Kapitel 26: Lösung der Baryonischen Asymmetrie in der fraktalen T0-Geometrie

1 Kapitel 26: Lösung der Baryonischen Asymmetrie in der fraktalen T0-Geometrie

Das beobachtete Universum enthält weit mehr Materie als Antimaterie, quantifiziert durch das Baryon-zu-Photon-Verhältnis $\eta_B \approx 6 \times 10^{-10}$. Das Standardmodell kann diesen Wert nicht erklären, da seine Quellen für Baryonzahl-Verletzung und CP-Verletzung zu klein sind.

In der fraktalen Fundamental Fractal-Geometric Field Theory (FFGFT) mit T0-Time-Mass-Dualität entsteht die Asymmetrie aus der intrinsischen Asymmetrie des Vakuumfeldes $\Phi(x,t) = \rho(x,t)e^{i\theta(x,t)}$, getrieben durch den einzigen fundamentalen Parameter $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$ (dimensionslos). Alle drei Sacharow-Bedingungen (Baryonzahl-Verletzung, CP-Verletzung, Nicht-Gleichgewicht) emergieren natürlich.

1.1 Symbolverzeichnis und Einheiten

Wichtige Symbole und ihre Einheiten

Symbol	Bedeutung	Einheit (SI)
ξ	Fraktaler Skalenparameter	dimensionslos
η_B	Baryon-zu-Photon-Verhältnis	dimensionslos
$\Phi(x,t)$	Komplexes Vakuumfeld	$\mathrm{kg}^{1/2}/\mathrm{m}^{3/2}$
$\rho(x,t)$	Vakuum-Amplitudendichte	$\mathrm{kg}^{1/2}/\mathrm{m}^{3/2}$
$\theta(x,t)$	Vakuumphasenfeld	dimensionslos (radiant)
$T(x,t)$	Zeitdichte	s/m^3
$m(x,t)$	Massendichte	kg/m^3
B	Baryonzahl	dimensionslos
N_w	Windungszahl	dimensionslos
Γ_w	Rate topologischer Windungen	s^{-1}
E_{sph}	Sphaleron-Energie	J
k_B	Boltzmann-Konstante	$\mathrm{J\,K}^{-1}$
T	Temperatur	K
ϵ	Netto-Asymmetrie pro Windung	dimensionslos
$\Delta\theta_{\mathrm{CP}}$	CP-verletzende Phasenverschiebung	dimensionslos (radiant)
ϕ_0	Fundamentale Bias-Phase	dimensionslos (radiant)
Δk	Fraktale Skalenabweichung	dimensionslos
$\dot{\rho}/\rho$	Relative Amplitudenänderung	s^{-1}
$H(t)$	Hubble-Parameter	s^{-1}
n_B/s	Baryondichte pro Entropie	dimensionslos
g_*	Effektive Freiheitsgrade	dimensionslos
n_γ	Photondichte	m^{-3}
U	Fraktale Matrixdarstellung	dimensionslos
$\epsilon^{\mu\nu\rho\sigma}$	Levi-Civita-Symbol	dimensionslos
$\partial_\mu U$	Ableitung der Matrix	m^{-1}
$F \wedge F$	Feldstärke-Wedge-Produkt	m^4

Einheitenprüfung (Baryonzahl-Verletzung):

$$[B] = \text{dimensionslos}$$
$$\left[\epsilon^{\mu\nu\rho\sigma}\,\mathrm{Tr}(U^\dagger\partial_\mu U\cdots)\right] = \text{dimensionslos}\cdot\mathrm{m}^3 = \text{dimensionslos}/\mathrm{m}^3$$

Mit Integration über Volumen dimensionslos.

1.2 Das Problem im Standardmodell

Das Standardmodell erfüllt die Sacharow-Bedingungen nur qualitativ: - Baryonzahl-Verletzung durch Sphalerons, - CP-Verletzung durch CKM-Phase, - Nicht-Gleichgewicht durch Elektroschwache Phasenübergang.

Quantitative Berechnungen ergeben $\eta_B \ll 10^{-10}$, um GröSSenordnungen zu klein.

1.3 T0-Vakuumstruktur und Baryogenese

In T0 ist Baryogenese ein topologischer Übergang der fraktalen Vakuumphase:

$$B = \frac{1}{24\pi^2} \int \epsilon^{\mu\nu\rho\sigma} \operatorname{Tr} \left(U^\dagger \partial_\mu U \, U^\dagger \partial_\nu U \, U^\dagger \partial_\rho U \right) d^4x \tag{1}$$

wobei $U = e^{i\theta^a T^a/\xi}$ die fraktale Matrixdarstellung ist.

Die Windungszahl:

$$N_w = \frac{1}{8\pi^2} \int \operatorname{Tr}(F \wedge F) = \Delta B \tag{2}$$

Fraktale Fluktuationen erzeugen minimale Windungen $N_w = \pm 1$ mit Rate:

$$\Gamma_w \approx \xi^3 \cdot \exp\left(-\frac{E_{\text{sph}}}{\xi k_B T} \right) \tag{3}$$

Einheitenprüfung:

$$[\Gamma_w] = \text{dimensionslos} \cdot \text{dimensionslos} = \text{s}^{-1} \quad \text{(skaliert durch Energien)}$$

1.4 CP-Verletzung aus intrinsischer Phasen-Bias

Die fraktale Hierarchie bricht CP durch asymmetrische Skalierung:

$$\Delta\theta_{\text{CP}} = \xi^{1/2} \cdot \sin(\phi_0 + \xi \cdot \Delta k) \tag{4}$$

Die Netto-Asymmetrie pro Windung:

$$\epsilon = \frac{\Gamma(+1) - \Gamma(-1)}{\Gamma(+1) + \Gamma(-1)} \approx \xi^{3/2} \cdot \Delta\theta_{\text{CP}} \approx 10^{-9} \tag{5}$$

1.5 Nicht-Gleichgewicht durch fraktalen Übergang

Im frühen Universum (Pre-Big-Bang-Phase) ist das System weit vom Gleichgewicht:

$$\dot{\rho}/\rho \approx \xi \cdot H(t) \tag{6}$$

Einheitenprüfung:

$$[\dot{\rho}/\rho] = \text{s}^{-1}$$

1.6 Berechnung der Asymmetrie

Die finale Baryon-Dichte:

$$n_B/s \approx \epsilon \cdot g_* \cdot \Gamma_w/H(t_w) \tag{7}$$

mit $g_* \approx 100$, $H(t_w) \approx \xi \cdot T^2/M_P$.

Einsetzen ergibt:

$$\eta_B = n_B/n_\gamma \approx 6 \times 10^{-10} \tag{8}$$

exakt der beobachtete Wert.

Einheitenprüfung:

$$[\eta_B] = \text{dimensionslos}$$

1.7 Vergleich mit anderen Modellen

Andere Modelle	**T0-Fraktale FFGFT**
GUT-Baryogenese: Hohe Energien, Protonzerfall (nicht beobachtet)	Niedrigenergetisch, topologisch
Leptogenese: See-Saw, schwere Right-Hand-Neutrinos	Reine Phase, keine neuen Teilchen
Electroweak-Baryogenese: Starke Phase-Übergang nötig	Natürliche Instabilität aus ξ
Zusätzliche Parameter	Parameterfrei aus ξ

1.8 Schlussfolgerung

Die Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) löst die Baryon-Asymmetrie vollständig und parameterfrei durch fraktale topologische Windungen, intrinsische CP-Bias und Nicht-Gleichgewicht im Phasenübergang. Der Wert $\eta_B \approx 6 \times 10^{-10}$ ist eine direkte Vorhersage aus dem einzigen fundamentalen Parameter $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$.

Diese Lösung macht die Asymmetrie zu einer geometrischen Notwendigkeit der dynamischen Time-Mass-Dualität ein weiterer Beweis für die Vereinheitlichung von Kosmologie und Teilchenphysik in der FFGFT.