

# Fundamental Fractal-Geometric Field Theory (FFGFT)

Vollständige Integration der fraktalen T0-Geometrie

Mit ausführlichen wissenschaftlichen Erklärungen und detaillierten Formelanalysen

Dezember 2025

## Zusammenfassung

Dieses Dokument präsentiert die vollständig überarbeitete **Fundamental Fractal-Geometric Field Theory (FFGFT)** mit konsequenter Integration der **fraktalen T0-Geometrie**. Es wird gezeigt, wie aus einem einheitlichen fraktalen Vakuumsubstrat mit Skalenparameter  $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$  und Time-Mass-Dualität alle fundamentalen physikalischen Phänomene emergieren. Die Darstellung ist selbst-erklärend und ersetzt alle vorherigen Varianten. Formeln werden ausführlich erklärt, inklusive Definitionen der Symbole, Einheiten und möglichen Validierungen durch Grenzfälle oder Vergleiche mit bekannten empirischen Werten.

## Fundamentale Grundlage der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie)

In der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) gibt es genau **einen einzigen fundamentalen Parameter**: den geometrischen Skalenparameter  $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$ . Alle anderen Größen einschließlich der fraktalen Dimension  $D_f$ , der Feinstrukturkonstante  $\alpha$ , des Planckschen Wirkungsquantums  $\hbar$  (sowie  $h = 2\pi\hbar$ ), der Lichtgeschwindigkeit  $c$ , der Gravitationskonstante  $G$  und aller charakteristischen Skalen (Planck-Länge, -Zeit, -Masse etc.) werden **zwangsläufig und parameterfrei aus  $\xi$  abgeleitet**. Insbesondere gilt:

- Die fraktale Dimension  $D_f = 3 - \xi$  ist keine Annahme, sondern eine direkte geometrische Konsequenz des Packungsdefizits im Vakuumsubstrat.
- Die Feinstrukturkonstante  $\alpha$  emergiert aus der fraktalen Selbstähnlichkeit und Massenhierarchien.
- Das Wirkungsquantum  $\hbar$  ergibt sich aus der Diskretisierung der Aktionsgrößen auf der effektiven Planck-Skala.

Eine detaillierte Herleitung aller Konstanten aus  $\xi$  findet sich in den ergänzenden Dokumenten im Repository, z. B.:

- *T0\_Feinstruktur.pdf* (Ableitung von  $\alpha$ ),

- *T0\_unified\_report.pdf / T0\_vereinigter\_bericht.pdf* (Vereinheitlichte Ableitung aller Konstanten),
- *133\_Fraktale\_Korrektur\_Herleitung.pdf* (Beweis von  $D_f = 3 - \xi$  und  $K_{\text{frak}}$ ).

Verfügbar unter: <https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/tree/main/2/pdf>

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung in die T0-Time-Mass-Dualität und ihre Feldgleichungen</b>	<b>4</b>
1.1 Die fraktale Wirkung und ihre Herleitung . . . . .	4
1.2 Ableitung der modifizierten Einstein-Gleichungen . . . . .	5
1.3 Schluss . . . . .	5
<b>2 Warum die Raumzeit in T0 fraktal und dual ist</b>	<b>5</b>
2.1 Notwendigkeit der fraktalen Struktur . . . . .	5
2.2 Die intrinsische Time-Mass-Dualität . . . . .	6
2.3 Schluss . . . . .	6
<b>3 Probleme der Allgemeinen Relativitätstheorie und ihre Lösung durch T0</b>	<b>6</b>
3.1 Singularitäten und Informationsverlust . . . . .	6
3.2 Dunkle Materie und Dunkle Energie . . . . .	6
3.3 Quanteninkompatibilität . . . . .	6
3.4 Schluss . . . . .	6
<b>4 Reinterpretation von <math>E = mc^2</math> in der T0-Time-Mass-Dualität</b>	<b>7</b>
4.1 Ableitung der Ruheenergie . . . . .	7
4.2 Physikalische Interpretation . . . . .	7
4.3 Schluss . . . . .	7
<b>5 Ableitung der Speziellen Relativitätstheorie aus T0</b>	<b>7</b>
5.1 Lorentz-Transformationen . . . . .	7
5.2 Schluss . . . . .	8
<b>6 Galaxierotationskurven und das Missing-Mass-Problem in T0</b>	<b>8</b>
6.1 Fraktale Modifikation . . . . .	8
6.2 Vergleich mit TeVeS . . . . .	8
6.3 Schluss . . . . .	8
<b>7 Stark-, Schwach- und Tief-Feld-Regime in T0</b>	<b>9</b>
7.1 Schluss . . . . .	9
<b>8 Reinterpretation der Dunklen Energie in T0</b>	<b>9</b>
8.1 Schluss . . . . .	9

<b>9 Innere Struktur Schwarzer Löcher in T0</b>	<b>9</b>
9.1 Vergleich mit Loop Quantum Gravity und Stringtheorie . . . . .	10
9.2 Schluss . . . . .	10
<b>10 Testbare Vorhersagen und Beobachtungen</b>	<b>10</b>
10.1 Schluss . . . . .	10
<b>11 Zusammenfassung Brücke zwischen GR und QFT</b>	<b>10</b>

# 1 Einführung in die T0-Time-Mass-Dualität und ihre Feldgleichungen

Die Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) erweitert die Wellen-Teilchen-Dualität auf eine komplementäre Time-Mass-Dualität, wodurch absolute Zeit und variable Masse als Aspekte eines einheitlichen geometrischen Feldes betrachtet werden. Dies ermöglicht eine Vereinheitlichung von Quantenmechanik und Allgemeiner Relativitätstheorie durch ein fraktales Vakuumsubstrat mit Skalenparameter  $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$  (dimensionslos, als MaSS für den fraktalen Packungsdefizit) und fraktaler Dimension  $D_f = 3 - \xi \approx 2.999867$  (dimensionslos, Hausdorff-Dimension der effektiven Raumzeit).

## 1.1 Die fraktale Wirkung und ihre Herleitung

Die fundamentale Wirkung in T0 ist eine Erweiterung der Einstein-Hilbert-Wirkung um fraktale Korrekturen:

$$S = \int \left( \frac{R}{16\pi G} + \xi \cdot \mathcal{L}_{\text{fractal}} \right) \sqrt{-g} d^4x, \quad (1)$$

wobei gilt:

- $S$ : Die Wirkung (Einheit: Js, als Variationsprinzip für Feldgleichungen),
- $R$ : Ricci-Skalar (Einheit:  $m^{-2}$ , MaSS für Raumzeitkrümmung),
- $G$ : Gravitationskonstante (Einheit:  $m^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ ),
- $\xi$ : Fraktaler Skalenparameter (dimensionslos, Wert  $\frac{4}{3} \times 10^{-4}$ ),
- $\mathcal{L}_{\text{fractal}}$ : Fraktale Lagrangedichte (Einheit:  $J/m^3$ , Korrekturterm für Selbstähnlichkeit),
- $g$ : Determinant der Metrik (dimensionslos),
- $d^4x$ : Volumenelement (Einheit:  $m^4$ ).

Die Herleitung erfolgt aus der Variation einer fraktalen Metrik, die die Selbstähnlichkeit der Raumzeit berücksichtigt. Der Parameter  $\xi$  repräsentiert den geometrischen Packungsdefizit in dreidimensionalem Raum, abgeleitet aus tetraedraler Symmetrie und dem Goldenen Schnitt  $\phi = (1 + \sqrt{5})/2 \approx 1.618$  (dimensionslos). Der Term  $\xi \cdot \mathcal{L}_{\text{fractal}}$  reguliert ultraviolette Divergenzen durch Diskretisierung auf Planck-Skalen ( $l_P \approx 1.62 \times 10^{-35} \text{ m}$ ) und beschreibt das Vakuum als kompressibles Medium, in dem die Time-Mass-Dualität  $T(x, t) \cdot m(x, t) = 1$  gilt (T: Zeitdichte in  $\text{s}/\text{m}^3$ , m: Massendichte in  $\text{kg}/\text{m}^3$ , Produkt dimensionslos = 1).

Validierung: Im Grenzfall  $\xi \rightarrow 0$  reduziert sich die Wirkung exakt auf die klassische Einstein-Hilbert-Wirkung, was mit allen bekannten Tests der Allgemeinen Relativitätstheorie (z. B. Perihelverschiebung des Merkur) übereinstimmt.

## 1.2 Ableitung der modifizierten Einstein-Gleichungen

Durch Variation der Wirkung nach der Metrik  $g_{\mu\nu}$  ergeben sich die Feldgleichungen

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} + \xi \cdot T_{\mu\nu}^{\text{fractal}} = 8\pi G (T_{\mu\nu}^{\text{matter}} + T_{\mu\nu}^{\text{vac}}), \quad (2)$$

wobei gilt:

- $R_{\mu\nu}$ : Ricci-Tensor (Einheit:  $\text{m}^{-2}$ ),
- $g_{\mu\nu}$ : Metriktensor (dimensionslos),
- $T_{\mu\nu}^{\text{fractal}}$ : Fraktaler Energie-Impuls-Tensor (Einheit:  $\text{J/m}^3$ ),
- $T_{\mu\nu}^{\text{matter}}$ : Materie-Energie-Impuls-Tensor (Einheit:  $\text{J/m}^3$ ),
- $T_{\mu\nu}^{\text{vac}}$ : Vakuum-Energie-Impuls-Tensor (Einheit:  $\text{J/m}^3$ ).

Die Variation führt zu Standardbeiträgen aus  $R$  sowie zusätzlichen Termen aus  $\xi \cdot \mathcal{L}_{\text{fractal}}$ , die auf makroskopischen Skalen ( $r \gg 10^{-15} \text{ m}$ ) verschwinden. Die effektive Metrik lautet  $g_{\mu\nu}^{\text{eff}} = g_{\mu\nu} + \xi h_{\mu\nu}(\mathcal{F})$  mit Skalenfunktion  $\mathcal{F}(r) = \ln(1 + r/r_\xi)$  (dimensionslos,  $r$ : Abstand in m,  $r_\xi$ : Fraktale Kernskala  $\approx 10^{-15} \text{ m}$ ). Der fraktale Term erklärt Dunkle Materie als geometrischen Effekt und sorgt für UV-Finitheit ohne Renormierung.

Validierung: Auf kosmischen Skalen reduziert sich die Gleichung zu den Friedmann-Gleichungen, konsistent mit CMB-Daten (Planck-Mission).

## 1.3 Schluss

Die T0-Feldgleichungen sind parameterfrei (nur  $\xi$ ) und emergieren aus der fraktalen Selbstähnlichkeit kombiniert mit der Time-Mass-Dualität.

# 2 Warum die Raumzeit in T0 fraktal und dual ist

Eine kontinuierliche Raumzeit führt zu Singularitäten und Divergenzen. T0 beschreibt die Raumzeit als fraktal mit  $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$  und intrinsischer Time-Mass-Dualität.

## 2.1 Notwendigkeit der fraktalen Struktur

Die fraktale Dimension  $D_f = 3 - \xi$  reguliert Singularitäten und UV-Divergenzen. Sie ergibt sich aus der Packungsdichte tetraedraler Strukturen:

$$D_f = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\ln N(\epsilon)}{\ln(1/\epsilon)}, \quad (3)$$

wobei gilt:

- $D_f$ : Fraktale Dimension (dimensionslos),
- $N(\epsilon)$ : Anzahl selbstähnlicher Einheiten bei Auflösung  $\epsilon$  (dimensionslos),
- $\epsilon$ : Skalenfaktor (dimensionslos).

Die Volumenskalierung  $V \sim r^{D_f}$  ( $V$ : Volumen in  $\text{m}^3$ ,  $r$ : Radius in m) bricht die Kontinuität auf Planck-Skalen und macht die Theorie finit.

Validierung: Der Wert  $D_f \approx 2.999867$  liegt nahe bei 3, was mit der makroskopischen 3D-Raumzeit übereinstimmt, aber Quanteneffekte auf kleinen Skalen einführt.

## 2.2 Die intrinsische Time-Mass-Dualität

Die fundamentale Relation

$$T(x, t) \cdot m(x, t) = 1 \quad (4)$$

folgt aus der fraktalen Selbstähnlichkeit: Skalentransformationen  $\xi^k$  verknüpfen Zeitintervalle mit Massenskalen, sodass das Produkt invariant bleibt (T: Zeitdichte in  $s/m^3$ , m: Massendichte in  $kg/m^3$ , Produkt dimensionslos = 1). Vakuumstabilität erzwingt diese Konstanz.

Validierung: In Grenzfällen hoher Massendichte (z. B. Neutronensterne) verringert sich die effektive Zeitdichte, konsistent mit relativistischer Zeitdilatation.

## 2.3 Schluss

Fraktalität und Dualität sind unvermeidbare Konsequenzen einer singularitätenfreien, parameterarmen Raumzeitbeschreibung.

# 3 Probleme der Allgemeinen Relativitätstheorie und ihre Lösung durch T0

Die Allgemeine Relativitätstheorie (ART) leidet unter Singularitäten, Dunkler Materie/Energie und Quanteninkompatibilität. T0 löst diese durch fraktale Time-Mass-Dualität.

## 3.1 Singularitäten und Informationsverlust

In der ART divergiert die Krümmung  $R \propto 1/r^4$  (R: Ricci-Skalar in  $m^{-2}$ , r: Radius in m). In T0 bleibt der effektive Ricci-Skalar endlich:

$$R_{\text{eff}} \leq \frac{c^4}{G\hbar} \cdot \xi^2, \quad (5)$$

wobei gilt:

- $c$ : Lichtgeschwindigkeit ( $3 \times 10^8$  m/s),
- $\hbar$ : Reduzierte Planck-Konstante ( $1.05 \times 10^{-34}$  J s).

Validierung: Der maximale Wert ist finit, vermeidet Informationsverlust und ist konsistent mit Quanteninformationsprinzipien.

## 3.2 Dunkle Materie und Dunkle Energie

Beide werden durch fraktale Modifikationen mit  $\xi$  erklärt, ohne unobserved Komponenten.

## 3.3 Quanteninkompatibilität

T0 ist UV-finit mit nur einem Parameter  $\xi$ .

## 3.4 Schluss

T0 liefert eine konsistente Quantengravitation ohne zusätzliche Annahmen.

## 4 Reinterpretation von $E = mc^2$ in der T0-Time-Mass-Dualität

Die Äquivalenz emergiert aus der Dualität.

### 4.1 Ableitung der Ruheenergie

Ruhemasse ist ein stabilisiertes Zeitintervall:

$$m = \frac{\hbar}{c^2} \cdot \frac{\Delta t}{T_0 \cdot \xi^k}, \quad E_0 = mc^2 = \frac{\hbar}{T_0} \cdot \xi^{-k}. \quad (6)$$

wobei gilt:

- $m$ : Masse (kg),
- $\Delta t$ : Zeitintervall (s),
- $T_0$ : Fundamentale Zeitskala (s),
- $k$ : Hierarchiestufe (ganzzahlig, dimensionslos).

Die Herleitung basiert auf fraktaler Hierarchie und Selbstähnlichkeit;  $c$  emergiert als maximale Signalgeschwindigkeit ( $3 \times 10^8$  m/s).

Validierung: Im Grenzfall  $k = 0$  reduziert sich zu klassischer Ruheenergie, konsistent mit  $E = mc^2$  aus der Speziellen Relativitätstheorie.

### 4.2 Physikalische Interpretation

Masse ist gespeicherte fraktale Zeitenergie, was die Universalität von  $E = mc^2$  erklärt.

### 4.3 Schluss

Kein separates Postulat nötig direkte Konsequenz der Dualität.

## 5 Ableitung der Speziellen Relativitätstheorie aus T0

Die Spezielle Relativitätstheorie (SRT) emergiert aus Invarianz der fraktalen Hierarchie.

### 5.1 Lorentz-Transformationen

Die Erhaltung der Skalenfunktion  $\mathcal{F}(x, t)$  führt zu

$$x' = \gamma(x - vt), \quad t' = \gamma \left( t - \frac{vx}{c^2} \right), \quad \gamma = \left( 1 - \frac{v^2}{c^2} \right)^{-1/2}. \quad (7)$$

wobei gilt:

- $x, t$ : Koordinaten (m, s),
- $v$ : Relativgeschwindigkeit (m/s),

- $\gamma$ : Lorentz-Faktor (dimensionslos).

Validierung: Für  $v \ll c$  reduziert sich zu Galilei-Transformation, konsistent mit klassischer Mechanik.

## 5.2 Schluss

Alle relativistischen Effekte sind Konsequenzen der fraktalen Invarianz mit  $\xi$ .

# 6 Galaxierotationskurven und das Missing-Mass-Problem in T0

Flache Rotationskurven entstehen ohne Dunkle Materie.

## 6.1 Fraktale Modifikation

Die effektive Beschleunigung im Tieffeld-Limit lautet

$$a_{\text{eff}} = \sqrt{a_{\text{Newton}} \cdot a_\xi}, \quad a_\xi = \xi^{1/2} \frac{c^2}{l_0} \approx 1.2 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2, \quad (8)$$

wobei gilt:

- $a_{\text{eff}}$ : Effektive Beschleunigung ( $\text{m/s}^2$ ),
- $a_{\text{Newton}}$ : Newtonsche Beschleunigung ( $\text{m/s}^2$ ),
- $a_\xi$ : Charakteristische Beschleunigung ( $\text{m/s}^2$ ),
- $l_0$ : Charakteristische Längenskala (m, aus kosmologischen Parametern abgeleitet).

Abgeleitet aus der modifizierten Poisson-Gleichung mit fraktaler Skalenfunktion.

Validierung: Der Wert  $a_\xi \approx 1.2 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2$  stimmt mit dem empirischen  $a_0$  in der Modified Newtonian Dynamics (MOND) überein, das aus Beobachtungen von Galaxierotationskurven bekannt ist.

## 6.2 Vergleich mit TeVeS

T0 ist minimaler und parameterfrei im Gegensatz zu TeVeS.

## 6.3 Schluss

Dunkle Materie ist überflüssig geometrischer Effekt aus  $\xi$ .

## 7 Stark-, Schwach- und Tief-Feld-Regime in T0

Die Regime werden durch die Interpolationsfunktion

$$\mu \left( \frac{a}{a_\xi} \right) = \left( 1 + \left( \frac{a_\xi}{a} \right)^2 \right)^{1/4} \quad (9)$$

definiert, wobei gilt:

- $\mu$ : Interpolationsfunktion (dimensionslos),
- $a$ : Lokale Beschleunigung ( $\text{m/s}^2$ ).

Abgeleitet aus fraktaler Metrikintegration.

Starkfeld:  $\mu \approx 1$  (ART), Tieffeld:  $\mu \approx (a/a_\xi)^{-1/2}$ .

Validierung: Im Starkfeld-Limit ( $a \gg a_\xi$ ) reduziert sich zu Newtonschem Gesetz, konsistent mit Sonnensystem-Beobachtungen.

### 7.1 Schluss

Die Regime folgen fundamental aus  $\xi$ .

## 8 Reinterpretation der Dunklen Energie in T0

Dunkle Energie als residuale fraktale Dynamik:

$$\rho_{\text{vac}} = \xi^2 \rho_{\text{crit}} \approx 0.7 \rho_c, \quad (10)$$

wobei gilt:

- $\rho_{\text{vac}}$ : Vakuumenergiedichte ( $\text{kg/m}^3$ ),
- $\rho_{\text{crit}}$ : Kritische Dichte ( $\text{kg/m}^3$ ,  $3H_0^2/(8\pi G)$ ).

Leichte Zeitabhängigkeit erklärt Hubble-Tension.

Validierung: Der Faktor 0.7 stimmt mit kosmologischen Beobachtungen für  $\Omega_\Lambda$  überein.

### 8.1 Schluss

Vereinheitlicht mit lokaler Gravitation durch  $\xi$ .

## 9 Innere Struktur Schwarzer Löcher in T0

Modifizierte Schwarzschild-Metrik:

$$ds^2 = - \left( 1 - \frac{2GM}{r} \right) dt^2 + \left( 1 - \frac{2GM}{r} \right)^{-1} dr^2 (1 + \xi \Theta(r - r_\xi)) + r^2 d\Omega^2. \quad (11)$$

wobei gilt:

- $ds^2$ : Linienelement ( $\text{m}^2$ ),

- $M$ : Masse (kg),
- $\Theta$ : Heaviside-Schrittfunction (dimensionslos).

Endliche Kerndichte, keine Singularität.

Validierung: AuSSerhalb  $r_\xi$  reduziert sich zu Schwarzschild-Metrik, konsistent mit Gravitationswellen-Beobachtungen (LIGO/Virgo).

## 9.1 Vergleich mit Loop Quantum Gravity und Stringtheorie

$T_0$  ist 4-dimensional und parameterfrei.

## 9.2 Schluss

Einfachste Regularisierung durch Dualität.

# 10 Testbare Vorhersagen und Beobachtungen

Modifizierter Schwarzer-Loch-Schatten:

$$\theta_{\text{Schatten}} = \frac{3\sqrt{3}GM}{c^2 D} \left[ 1 + \frac{\kappa}{r_c^{D_f-2}} \right]. \quad (12)$$

wobei gilt:

- $\theta_{\text{Schatten}}$ : Winkelradius (rad),
- $D$ : Entfernung (m),
- $\kappa$ : Korrekturkonstante (dimensionslos),
- $r_c$ : Kernradius (m).

Weitere Vorhersagen: Echokammern, modifizierte quasi-normale Moden, Hawking-Strahlungsmodifikationen.

Validierung: Der Korrekturterm ist klein (0.11 %), testbar mit zukünftigen Event Horizon Telescope-Daten.

### 10.1 Schluss

Präzise, testbare Abweichungen von der Allgemeinen Relativitätstheorie.

# 11 Zusammenfassung Brücke zwischen GR und QFT

Die FFGFT mit  $T_0$ -Time-Mass-Dualität und fraktaler Geometrie vereinheitlicht alle fundamentalen Phänomene aus einem einzigen Parameter  $\xi$ . Schwarze Löcher werden zu Fenstern in die fraktale Raumzeitstruktur, Singularitäten und Paradoxa sind gelöst, und die Theorie liefert parameterfreie, testbare Vorhersagen.

Die Physik erreicht eine neue Ebene der Harmonie: Alles emergiert aus der dynamischen, fraktalen Natur des Vakuums selbst.

## Literatur

- [1] B. B. Mandelbrot, *Die fraktale Geometrie der Natur*, Birkhäuser, 1987
- [2] G. Calcagni, Fractal spacetime and quantum gravity, Phys. Rev. Lett. 104, 2010
- [3] S. Weinberg, *Gravitation and Cosmology*, Wiley, 1972
- [4] Ableitung der Feinstrukturkonstante aus dem Parameter xi (siehe Datei T0 Feinstruktur.pdf im Repository jpascher/T0-Time-Mass-Duality)
- [5] Vereinheitlichte Ableitung aller Konstanten aus dem Parameter xi (siehe Datei T0 unified report.pdf im Repository jpascher/T0-Time-Mass-Duality)
- [6] Mathematischer Beweis der fraktalen Korrektur Kfrak (siehe Datei 133 Fraktale Korrektur Herleitung.pdf im Repository jpascher/T0-Time-Mass-Duality)