit ist die transparente geometrische Herleitung der anomalen magnetischen Momente der Leptonen. Während das Standardmodell auf zahlreiche störungstheoretische Terme angewiesen ist, ergibt sich in der FFGFT die Elektron-Anomalie direkt aus der Basiswindung (tetraedrische Projektion). Die Myon- und Tau-Anomalien entstehen durch fraktale Verzweigungen mit den Hausdorff-Dimensionen $p \approx 5/3$ bzw. $4/3$. Mit dem idealen Wert $f = 7500$ und dem geometrischen Projektionsfaktor $k_{\text{geom}} = (2/\sqrt{\varphi})\sqrt{2} = 2{,}224$ erreichen die rein geometrischen

Vorhersagen eine Genauigkeit von etwa 2 %. Durch die **fraktale Korrektur** $K_{\text{frak}}^{3/2}$ wird diese systematische Abweichung rein geometrisch erklärt: der effektive Projektionsfaktor $k_{\text{eff}} = k_{\text{geom}}/K_{\text{frak}}^{3/2} = 2{,}2692$ stimmt mit dem experimentell rekonstruierten Wert $k_{\text{rek}} = 2{,}2696$ auf 0,01 % überein. Die korrigierten Absolutwerte erreichen 0,01 % (Elektron) bzw. 0,15 % (Myon) Genauigkeit. Die präziseste, k_{geom}-unabhängige Vorhersage für die Tau-Anomalie lautet

$$a_\tau \approx 1{,}282 \times 10^{-3},$$

die aus der Brückenformel $\Delta a(\tau - e)/\Delta a(\mu - e) = (144/125) \cdot m_\tau/m_\mu$ folgt — einer direkten Verbindung zwischen experimentellen Massenverhältnissen und $g-2$-Verhältnissen. **Geometrische Verhältnismäßigkeit:** Alle physikalischen Basisgrößen (Konstanten, Massen, Kopplungen) stehen in festen geometrischen Verhältnissen, wodurch die Zahl freier Parameter gegenüber dem Standardmodell drastisch reduziert wird. Die T0-Theorie bietet somit eine vollständig geometrische Beschreibung und liefert konkrete, experimentell überprüfbare Vorhersagen – insbesondere für die Tau-Anomalie als entscheidenden Test bei Belle II.

Hinweis zu älteren Dokumenten

Frühere Versionen der g-2 Analyse (018_T0_Anomale-g2-9/10) verwendeten semi-empirische Faktoren bzw. den idealen k_{geom} ohne fraktale Korrektur. Die vorliegende Rev. 11 zeigt, dass die 2 % Abweichung der Absolutwerte **vollständig durch die fraktale Korrektur $K_{\text{frak}}^{3/2}$** erklärt wird – der effektive Projektionsfaktor $k_{\text{eff}} = k_{\text{geom}}/K_{\text{frak}}^{3/2}$ stimmt mit dem experimentell rekonstruierten Wert auf 0,01 % überein.

Alternative Formulierungen der T0-Theorie

Dieses Dokument verwendet die geometrische Formulierung mit fraktaler Geometrie, Torsionsgitter und den Parametern φ, ξ, $f = 7500$.
Komplementäre Ansätze:

- **Lagrangian-Formulierung (Dokument 019):**
  Feldtheoretische Herleitung mit erweitertem Lagrangian, massenproportionaler Kopplung und Zeitfeld-Dynamik. Berechnet T0-Beiträge Δa_ℓ aus ersten Prinzipien der Quantenfeldtheorie.
  $\rightarrow$ 019_T0_lagrangian_De.pdf
- **Vereinfachte Formulierung (Dokument 049):**
  Pädagogischer Ansatz mit einfacher Lagrange-Funktion $\mathcal{L} = \varepsilon \cdot (\partial \Delta m)^2$ für konzeptionelles Verständnis. Erklärt Antiteilchen-Physik und fundamentale Vereinfachungen.
  $\rightarrow$ 049_LagrandianVergleich_De.pdf

Alle drei Formulierungen sind konsistent und führen zu denselben fundamentalen Vorhersagen, unterscheiden sich aber in mathematischer Komplexität und Fokus.

Schlüsselwörter: Anomales magnetisches Moment, g-2, T0-Theorie, Zeit-Masse-Dualität, Torsionsgitter, Verhältnis-Vorhersagen, Koide-Formel

0.1 Einleitung: Geometrische vs. semi-empirische Ansätze

0.1.1 Die Philosophie der T0-Theorie

Die T0-Theorie basiert auf dem Prinzip, dass **alle** physikalischen Konstanten aus der geometrischen Struktur eines 4-dimensionalen Torsionsgitters folgen sollten. Für die anomalen magnetischen Momente bedeutet dies:

- **KEINE** versteckten Fit-Parameter
- **NUR** geometrische Faktoren: φ, ξ, f
- Ehrlichkeit über Präzisionsgrenzen
- Konsistenz mit anderen Vorhersagen

0.1.2 Konsistenz mit Massen-Vorhersagen

Die T0-Theorie sagt Leptonmassen mit 0,4–1,2% Abweichung vorher:
Erwartung: g-2 sollte ähnliche Präzision haben (1%).

Lepton	T0 [MeV]	Exp [MeV]	Abweichung
Elektron	0,505	0,511	1,18%
Myon	105,0	105,7	0,66%
Tau	1783	1777	0,37%

Tabelle 1: Leptonmassen in T0

Mit der fraktalen Korrektur $K_{\text{frak}}^{3/2}$ erreichen die g-2 Vorhersagen 0,01–0,15% Genauigkeit, vergleichbar mit der Massenpräzision.

0.2 Physikalische Grundlagen

0.2.1 Was ist das anomale magnetische Moment?

Das magnetische Moment eines geladenen Spin-$1/2$ Teilchens ist:

$$\mu = g \cdot \frac{e}{2m} \cdot \frac{\hbar}{2} \tag{1}$$

wobei g der gyromagnetische Faktor (g-Faktor) ist.
Dirac-Vorhersage: Für ein punktförmiges Teilchen: $g = 2$
Quanteneffekte: Vakuumpolarisation, Vertex-Korrekturen $\Rightarrow g \neq 2$
Anomalie: $a = (g-2)/2$
QED-Erwartung: $a \approx \alpha/(2\pi) + \mathcal{O}(\alpha^2) \approx 0{,}00116$

0.2.2 T0-Interpretation: Windungen im Torsionsgitter

In der T0-Theorie sind Leptonen **Windungsstrukturen** im 4D-Torsionsgitter:

- **Elektron:** Einfache Windung (1. Generation)
- **Myon:** Windung mit fraktaler Verzweigung (2. Generation)
- **Tau:** Komplexere fraktale Struktur (3. Generation)

Das anomale Moment entsteht aus:

1. Der **Rotation** der Windung (Spin)
2. Der **Ladungsverteilung** auf der Windung
3. Der **Projektion** 4D $\to$ 3D

$\Rightarrow$ **Keine** punktförmige Ladung $\Rightarrow a \neq 0$

0.3 Geometrische Formeln

0.3.1 Fundamentale Parameter

Die T0-Theorie verwendet ausschließlich drei geometrische Grundkonstanten:

$$\varphi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} = 1{,}618\ldots \quad \text{(Goldener Schnitt)} \tag{2}$$

$$\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4} = 1{,}333 \times 10^{-4} \quad \text{(Torsionskonstante)} \tag{3}$$

$$f = 7500 \quad \text{(Sub-Planck-Faktor)} \tag{4}$$

0.3.2 Der reale Sub-Planck-Faktor: $f = 7500$

Nun setzen wir alles zusammen: Der ideale Kristall bleibt erhalten, die Symmetriebrechung wirkt sich nur in den Projektionsfaktoren aus:

$$\boxed{f = 7500} \tag{5}$$

Dies ist die **fundamentalste Zahl der T0-Theorie**. Sie erscheint in fast allen Formeln und beschreibt:

- Die Anzahl der Sub-Planck-Zellen pro Planck-Länge
- Die Dichte des Torsionsgitters
- Die Grundfrequenz aller geometrischen Resonanzen

0.3.3 Die Symmetriebrechung: Die Rolle des goldenen Schnitts

Ein perfekter, idealer Kristall wäre vollkommen symmetrisch. Doch unsere Welt zeigt Symmetriebrechungen auf allen Ebenen:

- Materie dominiert über Antimaterie
- Die schwache Wechselwirkung verletzt die Paritätssymmetrie
- Das Neutron ist schwerer als das Proton
- Die drei Generationen der Leptonen haben unterschiedliche Massen

In der T0-Theorie haben all diese Symmetriebrechungen einen einzigen, geometrischen Ursprung: die pentagonale Symmetrie des Kristalls, verkörpert durch den **goldenen Schnitt** φ. Der goldene Schnitt $\varphi = (1+\sqrt{5})/2 = 1{,}618033989\ldots$ ist die irrationale Zahl, die die pentagonale Symmetrie beschreibt. In einem perfekten Fünfeck taucht φ überall auf: Das Verhältnis von Diagonale zu Seite ist genau φ. Warum ausgerechnet pentagonale Symmetrie?

Aus tiefliegenden mathematischen Gründen ist die pentagonale Symmetrie die erste, die in der Ebene **nicht periodisch parkettieren** kann. Dies führt zu „Quasikristallen" – Strukturen, die geordnet, aber nicht periodisch sind. Genau eine solche quasikristalline Struktur postuliert die T0-Theorie für die Sub-Planck-Skala. Die Symmetriebrechung wird in der Theorie nicht durch eine direkte Subtraktion von 5φ von der idealen Ankerzahl 7500 quantifiziert. Stattdessen manifestiert sie sich in der **fraktalen Korrektur** $K_{\text{frak}}^{3/2}$, die den idealen geometrischen Projektionsfaktor k_{geom} auf den effektiven Wert k_{eff} korrigiert:

$$k_{\text{geom}} = \frac{2}{\sqrt{\varphi}} \times \sqrt{2} \approx 2{,}22357, \tag{6}$$

der die 4D-Torsion auf die 3D-Welt projiziert. Die **fraktale Korrektur** ergibt den effektiven Projektionsfaktor:

$$k_{\text{eff}} = \frac{k_{\text{geom}}}{K_{\text{frak}}^{3/2}} = \frac{2{,}224}{0{,}98007} = 2{,}2692 \tag{7}$$

Der Exponent $3/2$ entspricht der halben Raumdimension ($D/2 = 3/2$) und beschreibt, wie die fraktale Struktur $K_{\text{frak}} = 1 - 100\xi = 0{,}98667$ über drei Raumdimensionen auf die Projektion wirkt.

Entscheidend: Der experimentell rekonstruierte Wert $k_{\text{geom}}^{\text{rek}} = 2{,}26955$ stimmt mit $k_{\text{eff}} = 2{,}2692$ auf **0,014 %** überein – die 2 % Abweichung der idealen Formel ist keine Limitation, sondern wird vollständig durch die fraktale Korrektur erklärt.

> Aus dem idealen 7500 blieb das ideale 7500. Diese Zahl wurde zur neuen Grundkonstante des Universums. Sie bestimmte, wie dicht das Gitter gepackt war, wie schnell sich Torsion ausbreiten konnte, welche Resonanzen möglich waren. Alles, was wir heute beobachten – jede Teilchenmasse, jede Kraftstärke, jede kosmologische Konstante – ist eine Konsequenz dieser einen geometrischen Geschichte: Vom perfekten Kristall zur pentagonal gebrochenen Realität, wobei die Brechung sich quantitativ in $K_{\text{frak}}^{3/2}$ verbirgt.

0.3.4 Elektron: Basis-Windung

Formel:

$$a_e = \frac{S_3/f}{k_{\text{geom}}} \tag{8}$$

wobei:

- $S_3 = 2\pi^2 = 19{,}739$: 3D-Oberfläche der 4D-Windung
- $f = 7500$: Sub-Planck-Skalierung

- k_{geom}: Geometrischer Projektionsfaktor
  Geometrischer Projektionsfaktor:

$$k_{\text{geom}} = \frac{2}{\sqrt{\varphi}} \times \sqrt{2} \tag{9}$$

Erklärung der Faktoren:

- $2/\sqrt{\varphi} = 1{,}572$: Pentagonale Projektion (aus ξ-Struktur)
- $\sqrt{2} = 1{,}414$: Diagonalprojektion 4D → 3D
- $k_{\text{geom}} = 2{,}224$: Vollständig geometrisch!
  Numerische Berechnung:

$$k_{\text{geom}} = \frac{2}{\sqrt{1{,}618}} \times \sqrt{2} = 2{,}224 \tag{10}$$

$$a_e = \frac{19{,}739/7500}{2{,}224} \tag{11}$$

$$a_e = 1{,}184 \times 10^{-3} \tag{12}$$

Vergleich (ideale Nullte Ordnung):

- T0 (ideal): $a_e = 1{,}184 \times 10^{-3}$
- Experiment: $a_e = 1{,}160 \times 10^{-3}$
- Abweichung: **2,03%**
  Mit fraktaler Korrektur $K_{\text{frak}}^{3/2}$:

$$k_{\text{eff}} = \frac{k_{\text{geom}}}{K_{\text{frak}}^{3/2}} = \frac{2{,}224}{0{,}98007} = 2{,}2692 \tag{13}$$

$$a_e^{(\text{korr})} = \frac{S_3/f}{k_{\text{eff}}} = \frac{19{,}739/7500}{2{,}2692} = 1{,}1598 \times 10^{-3} \tag{14}$$

- T0 (korrigiert): $a_e = 1{,}1598 \times 10^{-3}$
- Experiment: $a_e = 1{,}1597 \times 10^{-3}$
- Abweichung: **0,014%**

0.3.5 Myon: Fraktale Zusatzwindung

Formel:

$$a_\mu = a_e + \Delta a_{\text{fraktal}} \tag{15}$$

mit

$$\Delta a_{\text{fraktal}} = \frac{4\pi}{f^{p_\mu}} \tag{16}$$

wobei:

- $p_\mu = 5/3$: Fraktale Hausdorff-Dimension
- 4π: Vollständiger Torsionsumlauf

Bedeutung von $p_\mu = 5/3$:
Dies ist die bekannte Hausdorff-Dimension von:

- Brownscher Bewegung in 2D
- Selbstvermeidendem Random Walk
- Koch-Kurve (Fraktal)

⇒ Physikalisch plausibel für "teilweise verzweigte Windung"!
Numerische Berechnung:

$$\Delta a_{\text{fraktal}} = \frac{4\pi}{7500^{5/3}} = 4{,}373 \times 10^{-6} \tag{17}$$

$$a_\mu = 1{,}184 \times 10^{-3} + 4{,}373 \times 10^{-6} \tag{18}$$

$$a_\mu = 1{,}188 \times 10^{-3} \tag{19}$$

Vergleich (ideale Nullte Ordnung):

- T0 (ideal): $a_\mu = 1{,}188 \times 10^{-3}$
- Experiment: $a_\mu = 1{,}166 \times 10^{-3}$
- Abweichung: **1,89%**

Mit fraktaler Korrektur:

$$a_\mu^{\text{(korr)}} = a_e^{\text{(korr)}} + \Delta a_{\text{fraktal}} = 1{,}1598 \times 10^{-3} + 4{,}373 \times 10^{-6} \tag{20}$$

$$a_\mu^{\text{(korr)}} = 1{,}1642 \times 10^{-3} \tag{21}$$

- T0 (korrigiert): $a_\mu = 1{,}1642 \times 10^{-3}$
- Experiment: $a_\mu = 1{,}1659 \times 10^{-3}$
- Abweichung: **0,15%**

0.3.6 Tau: Komplexere fraktale Struktur

Formel:

$$a_\tau = a_e + \frac{4\pi}{f^{p_\tau}} \tag{22}$$

wobei:

- $p_\tau = 4/3$: Stärkere fraktale Verzweigung

Bedeutung von $p_\tau = 4/3$:
Dies ist die Box-Counting-Dimension vieler Fraktale (z.B. Koch-Kurve, Mandelbrot-Menge).

Numerische Berechnung:

$$\Delta a_{\text{fraktal}} = \frac{4\pi}{7500^{4/3}} = 8{,}560 \times 10^{-5} \tag{23}$$
$$a_\tau = 1{,}184 \times 10^{-3} + 8{,}560 \times 10^{-5} \tag{24}$$
$$a_\tau = 1{,}269 \times 10^{-3} \tag{25}$$

Status: Dies ist eine **Vorhersage** – Tau-g-2 ist noch nicht gemessen!
Korrigierte Vorhersage:

$$a_\tau^{(\text{korr})} = a_e^{(\text{korr})} + \Delta a_{\text{fraktal}} = 1{,}1598 \times 10^{-3} + 8{,}560 \times 10^{-5} \tag{26}$$
$$a_\tau^{(\text{korr})} = 1{,}2454 \times 10^{-3} \tag{27}$$

0.4 Zusammenfassung der Absolutwerte

Lepton	T0 (ideal)	T0 (korr.)	Experiment	Abw. ideal	Abw. korr.
Elektron	$1{,}184 \times 10^{-3}$	$1{,}1598 \times 10^{-3}$	$1{,}1597 \times 10^{-3}$	2,03%	**0,01%**
Myon	$1{,}188 \times 10^{-3}$	$1{,}1642 \times 10^{-3}$	$1{,}1659 \times 10^{-3}$	1,89%	**0,15%**
Tau	$1{,}269 \times 10^{-3}$	$1{,}2454 \times 10^{-3}$	(nicht gemessen)	–	Vorhersage

Tabelle 2: g-2 Absolutwerte: T0 ideal (k_{geom}) vs. korrigiert ($k_{\text{eff}} = k_{\text{geom}}/K_{\text{frak}}^{3/2}$) vs. Experiment

Bewertung:

- ✓ Alle Faktoren geometrisch erklärt
- ✓ Keine versteckten Fit-Parameter
- ✓ Fraktale Korrektur $K_{\text{frak}}^{3/2}$ reduziert Abweichung von 2% auf 0,01–0,15%
- ✓ Korrektur stimmt mit experimenteller Rekonstruktion auf 0,014% überein

0.5 Zwei Klassen von Vorhersagen: Absolute Werte vs. Verhältnisse

0.5.1 Warum 2% Abweichung bei Absolutwerten?

0.5.2 Woher kommen die 2% in der idealen Formel?

Die 2% Abweichung der idealen Formel (mit $k_{\text{geom}} = 2{,}224$) ist **keine offene Frage mehr**, sondern wird vollständig durch die fraktale Korrektur erklärt:

$$k_{\text{eff}} = \frac{k_{\text{geom}}}{K_{\text{frak}}^{3/2}} = \frac{2{,}224}{(1-100\xi)^{3/2}} = \frac{2{,}224}{0{,}98007} = 2{,}2692 \tag{28}$$

Physikalische Bedeutung:

- $K_{\text{frak}} = 1-100\xi = 0{,}98667$ ist die universelle fraktale Korrektur der T0-Theorie
- Der Exponent $3/2 = D/2$ (halbe Raumdimension) beschreibt die Wirkung der fraktalen Struktur bei der 4D→3D Projektion
- Diese Korrektur ist **kein Fit**: K_{frak} folgt direkt aus ξ und erscheint bereits in den Massenformeln
- Der experimentell rekonstruierte Wert $k_{\text{rek}} = 2{,}2696$ bestätigt die Korrektur auf 0,014%

Konsistenz: Die gleiche fraktale Korrektur K_{frak} erscheint in:

1. Teilchenmassen: $m_i = r_i \cdot \xi^{p_i} \cdot v \cdot K_{\text{frak}}$
2. Gravitationskonstante: $G = f(\xi, K_{\text{frak}})$
3. g-2 Anomalien: $k_{\text{eff}} = k_{\text{geom}}/K_{\text{frak}}^{3/2}$

Damit ist die T0-Theorie vollständig konsistent: **ein** Korrekturparameter K_{frak} mit **verschiedenen** Exponenten je nach physikalischem Kontext.

0.5.3 Verhältnisse sind mathematisch exakt

Im Gegensatz zu Absolutwerten sind **Verhältnisse von Differenzen** strukturell exakt:

$$\frac{\Delta a(\tau-\mu)}{\Delta a(\mu-e)} = \frac{4\pi/f^{4/3} - 4\pi/f^{5/3}}{4\pi/f^{5/3}} = f^{1/3} - 1 \tag{29}$$

Warum ist dies exakt?

- Der gemeinsame Faktor 4π kürzt sich heraus
- Der Projektionsfaktor k_{geom} kürzt sich heraus
- Nur die fraktalen Exponenten ($5/3$ und $4/3$) bestimmen das Verhältnis
- Das Ergebnis hängt **nur** von f ab: $f^{1/3} - 1 = 18{,}57$

Wichtig

Fundamentale Unterscheidung **Absolutwerte:**

- Hängen von k_{geom}, f, und der SI-Umrechnung ab
- 2% Abweichung durch Quanteneffekte höherer Ordnung
- Konsistent mit allen T0-Vorhersagen

Verhältnisse:

- Hängen **nur** von f ab
- k_{geom} und SI-Faktoren kürzen sich heraus
- Mathematisch exakt aus fraktalen Exponenten
- Differenz $< 10^{-13}$ (numerische Präzision)

$\Rightarrow$ Die Verhältnis-Vorhersage ist **keine Approximation**, sondern eine **exakte geometrische Relation**!

0.5.4 Analog zur Koide-Formel

Die Koide-Formel für Leptonmassen:

$$Q = \frac{m_e + m_\mu + m_\tau}{(\sqrt{m_e} + \sqrt{m_\mu} + \sqrt{m_\tau})^2} = 0{,}666661 \approx \frac{2}{3} \tag{30}$$

bestätigt auf $0{,}001\%$, zeigt: **Verhältnisse** sind präziser als Absolutwerte! In T0 entsteht sie aus der Exponenten-Struktur $p_e = 3/2$, $p_\mu = 1$, $p_\tau = 2/3$ mit Schrittweite $\Delta p_{\mu\to\tau} = 1/3 = 1/D$ (der Schritt $e \to \mu$ beträgt $1/2$ — die Sonderstellung des Elektrons).

Dieselbe $1/3$-Schrittweite erscheint in den $g-2$-Exponenten: $q_\mu = 5/3$, $q_\tau = 4/3$, $\Delta q = 1/3$. Dies ist kein Zufall — es ist derselbe geometrische Ursprung.

Die Brücke von Massen zu $g-2$: Aus den Massenformeln folgt $m_\tau/m_\mu = (125/144) \cdot f^{1/3}$, aus den $g-2$-Formeln $\Delta a(\tau{-}e)/\Delta a(\mu{-}e) = f^{1/3}$. Kombination ergibt:

$$\boxed{\frac{\Delta a(\tau{-}e)}{\Delta a(\mu{-}e)} = \frac{144}{125} \cdot \frac{m_\tau}{m_\mu}} \tag{31}$$

Das $g-2$-Verhältnis wird durch das Massenverhältnis bestimmt. Kein α, kein k_{eff}, kein K_{frak} — alles kürzt sich heraus.

Für g-2 in T0:

- **Absolute Werte:** 2% Abweichung
- **Verhältnis** $\Delta a(\tau-\mu)/\Delta a(\mu-e)$**:** Exakt $= f^{1/3} - 1$
- **Brücke zu Massen:** $\Delta a(\tau{-}e)/\Delta a(\mu{-}e) = (144/125) \cdot m_\tau/m_\mu$

Dies ist **keine Schwäche**, sondern zeigt die **geometrische Struktur** der Theorie!

0.6 Präzise Verhältnis-Vorhersagen

0.6.1 Analog zur Koide-Formel

Die Koide-Formel für Leptonmassen:

$$\frac{m_e + m_\mu + m_\tau}{(\sqrt{m_e} + \sqrt{m_\mu} + \sqrt{m_\tau})^2} = \frac{2}{3} \pm 0{,}0004\% \tag{32}$$

zeigt: **Verhältnisse** sind präziser als Absolutwerte!
Frage: Gilt das auch für g-2?

0.6.2 Das Verhältnis der Differenzen

Definiere die Differenzen:

$$\Delta a(\mu - e) = a_\mu - a_e = \frac{4\pi}{f^{5/3}} \tag{33}$$

$$\Delta a(\tau - \mu) = a_\tau - a_\mu = \frac{4\pi}{f^{4/3}} - \frac{4\pi}{f^{5/3}} \tag{34}$$

Verhältnis:

$$\frac{\Delta a(\tau - \mu)}{\Delta a(\mu - e)} = \frac{4\pi/f^{4/3} - 4\pi/f^{5/3}}{4\pi/f^{5/3}} \tag{35}$$

$$= \frac{f^{5/3}}{f^{4/3}} - 1 \tag{36}$$

$$= f^{5/3-4/3} - 1 \tag{37}$$

$$= f^{1/3} - 1 \tag{38}$$

Wichtig

Kernvorhersage

$$\boxed{\frac{\Delta a(\tau - \mu)}{\Delta a(\mu - e)} = f^{1/3} - 1 = 18{,}57} \tag{39}$$

Diese Relation ist:

- **Parameterfrei** (nur f!)
- **Unabhängig** von k_{geom}
- **Exakt** (Differenz $< 10^{-13}$)
- **Testbar** bei Belle II

0.6.3 Numerische Verifikation

Mit $f = 7500$:

$$f^{1/3} = 7500^{1/3} = 19{,}57 \tag{40}$$

$$f^{1/3} - 1 = 18{,}57 \tag{41}$$

Aus T0-Werten:

$$\Delta a(\mu - e) = 4{,}373 \times 10^{-6} \tag{42}$$

$$\Delta a(\tau - \mu) = 8{,}123 \times 10^{-5} \tag{43}$$

$$\text{Verhältnis} = \frac{8{,}123 \times 10^{-5}}{4{,}373 \times 10^{-6}} = 18{,}57 \tag{44}$$

Übereinstimmung: Perfekt! ✓✓✓

0.6.4 Testbare Vorhersage für Tau

Die Vorhersage folgt in einem Schritt aus der Brückenformel und drei experimentellen Zahlen:

$$\Delta a(\mu - e)^{\text{exp}} = a_\mu - a_e = 6{,}269 \times 10^{-6} \tag{45}$$

$$\frac{m_\tau}{m_\mu} = 16{,}817 \tag{46}$$

Vorhersage:

$$\Delta a(\tau - e) = \frac{144}{125} \cdot \frac{m_\tau}{m_\mu} \cdot \Delta a(\mu - e)^{\text{exp}} \tag{47}$$

$$= 1{,}152 \times 16{,}817 \times 6{,}269 \times 10^{-6} = 1{,}214 \times 10^{-4} \tag{48}$$

$$a_\tau^{\text{vorhergesagt}} = a_e + \Delta a(\tau - e) \tag{49}$$

$$= 1{,}160 \times 10^{-3} + 1{,}214 \times 10^{-4} \tag{50}$$

$$= \boxed{1{,}282 \times 10^{-3}} \tag{51}$$

Das ist alles. Kein α, kein k_{eff}, kein K_{frak}. Nur die Brückenformel angewandt auf gemessene Werte.

Konsistenzprüfung: Das SM berechnet $a_\tau^{\text{SM}} = 1{,}177 \times 10^{-3}$, was einem Verhältnis $\Delta a(\tau{-}e)/\Delta a(\mu{-}e) = 2{,}80$ entspricht. T0 sagt $19{,}4$ — Faktor 7, klar testbar bei Belle II.

0.7 Die fraktale Korrektur $K_{\text{frak}}^{3/2}$: Auflösung der 2% Abweichung

0.7.1 Zentrale Erkenntnis

Die 2% Abweichung der idealen g-2 Formel ist **identisch** mit der fraktalen Korrektur $K_{\text{frak}}^{3/2}$, die bereits aus den Massenformeln bekannt ist:

$$\boxed{k_{\text{eff}} = \frac{k_{\text{geom}}}{K_{\text{frak}}^{3/2}} = \frac{(2/\sqrt{\varphi})\sqrt{2}}{(1-100\xi)^{3/2}} = \frac{2{,}224}{0{,}98007} = 2{,}2692} \tag{52}$$

Der experimentell rekonstruierte Wert $k_{\text{rek}} = 2{,}2696$ bestätigt dies auf **0,014%**.

0.7.2 Warum der Exponent $3/2$?

Der Exponent $3/2 = D/2$ hat eine klare geometrische Bedeutung:

- Die fraktale Korrektur $K_{\text{frak}} = 1 - 100\xi$ beschreibt die Abweichung des realen Gitters von der idealen Kristallstruktur
- Bei der 4D→3D Projektion (k_{geom}) wirkt diese Korrektur über $D = 3$ Raumdimensionen
- Pro Dimension: $K_{\text{frak}}^{1/2}$ (Wurzel aus der 1D-Korrektur)
- Gesamt: $K_{\text{frak}}^{D/2} = K_{\text{frak}}^{3/2}$

0.7.3 Konsistenz mit anderen T0-Korrekturen

Physikalische Größe	K_{frak}-Exponent	Interpretation
Teilchenmassen	K_{frak}^1	Skalare Korrektur (1D)
g-2 Projektionsfaktor	$K_{\text{frak}}^{3/2}$	3D-Raumprojektion ($D/2$)
Gravitationskonstante	K_{frak}^1	Skalare Korrektur (1D)

Tabelle 3: Universelle fraktale Korrektur mit kontextabhängigem Exponenten

Die verschiedenen Exponenten sind **keine freien Parameter**, sondern ergeben sich aus der Dimensionalität des jeweiligen physikalischen Prozesses.

0.8 Die Brückenformel: Drei Zahlen, eine Vorhersage

Die gesamte T0-Komplexität kürzt sich weg. Die Tau-Vorhersage braucht **nur**:
1. a_e und a_μ (experimentell gemessen)
2. $m_\tau/m_\mu = 16{,}817$ (experimentell, hochpräzise)
3. Den rationalen Faktor $144/125$ aus der T0-Geometrie

0.8.1 Die Rechnung

Schritt 1: Gemessene Differenz

$$\Delta a(\mu\text{—}e) = a_\mu - a_e = 6{,}269 \times 10^{-6} \tag{53}$$

Schritt 2: Brückenformel (Gl. 31) einsetzen

$$\frac{\Delta a(\tau\text{—}e)}{\Delta a(\mu\text{—}e)} = \frac{144}{125} \cdot \frac{m_\tau}{m_\mu} = 1{,}152 \times 16{,}817 = 19{,}37 \tag{54}$$

Schritt 3: Ergebnis

$$\Delta a(\tau\text{—}e) = 19{,}37 \times 6{,}269 \times 10^{-6} = 1{,}214 \times 10^{-4} \tag{55}$$

$$a_\tau = a_e + \Delta a(\tau\text{—}e) = \boxed{1{,}281 \times 10^{-3}} \tag{56}$$

Das ist alles. Kein α, kein k_{eff}, kein K_{frak}, keine Störungstheorie, keine 12 672 Feynman-Diagramme.

0.8.2 Warum so einfach?

Die T0-Theorie liefert $\Delta a_i = 4\pi/f^{q_i}$, woraus $\Delta a(\tau\text{—}e)/\Delta a(\mu\text{—}e) = f^{1/3}$ folgt. Aus den Massen folgt $m_\tau/m_\mu = (125/144) \cdot f^{1/3}$. Kombination:

$$\frac{\Delta a(\tau\text{—}e)}{\Delta a(\mu\text{—}e)} = \frac{144}{125} \cdot \frac{m_\tau}{m_\mu} \tag{57}$$

Der Parameter f kürzt sich heraus. Die Vorhersage ist **unabhängig** vom genauen Wert von f, ξ, k_{eff} oder anderen T0-Parametern. Sie folgt allein aus:
1. Der Existenz einer $1/3$-Schrittweite (Koide-Struktur)
2. Der Tatsache, dass diese Schrittweite sowohl in Massen als auch in $g-2$ erscheint

0.8.3 Falsifizierbarkeit

Selbst wer der gesamten T0-Theorie skeptisch gegenübersteht, kann diese eine Relation testen:

- Belle II misst $a_\tau \approx 1{,}18 \times 10^{-3}$: Relation **falsifiziert**.
- Belle II misst $a_\tau \approx 1{,}28 \times 10^{-3}$: Koide-$g$-$2$-Verbindung **bestätigt** — unabhängig vom Rest der Theorie.

0.9 Experimentelle Tests

0.9.1 Belle II (2027–2028)

Belle II erwartet Sensitivität von $\sim 10^{-7}$ für a_τ.

Test 1: Absolutwert

- T0-Vorhersage (korrigiert): $a_\tau = 1{,}245 \times 10^{-3}$
- T0 aus Brückenformel: $a_\tau = 1{,}282 \times 10^{-3}$
- SM: $a_\tau = 1{,}177 \times 10^{-3}$
- Differenz T0 vs. SM: 9%

Test 2: Verhältnis

- T0-Vorhersage: $\Delta a(\tau - \mu)/\Delta a(\mu - e) = 18{,}57$
- Dies ist die **präzisere** Vorhersage!
- Unabhängig von absoluter Kalibrierung

Mögliche Ergebnisse:

1. **Bestätigung**: Verhältnis $\approx 18{,}6$
   $\Rightarrow$ Starke Evidenz für fraktale Struktur-Hypothese
2. **Abweichung**: Verhältnis $\neq 18{,}6$
   $\Rightarrow$ Andere fraktale Dimensionen oder zusätzliche Physik
3. **Null-Ergebnis:** $a_\tau < 10^{-8}$
   $\Rightarrow$ T0-Beiträge unterdrückt oder Theorie benötigt Revision

0.9.2 Fermilab/J-PARC

Weitere Präzisionsverbesserungen für a_μ:

- Reduktion experimenteller Unsicherheiten
- Klarere Bestimmung der SM-Diskrepanz
- Verfeinerung der $\Delta a(\mu - e)$ Messung

0.10 Vergleich mit anderen Ansätzen

Ansatz	Präzision	Parameter	Erklärbar
QED (SM)	Perfekt	Viele	Ja
T0 (ideal, k_{geom})	2%	0	**Vollständig**
T0 (mit $K_{\text{frak}}^{3/2}$)	0,01–0,15%	0	**Vollständig**

Tabelle 4: Vergleich verschiedener Ansätze

T0-Philosophie: Wir wählen **Erklärbarkeit** über Präzision!

0.11 Beweis: Die experimentelle Rekonstruktion IST die fraktale Korrektur

0.11.1 Die zentrale Erkenntnis

Das Verhältnis $\Delta a(\tau - \mu)/\Delta a(\mu - e) = f^{1/3} - 1$ ist **mathematisch exakt**, weil sich dabei der Korrekturwert k_{geom} vollständig herauskürzt.

In Rev. 10 wurde der experimentell rekonstruierte Wert $k_{\text{rek}} = 2{,}269$ als „semi-empirisch" betrachtet. Nun zeigt sich: Dieser Wert ist **exakt die fraktale Korrektur**:

$$\boxed{k_{\text{eff}} = \frac{k_{\text{geom}}}{K_{\text{frak}}^{3/2}} = \frac{2{,}224}{(1-100\xi)^{3/2}} = \frac{2{,}224}{0{,}98007} = 2{,}2692} \tag{58}$$

0.11.2 Vergleich: Rekonstruiert vs. fraktal korrigiert

$$k_{\text{geom}}^{(\text{rekonstruiert})} = \frac{S_3/f}{a_e^{(\text{exp})}} = \frac{2\pi^2/7500}{1{,}160 \times 10^{-3}} = 2{,}2696 \tag{59}$$

Vergleich:

- Geometrisch ideal: $k_{\text{geom}} = (2/\sqrt{\varphi}) \times \sqrt{2} = 2{,}224$
- Fraktal korrigiert: $k_{\text{eff}} = k_{\text{geom}}/K_{\text{frak}}^{3/2} = 2{,}2692$
- Aus Experiment rekonstruiert: $k_{\text{geom}}^{(\text{rek})} = 2{,}2696$
- **Differenz k_{eff} vs. k_{rek}: 0,014%**

Dies beweist: Die „semi-empirische“ Rekonstruktion war die ganze Zeit die **rein geometrische** fraktale Korrektur $K_{\text{frak}}^{3/2}$.

0.11.3 Ergebnisse mit fraktaler Korrektur

Lepton	Ideal ($k = 2{,}224$)	Korr. ($k_{\text{eff}} = 2{,}269$)	Experiment	Abw.
Elektron	$1{,}184 \times 10^{-3}$	$1{,}1598 \times 10^{-3}$	$1{,}1597 \times 10^{-3}$	**0,01%**
Myon	$1{,}188 \times 10^{-3}$	$1{,}1642 \times 10^{-3}$	$1{,}1659 \times 10^{-3}$	**0,15%**
Tau	$1{,}269 \times 10^{-3}$	$1{,}2454 \times 10^{-3}$	(nicht gemessen)	Vorhersage

Tabelle 5: Absolutwerte mit geometrischem vs. fraktal korrigiertem k_{eff}

Wichtig

Entscheidender Punkt Die 2% Abweichung der idealen Formel wird **vollständig** durch $K_{\text{frak}}^{3/2}$ erklärt:

- Elektron: $2{,}03\% \to 0{,}014\%$ (Faktor 145 besser)
- Myon: $1{,}89\% \to 0{,}15\%$ (Faktor 13 besser)
- Die fraktale Korrektur ist **kein neuer Parameter**, sondern folgt aus $\xi = 4/30000$

Damit ist die T0-g-2-Berechnung **vollständig parameterfrei** mit einer Präzision von 0,01–0,15%.

0.11.4 Alternative: Direkt aus Verhältnis-Relation

Man kann auch direkt das exakte Verhältnis $f^{1/3} - 1$ auf die experimentelle Differenz anwenden:

$$\Delta a(\mu - e)^{(\text{exp})} = a_\mu^{(\text{exp})} - a_e^{(\text{exp})} = 6{,}269 \times 10^{-6} \tag{60}$$

$$\Delta a(\tau - \mu) = \Delta a(\mu - e)^{(\text{exp})} \times (f^{1/3} - 1) \tag{61}$$

$$= 6{,}269 \times 10^{-6} \times 18{,}57 = 1{,}164 \times 10^{-4} \tag{62}$$

$$a_\tau^{(\text{Verhältnis})} = a_\mu^{(\text{exp})} + \Delta a(\tau - \mu) \tag{63}$$

$$= 1{,}166 \times 10^{-3} + 1{,}164 \times 10^{-4} \tag{64}$$

$$= \boxed{1{,}282 \times 10^{-3}} \tag{65}$$

Beachte: Beide Wege — Brückenformel (Gl. 31) und $f^{1/3}$-Relation — geben $1{,}282 \times 10^{-3}$ (die 1% Differenz zwischen $19{,}37$ und $19{,}57$ spiegelt die kleine

Abweichung der T0-Massen vom Experiment wider). Beide sind **unabhängig** von k_{geom} und verwenden nur die exakte geometrische Verhältnis-Struktur.

0.11.5 Zwei komplementäre Tau-Vorhersagen

Methode	a_τ**-Vorhersage**	**Abhängig von**
Rein geometrisch (ideal)	$1{,}269 \times 10^{-3}$	$k_{\text{geom}} = 2{,}224$ (ideal)
Mit $K_{\text{frak}}^{3/2}$-Korrektur	$1{,}245 \times 10^{-3}$	$k_{\text{eff}} = 2{,}269$ (geometrisch abgeleitet)
Aus Verhältnis/Brücke	$1{,}282 \times 10^{-3}$	Nur f und exp. Massen (exakt)
Spannweite	$1{,}25$–$1{,}28 \times 10^{-3}$	$\pm 1{,}5\%$

Tabelle 6: Drei T0-Vorhersagen für a_τ

0.11.6 Was bedeutet das für Belle II?

Wenn Belle II misst:

1. $a_\tau \approx 1{,}28 \times 10^{-3}$**:**
   - ✓ Bestätigt die exakte Verhältnis-Relation $f^{1/3} - 1$
   - ✓ Zeigt, dass experimentelle a_μ und Verhältnis-Struktur korrekt sind
   - → **Stärkste Bestätigung der T0-Geometrie**
2. $a_\tau \approx 1{,}25 \times 10^{-3}$**:**
   - ✓ Bestätigt fraktale Korrektur $k_{\text{eff}} = k_{\text{geom}}/K_{\text{frak}}^{3/2}$
   - ✓ Zeigt, dass die 2% Abweichung vollständig durch $K_{\text{frak}}^{3/2}$ erklärt wird
   - → **Stärkste Bestätigung der fraktalen T0-Geometrie**
3. $a_\tau \approx 1{,}27$–$1{,}28 \times 10^{-3}$**:**
   - ✓ Bestätigt die exakte Verhältnis-Relation $f^{1/3} - 1$
   - ? Fraktale Korrektur bei Tau mit anderem Exponenten?
4. a_τ **außerhalb** $1{,}24$–$1{,}28$**:**
   - $\times$ T0-Struktur benötigt Revision

Kernaussage

Die 2% Abweichung der rein geometrischen T0-Vorhersagen wird **vollständig** durch die fraktale Korrektur $K_{\text{frak}}^{3/2}$ erklärt:

- Elektron: $2{,}03\% \to 0{,}014\%$

- Myon: $1{,}89\% \to 0{,}15\%$

Der effektive Projektionsfaktor $k_{\text{eff}} = k_{\text{geom}}/K_{\text{frak}}^{3/2} = 2{,}2692$ ist **kein neuer freier Parameter**, sondern folgt direkt aus $\xi = 4/30000$.
Die präziseste T0-Vorhersage für Tau nutzt die Brückenformel:

$$\boxed{a_\tau = 1{,}282 \times 10^{-3}} \tag{66}$$

0.12 Wichtiger Hinweis: Kein α in den T0 g-2 Formeln

WICHTIG: Die T0-Formeln für g-2 enthalten **kein** α!
In natürlichen Einheiten ($\hbar = c = \alpha = 1$):

$$a_\ell = f(\varphi, \xi, f, \text{Generationsquantenzahlen})$$

Das anomale Moment ist eine **rein geometrische Größe**, die aus der Windungsstruktur im Torsionsgitter folgt.

Verhältnisse wie $\Delta a(\tau - \mu)/\Delta a(\mu - e) = f^{1/3} - 1$ sind **unabhängig** von:

- α (Feinstrukturkonstante)
- SI-Umrechnungsfaktoren
- k_{geom} (Projektionsfaktor)

Sie hängen NUR von der fraktalen Struktur ab!

T0 leitet α ab: Während das SM die Feinstrukturkonstante aus dem Experiment entnimmt ($\alpha_{\text{exp}} = 1/137{,}036$), berechnet T0 sie direkt: $\alpha = \xi \cdot E_0^2$ mit $E_0 = 7{,}398$ MeV ergibt $1/\alpha_{\text{T0}} = 137{,}035$ — nur $0{,}0005\%$ vom Experiment entfernt.

0.12.1 Fairer Vergleich: SM vs. T0

Ein häufiger Einwand lautet, dass das SM a_e auf 10^{-12} berechnet, während T0 nur $0{,}014\%$ erreicht. Dieser Vergleich ist jedoch irreführend:

- **SM-Zirkularität:** Das SM extrahiert α aus der a_e-Messung und berechnet dann a_e mit diesem α. Für Elektron und Myon ist das ein zirkulärer Fit — keine unabhängige Vorhersage.
- **T0 leitet α ab:** Aus ξ allein, ohne Messung. Die $0{,}0005\%$ Abweichung ist eine echte, unabhängige Vorhersage.
- **Wo die Theorien divergieren:** Nicht bei e oder μ, sondern beim **Tau**. T0: $a_\tau \approx 1{,}282 \times 10^{-3}$, SM: $a_\tau \approx 1{,}177 \times 10^{-3}$ — 9% Unterschied, testbar bei Belle II.

0.13 Zusammenfassung

0.13.1 Was wir zeigen

1. g-2 folgt aus **rein geometrischen Prinzipien**:
   - φ (goldener Schnitt)
   - ξ (Torsionskonstante)
   - f (Sub-Planck-Faktor)
   - K_{frak} (fraktale Korrektur)
2. Absolute Werte mit fraktaler Korrektur $K_{\text{frak}}^{3/2}$:
   - Elektron: 0,014% Abweichung
   - Myon: 0,15% Abweichung
   - Korrektur ist **kein Fit**, sondern folgt aus ξ
3. **Verhältnisse sind exakt**:

$$\frac{\Delta a(\tau-\mu)}{\Delta a(\mu-e)} = f^{1/3} - 1 = 18{,}57 \tag{67}$$

4. Testbare Tau-Vorhersage: $a_\tau = 1{,}245$–$1{,}282 \times 10^{-3}$ (SM: $1{,}177 \times 10^{-3}$, Differenz 9%)

0.13.2 Kernbotschaft

Vollständig geometrische Beschreibung

Die T0-Theorie erklärt g-2 aus denselben geometrischen Prinzipien wie Massen, fundamentale Konstanten (G, α, v) und Generationenstruktur. Die 2% Abweichung der idealen Formel wird **vollständig** durch die fraktale Korrektur $K_{\text{frak}}^{3/2}$ erklärt – der effektive Projektionsfaktor $k_{\text{eff}} = k_{\text{geom}}/K_{\text{frak}}^{3/2} = 2{,}269$ stimmt mit dem experimentell rekonstruierten Wert auf 0,014% überein. Verhältnis-Vorhersagen wie $\Delta a(\tau-\mu)/\Delta a(\mu-e) = 18{,}57$ sind parameterfrei und exakt – analog zur Koide-Formel für Massen. Dies ermöglicht klare experimentelle Tests bei Belle II.

Weiterführende Literatur und Ressourcen

T0-Theorie und Python-Skripte:

- Repository: github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality

- Python-Skripte: github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/python/
- Dokumentation Zeit-Masse-Dualität
- Fundamental Fraktale Geometrische Feldtheorie (FFGFT)

Experimentelle Ergebnisse:

- Fermilab Muon g-2 (2025): muon-g-2.fnal.gov
- Theory Initiative White Paper
- Belle II: www.belle2.org

Verwandte T0-Dokumente:

- Leptonmassen: Systematische Herleitung aus Quantenzahlen
- Koide-Formel in T0: Geometrische Interpretation
- Fraktale Raumzeit: $D_f = 3 - \xi$