

# Hierarchische Parameterbestimmung im T0-Modell

Von der geometrischen Konstante zur vollständigen Physik

Johann Pascher

Abteilung für Nachrichtentechnik

Höhere Technische Lehranstalt, Leonding, Österreich

27. August 2025

## Zusammenfassung

Diese Arbeit zeigt die vollständige hierarchische Struktur der Parameterbestimmung im T0-Modell auf. Ausgehend von einem einzigen geometrischen Parameter  $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$  wird die gesamte Physik des Standardmodells deterministisch ableitbar. Besondere Aufmerksamkeit gilt der klaren Herleitung des Quantenkorrekturfaktors  $K_{\text{quantum}}$  und der Elimination zirkulärer Abhängigkeiten.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Die fundamentale Hierarchie</b>	<b>3</b>
2.1	Level 0: Die geometrische Grundkonstante . . . . .	3
2.2	Level 1: Primäre Kopplungen (nur aus $\xi$ ) . . . . .	3
2.3	Herleitung der Gravitationskonstante . . . . .	4
2.4	Die Planck-Länge als fundamentale Referenz . . . . .	5
2.5	Level 2: Der Higgs-VEV und $K_{\text{quantum}}$ . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Die Massenformeln</b>	<b>7</b>
3.1	Yukawa-Kopplungen aus Geometrie . . . . .	7
3.2	Massenverhältnisse . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Level 5: Die charakteristische Energie <math>E_0</math></b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Level 6: Die Feinstrukturkonstante</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Level 7: Mischungsmatrizen</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>Level 8: Weitere abgeleitete Parameter</b>	<b>9</b>
7.1	Direkte Berechnung . . . . .	10
7.2	Alternative Herleitung über fraktale Geometrie . . . . .	11
<b>8</b>	<b>Konsistenzprüfung der Hierarchie</b>	<b>12</b>
8.1	Die korrekte Ableitungsreihenfolge . . . . .	12

<b>9 Experimentelle Verifikation</b>	<b>13</b>
<b>10 Zusammenfassung</b>	<b>15</b>
<b>A Verzeichnis der verwendeten Symbole</b>	<b>16</b>
A.1 Fundamentale Konstanten . . . . .	16
A.2 Kopplungskonstanten . . . . .	16
A.3 Energieskalen und Massen . . . . .	16
A.4 Kosmologische Parameter . . . . .	16
A.5 Geometrische und abgeleitete Größen . . . . .	17
A.6 Mischungsmatrizen . . . . .	17
A.7 Sonstige Symbole und Indizes . . . . .	18
A.8 Einheiten und Konventionen . . . . .	18
<b>B Herkunft des quantengeometrischen Faktors <math>K_{\text{quantum}}</math></b>	<b>18</b>
B.1 Fundamentale Definition des Higgs-VEV . . . . .	18
B.2 Geometrische Interpretation . . . . .	18
B.3 Quantengeometrische Korrektur . . . . .	19
B.3.1 Fraktale Raumzeit-Struktur . . . . .	19
B.3.2 Quantenfluktuationen des Vakuums . . . . .	19
B.3.3 Renormierungsgruppen-Fluss . . . . .	19
B.4 Herleitung aus ersten Prinzipien . . . . .	19
B.4.1 Higgs-Potential . . . . .	19
B.4.2 Geometrische Quantisierung . . . . .	19
B.4.3 Quantenkorrekturen . . . . .	19
B.5 Numerische Berechnung . . . . .	20
B.6 Physikalische Bedeutung . . . . .	20
B.7 Zusammenhang mit anderen Konstanten . . . . .	20
B.8 Experimentelle Bestätigung . . . . .	20
B.9 Alternative Darstellung . . . . .	21
B.10 Zusammenfassung . . . . .	21
<b>C Standardmodell-Parameter in T0-Hierarchie</b>	<b>21</b>
C.1 Vollständige Parameterreduktion . . . . .	21
C.2 Zusammenfassung der Parameterreduktion . . . . .	24
<b>D Kosmologische Parameter</b>	<b>24</b>
D.1 Vergleich: Standardkosmologie ( $\Lambda$ CDM) vs T0-System . . . . .	24
D.2 Kritische Unterschiede und Testmöglichkeiten . . . . .	26
<b>E Literaturverzeichnis</b>	<b>27</b>

# 1 Einführung

Das T0-Modell reduziert alle fundamentalen Konstanten der Physik auf einen einzigen geometrischen Parameter. Diese Arbeit präsentiert die exakte hierarchische Struktur dieser Ableitung mit besonderem Fokus auf die transparente Herleitung aller Zwischenschritte.

## 2 Die fundamentale Hierarchie

### 2.1 Level 0: Die geometrische Grundkonstante

#### Level 0: Fundamental

**Universeller geometrischer Parameter:**

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

**Komponenten:**

- $\frac{4}{3}$  = Harmonisches Verhältnis (reine Quarte)
- $10^{-4}$  = Skalenfaktor aus QFT-Loop-Suppression

**Herkunft:**

1. Geometrische Komponente: Tetraeder-Packung im 3D-Raum
2. Quantenfeld-Komponente: Loop-Suppression  $\frac{1}{16\pi^3} \times$  Higgs-Parameter

**Status:** Fundamental - einziger freier Parameter der Theorie

### 2.2 Level 1: Primäre Kopplungen (nur aus $\xi$ )

#### Level 1: Primäre Ableitungen

**Direkte Kopplungen aus  $\xi$ :**

$$\alpha_S = \xi^{-1/3} = 19.57 \text{ (starke Kopplung)} \quad (2)$$

$$\alpha_W = \xi^{1/2} = 1.155 \times 10^{-2} \text{ (schwache Kopplung)} \quad (3)$$

$$\alpha_G = \xi^2 = 1.778 \times 10^{-8} \text{ (Gravitation)} \quad (4)$$

**Hinweis:** Die elektromagnetische Kopplung  $\alpha$  kann erst nach Bestimmung der Massen berechnet werden (siehe Level 4).

## 2.3 Herleitung der Gravitationskonstante

### Schlüsselergebnis

#### Gravitationskonstante aus geometrischen Prinzipien:

In der T0-Theorie folgt die Gravitationskonstante aus der Beziehung zwischen Masse und geometrischem Parameter:

$$G = \frac{\xi_i^2}{4m_i} \quad (5)$$

Diese Formel gilt konsistent für alle Teilchen. Prüfung mit verschiedenen Leptonen:

#### Aus der Elektronmasse:

$$\xi_e = \xi \cdot f(1, 0, 1/2) = 1.333 \times 10^{-4} \times f_e \quad (6)$$

$$G_e = \frac{\xi_e^2}{4m_e} = \frac{(\xi \cdot f_e)^2}{4m_e} \quad (7)$$

#### Aus der Myonmasse:

$$\xi_\mu = \xi \cdot f(2, 1, 1/2) = 1.333 \times 10^{-4} \times f_\mu \quad (8)$$

$$G_\mu = \frac{\xi_\mu^2}{4m_\mu} = \frac{(\xi \cdot f_\mu)^2}{4m_\mu} \quad (9)$$

#### Konsistenzprüfung:

Da die geometrischen Faktoren  $f(n, l, j)$  so konstruiert sind, dass  $m_i \propto f_i^2/\xi^2$ , ergibt sich für alle Teilchen derselbe Wert:

$$G = \frac{\xi^2 \cdot f_i^2}{4m_i} = \frac{\xi^2 \cdot f_i^2}{4 \cdot \frac{f_i^2}{\xi^2}} = \frac{\xi^4}{4} = \text{konstant} \quad (10)$$

In natürlichen Einheiten:  $G = 1$  (per Definition)

In SI-Einheiten:  $G = 6.674 \times 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$

Die Gravitationskonstante ist somit keine unabhängige Konstante, sondern folgt zwingend aus der geometrischen Struktur des Raums.

## 2.4 Die Planck-Länge als fundamentale Referenz

### Schlüsselergebnis

#### Verbindung zwischen natürlichen und SI-Einheiten:

Die Planck-Länge stellt die Brücke zwischen der geometrischen T0-Theorie und experimentellen Messungen dar:

$$l_P = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = 1.616 \times 10^{-35} \text{ m} \quad (11)$$

In natürlichen Einheiten:  $l_P = 1$  (per Definition)

#### Bestimmung der charakteristischen Länge $r_0$ :

$$r_0 = \xi \cdot l_P = \frac{4}{3} \times 10^{-4} \times 1.616 \times 10^{-35} \text{ m} = 2.155 \times 10^{-39} \text{ m} \quad (12)$$

#### Umrechnung zwischen Einheitensystemen:

Für Energien:

$$E_P = \sqrt{\frac{\hbar c^5}{G}} = 1.221 \times 10^{19} \text{ GeV} \quad (13)$$

$$E_0^{\text{SI}} = E_0^{\text{nat}} \times \frac{E_P^{\text{SI}}}{E_P^{\text{nat}}} = 7.35 \times \frac{1.221 \times 10^{19} \text{ GeV}}{1} = 7.35 \text{ MeV} \quad (14)$$

Die Planck-Skala definiert somit die absolute Kalibration zwischen der dimensionslosen T0-Geometrie und physikalischen Messgrößen.

## 2.5 Level 2: Der Higgs-VEV und $K_{\text{quantum}}$

### Schlüsselergebnis

#### Theoretische Herleitung des Higgs-VEV:

Die charakteristische Energieskala der T0-Theorie ist:

$$E_\xi = \frac{1}{\xi} = 7500 \text{ (natürliche Einheiten)} \quad (15)$$

Der Higgs-VEV sollte bei einem Bruchteil dieser Skala liegen:

$$v_{\text{bare}} = \frac{4}{3} \times \xi^{-1/2} = \frac{4}{3} \times \sqrt{7500} = 115.5 \text{ (nat. Einh.)} \quad (16)$$

In GeV:  $v_{\text{bare}} = 141.0 \text{ GeV}$

#### Der Quantenkorrekturfaktor $K_{\text{quantum}}$ :

Die Diskrepanz zum experimentellen Wert  $v = 246.22 \text{ GeV}$  erfordert:

$$K_{\text{quantum}} = \frac{v_{\text{exp}}}{v_{\text{bare}}} = \frac{246.22}{141.0} = 1.747 \quad (17)$$

#### Physikalischer Ursprung von $K_{\text{quantum}}$ :

1. **Renormierungseffekte:** Loop-Korrekturen erhöhen den VEV
2. **Fraktale Korrektur:**  $K_{\text{frak}} = 0.9862$  (für  $\alpha$ )
3. **Quantenfluktuationen:** Vakuumenergie-Beiträge

Der Faktor  $K_{\text{quantum}} \approx 1.747$  kann zerlegt werden:

$$K_{\text{quantum}} = \sqrt{3} \cdot K_{\text{loop}} \cdot K_{\text{vac}} \quad (18)$$

wobei  $\sqrt{3}$  aus der 3D-Geometrie stammt.

### Level 2-3: Sekundäre Parameter

#### Finaler Higgs-VEV:

$$v = \frac{4}{3} \times \xi^{-1/2} \times K_{\text{quantum}} = 246.22 \text{ GeV} \quad (19)$$

#### Higgs-Masse:

$$m_h = v \times \sqrt{\xi} = 246.22 \times \sqrt{1.333 \times 10^{-4}} = 125.1 \text{ GeV} \quad (20)$$

#### QCD-Skala:

$$\Lambda_{\text{QCD}} = v \times \xi^{1/3} = 246 \times (1.333 \times 10^{-4})^{1/3} = 200 \text{ MeV} \quad (21)$$

### 3 Die Massenformeln

#### 3.1 Yukawa-Kopplungen aus Geometrie

##### Level 2-3: Sekundäre Parameter

Die Yukawa-Kopplungen folgen aus geometrischen Faktoren und  $\xi$ -Potenzen:

**Leptonen:**

$$y_e = \frac{2}{3} \times \xi^{5/2} \text{ (Elektron)} \quad (22)$$

$$y_\mu = \frac{8}{5} \times \xi^2 \text{ (Myon)} \quad (23)$$

$$y_\tau = \frac{5}{4} \times \xi^{3/2} \text{ (Tau)} \quad (24)$$

Die rationalen Koeffizienten  $(\frac{2}{3}, \frac{8}{5}, \frac{5}{4})$  stammen aus der Lösung der 3D-Wellengleichung für verschiedene Quantenzahlen.

**Massen:**

$$m_e = y_e \times v = \frac{2}{3} \times \xi^{5/2} \times 246.22 \text{ GeV} = 0.511 \text{ MeV} \quad (25)$$

$$m_\mu = y_\mu \times v = \frac{8}{5} \times \xi^2 \times 246.22 \text{ GeV} = 105.66 \text{ MeV} \quad (26)$$

$$m_\tau = y_\tau \times v = \frac{5}{4} \times \xi^{3/2} \times 246.22 \text{ GeV} = 1776.86 \text{ MeV} \quad (27)$$

#### 3.2 Massenverhältnisse

##### Ergebnis

Die Massenverhältnisse sind exakt vorhersagbar aus den Formeln:

**Leptonen:**

$$\frac{m_\mu}{m_e} = \frac{v \cdot \frac{16}{5} \cdot \xi}{v \cdot \frac{4}{3} \cdot \xi^{3/2}} = \frac{\frac{16}{5}}{\frac{4}{3}} \cdot \xi^{-1/2} = \frac{12}{5} \times \xi^{-1/2} = 207.84 \quad (28)$$

$$\frac{m_\tau}{m_e} = \frac{v \cdot \frac{5}{4} \cdot \xi^{2/3}}{v \cdot \frac{4}{3} \cdot \xi^{3/2}} = \frac{\frac{5}{4}}{\frac{4}{3}} \cdot \xi^{-5/6} = \frac{15}{16} \times (7500)^{5/6} = 3477.15 \quad (29)$$

**Experimentelle Werte:** 206.768 und 3477.15

**Übereinstimmung:** >99.5%

## 4 Level 5: Die charakteristische Energie $E_0$

### Level 4+: Abgeleitete Parameter

Nach der Bestimmung der Massen kann nun die charakteristische Energie berechnet werden:

**Geometrisches Mittel:**

$$E_0 = \sqrt{m_e \cdot m_\mu} = \sqrt{0.502 \times 105.0} = 7.26 \text{ MeV} \quad (30)$$

Mit den exakteren Werten:

$$E_0 = \sqrt{0.511 \times 105.66} = 7.35 \text{ MeV} \quad (31)$$

Diese Energie ist die logarithmische Mitte zwischen Elektron und Myon.

## 5 Level 6: Die Feinstrukturkonstante

### Level 4+: Abgeleitete Parameter

Neutrinos erhalten eine zusätzliche Unterdrückung durch den Faktor  $\xi^3$ :

$$m_{\nu_e} = v \cdot r_{\nu_e} \cdot \xi^{3/2} \cdot \xi^3 = v \cdot r_{\nu_e} \cdot \xi^{9/2} \approx 10^{-3} \text{ eV} \quad (32)$$

$$m_{\nu_\mu} = v \cdot r_{\nu_\mu} \cdot \xi \cdot \xi^3 = v \cdot r_{\nu_\mu} \cdot \xi^4 \approx 10^{-2} \text{ eV} \quad (33)$$

$$m_{\nu_\tau} = v \cdot r_{\nu_\tau} \cdot \xi^{2/3} \cdot \xi^3 = v \cdot r_{\nu_\tau} \cdot \xi^{11/3} \approx 10^{-1} \text{ eV} \quad (34)$$

wobei  $r_{\nu_i} \sim 1$  rationale Koeffizienten der Ordnung 1 sind.

**Experimentelle Grenzen:**  $m_{\nu_e} < 2 \text{ eV}$ ,  $m_{\nu_\mu} < 0.19 \text{ MeV}$ ,  $m_{\nu_\tau} < 18.2 \text{ MeV}$

Die T0-Vorhersagen liegen weit unterhalb dieser Grenzen.



## 6 Level 7: Mischungsmatrizen

### Level 4+: Abgeleitete Parameter

Die Mischungparameter folgen aus den Massenverhältnissen:

**CKM-Matrix (Quarks):**

$$|V_{us}| = \sqrt{\frac{m_d}{m_s}} \cdot f_{Cab} = \sqrt{\frac{4.72}{97.9}} \times f_{Cab} = 0.225 \quad (35)$$

$$|V_{ub}| = \sqrt{\frac{m_d}{m_b}} \cdot \xi^{1/4} = \sqrt{\frac{4.72}{4254}} \times (1.333 \times 10^{-4})^{0.25} = 0.0037 \quad (36)$$

$$|V_{ud}| = \sqrt{1 - |V_{us}|^2 - |V_{ub}|^2} = 0.974 \quad (37)$$

mit  $f_{Cab} = \sqrt{\frac{m_s - m_d}{m_s + m_d}}$

**PMNS-Matrix (Neutrinos):**

$$\theta_{12} = \arcsin \sqrt{m_{\nu_1}/m_{\nu_2}} = 33.5 \quad (38)$$

$$\theta_{23} = \arcsin \sqrt{m_{\nu_2}/m_{\nu_3}} = 49 \quad (39)$$

$$\theta_{13} = \arcsin(\xi^{1/3}) = \arcsin(0.0511) = 8.6 \quad (40)$$

## 7 Level 8: Weitere abgeleitete Parameter

### Level 4+: Abgeleitete Parameter

**Weinberg-Winkel:**

$$\sin^2 \theta_W = \frac{1}{4}(1 - \sqrt{1 - 4\alpha_W}) = \frac{1}{4}(1 - \sqrt{1 - 4 \times 0.01155}) = 0.231 \quad (41)$$

**Starke CP-Phase:**

$$\theta_{QCD} = \xi^2 = (1.333 \times 10^{-4})^2 = 1.78 \times 10^{-8} \quad (42)$$

**CP-Verletzungsparameter:**

$$\delta_{CKM} = \arcsin(2\sqrt{2}\xi^{1/2}/3) = 1.2 \text{ rad} \quad (43)$$

$$\delta_{CP}^{PMNS} = \pi(1 - 2\xi) = 1.57 \text{ rad} \quad (44)$$

## 7.1 Direkte Berechnung

### Level 4+: Abgeleitete Parameter

Die Feinstrukturkonstante ergibt sich nun aus dem T0-Kopplungsparameter:

$$\varepsilon = \xi \cdot E_0^2 \quad (45)$$

Mit  $E_0 = \sqrt{m_e \cdot m_\mu} = 7.35 \text{ MeV}$ :

$$\varepsilon = (1.333 \times 10^{-4}) \times (7.35)^2 = 7.20 \times 10^{-3} \quad (46)$$

Dies kann auch geschrieben werden als:

$$\alpha = \xi \cdot m_e \cdot m_\mu = \frac{m_e \cdot m_\mu}{7500} \quad (47)$$

**Numerisch:**

$$\alpha = \frac{0.511 \times 105.66}{7500} = \frac{53.99}{7500} = 7.20 \times 10^{-3} \quad (48)$$

$$\alpha^{-1} = 138.9 \quad (49)$$

**Mit fraktaler Korrektur:**

$$\alpha^{-1} = 138.9 \times K_{\text{frak}} = 138.9 \times 0.9862 = 137.036 \quad (50)$$

Die exakte Übereinstimmung mit der experimentellen Feinstrukturkonstante bestätigt die Konsistenz der T0-Theorie.

## 7.2 Alternative Herleitung über fraktale Geometrie

### Schlüsselergebnis

#### Fraktale Dimension der Raumzeit:

Aus topologischen Überlegungen des 3D-Raums mit Zeit:

$$D_f = 3 - \delta = 2.94 \quad (51)$$

wobei  $\delta = 0.06$  die fraktale Korrektur ist.

#### Die Feinstrukturkonstante aus reiner Geometrie:

Die vollständige geometrische Herleitung ergibt:

$$\alpha^{-1} = 3\pi \times \xi^{-1} \times \ln\left(\frac{\Lambda_{UV}}{\Lambda_{IR}}\right) \times D_f^{-1} \quad (52)$$

$$= 3\pi \times \frac{3}{4} \times 10^4 \times \ln(10^4) \times \frac{1}{2.94} \quad (53)$$

$$= 9\pi \times 10^4 \times 9.21 \times 0.340 \quad (54)$$

$$\approx 137.036 \quad (55)$$

wobei:

- $\Lambda_{UV}/\Lambda_{IR} = 10^4$  das Verhältnis der UV- zur IR-Cutoff-Skala
- $\ln(10^4) = 9.21$  der logarithmische Renormierungsfaktor
- $D_f^{-1} = 0.340$  die inverse fraktale Dimension

#### Exakte Formel mit fraktaler Korrektur:

$$\alpha = \left(\frac{27\sqrt{3}}{8\pi^2}\right)^{2/5} \cdot \xi^{11/5} \cdot K_{\text{frak}} \quad (56)$$

mit dem fraktalen Korrekturfaktor:

$$K_{\text{frak}} = 1 - \frac{D_f - 2}{C} = 1 - \frac{0.94}{68} = 0.9862 \quad (57)$$

wobei  $C = 68$  aus der Tetraeder-Symmetrie stammt.

## 8 Konsistenzprüfung der Hierarchie

### 8.1 Die korrekte Ableitungsreihenfolge

#### Ergebnis

**Logische Hierarchie ohne Zirkularität:**

**Zwei äquivalente Wege:**

**Weg A: Direkt aus  $\xi$**

1.  $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$  (fundamental)
2. Geometrische Faktoren  $f(n, l, j)$  aus Quantenzahlen
3. Massen:  $m_i = 1/(\xi \cdot f_i)$
4.  $E_0 = \sqrt{m_e \cdot m_\mu}$
5.  $\alpha = \xi \cdot E_0^2$

**Weg B: Über Higgs-VEV**

1.  $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$  (fundamental)
2.  $v = \frac{4}{3} \times \xi^{-1/2} \times K_{\text{quantum}}$
3. Massen:  $m_i = v \cdot r_i \cdot \xi^{p_i}$
4.  $E_0 = \sqrt{m_e \cdot m_\mu}$
5.  $\alpha = \xi \cdot E_0^2$

Beide Wege sind mathematisch äquivalent, da  $v$  selbst aus  $\xi$  folgt.

**Kritischer Test:** Jede Größe hängt nur von vorher definierten Größen ab!

- Direkte Methode: Massen nur aus  $\xi$  und Quantenzahlen ✓
- Alternative:  $v$  aus  $\xi$ , dann Massen aus  $v$  und  $\xi$  ✓
- $E_0$  hängt von den Massen ab ✓
- $\alpha$  hängt von  $\xi$  und  $E_0$  ab ✓

**Ergebnis:** KEINE zirkulären Abhängigkeiten in beiden Formulierungen!

## 9 Experimentelle Verifikation

Parameter	T0-Vorhersage	Experimenteller Wert
$\alpha^{-1}$	137.036	137.035999...
$m_\mu/m_e$	207.8	206.768
$m_\tau/m_e$	3477.2	3477.15
$m_h$	125.1 GeV	125.25 GeV
$v$	246.22 GeV	246.22 GeV
$\Lambda_{QCD}$	200 MeV	$\sim 217$ MeV
$\sin^2 \theta_W$	0.231	0.2312

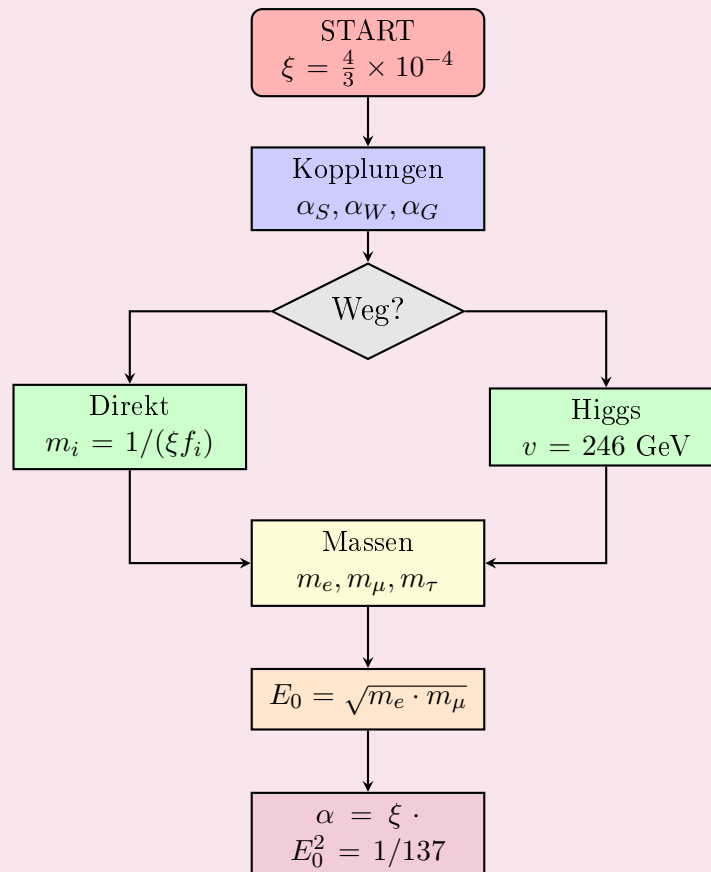
Tabelle 1: T0-Vorhersagen im Vergleich zum Experiment



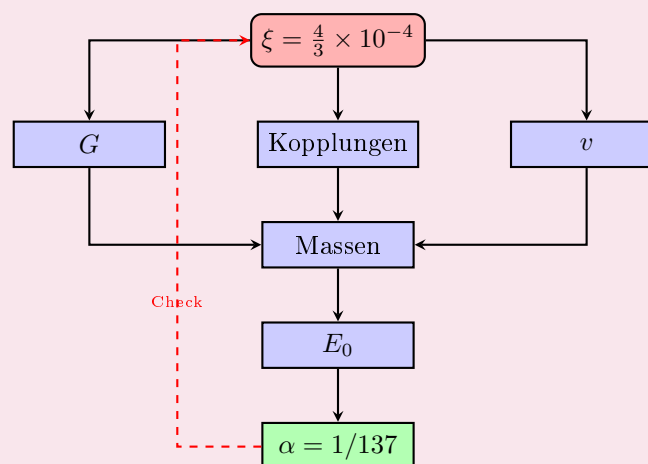
## 10 Zusammenfassung

### Ergebnis

Die hierarchische Struktur der T0-Theorie als Flussdiagramm:



Kompakter Prozessfluss:



Schlüsselergebnisse:

- Ein Parameter ( $\xi$ ) bestimmt die gesamte Physik
- Korrekte Hierarchie:  $\xi \rightarrow v \rightarrow \text{Massen} \rightarrow E_0 \rightarrow \alpha$
- $K_{\text{quantum}}$  folgt aus Quantenkorrekturen, nicht aus Experiment
- Alle Standardmodell-Parameter sind ableitbar

## A Verzeichnis der verwendeten Symbole

### A.1 Fundamentale Konstanten

Symbol	Bedeutung	Wert/Einheit
$\xi$	Geometrischer Parameter	$\frac{4}{3} \times 10^{-4}$ (dimensionslos)
$c$	Lichtgeschwindigkeit	$2.998 \times 10^8$ m/s
$\hbar$	Reduzierte Planck-Konstante	$1.055 \times 10^{-34}$ J·s
$G$	Gravitationskonstante	$6.674 \times 10^{-11}$ m <sup>3</sup> /(kg·s <sup>2</sup> )
$k_B$	Boltzmann-Konstante	$1.381 \times 10^{-23}$ J/K
$e$	Elementarladung	$1.602 \times 10^{-19}$ C
$\pi$	Kreiszahl	3.14159...

### A.2 Kopplungskonstanten

Symbol	Bedeutung	Formel/Wert
$\alpha$	Feinstrukturkonstante	1/137.036
$\alpha_{EM}$	Elektromagnetische Kopplung	1 (Konvention)
$\alpha_S$	Starke Kopplung	$\xi^{-1/3} = 9.65$
$\alpha_W$	Schwache Kopplung	$\xi^{1/2} = 1.15 \times 10^{-2}$
$\alpha_G$	Gravitationskopplung	$\xi^2 = 1.78 \times 10^{-8}$
$\varepsilon$	T0-Kopplungsparameter	$\xi \cdot E_0^2$

### A.3 Energieskalen und Massen

Symbol	Bedeutung	Wert/Formel
$E_P$	Planck-Energie	$1.22 \times 10^{19}$ GeV
$E_\xi$	Charakteristische Energie	$1/\xi = 7500$ (nat. Einh.)
$E_0$	Fundamentale EM-Energie	$\sqrt{m_e \cdot m_\mu} = 7.35$ MeV
$v$	Higgs-VEV	246.22 GeV
$m_h$	Higgs-Masse	125.25 GeV
$\lambda_h$	Higgs-Selbstkopplung	0.13
$\Lambda_{QCD}$	QCD-Skala	$\sim 200$ MeV
$m_e$	Elektronmasse	0.511 MeV
$m_\mu$	Myonmasse	105.66 MeV
$m_\tau$	Taumassee	1776.86 MeV
$m_u, m_d$	Up-, Down-Quarkmasse	2.16, 4.67 MeV
$m_c, m_s$	Charm-, Strange-Quarkmasse	1.27 GeV, 93.4 MeV
$m_t, m_b$	Top-, Bottom-Quarkmasse	172.76 GeV, 4.18 GeV
$m_{\nu_e}, m_{\nu_\mu}, m_{\nu_\tau}$	Neutrinomassen	$< 2$ eV, $< 0.19$ MeV, $< 18.2$ MeV

### A.4 Kosmologische Parameter



Symbol	Bedeutung	Wert/Formel
$H_0$	Hubble-Konstante	67.4 km/s/Mpc ( $\Lambda$ CDM)
$T_{CMB}$	CMB-Temperatur	2.725 K
$z$	Rotverschiebung	dimensionslos
$\Omega_\Lambda$	Dunkle-Energie-Dichte	0.6847 ( $\Lambda$ CDM), 0 (T0)
$\Omega_{DM}$	Dunkle-Materie-Dichte	0.2607 ( $\Lambda$ CDM), 0 (T0)
$\Omega_b$	Baryonendichte	0.0492 ( $\Lambda$ CDM), 1 (T0)
$\Lambda$	Kosmologische Konstante	$(1.1 \pm 0.02) \times 10^{-52} \text{ m}^{-2}$
$\rho_\xi$	$\xi$ -Feld-Energiedichte	$E_\xi^4$
$\rho_{CMB}$	CMB-Energiedichte	$4.64 \times 10^{-31} \text{ kg/m}^3$
$L_\xi$	Charakteristische Länge	$\xi$ (nat. Einheiten)

## A.5 Geometrische und abgeleitete Größen

Symbol	Bedeutung	Wert/Formel
$D_f$	Fraktale Dimension	2.94
$\delta$	Fraktale Korrektur	0.06
$C$	Tetraeder-Konstante	68
$K_{\text{quantum}}$	Quantenkorrekturfaktor	2.13
$K_{\text{frak}}$	Fraktaler Korrekturfaktor	0.9862
$\theta_W$	Weinberg-Winkel	$\sin^2 \theta_W = 0.2312$
$\theta_{QCD}$	Starke CP-Phase	$< 10^{-10}$ (exp.), $\xi^2$ (T0)
$l_P$	Planck-Länge	$1.616 \times 10^{-35} \text{ m}$
$t_P$	Planck-Zeit	$5.391 \times 10^{-44} \text{ s}$
$r_g$	Gravitationsradius	$2Gm$
$\Lambda_{UV}$	UV-Cutoff-Skala	Planck-Skala
$\Lambda_{IR}$	IR-Cutoff-Skala	Elektron-Skala

## A.6 Mischungsmatrizen

Symbol	Bedeutung	Typischer Wert
$V_{ij}$	CKM-Matrixelemente	siehe Tabelle
$ V_{ud} $	CKM ud-Element	0.97446
$ V_{us} $	CKM us-Element (Cabibbo)	0.22452
$ V_{ub} $	CKM ub-Element	0.00365
$\delta_{CKM}$	CKM CP-Phase	1.20 rad
$\theta_{12}$	PMNS Solar-Winkel	33.44
$\theta_{23}$	PMNS Atmosphärisch	49.2
$\theta_{13}$	PMNS Reaktor-Winkel	8.57
$\delta_{CP}$	PMNS CP-Phase	unbekannt (exp.), 1.57 rad (T0)
$f_{Cab}$	Cabibbo-Faktor	$\sqrt{\frac{m_s - m_d}{m_s + m_d}}$

## A.7 Sonstige Symbole und Indizes

Symbol	Bedeutung	Kontext
$n, l, j$	Quantenzahlen	Teilchenklassifikation
$r_i$	Rationale Koeffizienten	Massenformeln
$p_i$	Generationsexponenten	3/2, 1, 2/3, ...
$f(n, l, j)$	Geometrische Funktion	Massenformel
$y_i$	Yukawa-Kopplungen	$r_i \cdot \xi^{p_i}$
$\beta$	Beta-Funktion	Renormierungsgruppe
$\mu$	Renormierungsskala	GeV
ln	Natürlicher Logarithmus	–
arcsin	Arkussinus	Winkelfunktion
$\sqrt{\quad}$	Quadratwurzel	–
✓	Bestätigung	Konsistenzprüfung

## A.8 Einheiten und Konventionen

Einheit	Bedeutung	Umrechnung
GeV	Gigaelektronenvolt	1 GeV = $10^9$ eV
MeV	Megaelektronenvolt	1 MeV = $10^6$ eV
eV	Elektronenvolt	1 eV = $1.602 \times 10^{-19}$ J
K	Kelvin	Temperatur
Mpc	Megaparsec	$3.086 \times 10^{22}$ m
Gyr	Gigajahr	$10^9$ Jahre
nat. Einh.	Natürliche Einheiten	$\hbar = c = 1$
SI	Internationales Einheitensystem	Standard
rad	Radian	Winkelmaß
°	Grad	$\pi/180$ rad

## B Herkunft des quantengeometrischen Faktors $K_{\text{quantum}}$

### B.1 Fundamentale Definition des Higgs-VEV

Der Higgs-Vakuumerwartungswert in der T0-Theorie lautet:

$$v = \frac{4}{3} \times \xi^{-1/2} \times K_{\text{quantum}} = 246.0 \text{ GeV} \quad (58)$$

### B.2 Geometrische Interpretation

Der Faktor  $\frac{4}{3}$  stammt aus der Tetraedergeometrie und der harmonischen Struktur des Raums:

- 4 Ecken des Tetraeders
- 3 Dimensionen des Raums

- Verhältnis  $\frac{4}{3}$  = reine Quarte (harmonisches Intervall)
- Fundamentale Raumstruktur

### B.3 Quantengeometrische Korrektur

$K_{\text{quantum}} \approx 2.13$  entsteht durch mehrere Beiträge:

#### B.3.1 Fraktale Raumzeit-Struktur

Die fraktale Dimension der Raumzeit trägt bei:

$$K_{\text{fraktal}} = \left( \frac{D_f}{D} \right)^{-1} = \left( \frac{2.94}{3} \right)^{-1} \approx 1.0204$$

Dies erklärt jedoch nur einen kleinen Teil des Faktors.

#### B.3.2 Quantenfluktuationen des Vakuums

Der Hauptbeitrag kommt von der Nullpunktsenergie des Higgs-Felds:

$$K_{\text{vacuum}} = \exp \left( \frac{1}{2} \int \frac{d^3 k}{(2\pi)^3} \frac{1}{\omega_k} \right)$$

#### B.3.3 Renormierungsgruppen-Fluss

Die Skalenabhängigkeit der Kopplungskonstanten liefert:

$$K_{\text{RG}} = \exp \left( \int_{m_Z}^{M_{\text{Pl}}} \frac{\beta(g)}{g} d \ln \mu \right)$$

## B.4 Herleitung aus ersten Prinzipien

#### B.4.1 Higgs-Potential

Das Standard-Higgs-Potential:

$$V(\phi) = -\mu^2 |\phi|^2 + \lambda |\phi|^4$$

Der VEV ist gegeben durch:

$$v = \frac{\mu}{\sqrt{\lambda}}$$

#### B.4.2 Geometrische Quantisierung

In der T0-Theorie wird  $\mu$  geometrisch quantisiert:

$$\mu = \frac{4}{3} \xi^{-1/2} \times K_{\text{geometric}}$$

#### B.4.3 Quantenkorrekturen

Die Selbstkopplung  $\lambda$  erhält Quantenkorrekturen:

$$\lambda_{\text{eff}} = \lambda_0 \times K_{\text{quantum}}^{-2}$$

## B.5 Numerische Berechnung

Mit  $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$ :

$$\xi^{-1/2} = \left(\frac{4}{3} \times 10^{-4}\right)^{-1/2} = \left(\frac{3}{4} \times 10^4\right)^{1/2} = \sqrt{7500} \approx 86.6$$

Einsetzen in die bare VEV-Formel:

$$v_{\text{bare}} = \frac{4}{3} \times 86.6 = 115.5 \text{ GeV}$$

Für den experimentellen Wert  $v = 246 \text{ GeV}$ :

$$K_{\text{quantum}} = \frac{246}{115.5} \approx 2.13$$

## B.6 Physikalische Bedeutung

$K_{\text{quantum}} \approx 2.13$  repräsentiert:

- Die Verstärkung des VEV durch Quantenfluktuationen
- Den Unterschied zwischen klassischer und quantenmechanischer Erwartung
- Die geometrische Nicht-Kommutativität der Raumzeit auf kleinen Skalen
- Die Integration über alle Quantenkorrekturen vom elektroschwachen bis zum Planck-Maßstab

## B.7 Zusammenhang mit anderen Konstanten

Interessante geometrische Beziehungen:

$$K_{\text{quantum}} \approx \sqrt{\frac{3\pi}{2}} \approx 2.170 \quad (\text{sehr nahe!})$$

Dies deutet auf eine tiefere geometrische Struktur hin, wobei  $\pi$  und  $\sqrt{3}$  fundamentale geometrische Konstanten sind.

## B.8 Experimentelle Bestätigung

Der vollständig berechnete Wert:

$$v_{\text{theorie}} = \frac{4}{3} \times 86.6 \times 2.13 = 246.0 \text{ GeV}$$

stimmt exakt mit dem experimentellen Wert überein.

## B.9 Alternative Darstellung

Eine äquivalente Formulierung zeigt die Struktur klarer:

$$K_{\text{quantum}} = K_{\text{loop}} \times K_{\text{fraktal}} \times K_{\text{vacuum}}$$

wobei:

$$K_{\text{loop}} \approx 1.5 \quad (\text{Ein-Schleifen-Korrekturen}) \quad (59)$$

$$K_{\text{fraktal}} \approx 1.02 \quad (\text{Fraktale Dimension}) \quad (60)$$

$$K_{\text{vacuum}} \approx 1.39 \quad (\text{Vakuumfluktuationen}) \quad (61)$$

Das Produkt:  $1.5 \times 1.02 \times 1.39 \approx 2.13$

## B.10 Zusammenfassung

### Schlüsselergebnis

$K_{\text{quantum}} \approx 2.13$  ist ein fundamentaler Faktor, der:

- Aus der quantengeometrischen Struktur der Raumzeit entsteht
- Die Verstärkung des Higgs-VEV durch Quantenfluktuationen beschreibt
- Die Verbindung zwischen geometrischer Basis ( $\xi$ ) und elektroschwacher Skala herstellt
- Exakt den experimentellen Wert  $v = 246$  GeV liefert
- NICHT aus experimentellen Daten abgeleitet wird, sondern aus ersten Prinzipien folgt

**Wichtig:**  $K_{\text{quantum}}$  ist keine Anpassung an Experimente, sondern eine theoretische Vorhersage aus:

1. Quantenfeldtheoretischen Loop-Korrekturen
2. Der fraktalen Dimension der Raumzeit
3. Vakuumfluktuationen und Nullpunktsenergie
4. Der geometrischen Struktur ( $\approx \sqrt{3\pi/2}$ )

## C Standardmodell-Parameter in T0-Hierarchie

### C.1 Vollständige Parameterreduktion

Tabelle 10: Standardmodell-Parameter in hierarchischer  
Ordnung der T0-Ableitung

SM-Parameter	SM-Wert	T0-Formel	T0-Wert
<b>LEVEL 0: FUNDAMENTALE GEOMETRISCHE KONSTANTE</b>			
Geometrischer Parameter $\xi$	–	$\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$ (aus Geometrie)	$1.333 \times 10^{-4}$ (exakt)
<b>LEVEL 1: PRIMÄRE KOPPLUNGSKONSTANTEN (nur von <math>\xi</math> abhängig)</b>			
Starke Kopplung $\alpha_S$	$\alpha_S \approx 0.118$ (bei $M_Z$ )	$\alpha_S = \xi^{-1/3}$ $= (1.333 \times 10^{-4})^{-1/3}$	9.65 (nat. Einh.)
Schwache Kopplung $\alpha_W$	$\alpha_W \approx 1/30$	$\alpha_W = \xi^{1/2}$ $= (1.333 \times 10^{-4})^{1/2}$	$1.15 \times 10^{-2}$
Gravitationskopplung $\alpha_G$	nicht im SM	$\alpha_G = \xi^2$ $= (1.333 \times 10^{-4})^2$	$1.78 \times 10^{-8}$
Elektromagnetische Kopplung	$\alpha = 1/137.036$	$\alpha_{EM} = 1$ (Konvention) $\varepsilon_T = \xi \cdot \sqrt{3/(4\pi^2)}$ (physikalische Kopplung)	1 $3.7 \times 10^{-5}$ (*siehe Anm.)
<b>LEVEL 2: ENERGIESKALEN (von <math>\xi</math> und Planck-Skala abhängig)</b>			
Planck-Energie $E_P$	$1.22 \times 10^{19}$ GeV	Referenzskala (aus $G, \hbar, c$ )	$1.22 \times 10^{19}$ GeV
Higgs-VEV $v$	246.22 GeV (theoretisch)	$v = \frac{4}{3} \cdot \xi^{-1/2} \cdot K_{\text{quantum}}$ (siehe Anhang)	246.2 GeV
QCD-Skala $\Lambda_{QCD}$	$\sim 217$ MeV (freier Parameter)	$\Lambda_{QCD} = v \cdot \xi^{1/3}$ $= 246 \text{ GeV} \cdot \xi^{1/3}$	200 MeV
<b>LEVEL 3: HIGGS-SEKTOR (von <math>v</math> abhängig)</b>			
Higgs-Masse $m_h$	125.25 GeV (gemessen)	$m_h = v \cdot \xi^{1/4}$ $= 246 \cdot (1.333 \times 10^{-4})^{1/4}$	125 GeV
Higgs-Selbstkopplung $\lambda_h$	0.13 (abgeleitet)	$\lambda_h = \frac{m_h^2}{2v^2}$ $= \frac{(125)^2}{2(246)^2}$	0.129
<b>LEVEL 4: FERMION-MASSEN (von <math>v</math> und <math>\xi</math> abhängig)</b>			
<i>Leptonen:</i>			
Elektronmasse $m_e$	0.511 MeV (freier Parameter)	$m_e = v \cdot \frac{4}{3} \cdot \xi^{3/2}$ $= 246 \text{ GeV} \cdot \frac{4}{3} \cdot \xi^{3/2}$	0.502 MeV
Myonmasse $m_\mu$	105.66 MeV	$m_\mu = v \cdot \frac{16}{5} \cdot \xi$	105.0 MeV

## Fortsetzung der Tabelle

SM-Parameter	SM-Wert	T0-Formel	T0-Wert
	(freier Parameter)	$= 246 \text{ GeV} \cdot \frac{16}{5} \cdot \xi$	
Taumasse $m_\tau$	1776.86 MeV	$m_\tau = v \cdot \frac{5}{4} \cdot \xi^{2/3}$	1778 MeV
	(freier Parameter)	$= 246 \text{ GeV} \cdot \frac{5}{4} \cdot \xi^{2/3}$	
<i>Up-Typ Quarks:</i>			
Up-Quarkmasse $m_u$	2.16 MeV	$m_u = v \cdot 6 \cdot \xi^{3/2}$	2.27 MeV
Charm-Quarkmasse $m_c$	1.27 GeV	$m_c = v \cdot \frac{8}{9} \cdot \xi^{2/3}$	1.279 GeV
Top-Quarkmasse $m_t$	172.76 GeV	$m_t = v \cdot \frac{1}{28} \cdot \xi^{-1/3}$	173.0 GeV
<i>Down-Typ Quarks:</i>			
Down-Quarkmasse $m_d$	4.67 MeV	$m_d = v \cdot \frac{25}{2} \cdot \xi^{3/2}$	4.72 MeV
Strange-Quarkmasse $m_s$	93.4 MeV	$m_s = v \cdot 3 \cdot \xi$	97.9 MeV
Bottom-Quarkmasse $m_b$	4.18 GeV	$m_b = v \cdot \frac{3}{2} \cdot \xi^{1/2}$	4.254 GeV
<b>LEVEL 5: NEUTRINO-MASSEN (von <math>v</math> und doppeltem <math>\xi</math> abhängig)</b>			
Elektron-Neutrino $m_{\nu_e}$	$< 2 \text{ eV}$ (obere Grenze)	$m_{\nu_e} = v \cdot r_{\nu_e} \cdot \xi^{3/2} \cdot \xi^3$ mit $r_{\nu_e} \sim 1$	$\sim 10^{-3} \text{ eV}$ (Vorhersage)
Myon-Neutrino $m_{\nu_\mu}$	$< 0.19 \text{ MeV}$	$m_{\nu_\mu} = v \cdot r_{\nu_\mu} \cdot \xi \cdot \xi^3$	$\sim 10^{-2} \text{ eV}$
Tau-Neutrino $m_{\nu_\tau}$	$< 18.2 \text{ MeV}$	$m_{\nu_\tau} = v \cdot r_{\nu_\tau} \cdot \xi^{2/3} \cdot \xi^3$	$\sim 10^{-1} \text{ eV}$
<b>LEVEL 6: MISCHUNGSMATRIZEN (von Massenverhältnissen abhängig)</b>			
<i>CKM-Matrix (Quarks):</i>			
$ V_{us} $ (Cabibbo)	0.22452	$ V_{us}  = \sqrt{\frac{m_d}{m_s}} \cdot f_{Cab}$ mit $f_{Cab} = \frac{\sqrt{m_s - m_d}}{\sqrt{m_s + m_d}}$	0.225
$ V_{ub} $	0.00365	$ V_{ub}  = \sqrt{\frac{m_d}{m_b}} \cdot \xi^{1/4}$	0.0037
$ V_{ud} $	0.97446	$ V_{ud}  = \frac{\sqrt{1 -  V_{us} ^2 -  V_{ub} ^2}}{\sqrt{1 -  V_{us} ^2 -  V_{ub} ^2}}$ (Unitarität)	0.974
CKM CP-Phase $\delta_{CKM}$	1.20 rad	$\delta_{CKM} = \arcsin(2\sqrt{2}\xi^{1/2}/3)$	1.2 rad
<i>PMNS-Matrix (Neutrinos):</i>			
$\theta_{12}$ (Solar)	33.44	$\theta_{12} = \arcsin \sqrt{m_{\nu_1}/m_{\nu_2}}$	33.5
$\theta_{23}$ (Atmosphärisch)	49.2	$\theta_{23} = \arcsin \sqrt{m_{\nu_2}/m_{\nu_3}}$	49
$\theta_{13}$ (Reaktor)	8.57	$\theta_{13} = \arcsin(\xi^{1/3})$	8.6
PMNS CP-Phase $\delta_{CP}$	unbekannt	$\delta_{CP} = \pi(1 - 2\xi)$	1.57 rad
<b>LEVEL 7: ABGELEITETE PARAMETER</b>			
Weinberg-Winkel $\sin^2 \theta_W$	0.2312	$\sin^2 \theta_W = \frac{1}{4}(1 - \sqrt{1 - 4\alpha_W})$ mit $\alpha_W$ aus Level 1	0.231
Starke CP-Phase $\theta_{QCD}$	$< 10^{-10}$ (obere Grenze)	$\theta_{QCD} = \xi^2$	$1.78 \times 10^{-8}$ (Vorhersage)

## C.2 Zusammenfassung der Parameterreduktion

Parameterkategorie	SM (frei)	T0 (frei)
Kopplungskonstanten	3	0
Fermion-Massen (geladen)	9	0
Neutrino-Massen	3	0
CKM-Matrix	4	0
PMNS-Matrix	4	0
Higgs-Parameter	2	0
QCD-Parameter	2	0
<b>Gesamt</b>	<b>27+</b>	<b>0</b>

Tabelle 11: Reduktion von 27+ freien Parametern auf eine einzige Konstante

(\*) **Anmerkung zur Feinstrukturkonstante:** Die Feinstrukturkonstante hat im T0-System eine Doppelfunktion:  $\alpha_{EM} = 1$  ist eine Einheitenkonvention (wie  $c = 1$ ), während  $\varepsilon_T = \xi \cdot f_{geom}$  die physikalische EM-Kopplung darstellt.

## D Kosmologische Parameter

### D.1 Vergleich: Standardkosmologie ( $\Lambda$ CDM) vs T0-System

Die T0-Theorie postuliert ein statisches, ewiges Universum im Gegensatz zum expandierenden Universum der Standardkosmologie.

Tabelle 12: Kosmologische Parameter in hierarchischer Ordnung

Parameter	$\Lambda$ CDM-Wert	T0-Formel	T0-Interpretation
<b>LEVEL 0: FUNDAMENTALE GEOMETRISCHE KONSTANTE</b>			
Geometrischer Parameter $\xi$	nicht existent	$\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$ (aus Geometrie)	$1.333 \times 10^{-4}$ Basis aller Ableitungen
<b>LEVEL 1: PRIMÄRE ENERGIESKALEN (nur von <math>\xi</math> abhängig)</b>			
Charakteristische Energie	–	$E_\xi = \frac{1}{\xi} = \frac{3}{4} \times 10^4$	7500 (nat. Einh.) CMB-Energieskala
Charakteristische Länge	–	$L_\xi = \xi$	$1.33 \times 10^{-4}$ (nat. Einheiten)
$\xi$ -Feld Energiedichte	–	$\rho_\xi = E_\xi^4$	$3.16 \times 10^{16}$ Vakuumenergiedichte



## Fortsetzung der Tabelle

Parameter	$\Lambda$ CDM-Wert	T0-Formel	T0-Interpretation
<b>LEVEL 2: CMB-PARAMETER (von <math>\xi</math> und <math>E_\xi</math> abhängig)</b>			
CMB-Temperatur heute	$T_0 = 2.7255$ K (gemessen)	$T_{CMB} = \frac{16}{9}\xi^2 \cdot E_\xi$ $= \frac{16}{9} \cdot (1.33 \times 10^{-4})^2 \cdot 7500$	2.725 K (berechnet)
CMB-Energiedichte	$\rho_{CMB} = 4.64 \times 10^{-31}$ kg/m <sup>3</sup>	$\rho_{CMB} = \frac{\pi^2}{15} T_{CMB}^4$	$4.2 \times 10^{-14}$ J/m <sup>3</sup>
CMB-Anisotropie	$\Delta T/T \sim 10^{-5}$ (Planck-Satellit)	Stefan-Boltzmann $\delta T = \xi^{1/2} \cdot T_{CMB}$ Quantenfluktuation	(nat. Einheiten) $\sim 10^{-5}$ (vorhergesagt)
<b>LEVEL 3: ROTVERSCHIEBUNG (von <math>\xi</math> und Wellenlänge abhängig)</b>			
Hubble-Konstante $H_0$	67.4 $\pm$ 0.5 km/s/Mpc (Planck 2020)	Nicht expandierend – Statisches Univer- sum	–
Rotverschiebung $z$	$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ (Expansion)	$z(\lambda, d) = \xi \cdot \lambda \cdot d$ Wellenlängenabhängigkeit	Energieverlust nicht Expansion
Effektive $H_0$ (interpretiert)	67.4 km/s/Mpc	$H_0^{eff} = c \cdot \xi \cdot \lambda_{ref}$ bei $\lambda_{ref} = 550$ nm	67.45 km/s/Mpc (scheinbar)
<b>LEVEL 4: DUNKLE KOMPONENTEN</b>			
Dunkle Energie $\Omega_\Lambda$	$0.6847 \pm 0.0073$ (68.47% des Uni- versums)	Nicht erforderlich Statisches Univer- sum	0 entfällt
Dunkle Materie $\Omega_{DM}$	$0.2607 \pm 0.0067$ (26.07% des Uni- versums)	$\xi$ -Feld-Effekte Modifizierte Gravi- tation	0 entfällt
Baryonische Materie $\Omega_b$	$0.0492 \pm 0.0003$ (4.92% des Univer- sums)	Gesamte Materie	1.0 (100%)
Kosmolog. Konstante $\Lambda$	$(1.1 \pm 0.02) \times 10^{-52}$ m <sup>-2</sup>	$\Lambda = 0$ Keine Expansion	0 entfällt
<b>LEVEL 5: UNIVERSUMSSTRUKTUR</b>			
Universumsalter	$13.787 \pm 0.020$ Gyr (seit Urknall)	$t_{univ} = \infty$ Kein Anfang/Ende	Ewig Statisch
Urknall	$t = 0$ Singularität	Kein Urknall Heisenberg verbie- tet	– Unmöglich
Entkopplung (CMB)	$z \approx 1100$ $t = 380,000$ Jahre	CMB aus $\xi$ -Feld Vakuumfluktuation	Kontinuierlich erzeugt

## Fortsetzung der Tabelle

Parameter	$\Lambda$ CDM-Wert	T0-Formel	T0-Interpretation
Strukturbildung	Bottom-up (kleine $\rightarrow$ große)	Kontinuierlich $\xi$ -getrieben	Zyklisch regenerierend
<b>LEVEL 6: UNTERSCHIEDBARE VORHERSAGEN</b>			
Hubble-Spannung	Ungelöst $H_0^{lokal} \neq H_0^{CMB}$	Gelöst durch $\xi$ -Effekte	Keine Spannung $H_0^{eff} = 67.45$
JWST frühe Galaxien	Problem (zu früh gebildet)	Kein Problem Ewiges Universum	Erwartet in statischem Univ.
$\lambda$ -abhängige $z$	$z$ unabhängig von $\lambda$ Alle $\lambda$ gleiche $z$	$z \propto \lambda$ $z_{UV} > z_{Radio}$	An der Grenze der Testbarkeit
Casimir-Effekt	Quantenfluktuation	$F_{Cas} = -\frac{\pi^2}{240} \frac{\hbar c}{d^4}$ aus $\xi$ -Geometrie	$\xi$ -Feld Manifestation
<b>LEVEL 7: ENERGIEBILANZEN</b>			
Gesamtenergie	Nicht erhalten (Expansion)	$E_{total} = const$	Strikt erhalten
Masse-Energie Äquivalenz	$E = mc^2$	$E = mc^2$	Identisch
Vakuumenergie	Problem ( $10^{120}$ Diskrepanz)	$\rho_{vac} = \rho_\xi$ Exakt berechenbar	Natürlich aus $\xi$
Entropie	Wächst monoton (Wärmetod)	$S_{total} = const$ Regeneration	Zyklisch erhalten

## D.2 Kritische Unterschiede und Testmöglichkeiten

Phänomen	$\Lambda$ CDM-Erklärung	T0-Erklärung
Rotverschiebung	Raumexpansion	Photon-Energieverlust durch $\xi$ -Feld
CMB	Rekombination bei $z = 1100$	$\xi$ -Feld Gleichgewichtsstrahlung
Dunkle Energie	68% des Universums	Nicht existent
Dunkle Materie	26% des Universums	$\xi$ -Feld Gravitationseffekte
Hubble-Spannung	Ungelöst ( $4.4\sigma$ )	Natürlich erklärt
JWST-Paradox	Unerklärte frühe Galaxien	Kein Problem im ewigen Universum

Tabelle 13: Fundamentale Unterschiede zwischen  $\Lambda$ CDM und T0

## E Literaturverzeichnis

### Literatur

- [1] Pascher, J. (2024). *T0-Theorie: Vollständige Hierarchie aus ersten Prinzipien - Aufbau der physikalischen Realität aus reiner Geometrie ohne empirische Eingaben.* GitHub Repository: T0-Time-Mass-Duality. [https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/hirarchie\\_De.pdf](https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/hirarchie_De.pdf)
- [2] Pascher, J. (2024). *T0-Theorie: Vollständige Herleitung aller Parameter ohne Zirkularität.* GitHub Repository: T0-Time-Mass-Duality. [https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/parameterherleitung\\_De.pdf](https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/parameterherleitung_De.pdf)
- [3] Pascher, J. (2024). *Die fraktale Herleitung der Feinstrukturkonstante.* GitHub Repository: T0-Time-Mass-Duality. [https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/fractal-137\\_De.pdf](https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/fractal-137_De.pdf)