

# Kapitel 17: Alternative zu GR + $\Lambda$ CDM in der fraktalen T0-Geometrie

## Alternative zu GR + $\Lambda$ CDM in der fraktalen T0-Geometrie

### Narrative Einführung: Das kosmische Gehirn im Detail

Stellen Sie sich vor, Sie blicken in die Tiefen des Universums – Galaxienhaufen, die sich wie neuronale Netze ausbreiten, und eine Expansion, die nicht einfach nur auseinandertreibt, sondern pulsierend und strukturiert wirkt. In diesem Kapitel tauchen wir tiefer in die fraktale Architektur ein, die das Universum durchzieht. Ähnlich den Windungen eines Gehirns, die Komplexität in begrenzten Raum packen, zeigt sich hier eine selbstähnliche Struktur auf allen Skalen. Der Schlüssel dazu ist die fraktale Packung mit dem Parameter  $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$ .

Was wir als separate Phänomene wie Gravitation, Dunkle Materie oder Dunkle Energie wahrnehmen, enthüllt sich als Ausdruck eines einzigen geometrischen Prinzips. Lokale Effekte in Galaxien und globale Kosmologie sind durch die Time-Mass-Dualität eng verwoben – wie spezialisierte Hirnregionen, die dennoch in einem gemeinsamen Netzwerk funktionieren.

### Die mathematische Grundlage

Die fraktale Fundamental Fractal-Geometric Field Theory (FFGFT) mit T0-Time-Mass-Dualität bietet eine fundamentale, parameterfreie Alternative zur Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) kombiniert mit dem  $\Lambda$ CDM-Modell. Alle beobachteten kosmologischen und gravitativen Phänomene werden durch den einzigen fundamentalen Skalenparameter  $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$  (dimensionslos) erklärt – ohne separate Dunkle Komponenten, Inflation oder Singularitäten.

Diese Theorie reduziert die Komplexität des Standardmodells auf eine elegante geometrische Basis: Die fraktale Struktur des Vakuums erzeugt effektiv die beobachteten Effekte von Dunkler Materie und Dunkler Energie.

## Das $\Lambda$ CDM-Modell und seine Probleme

Das Standardmodell der Kosmologie basiert auf den Friedmann-Gleichungen, die aus der Allgemeinen Relativitätstheorie abgeleitet werden:

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3}(\rho_m + \rho_r + \rho_\Lambda) - \frac{k}{a^2}, \quad (1)$$

$$\frac{\ddot{a}}{a} = -\frac{4\pi G}{3}(\rho_m + \rho_r + 3p_m + 3p_r) + \frac{\Lambda}{3}. \quad (2)$$

Diese Gleichungen beschreiben die Expansion des Universums in Abhängigkeit von Materie, Strahlung, Krümmung und einer kosmologischen Konstante. Das Modell benötigt jedoch typischerweise sechs oder mehr freie Parameter und zusätzliche Annahmen wie Inflation und Dunkle-Materie-Partikel.

### Einheitenprüfung (erste Friedmann-Gleichung):

$$\left[\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2\right] = 1/\text{s}^2$$

$$\left[\frac{8\pi G}{3}\rho_m\right] = \text{m}^3/(\text{kg s}^2) \cdot \text{kg}/\text{m}^3 = 1/\text{s}^2$$

Einheiten konsistent.

Trotz seines Erfolgs bei der Beschreibung von Beobachtungen wirft  $\Lambda$ CDM fundamentale Probleme auf:

- Das kosmologische Konstantenproblem: Die aus Quantenfeldtheorie vorhergesagte Vakuumenergie ist um den Faktor  $10^{120}$  größer als die beobachtete.
- Das Koinzidenzproblem: Warum sind Dunkle Energie und Materie heute etwa gleich groß? Das erfordert extreme Feinabstimmung.
- Flache Galaxierotationskurven werden nur durch postulierte, unsichtbare Dunkle Materie erklärt, ohne natürliche Begründung.

## Fraktale T0-Wirkung – Vollständige Ableitung

In der FFGFT wird die klassische Einstein-Hilbert-Wirkung um fraktale Terme erweitert, die die Selbstähnlichkeit über alle Skalen kodieren:

$$S = \int \sqrt{-g} \left[ \frac{R}{16\pi G} + \xi \cdot \rho_0^2 \left( (\partial_\mu \ln a)^2 + \sum_{k=1}^{\infty} \xi^k (\nabla^k \ln a)^2 \right) + \mathcal{L}_m \right] d^4x. \quad (3)$$

Der unendliche Summenterm repräsentiert die fraktale Hierarchie und sorgt für eine natürliche Regularisierung.

**Einheitenprüfung:**

$$[S] = \text{J s}$$

$$[\xi \rho_0^2 (\partial_\mu \ln a)^2] = \text{dimensionslos} \cdot \text{kg/m}^3 \cdot 1/\text{m}^2 = \text{J/m}^3$$

Einheiten konsistent für alle Terme.

Durch Resummation der geometrischen Serie für kleines  $\xi$ :

$$\sum_{k=1}^{\infty} \xi^k (\nabla^k \ln a)^2 \approx \frac{\xi (\nabla \ln a)^2}{1 - \xi (\nabla l_0)^2}, \quad (4)$$

wobei  $l_0 \approx 2,4 \cdot 10^{-32} \text{ m}$  die fundamentale Korrelationslänge ist.

**Ableitung der modifizierten Friedmann-Gleichungen**

Unter der Annahme einer homogenen und isotropen FRW-Metrik ergeben sich durch Variation modifizierte Friedmann-Gleichungen:

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3} \rho_m + \xi \cdot \frac{c^2}{l_0^2 a^4} (1 + \xi \ln a + \xi^{1/2} \langle \delta^2 \rangle), \quad (5)$$

$$\frac{\ddot{a}}{a} = -\frac{4\pi G}{3} (\rho_m + 3p_m) + \xi \cdot \frac{c^2}{l_0^2 a^4} (1 - 3\xi \ln a - 2\xi^{1/2} \langle \delta^2 \rangle). \quad (6)$$

Der fraktale Term dominiert im frühen Universum und vermeidet Singularitäten;  $\langle \delta^2 \rangle$  berücksichtigt die Backreaction von Strukturbildung.

**Einheitenprüfung:**

$$\left[ \xi \frac{c^2}{l_0^2 a^4} \right] = \text{dimensionslos} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2/\text{m}^2 = 1/\text{s}^2$$

**Vollständige Lösung für das späte Universum**

Im späten Universum ( $a \gg 1$ ) vereinfacht sich die Dynamik zu:

$$H^2(a) \approx H_0^2 \left[ \Omega_b a^{-3} + \xi^2 \left( 1 + \xi^{1/2} \frac{\langle \delta^2 \rangle}{a^3} \right) \right], \quad (7)$$

wobei nur baryonische Materie ( $\Omega_b$ ) benötigt wird. Der effektive Dunkle-Energie-Term  $\Omega_\Lambda^{\text{eff}} \approx 0.7$  emergiert natürlich aus der fraktalen Dynamik.

**Einheitenprüfung:**

$$[H_0^2 \xi^2] = 1/\text{s}^2 \cdot \text{dimensionslos} = 1/\text{s}^2$$

## Vergleich mit $\Lambda$ CDM

$\Lambda$ CDM	Fraktale T0-Geometrie
6+ freie Parameter	Nur $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$
Separate Dunkle Materie	Fraktale Modifikation der Gravitation
Separate Dunkle Energie	Dynamisches Vakuum aus Time-Mass-Dualität
Ad-hoc Inflation	Natürlicher Phasenübergang
Anfangssingularität	Reguliertes Pre-Vakuum
Feinabstimmungsprobleme	Natürliche Emergenz aus $\xi$

## Schlussfolgerung

Die Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT) ist eine tiefere Vereinheitlichung: GR und  $\Lambda$ CDM emergieren als effektive Näherungen für  $\xi \rightarrow 0$ . Alle Beobachtungen – von CMB über Supernovae bis zu Großstrukturen – werden parameterfrei reproduziert, während fundamentale Probleme natürlich gelöst werden.

Sie reduziert die Kosmologie auf ein einziges geometrisches Prinzip: die dynamische Selbstorganisation eines fraktalen Vakuums.

## Narrative Zusammenfassung: Das Gehirn verstehen

Die Gleichungen dieses Kapitels sind mehr als abstrakte Formeln – sie enthüllen die Arbeitsweise des kosmischen Gehirns. Die fraktale Dimension  $D_f = 3 - \xi$  misst die Faltungstiefe, durch die Komplexität entsteht, ohne dass das Volumen wächst.

In der FFGFT sind Zeit und Masse dual, Raum emergiert aus fraktaler Vakuumaktivität, und alles folgt aus  $\xi$ . So wird das Universum zu einem lebendigen, selbstorganisierenden System, das sich durch die Time-Mass-Dualität ständig neu erschafft.