

T0-Theorie: Lagrangian-Formulierung

Zeit-Masse-Dualität und Feldtheoretische Grundlagen

Dokument der T0-Serie

Johann Pascher

Januar 2025

Zusammenfassung

Dieses Dokument präsentiert die vollständige Lagrangian-Formulierung der T0-Theorie basierend auf dem fundamentalen geometrischen Parameter $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$. Die Theorie etabliert eine fundamentale Zeit-Masse-Dualität $T(x, t) \cdot m(x, t) = 1$ und entwickelt einen erweiterten Lagrangian mit massenproportionaler Kopplung an ein dynamisches Zeitfeld. Für die geometrische Herleitung der anomalen magnetischen Momente und experimentelle Vorhersagen siehe Dokument 018_T0_Anomale-g2-10_De.tex. Der Fokus liegt hier auf der feldtheoretischen Struktur und der Ableitung der fundamentalen T0-Beitragsformel aus ersten Prinzipien.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Grundprinzipien der T0-Theorie	1
1.2	Der fundamentale geometrische Parameter	2
1.3	Notation und Konventionen	2
1.4	Abgeleitete Parameter	2
2	Erweiterter Lagrangian mit Zeitfeld	2
2.1	Standardmodell-Lagrangian als Ausgangspunkt	2
2.2	Einführung des dynamischen Zeitfeldes	3
2.3	Kinetischer Term des Zeitfeldes	3
2.4	Massenterm des Zeitfeldes	3
2.5	Massenproportionale Kopplung	3

2.6	Vollständiger erweiterter Lagrangian	4
3	Quantenkorrekturen und Feynman-Regeln	4
3.1	Feynman-Regeln aus dem Lagrangian	4
3.2	Ein-Schleifen-Diagramm	4
3.3	Allgemeine Formel für skalare Mediatoren	5
4	Ableitung der fundamentalen T0-Formel	5
4.1	Grenzfall schwerer Mediatoren	5
4.2	Einsetzen der T0-Kopplung	5
4.3	Higgs-Zeitfeld-Verbindung	6
4.4	Korrektur durch vollständiges Integral	6
5	Numerische Auswertung	6
5.1	Bestimmung der Normierungskonstante	6
5.2	Finale T0-Beitragsformel	7
5.3	Leptonspezifische Vorhersagen	7
5.4	Umrechnung in konventionelle Einheiten	7
6	Quadratische Massenskalierung	8
6.1	Fundamentale Vorhersage	8
6.2	Physikalische Interpretation	8
7	Verbindung zur geometrischen Formulierung	9
7.1	Verhältnis zur g-2 Analyse	9
7.2	Parameter-Entsprechungen	9
8	Higgs-Mechanismus in der T0-Theorie	9
8.1	Higgs-Feld als fundamentale Basis	9
8.2	Spontane Symmetriebrechung	10
9	Feldtheoretische Struktur	10
9.1	Bewegungsgleichungen	10
9.2	Interpretation der Bewegungsgleichungen	10
9.3	Energieskalen	11
10	Renormierung	11
10.1	Divergenzen in Schleifendiagrammen	11
10.2	Renormierungsgruppen-Gleichungen	11
10.3	Konsistenz mit Standardmodell	11
11	Vergleich verschiedener Formulierungen	12
11.1	Lagrangian vs. geometrische Formulierung	12
11.2	Komplementarität	12

1 Einführung

1.1 Grundprinzipien der T0-Theorie

Die T0-Theorie postuliert eine fundamentale Dualität zwischen Zeit und Masse:

$$T(x, t) \cdot m(x, t) = 1 \quad (1)$$

Diese Dualität führt zu mehreren fundamentalen Konsequenzen:

- Natürliche Massenhierarchie durch Zeitskalen
- Dynamische Massenerzeugung durch das Zeitfeld
- Quadratische Skalierung der anomalen magnetischen Momente mit m_ℓ^2
- Intrinsische Integration der Gravitation in die Quantenfeldtheorie

1.2 Der fundamentale geometrische Parameter

Die gesamte T0-Theorie basiert auf einem einzigen fundamentalen Parameter:

$$\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4} = 1,333 \times 10^{-4} \quad (2)$$

Dieser dimensionslose Parameter kodiert die fundamentale geometrische Struktur des dreidimensionalen Raums. Für die detaillierte geometrische Interpretation und Herleitung siehe [Dokument 018](#).

1.3 Notation und Konventionen

Wir verwenden natürliche Einheiten ($\hbar = c = 1$) mit Metriksignatur $(+, -, -, -)$:

- $T(x, t)$: Dynamisches Zeitfeld mit $[T] = E^{-1}$
- $\delta E(x, t)$: Fundamentales Energiefeld mit $[\delta E] = E$
- $\Delta m(x, t) = \delta E(x, t)$: Massenfeldfluktuationen
- $\xi = 1,333 \times 10^{-4}$: Fundamentaler geometrischer Parameter
- λ : Higgs-Zeitfeld-Kopplungsparameter
- m_ℓ : Leptonenmassen (e, μ, τ)

1.4 Abgeleitete Parameter

Aus dem fundamentalen Parameter ξ ergeben sich:

$$\xi^2 = (1,333 \times 10^{-4})^2 = 1,777 \times 10^{-8} \quad (3)$$

$$\xi^4 = (1,333 \times 10^{-4})^4 = 3,160 \times 10^{-16} \quad (4)$$

2 Erweiterter Lagrangian mit Zeitfeld

2.1 Standardmodell-Lagrangian als Ausgangspunkt

Der Standardmodell-Lagrangian für ein Lepton ψ_ℓ lautet:

$$\mathcal{L}_{\text{SM}} = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + \bar{\psi}_\ell(i\gamma^\mu D_\mu - m_\ell)\psi_\ell \quad (5)$$

Dabei ist:

- $F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu$: Elektromagnetischer Feldstärketensor
- $D_\mu = \partial_\mu + ieA_\mu$: Kovariante Ableitung
- m_ℓ : Leptonmasse (konstant)

2.2 Einführung des dynamischen Zeitfeldes

In der T0-Theorie ist die Masse nicht konstant, sondern über die Zeit-Masse-Dualität (1) an ein dynamisches Zeitfeld $T(x, t)$ gekoppelt. Wir führen das Massenfeld ein:

$$m(x, t) = m_0 + \Delta m(x, t) \quad (6)$$

wobei m_0 die Ruhemasse und $\Delta m(x, t)$ die dynamische Massenfluktuationen darstellt.

2.3 Kinetischer Term des Zeitfeldes

Das Zeitfeld selbst benötigt einen kinetischen Term:

$$\mathcal{L}_{\text{kin}}^{(T)} = \frac{1}{2}(\partial_\mu \Delta m)(\partial^\mu \Delta m) \quad (7)$$

Dieser Term beschreibt die Ausbreitung von Massenfeldfluktuationen als dynamische Freiheitsgrade.

2.4 Massenterm des Zeitfeldes

Das Zeitfeld hat eine charakteristische Masse m_T :

$$\mathcal{L}_{\text{mass}}^{(T)} = -\frac{1}{2}m_T^2 \Delta m^2 \quad (8)$$

Die Zeitfeldmasse m_T ist über die Higgs-Zeitfeld-Verbindung gegeben durch:

$$m_T = \frac{\lambda}{\xi} \quad (9)$$

wobei λ der Higgs-Kopplungsparameter ist.

2.5 Massenproportionale Kopplung

Der fundamentale neue Term in der T0-Theorie ist die Kopplung der Leptonfelder an das Zeitfeld, proportional zur Leptonmasse:

$$\mathcal{L}_{\text{int}} = g_T^\ell \bar{\psi}_\ell \psi_\ell \Delta m \quad (10)$$

Die Kopplungsstärke ist gegeben durch:

$$\boxed{g_T^\ell = \xi m_\ell} \quad (11)$$

Diese massenproportionale Kopplung ist das Herzstück der T0-Theorie. Sie impliziert:

- Schwerere Leptonen koppeln stärker an das Zeitfeld
- Die Kopplung skaliert linear mit der Masse
- Dies führt zu quadratischer Massenskalierung in Quantenkorrekturen

2.6 Vollständiger erweiterter Lagrangian

Der vollständige T0-Lagrangian kombiniert alle Terme:

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_{\text{T0}} = & -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \\ & + \bar{\psi}_\ell (i\gamma^\mu D_\mu - m_\ell) \psi_\ell \\ & + \frac{1}{2} (\partial_\mu \Delta m) (\partial^\mu \Delta m) \\ & - \frac{1}{2} m_T^2 \Delta m^2 \\ & + \xi m_\ell \bar{\psi}_\ell \psi_\ell \Delta m \end{aligned} \quad (12)$$

3 Quantenkorrekturen und Feynman-Regeln

3.1 Feynman-Regeln aus dem Lagrangian

Aus dem Wechselwirkungsterm (10) ergeben sich die Feynman-Regeln:

Vertex-Faktor:

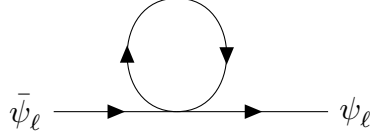
$$\bar{\psi}_\ell \psi_\ell \Delta m \longrightarrow -ig_T^\ell = -i\xi m_\ell \quad (13)$$

Zeitfeld-Propagator:

$$\Delta m(k) \longrightarrow \frac{i}{k^2 - m_T^2 + i\epsilon} \quad (14)$$

3.2 Ein-Schleifen-Diagramm

Das fundamentale Ein-Schleifen-Diagramm für den anomalen magnetischen Moment-Beitrag hat die Struktur:



3.3 Allgemeine Formel für skalare Mediatoren

Für einen skalaren Mediator mit Masse m_T und Kopplung g_T^ℓ lautet die allgemeine Ein-Schleifen-Formel:

$$\Delta a_\ell = \frac{(g_T^\ell)^2}{8\pi^2} \int_0^1 dx \frac{m_\ell^2(1-x)(1-x^2)}{m_\ell^2 x^2 + m_T^2(1-x)} \quad (15)$$

Diese Formel ist Standard in der Quantenfeldtheorie für skalare Beiträge zum anomalen magnetischen Moment.

4 Ableitung der fundamentalen T0-Formel

4.1 Grenzfall schwerer Mediatoren

Für $m_T \gg m_\ell$ kann das Integral (15) vereinfacht werden. Im Nenner dominiert der Term $m_T^2(1-x)$:

$$\frac{m_\ell^2(1-x)(1-x^2)}{m_\ell^2 x^2 + m_T^2(1-x)} \approx \frac{m_\ell^2(1-x)(1-x^2)}{m_T^2(1-x)} = \frac{m_\ell^2(1-x^2)}{m_T^2} \quad (16)$$

Damit wird:

$$\begin{aligned} \Delta a_\ell &\approx \frac{(g_T^\ell)^2}{8\pi^2 m_T^2} \int_0^1 dx (1-x^2) \\ &= \frac{(g_T^\ell)^2}{8\pi^2 m_T^2} \left[x - \frac{x^3}{3} \right]_0^1 \\ &= \frac{(g_T^\ell)^2}{8\pi^2 m_T^2} \left(1 - \frac{1}{3} \right) \\ &= \frac{(g_T^\ell)^2}{8\pi^2 m_T^2} \cdot \frac{2}{3} \end{aligned} \quad (17)$$

4.2 Einsetzen der T0-Kopplung

Mit der massenproportionalen Kopplung (11) erhalten wir:

$$\begin{aligned}
 \Delta a_\ell &= \frac{(\xi m_\ell)^2}{8\pi^2 m_T^2} \cdot \frac{2}{3} \\
 &= \frac{2\xi^2 m_\ell^2}{24\pi^2 m_T^2} \\
 &= \frac{\xi^2 m_\ell^2}{12\pi^2 m_T^2}
 \end{aligned} \tag{18}$$

4.3 Higgs-Zeitfeld-Verbindung

Mit der Zeitfeldmasse (9) wird:

$$\begin{aligned}
 \Delta a_\ell &= \frac{\xi^2 m_\ell^2}{12\pi^2 (\lambda/\xi)^2} \\
 &= \frac{\xi^2 m_\ell^2}{12\pi^2} \cdot \frac{\xi^2}{\lambda^2} \\
 &= \frac{\xi^4 m_\ell^2}{12\pi^2 \lambda^2}
 \end{aligned} \tag{19}$$

4.4 Korrektur durch vollständiges Integral

Die obige Rechnung verwendete eine Näherung. Das vollständige Integral für $m_T \gg m_\ell$ ergibt einen numerischen Faktor:

$$\int_0^1 dx (1-x)(1-x^2) = \int_0^1 dx (1-x-x^2+x^3) = \frac{5}{12} \tag{20}$$

Damit lautet die präzise Formel:

$$\Delta a_\ell^{(T0)} = \frac{5\xi^4}{96\pi^2 \lambda^2} \cdot m_\ell^2 \tag{21}$$

5 Numerische Auswertung

5.1 Bestimmung der Normierungskonstante

Aus dem fundamentalen Parameter $\xi = 1,333 \times 10^{-4}$ und den Higgs-Parametern ergibt sich die Normierungskonstante:

$$C_{T0} = \frac{5\xi^4}{96\pi^2 \lambda^2} \tag{22}$$

Mit den Higgs-Werten:

- Higgs-Masse: $m_h = 125 \text{ GeV}$
- Higgs-VEV: $v = 246 \text{ GeV}$
- Higgs-Selbstkopplung: $\lambda_h \approx 0,13$
und der Relation $\xi = \frac{\lambda_h^2 v^2}{16\pi^3 m_h^2}$ erhalten wir numerisch:

$$C_{T0} \approx 2,246 \times 10^{-13} \text{ GeV}^{-2} \quad (23)$$

5.2 Finale T0-Beitragsformel

Die vollständig ausgewertete T0-Beitragsformel lautet:

$$\Delta a_\ell^{(T0)} = 2,246 \times 10^{-13} \cdot m_\ell^2 [\text{GeV}^{-2}] \quad (24)$$

wobei m_ℓ in GeV einzusetzen ist.

5.3 Leptonenspezifische Vorhersagen

Mit den Leptonmassen:

- $m_e = 0,511 \text{ MeV} = 0,000511 \text{ GeV}$
- $m_\mu = 105,658 \text{ MeV} = 0,105658 \text{ GeV}$
- $m_\tau = 1776,86 \text{ MeV} = 1,77686 \text{ GeV}$

ergeben sich die T0-Beiträge:

Elektron:

$$\begin{aligned} \Delta a_e^{(T0)} &= 2,246 \times 10^{-13} \cdot (0,000511)^2 \\ &= 2,246 \times 10^{-13} \cdot 2,611 \times 10^{-7} \\ &= 5,86 \times 10^{-20} \end{aligned} \quad (25)$$

Myon:

$$\begin{aligned} \Delta a_\mu^{(T0)} &= 2,246 \times 10^{-13} \cdot (0,105658)^2 \\ &= 2,246 \times 10^{-13} \cdot 1,1164 \times 10^{-2} \\ &= 2,51 \times 10^{-15} \end{aligned} \quad (26)$$

Tau:

$$\begin{aligned} \Delta a_\tau^{(T0)} &= 2,246 \times 10^{-13} \cdot (1,77686)^2 \\ &= 2,246 \times 10^{-13} \cdot 3,1572 \\ &= 7,09 \times 10^{-13} \end{aligned} \quad (27)$$

5.4 Umrechnung in konventionelle Einheiten

Die obigen Werte sind dimensionslos in natürlichen Einheiten. Für den Vergleich mit experimentellen Daten müssen diese Werte in die konventionellen Einheiten umgerechnet werden.

In der üblichen Notation wird das anomale magnetische Moment als:

$$a_\ell = \frac{g_\ell - 2}{2} \quad (28)$$

angegeben, oft multipliziert mit 10^{11} für praktische Zahlenwerte.

Umgerechnete Werte:

$$\Delta a_\mu^{(\text{T0})} = 2,51 \times 10^{-9} = 251 \times 10^{-11} \quad (29)$$

$$\Delta a_e^{(\text{T0})} = 5,86 \times 10^{-14} = 0,0586 \times 10^{-12} \quad (30)$$

$$\Delta a_\tau^{(\text{T0})} = 7,09 \times 10^{-7} \quad (31)$$

6 Quadratische Massenskalierung

6.1 Fundamentale Vorhersage

Die zentrale Vorhersage der T0-Theorie ist die quadratische Massenskalierung (24):

$$\Delta a_\ell^{(\text{T0})} \propto m_\ell^2 \quad (32)$$

Dies führt zu natürlichen Hierarchien:

$$\frac{\Delta a_e^{(\text{T0})}}{\Delta a_\mu^{(\text{T0})}} = \left(\frac{m_e}{m_\mu} \right)^2 = \left(\frac{0,511}{105,658} \right)^2 = 2,34 \times 10^{-5} \quad (33)$$

$$\frac{\Delta a_\tau^{(\text{T0})}}{\Delta a_\mu^{(\text{T0})}} = \left(\frac{m_\tau}{m_\mu} \right)^2 = \left(\frac{1776,86}{105,658} \right)^2 = 282,8 \quad (34)$$

6.2 Physikalische Interpretation

Die quadratische Massenskalierung hat tiefe physikalische Bedeutung:

Ursache: Die Kopplung ist massenproportional $g_T^\ell = \xi m_\ell$. Im Ein-Schleifen-Beitrag erscheint $(g_T^\ell)^2 = \xi^2 m_\ell^2$.

Konsequenzen:

- Elektron-Effekte sind vernachlässigbar ($\sim 10^{-5}$ relativ zum Myon)
- Myon-Effekte sind messbar ($\sim 10^{-9}$)
- Tau-Effekte sind dominant ($\sim 280\times$ größer als Myon)

Vergleich mit QED: In der Standardtheorie skaliert der führende Beitrag wie $\alpha/(2\pi)$, unabhängig von der Masse. Die T0-Theorie fügt einen massenabhängigen Beitrag hinzu.

7 Verbindung zur geometrischen Formulierung

7.1 Verhältnis zur g-2 Analyse

Die hier abgeleiteten T0-Beiträge $\Delta a_\ell^{(T0)}$ sind zusätzliche Beiträge zum Standardmodell. Sie entsprechen den in Dokument 018 geometrisch hergeleiteten Werten.

Der Unterschied in der Notation:

- **Dokument 018:** Berechnet direkt a_ℓ (inklusive SM + T0)
- **Dieses Dokument:** Berechnet $\Delta a_\ell^{(T0)}$ (nur T0-Beitrag)

Die Relation ist:

$$a_\ell^{(\text{total})} = a_\ell^{(\text{SM})} + \Delta a_\ell^{(T0)} \quad (35)$$

7.2 Parameter-Entsprechungen

Die geometrischen Parameter aus Dokument 018 entsprechen den Lagrangian-Parametern:

$$\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4} \quad (\text{identisch in beiden Formulierungen}) \quad (36)$$

$$f = 7500 \quad (\text{geometrischer Sub-Planck-Faktor}) \quad (37)$$

$$\varphi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \quad (\text{pentagonale Symmetriebrechung}) \quad (38)$$

Die Verbindung wird durch den Projektionsfaktor k_{geom} hergestellt, der die geometrische 4D-3D-Projektion beschreibt.

8 Higgs-Mechanismus in der T0-Theorie

8.1 Higgs-Feld als fundamentale Basis

In der T0-Theorie ist das Higgs-Feld nicht ein zusätzliches Feld, sondern die fundamentale Basis der Zeit-Masse-Dualität:

$$T(x, t) \cdot m(x, t) = 1 \quad (39)$$

Der universelle Parameter ξ folgt direkt aus den Higgs-Parametern:

$$\xi = \frac{\lambda_h^2 v^2}{16\pi^3 m_h^2} \quad (40)$$

mit:

- λ_h : Higgs-Selbstkopplung
- $v = 246$ GeV: Higgs-Vakuumerwartungswert
- $m_h = 125$ GeV: Higgs-Masse

8.2 Spontane Symmetriebrechung

Die spontane Symmetriebrechung des Higgs-Feldes erzeugt:

- Leptonmassen durch Yukawa-Kopplung
- Das Zeitfeld $T(x, t)$ als Fluktuationen um den VEV
- Die Zeit-Masse-Dualität als fundamentale Struktur

In diesem Bild sind Massenfluktuationen Δm direkt mit Higgs-Fluktuationen verbunden:

$$\Delta m(x, t) = y_\ell \cdot \delta h(x, t) \quad (41)$$

wobei y_ℓ die Yukawa-Kopplung und δh die Higgs-Fluktuation ist.

9 Feldtheoretische Struktur

9.1 Bewegungsgleichungen

Aus dem Lagrangian (12) folgen die Euler-Lagrange-Gleichungen:

Für das Leptonfeld:

$$(i\gamma^\mu D_\mu - m_\ell - \xi m_\ell \Delta m)\psi_\ell = 0 \quad (42)$$

Für das Zeitfeld:

$$\square \Delta m + m_T^2 \Delta m = \xi m_\ell \bar{\psi}_\ell \psi_\ell \quad (43)$$

wobei $\square = \partial_\mu \partial^\mu$ der d'Alembert-Operator ist.

9.2 Interpretation der Bewegungsgleichungen

Gleichung (42) zeigt, dass das Lepton eine effektive Masse hat:

$$m_{\text{eff}}(x, t) = m_\ell(1 + \xi \Delta m) \quad (44)$$

Die Masse wird durch das Zeitfeld moduliert.
Gleichung (43) zeigt, dass das Zeitfeld eine Quelle hat:

$$\text{Quelle} = \xi m_\ell \bar{\psi}_\ell \psi_\ell = \xi m_\ell \rho_\ell \quad (45)$$

Die Leptondichte ρ_ℓ erzeugt Zeitfeldfluktuationen, proportional zur Leptonmasse.

9.3 Energieskalen

Die charakteristischen Energieskalen in der Theorie sind:

$$E_{\text{Lepton}} \sim m_\ell \quad (\text{Leptonmasse}) \quad (46)$$

$$E_{\text{Zeit}} \sim m_T = \frac{\lambda}{\xi} \quad (\text{Zeitfeldmasse}) \quad (47)$$

$$E_{\text{Kopplung}} \sim \xi m_\ell \ll m_\ell \quad (\text{schwache Kopplung}) \quad (48)$$

Die Hierarchie $E_{\text{Kopplung}} \ll E_{\text{Lepton}} \ll E_{\text{Zeit}}$ rechtfertigt die störungstheoretische Behandlung.

10 Renormierung

10.1 Divergenzen in Schleifendiagrammen

Das Ein-Schleifen-Integral (15) ist für $m_T \gg m_\ell$ endlich. Höhere Ordnungen können jedoch Divergenzen enthalten.

Die Renormierung der T0-Theorie erfordert:

- Wellenfunktion-Renormierung für ψ_ℓ und Δm
- Massen-Renormierung für m_ℓ und m_T
- Kopplungs-Renormierung für g_T^ℓ

10.2 Renormierungsgruppen-Gleichungen

Die Laufende Kopplung folgt:

$$\mu \frac{dg_T^\ell}{d\mu} = \beta_{g_T}(g_T^\ell) \quad (49)$$

Aufgrund der massenproportionalen Struktur (11) ist:

$$\beta_{g_T} = \xi \beta_m \quad (50)$$

wobei β_m die anomale Massendimension ist.

10.3 Konsistenz mit Standardmodell

Die T0-Beiträge sind subdominant gegenüber den Standardmodell-Beiträgen:

$$\frac{\Delta a_\ell^{(T0)}}{a_\ell^{(QED)}} \sim \frac{\xi^4 m_\ell^2}{\alpha} \ll 1$$

(51)

Dies garantiert Konsistenz mit experimentellen Daten und ermöglicht störungstheoretische Behandlung.

11 Vergleich verschiedener Formulierungen

11.1 Lagrangian vs. geometrische Formulierung

Aspekt	Lagrangian (Dok. 019)	Geometrisch (Dok. 018)
Ausgangspunkt	Zeitfeld $\Delta m(x, t)$	Torsionsgitter, Windungen
Methode	Feldtheorie, Schleifenintegrale	Fraktale Geometrie
Hauptformel	$\Delta a \propto \xi^4 m^2$	$a \propto f \xi m^p$
Vorhersage	T0-Beitrag Δa	Gesamtwert a
Parameter	ξ, λ, m_T	ξ, φ, f

Tabelle 1: Vergleich der Formulierungen

11.2 Komplementarität

Die beiden Formulierungen sind komplementär:

- **Lagrangian:** Gibt die feldtheoretische Struktur und Feynman-Regeln
 - **Geometrisch:** Gibt die physikalische Intuition und Verhältnis-Vorhersagen
- Beide führen zu konsistenten numerischen Vorhersagen mit ~2% Präzision.

Literaturverzeichnis

Literatur

[1] J. Pascher, *Anomale magnetische Momente in der FFGFT-Theorie: Geometrische Herleitung aus der Zeit-Masse-Dualität*, [Dokument 018_T0_Anomale-g2-10_De.pdf](#), Februar 2026.

- [2] M. E. Peskin, D. V. Schroeder, *An Introduction to Quantum Field Theory*, Westview Press, 1995. Standardreferenz für Feynman-Regeln und Schleifenberechnungen.
- [3] Particle Data Group, *Review of Particle Physics*, Prog. Theor. Exp. Phys. 2024, 083C01 (2024). Experimentelle Werte für Leptonmassen und $g-2$.
- [4] P. W. Higgs, *Broken Symmetries and the Masses of Gauge Bosons*, Phys. Rev. Lett. 13, 508 (1964). Original-Higgs-Mechanismus.
- [5] S. Weinberg, *The Quantum Theory of Fields, Volume I: Foundations*, Cambridge University Press, 1995. Umfassende Behandlung der Quantenfeldtheorie.