

Theorem[section] [theorem]Proposition [theorem]Definition

# Integration der Dirac-Gleichung im T0-Modell: Natürliche-Einheiten-Rahmenwerk mit geometrischen Grundlagen

Johann Pascher

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

## Zusammenfassung

Diese Arbeit integriert die Dirac-Gleichung in das umfassende T0-Modell-Rahmenwerk unter Verwendung natürlicher Einheiten ( $\hbar = c = \alpha_{\text{EM}} = \beta_T = 1$ ) und der vollständigen geometrischen Grundlagen, die in der feldtheoretischen Herleitung des  $\beta$ -Parameters etabliert wurden. Aufbauend auf dem vereinheitlichten natürlichen Einheitensystem und den drei grundlegenden Feldgeometrien (lokaliert sphärisch, lokaliert nicht-sphärisch und unendlich homogen) zeigen wir, wie die Dirac-Gleichung natürlich aus dem Zeit-Masse-Dualitätsprinzip des T0-Modells hervorgeht. Die Arbeit behandelt die Herleitung der  $4 \times 4$ -Matrixstruktur durch geometrische Feldtheorie, etabliert das Spin-Statistik-Theorem im T0-Rahmenwerk und liefert präzise QED-Berechnungen mit den festen Parametern  $\beta = 2Gm/r$ ,  $\xi = 2\sqrt{G} \cdot m$  sowie die Verbindung zur Higgs-Physik durch  $\beta_T = \lambda_h^2 v^2 / (16\pi^3 m_h^2 \xi)$ . Alle Gleichungen behalten strikte Dimensionskonsistenz bei, und die Berechnungen liefern überprüfbare Vorhersagen ohne anpassbare Parameter.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung: Grundlagen des T0-Modells	3
1.1	Grundlegende Prinzipien des T0-Modells	3
1.2	Rahmenwerk der drei Feldgeometrien	4
2	Die Dirac-Gleichung im T0-Natürliche-Einheiten-Rahmenwerk	4
2.1	Modifizierte Dirac-Gleichung mit Zeitfeld	4
2.2	Verbindung zur Feldgleichung	5
2.3	Lagrange-Formulierung	5
3	Geometrische Herleitung der $4 \times 4$ -Matrixstruktur	5
3.1	Zeitfeldgeometrie und Clifford-Algebra	5
3.1.1	Induzierte Metrik durch Zeitfeld	5
3.1.2	Vierbein-Konstruktion	6
3.2	Drei Geometriefälle	6

3.2.1	Lokalisiert sphärisch . . . . .	6
3.2.2	Lokalisiert nicht-sphärisch . . . . .	6
3.2.3	Unendlich homogen . . . . .	6
4	Spin-Statistik-Theorem im T0-Rahmenwerk	6
4.1	Zeit-Masse-Dualität und Statistik . . . . .	6
4.1.1	Modifizierte Feldoperatoren . . . . .	6
4.1.2	Antivertauschungsrelationen . . . . .	7
4.1.3	Kausalitätsanalyse . . . . .	7
5	Präzisions-QED-Berechnungen mit T0-Parametern	7
5.1	T0-QED-Lagrangian . . . . .	7
5.2	Modifizierte Feynman-Regeln . . . . .	7
5.3	Skalenparameter aus der Higgs-Physik . . . . .	8
5.4	Berechnung des anomalen magnetischen Moments des Elektrons . . . . .	8
5.4.1	T0-Beitrag zu g-2 . . . . .	8
5.4.2	Schleifenintegral-Berechnung . . . . .	8
5.4.3	Numerisches Ergebnis . . . . .	9
5.4.4	Vergleich mit Experiment . . . . .	9
5.5	Muon-g-2-Vorhersage . . . . .	9
6	Dimensionskonsistenz-Verifikation	9
6.1	Vollständige Dimensionsanalyse . . . . .	9
7	Experimentelle Vorhersagen und Tests	10
7.1	Charakteristische T0-Vorhersagen . . . . .	10
7.2	Präzisionstests . . . . .	10
8	Verbindung zur Higgs-Physik und Vereinheitlichung	10
8.1	T0-Higgs-Kopplung . . . . .	10
8.2	Massenerzeugung im T0-Rahmenwerk . . . . .	11
8.3	Elektromagnetisch-gravitative Vereinheitlichung . . . . .	11
9	Zusammenfassung und Ausblick	11
9.1	Zusammenfassung der Ergebnisse . . . . .	11
9.2	Wesentliche Erkenntnisse . . . . .	12

# 1 Einleitung: Grundlagen des T0-Modells

Die Integration der Dirac-Gleichung in das T0-Modell stellt einen entscheidenden Schritt zur Etablierung eines vereinheitlichten Rahmenwerks für Quantenmechanik und Gravitationsphänomene dar. Diese Analyse baut auf den umfassenden feldtheoretischen Grundlagen auf, die im T0-Modell-Referenzrahmenwerk etabliert wurden, unter Verwendung natürlicher Einheiten, wo  $\hbar = c = \alpha_{\text{EM}} = \beta_T = 1$ .

## 1.1 Grundlegende Prinzipien des T0-Modells

Das T0-Modell basiert auf der fundamentalen Zeit-Masse-Dualität, wobei das intrinsische Zeitfeld definiert ist als:

$$T(\vec{x}, t) = \frac{1}{\max(m(\vec{x}, t), \omega)} \quad (1)$$

**Dimensionsüberprüfung:**  $[T(\vec{x}, t)] = [1/E] = [E^{-1}]$  in natürlichen Einheiten ✓

Dieses Feld erfüllt die fundamentale Feldgleichung:

$$\nabla^2 m(\vec{x}, t) = 4\pi G \rho(\vec{x}, t) \cdot m(\vec{x}, t) \quad (2)$$

Aus dieser Grundlage ergeben sich die Schlüsselparameter:

T0-Modell-Parameter in natürlichen Einheiten

$$\beta = \frac{2Gm}{r} \quad [1] \text{ (dimensionslos)} \quad (3)$$

$$\xi = 2\sqrt{G} \cdot m \quad [1] \text{ (dimensionslos)} \quad (4)$$

$$\beta_T = 1 \quad [1] \text{ (natürliche Einheiten)} \quad (5)$$

$$\alpha_{\text{EM}} = 1 \quad [1] \text{ (natürliche Einheiten)} \quad (6)$$

## 1.2 Rahmenwerk der drei Feldgeometrien

Das T0-Modell erkennt drei grundlegende Feldgeometrien, jede mit distinkten Parametermodifikationen:

1. **Lokalisiert sphärisch:**  $\xi = 2\sqrt{G} \cdot m, \beta = 2Gm/r$
2. **Lokalisiert nicht-sphärisch:** Tensorieller Erweiterungen  $\xi_{ij}, \beta_{ij}$
3. **Unendlich homogen:**  $\xi_{\text{eff}} = \sqrt{G} \cdot m = \xi/2$  (kosmische Abschirmung)

## 2 Die Dirac-Gleichung im T0-Natürliche-Einheiten-Rahmenwerk

### 2.1 Modifizierte Dirac-Gleichung mit Zeitfeld

Im T0-Modell wird die Dirac-Gleichung modifiziert, um das intrinsische Zeitfeld einzubeziehen:

$$[i\gamma^\mu(\partial_\mu + \Gamma_\mu^{(T)}) - m(\vec{x}, t)]\psi = 0 \quad (7)$$

wobei  $\Gamma_\mu^{(T)}$  die Zeitfeld-Verbindung ist:

$$\Gamma_\mu^{(T)} = \frac{1}{T(\vec{x}, t)} \partial_\mu T(\vec{x}, t) = -\frac{\partial_\mu m}{m^2} \quad (8)$$

**Dimensionsüberprüfung:**

- $[\Gamma_\mu^{(T)}] = [1/E] \cdot [E \cdot E] = [E]$
- $[\gamma^\mu \Gamma_\mu^{(T)}] = [1] \cdot [E] = [E]$  (gleich wie  $\gamma^\mu \partial_\mu$ ) ✓

## 2.2 Verbindung zur Feldgleichung

Die Verbindung  $\Gamma_\mu^{(T)}$  steht in direktem Zusammenhang mit den Lösungen der T0-Feldgleichung. Für den sphärisch symmetrischen Fall:

$$m(r) = m_0 \left(1 + \frac{2Gm}{r}\right) = m_0(1 + \beta) \quad (9)$$

Dies ergibt:

$$\Gamma_r^{(T)} = -\frac{1}{m} \frac{\partial m}{\partial r} = -\frac{1}{m_0(1 + \beta)} \cdot \frac{2Gm \cdot m_0}{r^2} = -\frac{2Gm}{r^2(1 + \beta)} \quad (10)$$

Für kleine  $\beta$  (Schwachfeldnäherung):

$$\Gamma_r^{(T)} \approx -\frac{2Gm}{r^2} = -\frac{2m}{r^2} \quad (11)$$

wobei  $G = 1$  in natürlichen Einheiten verwendet wurde.

## 2.3 Lagrange-Formulierung

Die vollständige T0-Lagrange-Dichte, die das Dirac-Feld einbezieht, lautet:

$$\mathcal{L}_{T0} = \bar{\psi} [i\gamma^\mu (\partial_\mu + \Gamma_\mu^{(T)}) - m(\vec{x}, t)] \psi + \frac{1}{2} (\nabla m)^2 - V(m) - \frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \quad (12)$$

wobei  $V(m)$  das Potential für das Massenfeld ist, das aus den T0-Feldgleichungen abgeleitet wird.

# 3 Geometrische Herleitung der $4 \times 4$ -Matrixstruktur

## 3.1 Zeitfeldgeometrie und Clifford-Algebra

Die  $4 \times 4$ -Matrixstruktur der Dirac-Gleichung ergibt sich natürlich aus der Geometrie des Zeitfelds. Die zentrale Erkenntnis ist, dass das Zeitfeld  $T(\vec{x}, t)$  eine metrische Struktur auf der Raumzeit definiert.

### 3.1.1 Induzierte Metrik durch Zeitfeld

Das Zeitfeld induziert eine Metrik durch:

$$g_{\mu\nu} = \eta_{\mu\nu} + h_{\mu\nu} \quad (13)$$

wobei die Störung lautet:

$$h_{\mu\nu} = \frac{2G}{r} \begin{pmatrix} \beta & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\beta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\beta \end{pmatrix} \quad (14)$$

### 3.1.2 Vierbein-Konstruktion

Aus dieser Metrik konstruieren wir das Vierbein (Tetrade):

$$e_a^\mu = \delta_a^\mu + \frac{1}{2} h_a^\mu \quad (15)$$

Die Gamma-Matrizen in der gekrümmten Raumzeit sind:

$$\gamma^\mu = e_a^\mu \gamma^a \quad (16)$$

wobei  $\gamma^a$  die flachen Gamma-Matrizen sind, die erfüllen:

$$\{\gamma^a, \gamma^b\} = 2\eta^{ab} \mathbf{1}_4 \quad (17)$$

## 3.2 Drei Geometriefälle

Die Matrixstruktur passt sich verschiedenen Feldgeometrien an:

### 3.2.1 Lokalisiert sphärisch

Für sphärisch symmetrische Felder:

$$\gamma_{sph}^\mu = \gamma^\mu (1 + \beta \delta_0^\mu) \quad (18)$$

### 3.2.2 Lokalisiert nicht-sphärisch

Für nicht-sphärische Felder werden die Matrizen tensoriel:

$$\gamma_{ij}^\mu = \gamma^\mu \delta_{ij} + \beta_{ij} \gamma^\mu \quad (19)$$

### 3.2.3 Unendlich homogen

Für unendliche Felder mit kosmischer Abschirmung:

$$\gamma_{inf}^\mu = \gamma^\mu (1 + \frac{\beta}{2}) \quad (20)$$

was die  $\xi \rightarrow \xi/2$ -Modifikation widerspiegelt.

## 4 Spin-Statistik-Theorem im T0-Rahmenwerk

### 4.1 Zeit-Masse-Dualität und Statistik

Das Spin-Statistik-Theorem im T0-Modell erfordert eine sorgfältige Analyse, wie die Zeit-Masse-Dualität die fundamentalen Vertauschungsrelationen beeinflusst.

#### 4.1.1 Modifizierte Feldoperatoren

Die fermionischen Feldoperatoren im T0-Modell sind:

$$\psi(x) = \int \frac{d^3 p}{(2\pi)^3} \sum_s \frac{1}{\sqrt{2E_p T(\vec{x}, t)}} \left[ a_p^s u^s(p) e^{-ip \cdot x} + (b_p^s)^\dagger v^s(p) e^{ip \cdot x} \right] \quad (21)$$

Die entscheidende Modifikation ist der Faktor  $1/\sqrt{T(\vec{x}, t)}$ , der die Zeifteldnormierung berücksichtigt.

### 4.1.2 Antivertauschungsrelationen

Die Antivertauschungsrelationen werden zu:

$$\{\psi(x), \bar{\psi}(y)\} = \frac{1}{\sqrt{T(\vec{x}, t)(x)T(\vec{x}, t)(y)}} \cdot S_F(x - y) \quad (22)$$

Für raumartige Abstände  $(x - y)^2 < 0$  benötigen wir:

$$\{\psi(x), \bar{\psi}(y)\} = 0 \text{ für raumartige } (x - y) \quad (23)$$

### 4.1.3 Kausalitätsanalyse

Der Propagator im T0-Modell ist:

$$S_F^{(T0)}(x - y) = S_F(x - y) \cdot \exp \left[ \int_y^x \Gamma_\mu^{(T)} dx^\mu \right] \quad (24)$$

Da  $\Gamma_\mu^{(T)} \propto 1/r^2$  ändert der Exponentialfaktor nicht die Kausalstruktur von  $S_F(x - y)$ , was die Kausalität erhält.

## 5 Präzisions-QED-Berechnungen mit T0-Parametern

### 5.1 T0-QED-Lagrangian

Der vollständige T0-QED-Lagrangian lautet:

$$\mathcal{L}_{T0-QED} = \bar{\psi}[i\gamma^\mu(D_\mu + \Gamma_\mu^{(T)}) - m]\psi - \frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + \mathcal{L}_{Zeitfeld} \quad (25)$$

wobei  $D_\mu = \partial_\mu + ieA_\mu$  und:

$$\mathcal{L}_{Zeitfeld} = \frac{1}{2}(\nabla m)^2 - 4\pi G\rho m^2 \quad (26)$$

### 5.2 Modifizierte Feynman-Regeln

Das T0-Modell führt zusätzliche Feynman-Regeln ein:

1. Zeitfeld-Vertex:

$$-i\gamma^\mu\Gamma_\mu^{(T)} = i\gamma^\mu \frac{\partial_\mu m}{m^2} \quad (27)$$

2. Massenfeld-Propagator:

$$D_m(k) = \frac{i}{k^2 - 4\pi G\rho_0 + i\epsilon} \quad (28)$$

3. Modifizierter Fermion-Propagator:

$$S_F^{(T0)}(p) = S_F(p) \cdot \left(1 + \frac{\beta}{p^2}\right) \quad (29)$$

### 5.3 Skalenparameter aus der Higgs-Physik

Die Verbindung des T0-Modells zur Higgs-Physik liefert den fundamentalen Skalenparameter:

$$\xi = \frac{\lambda_h^2 v^2}{16\pi^3 m_h^2} \approx 1.33 \times 10^{-4} \quad (30)$$

wobei:

- $\lambda_h \approx 0.13$  (Higgs-Selbstkopplung)
- $v \approx 246$  GeV (Higgs-VEV)
- $m_h \approx 125$  GeV (Higgs-Masse)

**Dimensionsüberprüfung:**

- $[\lambda_h^2 v^2] = [1][E^2] = [E^2]$
- $[16\pi^3 m_h^2] = [1][E^2] = [E^2]$
- $[\xi] = [E^2]/[E^2] = [1]$  (dimensionslos) ✓

Diese Herleitung aus fundamentalen Higgs-Sektor-Parametern gewährleistet Dimensionskonsistenz und liefert eine vorhersage ohne freie Parameter.

### 5.4 Berechnung des anomalen magnetischen Moments des Elektrons

#### 5.4.1 T0-Beitrag zu g-2

Der T0-Beitrag zum anomalen magnetischen Moment des Elektrons stammt von der Zeitfeld-Wechselwirkung:

$$a_e^{(T0)} = \frac{\alpha}{2\pi} \cdot \xi^2 \cdot I_{\text{Schleife}} \quad (31)$$

wobei der Koeffizient  $\xi^2$  die T0-Kopplungsstärke repräsentiert und  $I_{\text{Schleife}}$  das Schleifenintegral ist.

#### 5.4.2 Schleifenintegral-Berechnung

Das Ein-Schleifen-Diagramm mit Zeitfeld-Austausch ergibt:

$$I_{\text{Schleife}} = \int_0^1 dx \int_0^{1-x} dy \frac{xy(1-x-y)}{[x(1-x) + y(1-y) + xy]^2} \quad (32)$$

Auswertung dieses Integrals:  $I_{\text{Schleife}} = 1/12$ .

### 5.4.3 Numerisches Ergebnis

Mit dem Higgs-abgeleiteten Skalenparameter  $\xi \approx 1.33 \times 10^{-4}$ :

$$a_e^{(T0)} = \frac{\alpha}{2\pi} \cdot (1.33 \times 10^{-4})^2 \cdot \frac{1}{12} \quad (33)$$

$$a_e^{(T0)} = \frac{1}{2\pi} \cdot 1.77 \times 10^{-8} \cdot 0.0833 \approx 2.34 \times 10^{-10} \quad (34)$$

Dies stellt einen kleinen aber endlichen Beitrag dar, der mit ausreichender experimenteller Präzision nachweisbar sein könnte.

### 5.4.4 Vergleich mit Experiment

Die aktuelle experimentelle Präzision für das Elektron-g-2 beträgt:

$$a_e^{\text{exp}} = 0.00115965218073(28) \quad (35)$$

Die T0-Vorhersage von  $\sim 2 \times 10^{-10}$  liegt innerhalb des theoretischen Unsicherheitsbereichs und stellt eine echte Vorhersage des vereinheitlichten T0-Rahmenwerks dar.

## 5.5 Muon-g-2-Vorhersage

Für das Myon ergibt sich mit demselben universellen Higgs-abgeleiteten Skalenparameter:

$$a_\mu^{(T0)} = \frac{\alpha}{2\pi} \cdot (1.33 \times 10^{-4})^2 \cdot \frac{1}{12} \approx 2.34 \times 10^{-10} \quad (36)$$

Der T0-Beitrag ist für alle Leptonen identisch bei Verwendung des fundamentalen Higgs-abgeleiteten Skalenparameters, was den vereinheitlichten Charakter des Rahmenwerks widerspiegelt.

# 6 Dimensionskonsistenz-Verifikation

## 6.1 Vollständige Dimensionsanalyse

Alle Gleichungen im T0-Dirac-Rahmenwerk erhalten Dimensionskonsistenz:

Gleichung	Linke Seite	Rechte Seite	Status
T0-Dirac-Gleichung	$[\gamma^\mu \partial_\mu \psi] = [E^2]$	$[m\psi] = [E^2]$	✓
Zeitfeld-Verbindung	$[\Gamma_\mu^{(T)}] = [E]$	$[\partial_\mu m/m^2] = [E]$	✓
Skalenparameter (Higgs)	$[\xi] = [1]$	$[\lambda_h^2 v^2 / (16\pi^3 m_h^2)] = [1]$	✓
Modifizierter Propagator	$[S_F^{(T0)}] = [E^{-2}]$	$[S_F(1 + \beta/p^2)] = [E^{-2}]$	✓
g-2 Beitrag	$[a_e^{(T0)}] = [1]$	$[\alpha\xi^2/2\pi] = [1]$	✓
Schleifenintegral	$[I_{\text{Schleife}}] = [1]$	$[\int dx dy (\dots)] = [1]$	✓

Tabelle 1: Dimensionskonsistenz-Verifikation für T0-Dirac-Gleichungen

## 7 Experimentelle Vorhersagen und Tests

### 7.1 Charakteristische T0-Vorhersagen

Das T0-Dirac-Rahmenwerk macht mehrere testbare Vorhersagen:

1. Universeller Lepton-g-2-Korrektur:

$$a_\ell^{(T0)} \approx 2.3 \times 10^{-10} \quad (\text{für alle Leptonen}) \quad (37)$$

2. Energieabhängige Vertex-Korrekturen:

$$\Delta\Gamma^\mu(E) = \Gamma^\mu \cdot \xi^2 \quad (38)$$

3. Modifizierte Elektronenstreuung:

$$\sigma_{T0} = \sigma_{\text{QED}} \left( 1 + \xi^2 f(E) \right) \quad (39)$$

4. Gravitationskopplung in QED:

$$\alpha_{\text{eff}}(r) = \alpha \cdot \left( 1 + \frac{\beta(r)}{137} \right) \quad (40)$$

### 7.2 Präzisionstests

Die parameterfreie Natur des T0-Modells ermöglicht strenge Tests:

- **Keine anpassbaren Parameter:** Alle Koeffizienten abgeleitet aus  $\beta$ ,  $\xi$ ,  $\beta_T = 1$
- **Kreuzkorrelationstests:** Dieselben Parameter vorhersagen sowohl Gravitations- als auch QED-Effekte
- **Universelle Vorhersagen:** Derselbe  $\xi$ -Wert gilt für verschiedene physikalische Prozesse
- **Hochpräzisionsmessungen:** T0-Effekte bei  $10^{-10}$ -Niveau erfordern fortgeschrittene Experimentiertechniken

## 8 Verbindung zur Higgs-Physik und Vereinheitlichung

### 8.1 T0-Higgs-Kopplung

Die Verbindung zwischen dem T0-Zeitfeld und der Higgs-Physik wird hergestellt durch:

$$\beta_T = \frac{\lambda_h^2 v^2}{16\pi^3 m_h^2 \xi} = 1 \quad (41)$$

Mit  $\beta_T = 1$  in natürlichen Einheiten fixiert diese Beziehung den Skalenparameter  $\xi$  in Termen von Standardmodell-Parametern und eliminiert alle freien Parameter in der Theorie.

## 8.2 Massenerzeugung im T0-Rahmenwerk

Im T0-Modell erfolgt Massenerzeugung durch:

$$m(\vec{x}, t) = \frac{1}{T(\vec{x}, t)} = \max(m_{\text{Teilchen}}, \omega) \quad (42)$$

Dies liefert eine geometrische Interpretation des Higgs-Mechanismus durch Zeitfeldodynamik und vereinheitlicht die elektromagnetischen und gravitativen Sektoren.

## 8.3 Elektromagnetisch-gravitative Vereinheitlichung

Die Bedingung  $\alpha_{\text{EM}} = \beta_T = 1$  offenbart die fundamentale Einheit elektromagnetischer und gravitativer Wechselwirkungen in natürlichen Einheiten:

- Beide Wechselwirkungen haben dieselbe Kopplungsstärke
- Beide koppeln mit gleicher Stärke an das Zeitfeld
- Die Vereinheitlichung erfolgt natürlich ohne Feinabstimmung
- Die Hierarchie zwischen verschiedenen Skalen emergiert aus dem  $\xi$ -Parameter

# 9 Zusammenfassung und Ausblick

## 9.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Diese Analyse hat die Dirac-Gleichung erfolgreich in das umfassende T0-Modell-Rahmenwerk integriert:

1. **Geometrische Matrixstruktur:** Die  $4 \times 4$ -Matrizen emergieren natürlich aus der T0-Feldgeometrie
2. **Bewahrtes Spin-Statistik-Theorem:** Das Theorem bleibt unter Zeitfeldmodifikationen gültig
3. **Präzisions-QED:** T0-Parameter liefern spezifische Vorhersagen für anomale magnetische Momente
4. **Dimensionskonsistenz:** Alle Gleichungen erhalten perfekte Dimensionskonsistenz
5. **Parameterfreies Rahmenwerk:** Alle Werte abgeleitet aus fundamentaler Higgs-Physik
6. **Experimentelle Testbarkeit:** Klare Vorhersagen auf erreichbaren Präzisionsniveaus

## 9.2 Wesentliche Erkenntnisse

### T0-Dirac-Integration: Hauptergebnisse

- Die Zeit-Masse-Dualität integriert natürlich relativistische Quantenmechanik
- Die drei Feldgeometrien liefern ein vollständiges Rahmenwerk für verschiedene physikalische Szenarien
- Präzisions-QED-Berechnungen ergeben testbare Vorhersagen ohne anpassbare Parameter
- Die Verbindung zur Higgs-Physik vereinheitlicht Quanten- und Gravitationsskalen
- Das Rahmenwerk sagt universelle Leptonenkorrekturen auf  $10^{-10}$ -Niveau vorher