Kapitel 38: Schwarze Löcher und Quantensingularitäten – T0-Perspektive (Stand Dezember 2025)

Narrative Version der FFGFT

Schwarze Löcher und Quantensingularitäten – T0-Perspektive (Stand Dezember 2025)

Kurze Einführung

Dieses Kapitel betrachtet Schwarze Löcher und Singularitäten als zentrale Herausforderungen der theoretischen Physik. In der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) führen Kollapsszenarien zu Singularitäten mit unendlicher Krümmung (z. B. am Schwarzschild-Radius $r = 0$). Die Quantenfeldtheorie (QFT) leidet unter Punktsingularitäten (z. B. Selbstenergie-Divergenzen). Beide Probleme signalisieren den Bedarf an Quantengravitation.

Aktueller Stand (Dezember 2025): Beobachtungen (Event Horizon Telescope, Gravitationswellen von LIGO/Virgo/KAGRA) bestätigen Schwarze Löcher, Singularitäten sind jedoch nicht direkt zugänglich. Ansätze wie Loop Quantum Gravity (LQG), Stringtheorie und Asymptotic Safety schlagen Lösungen vor, bleiben aber ungetestet. Die T0-basierte FFGFT bietet eine fraktalgeometrische Alternative, die beide Singularitätstypen ohne neue Quantenfreiheitsgrade löst.

Mathematische Grundlage

In der FFGFT werden Singularitäten durch fraktale Regularisierung des Vakuumfeldes eliminiert, reguliert durch $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$. Alle Prozesse sind kausal und breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit aus – keine instantanen Effekte.

Singularitäten in der Allgemeinen Relativitätstheorie

Die Schwarzschild-Metrik weist eine Singularität bei $r = 0$ auf:

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right) c^2 dt^2 - \left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right)^{-1} dr^2 - r^2 d\Omega^2. \tag{1}$$

Die Krümmung divergiert für $r \to 0$ – Zeichen für den Zusammenbruch der klassischen ART.

Auflösung in der fraktalen T0-Geometrie

Die Vakuum-Amplitude sättigt bei hohen Dichten:

$$\rho(r) = \rho_0 \cdot \tanh\left(\frac{r_s}{r\xi}\right), \tag{2}$$

mit $r_s = 2GM/c^2$. Die Hyperbeltangens-Funktion verhindert Divergenz – die Dichte nähert sich einem endlichen Maximum ρ_0, Singularität vermieden.

Einheitenprüfung:

$$[\rho(r)] = \text{kg}^{1/2}/\text{m}^{3/2}. \tag{3}$$

Das Innere bildet einen stabilen "fraktalen Kern" mit Minimalradius $\sim l_0/\xi$.

Quantensingularitäten in der QFT

Punktteilchen verursachen UV-Divergenzen, z. B. in der Elektron-Selbstenergie:

$$\Delta m \propto \int^{\Lambda} dk/k. \tag{4}$$

Logarithmische Divergenz erfordert ad-hoc Renormierung.

Fraktales Verschmieren von Punkten

Teilchen sind ausgedehnte Phasenwindungen mit Profil:

$$\theta(r) = \pi + \xi \ln(r/l_0). \tag{5}$$

Das logarithmische Profil verschmiert die Quelle über Skala l_0/ξ.

Amplituden-Deformation:

$$\delta\rho(x) = \frac{mc^2}{l_0^3} \cdot \xi \cdot \exp\left(-r^2/(l_0^2\xi^2)\right). \tag{6}$$

Selbstenergie finit:

$$\Delta E \approx \frac{Gm^2}{c^2 l_0 \xi}. \tag{7}$$

Validierung: Klein und vernachlässigbar; löst UV-Divergenzen natürlich.

Vergleich mit anderen Ansätzen

- LQG: Diskrete Raumzeit, Bounce statt Singularität,
- Stringtheorie: Minimale Stringlänge l_s,
- Asymptotic Safety: UV-Fixpunkt der Gravitation,
- T0: Fraktaler Cut-off durch ξ, rein aus Vakuumdynamik.

T0 ist minimal – keine Extradimensionen oder neue Felder.

Validierung: Konsistent mit beobachteten Schwarzen Löchern (Schatten, Wellenformen); Vorhersagen für Echos in der Ringdown-Phase testbar.

Schlussfolgerung

Während Mainstream-Ansätze Singularitäten durch Quantisierung regularisieren, eliminiert die T0-Perspektive klassische und quantenmechanische Singularitäten einheitlich durch Amplituden-Sättigung und fraktale Effekte mit ξ. Alles bleibt finit – eine natürliche Konsequenz der fraktalen Vakuumstruktur.

Validierung: Konzeptionell konsistent mit ART und QFT; testbar durch Gravitationswellen-Echos und zukünftige hochaufgelöste Schwarze-Loch-Bilder.