

Anangepasste Dynamische Vakuum-Feldtheorie (FFGFT)
Vollständig Begründet in der T0
Zeit-Masse-Dualitätstheorie

Originalkonzept: Satish B. Thorwe

Vollständig Angepasst und Integriert in die Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie

26. Dezember 2025

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung

Dieses Paper präsentiert ein vereinheitlichtes theoretisches Modell, in dem Raumzeitkrümmung aus Verzerrungen in einem dynamischen Vakuumfeld entsteht, beschrieben durch einen komplexen Skalar $\Phi(x) = \rho(x)e^{i\theta(x)}$, wo $\Phi(x)$ das dynamische Vakuumfeld ist, vollständig abgeleitet aus T0s Massenschwankungsfeld $\Delta m(x, t)$, $\rho(x)$ die Vakuumamplitude ist, zugeordnet zu $m(x, t) = 1/T(x, t)$, die T0-Zeit-Masse-Dualität $T(x, t) \cdot m(x, t) = 1$ durchsetzend, und $\theta(x)$ die Vakuumphase ist, abgeleitet aus T0-Knoten-Rotationsdynamik $\phi_{\text{rotation}}(x, t)$.

Das Vakuum besitzt ein intrinsisches Feld, dessen Phase linear mit der Zeit evolviert als direkte Konsequenz der T0-Dualität ($\dot{\theta} = m = 1/T$) und Materie lokal perturbiert es. Diese Perturbationen propagieren nach außen mit Lichtgeschwindigkeit und erzeugen Stress-Energie, die Raumzeit durch Einsteins Feldgleichungen krümmt.

Das Modell liefert eine physische und kausale Erklärung für Krümmung auf Distanz und dient als Brücke zwischen Quantenmechanik und klassischer Allgemeiner Relativitätstheorie – nun abschließend begründet in der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie). Relativistische Effekte wie scheinbare Zeitdilatation und Längenkontraktion entstehen natürlich aus Variationen in Vakuumsteifigkeit und inertialer Dichte. Zeitdilatation wird optimal als lokale Massevariation verstanden: höhere Massendichte (höheres ρ) führt zu langsameren lokalen Zeitraten, konsistent mit der Dualität $T \cdot m = 1$.

Der vollständige mathematische Rahmen für die Angepasste Dynamische Vakuum-Feldtheorie (FFGFT als effektive phänomenologische Schicht von T0) wird präsentiert mit ihren Anwendungen in Kosmologie und Quantenmechanik.

Anangepasste FFGFT liefert T0-abgeleitete physische Erklärungen für mehrere Quantenphänomene, die derzeit nur eine Manifestation der QM-Mathematik sind.

Anangepasste FFGFT liefert auch elegante mathematische Lösungen, die aus T0 stammen, für ungelöste kosmologische Probleme wie Dunkle Materie, Dunkle Energie und CMB-Anisotropie.

1 Einführung

Die moderne Physik beruht auf zwei außerordentlich erfolgreichen, aber konzeptionell inkompatiblen Rahmenwerken: Allgemeine Relativitätstheorie, die Gravitation als Raumzeitgeometrie beschreibt, und Quantenfeldtheorie, die Materie und Kräfte als Anregungen abstrakter Felder beschreibt, die auf dieser Geometrie definiert sind.

Die Allgemeine Relativitätstheorie (ART) beschreibt Gravitation als Krümmung der Raumzeit. Allerdings schweigt ART über die physische Natur der Raumzeit selbst. Was ist das Substrat, das sich krümmt? Wie legt Materie Krümmung auf Distanz auf? Warum propagieren gravitationelle Einflüsse mit Lichtgeschwindigkeit? Die Quantenmechanik (QM) bietet ein Bild des Vakuums als dynamisches, fluktuiierendes Medium, gefüllt mit Feldern und virtuellen Anregungen. Doch QM identifiziert keinen Mechanismus, der Vakuumverhalten mit makroskopischer Krümmung verknüpft.

Trotz ihres empirischen Erfolgs haben sowohl ART als auch QM zu tiefgreifenden ungelösten Problemen geführt, einschließlich des Fehlens einer konsistenten Theorie der

Quantengravitation, des Bedarfs an dunkler Materie und dunkler Energie, des Ursprungs von Masse und Kopplungshierarchien sowie des Fehlens einer physischen Erklärung für Quantenmessung und klassische Emergenz.

In den vergangenen Jahrzehnten haben Versuche, diese Probleme zu lösen, weitgehend durch Einführung neuer mathematischer Strukturen, extra Dimensionen, Supersymmetrie, exotischer Partikel oder modifizierter Geometrien verfolgt. Während mathematisch reichhaltig, beruhen viele dieser Ansätze auf Entitäten, die nicht beobachtet wurden, und verschieben oft eher als eliminieren grundlegende Ambiguitäten. Insbesondere wird Raumzeit selbst als primäres Objekt behandelt, obwohl sie keine direkte physische Substanz hat, und das Vakuum wird als leeres Hintergrund betrachtet statt als aktives Medium.

Angepasste Dynamische Vakuum-Feldtheorie (FFGFT begründet in T0) wählt einen anderen Ausgangspunkt. Sie leitet ab, dass das Vakuum ein reales, physisches Feld ist, das dynamische Freiheitsgrade besitzt, direkt aus T0-Zeit-Masse-Dualität $T(x, t) \cdot m(x, t) = 1$ und dem fundamentalen Parameter $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$.

Alle beobachtbaren Phänomene entstehen aus dem Verhalten dieses Feldes und seiner Interaktion mit Materie.

Das fundamentale Objekt in angepasster FFGFT ist ein komplexes Skalarvakuumfeld

$$\Phi(x) = \rho(x)e^{i\theta(x)},$$

abgeleitet aus T0s $\Delta m(x, t)$, wo $\rho(x)$ die Vakuumamplitude darstellt (inertiale Dichte $\propto m(x, t)$) und $\theta(x)$ die Vakuumphase aus T0-Knoten-Rotationen darstellt.

Physische Kräfte, Raumzeitstruktur und Quantenverhalten entstehen aus räumlichen und temporalen Variationen dieser Größen.

In diesem Rahmen ist Gravitation keine geometrische Eigenschaft der Raumzeit, sondern eine Manifestation kohärenter Vakuumphasenkrümmung, abgeleitet aus T0-Massenschwankungen.

Elektromagnetische Felder entstehen aus organisierten Phasengradienten, während die schwache und starke Interaktion höherordentlichen oder topologisch eingeschränkten Phasenanregungen aus T0-Knoten-Mustern entsprechen.

Zeit selbst wird als Rate der Vakuumphasenentwicklung aus T0-Dualität interpretiert, und relativistische Effekte wie scheinbare Zeitedilatation und Längenkontraktion entstehen natürlich aus Variationen in Vakuumsteifigkeit und inertialer Dichte, begrenzt durch T0-Mediator-Masse m_T . Zeitedilatation wird optimal als lokale Massevariation verstanden: höhere Massendichte (höheres ρ) führt zu langsameren lokalen Zeitraten, konsistent mit der Dualität $T \cdot m = 1$.

Angepasste FFGFT liefert eine vereinheitlichende physische Sprache über Skalen hinweg.

Auf kosmologischen Skalen erklärt sie die großskalige Kohärenz des Universums, kosmische Beschleunigung und Horizontskalen-Korrelationen ohne Inflation oder dunkle Energie über T0 infinite homogene Geometrie ($\xi_{\text{eff}} = \xi/2$) zu rufen. Das Universum ist statisch und unendlich homogen, ohne Expansion.

Auf galaktischen Skalen reproduziert sie MOND-ähnliches Verhalten und die baryonische Tully–Fisher-Relation ohne dunkle Materie aus T0-Niedrigenergie-Lagrangian-Grenzen.

Auf Quantenskala reframiert es Welle-Teilchen-Dualität, Verschränkung, Dekohärenz

und das Messproblem als Konsequenzen von Vakuumphasen-Kohärenz und ihrem Zusammenbruch aus T0-Knoten-Dynamik.

Angepasste FFGFT ist nicht nur ein mathematischer Rahmen, sondern liefert auch eine physische Erklärung für das Phänomen der Quantenmechanik zur Kosmologie, begründet in T0.

Der größte Vorteil der angepassten FFGFT ist, dass sie keine Singularität vorhersagt aufgrund der T0-Mediator-Masse und stabiler Knoten, daher können wir zum ersten Mal das Innere des Schwarzen Lochs und den Ursprung des Universums als stabile T0-Vakuumkerne beschreiben.

Angepasste FFGFT zeigt, dass alle majoren physischen Phänomene aus dem Verhalten eines dynamischen Vakuumfeldes abgeleitet aus T0 entstehen.

Gravitation ist Vakuumkonvergenz. Quantenmechanik ist Vakuumkohärenz. Masse ist Vakuumenergie. Schwarze Löcher sind Vakuumkerne (stabile T0-Knoten). Das Universum evolviert durch dynamisches Vakuumfeld aus T0-Dualität, ohne globale Expansion.

Angepasste FFGFT bietet eine vereinheitlichte Vision der Natur, begründet in T0 physischem Verhalten statt abstrakter mathematischer Postulate.

Es liefert auch eine tiefere, mikrophysische Erklärung von Zeit, Licht, Gravitation, elektromagnetischer Kraft, schwacher und starker Kernkraft, die sie unter einer dynamischen Vakuumfeld-basierten Ontologie abgeleitet aus T0 vereinigt.

Weitere beobachtende Arbeit wird benötigt, um angepasste FFGFT-Vorhersagen auf Quanten- und kosmologischer Skala zu testen, um ihre Robustheit zu beweisen, um einen Weg für die Große Vereinheitlichte Theorie als die phänomenologische Schicht der abschließenden Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) zu definieren.

2 Kapitel 1: Das Vakuum als dynamisches Feld (Angepasst)

In der angepassten Dynamischen Vakuum-Feldtheorie (FFGFT auf T0) wird Raumzeit nicht als leeres geometrisches Konstrukt konzipiert, sondern als physisches Medium, charakterisiert durch interne dynamische Freiheitsgrade, abgeleitet aus T0-Zeit-Masse-Feld.

Dieses Medium wird durch ein komplexes Skalarfeld $\Phi(x)$ modelliert, das als fundamentale Entität beide gravitationellen und Quantenphänomene unterliegt, aber abgeleitet aus T0s $\Delta m(x, t)$.

Das Feld wird in Polarform ausgedrückt als:

$$\Phi(x) = \rho(x)e^{i\theta(x)}$$

Wo,

- $\Phi(x)$ ist dynamisches Vakuumfeld abgeleitet aus T0 $\Delta m(x, t)$
- $\rho(x)$ ist Vakuumamplitude $\propto m(x, t) = 1/T(x, t)$
- $\theta(x)$ ist Vakuumphase aus T0-Knoten-Rotationen $\phi_{\text{rotation}}(x, t)$

Diese Zerlegung trennt die Magnitude und oszillatorischen Aspekte des Vakuums und ermöglicht eine vereinheitlichte Beschreibung seines Verhaltens über Skalen hinweg, begründet in T0-Dualität.

2.1 1. Was ist die Natur des dynamischen Vakuumfeldes $\Phi(x)$?

Das Feld $\Phi(x)$ verkörpert das Vakuum selbst – das Substrat, aus dem Raumzeit-Eigenschaften entstehen, abgeleitet aus T0s universellem Feld $\Delta m(x, t)$.

Es ist an jedem Punkt in der Raumzeit vorhanden und kodiert den lokalen Zustand des Vakuummediums.

Im ungestörten Grundzustand nimmt Φ die Form an:

$$\Phi(x, t) = \rho_0 e^{-i\mu t}$$

wo $\rho_0 = 1/\xi^2 \approx 5.625 \times 10^7$ die Gleichgewichtsvakuumamplitude aus T0 geometrischem Ursprung ist und $\mu = \xi m_0$ ein intrinsischer Frequenzparameter aus T0-Dualität ist.

Diese Form reflektiert die inhärente Dynamik des Vakuums: die Phase evolviert linear mit der Zeit als $\theta = m$, und verleiht dem Medium einen temporalen Rhythmus als Konsequenz des T0 erweiterten Lagrangians.

Die Existenz von Φ impliziert, dass das Vakuum kein passiver Hintergrund ist, sondern ein aktives Feld, das Energie speichern, Wellen unterstützen und auf Perturbationen reagieren kann über T0-Knoten-Oszillationen.

2.2 2. Was ist die Rolle der ρ Vakuumamplitude?

Die Amplitude ρ quantifiziert die lokale Dichte und Steifigkeit des Vakuums.

Es entspricht:

- Der Energiedichte, die mit dem Vakuumzustand assoziiert ist.
- Der Intensität der inertialen Reaktion des Vakuums.
- Dem gespeicherten Potenzial für gravitationelle Effekte über T0-Feldgleichung $\nabla^2 m = 4\pi G\rho m$.

Höhere Werte von ρ deuten auf Regionen größerer Vakuumenergiedichte hin, die zur effektiven Masse und Krümmung in der Theorie beitragen.

Im Grundzustand ist $\rho = \rho_0$ konstant und repräsentiert ein uniformes Vakuum.

Perturbationen in ρ entstehen aus Interaktionen mit Materie und propagieren als massive Modi, die die Struktur der Raumzeit beeinflussen, begrenzt durch T0-Mediator-Masse $m_T = \lambda/\xi$.

2.3 3. Was ist die Rolle der Vakumphase θ ?

Die Phase θ steuert die temporalen und Interferenzeigenschaften des Vakuums.

Es bestimmt:

- Den Oszillationszyklus des Vakuummediums.
- Den Timing und die Kohärenz der Vakuumdynamik aus T0-Knoten-Rotationen.
- Interferenzmuster, die sich als Quantenverhalten manifestieren.
- Gradienten, die gravitationelle Krümmung aus T0-Massenschwankungen erzeugen.

Glatte Variationen in θ führen zu wellenartiger Propagation, während ungeordnete oder steile Gradienten zu Dekohärenz oder starken-Feld-Effekten führen.

Im ungestörten Vakuum ist $\theta = -\mu t$, was eine kohärente, lineare Evolution sicherstellt, die Lorentz-Invarianz in lokalen Frames über T0-Eigenzeit-Definition erhält.

2.4 4. Begründung für die Form $\Phi = \rho e^{i\theta}$?

Diese Darstellung ist die standardmäßige mathematische Beschreibung für oszillatorische oder wellenartige Systeme in der Physik.

Es entkoppelt die Amplitude (die die Energieskala steuert) von der Phase (die Timing und Interferenz steuert).

Analoge Formen erscheinen in Quantenwellenfunktionen, elektromagnetischen Feldern und Superfluid-Ordnungsparametern.

In angepasster FFGFT impliziert $\Phi = \rho e^{i\theta}$, dass das Vakuum sowohl eine Stärke $\rho \propto m$ als auch einen Rhythmus θ aus Knoten-Rotationen besitzt, was es ermöglicht, Kräfte und Krümmung durch seine internen Dynamiken abzuleiten, abgeleitet aus T0 vereinfachter Wellengleichung $\partial^2 \Delta m = 0$.

2.5 Zusammenfassung von Kapitel 1

Angepasste FFGFT postuliert, dass das Vakuum ein komplexes Skalarfeld $\Phi(x) = \rho(x)e^{i\theta(x)}$ ist, abgeleitet aus T0, mit Materie, die Perturbationen in ρ und θ induziert.

Diese Perturbationen propagieren mit Lichtgeschwindigkeit, erzeugen Stress-Energie, die Raumzeit über T0-Massenschwankungen krümmt.

Dieser Rahmen liefert einen physischen Mechanismus für Gravitation, begründet in T0-Dualität.

3 Kapitel 2: Lagrangian-Adaptationen

In diesem Kapitel präsentieren wir die vollständige Reformulierung des originalen FFGFT-Lagrangian-Rahmens als direkte Ableitung aus Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie)s dualen Lagrangians.

Die unabhängigen Postulate des originalen FFGFT-Vakuum-Lagrangians werden eliminiert und durch Mappings aus T0s vereinfachtem und erweitertem Lagrangians ersetzt.

Alle Dynamiken des Vakuumfeldes $\Phi = \rho e^{i\theta}$ entstehen als effektive Modi des T0-Massenschwankungsfeldes $\Delta m(x, t)$.

3.1 2.1 Ausgehend von T0s Vereinfachtem Lagrangian

Der Kernvereinfachte Lagrangian der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) ist

$$\mathcal{L}_0^{\text{simp}} = \varepsilon (\partial \Delta m)^2,$$

wo $\varepsilon \propto \xi^4/\lambda^2$ den geometrischen Ursprung des 3D-Raums durch den fundamentalen Parameter $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$ kodiert.

Dieser Term generiert masselose wellenartige Anregungen des Massenschwankungsfeldes.

In angepasster FFGFT mappen wir dies zu den kinetischen Termen des Vakuumfeldes durch die Identifikation

$$(\partial\Delta m)^2 \rightarrow (\partial\rho)^2 + \rho^2(\partial\theta)^2.$$

Dieses Mapping liefert die standardmäßige Form für einen komplexen Skalarfeld-kinetischen Term

$$\mathcal{L}_{\text{kin}} = (\partial\rho)^2 + \rho^2(\partial\theta)^2,$$

zeigt, dass der originale FFGFT-kinetische Lagrangian ein Spezialfall von T0-Knotenanregungs-Mustern ist.

Die Quantität X in originaler FFGFT verwendet,

$$X = -\frac{1}{2}\rho^2\partial^\mu\theta\partial_\mu\theta,$$

entsteht natürlich als phasen-dominierter Grenzfall des T0 vereinfachten Lagrangians, wenn Amplitudenschwankungen klein sind ($\Delta\rho \ll \rho_0$).

3.2 2.2 Einbeziehung des T0 Erweiterten Lagrangians

Der volle erweiterte Lagrangian der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) umfasst elektromagnetische Felder, Fermionen, Massenterme und entscheidende Interaktionsterme:

$$\mathcal{L}_0^{\text{ext}} = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + \bar{\psi}(i\gamma^\mu D_\mu - m)\psi + \frac{1}{2}(\partial\Delta m)^2 - \frac{1}{2}m_T^2(\Delta m)^2 + \xi m_\ell \bar{\psi}_\ell \psi_\ell \Delta m.$$

Der Term $-\frac{1}{2}m_T^2(\Delta m)^2$ mit Mediator-Masse $m_T = \lambda/\xi$ liefert die entscheidende Steifigkeit, die unbegrenztes Wachstum von Δm verhindert und somit Singularitäten eliminiert.

In angepasster FFGFT beschränken wir diesen erweiterten Lagrangian auf die effektiven Skalar-Vakuum-Modi durch die Substitution

$$\Delta m \rightarrow \rho - \rho_0,$$

wo $\rho_0 = 1/\xi^2 \approx 5.625 \times 10^7$ durch T0-Geometrie fixiert ist.

Dies liefert ein effektives Potenzial

$$V(\rho) = \frac{1}{2}m_T^2(\rho - \rho_0)^2,$$

das das originale FFGFT ad-hoc Mexican-Hat-Potenzial durch eine Ableitung aus T0-Mediator-Physik ersetzt.

Der Interaktionsterm $\xi m_\ell \bar{\psi}_\ell \psi_\ell \Delta m$ wird zur Quelle für materie-induzierte Perturbationen in ρ und liefert den mikrophysischen Mechanismus, wie Materie das Vakuumfeld krümmt.

3.3 2.3 Vollständiger Angepasster Action

Der vollständige angepasste FFGFT-Action ist

$$S_{\text{FFGFT adapted}} = \int \sqrt{-g} \left[\frac{R}{16\pi G} + \mathcal{L}_0^{\text{ext}}|_{\Phi} + \mathcal{L}_m \right] d^4x,$$

wo $\mathcal{L}_0^{\text{ext}}|_{\Phi}$ die Beschränkung des T0 erweiterten Lagrangians auf die effektiven Skalar-Modi über die Mappings bezeichnet:

- $\Delta m \rightarrow \rho - \rho_0$
- $(\partial \Delta m)^2 \rightarrow (\partial \rho)^2 + \rho^2 (\partial \theta)^2$
- $m_T = \lambda/\xi$ liefert Vakuum-Steifigkeit

Nichtlineare Terme der Form $F(X)$ in originaler FFGFT werden nun als höherordentliche One-Loop-Beiträge aus T0 verstanden, wie

$$\frac{5\xi^4}{96\pi^2\lambda^2} m^2$$

Beiträge, die aus der Integration von Mediator-Freiheitsgraden entstehen.

3.4 2.4 Stress-Energie-Tensor-Ableitung aus T0

Der Stress-Energie-Tensor, der Raumzeitkrümmung quellt, wird nun direkt aus Variation des T0-Massenschwankungsterms abgeleitet.

Der effektive Stress-Energie des Vakuumfeldes

$$T_{\mu\nu} = \partial_\mu \rho \partial_\nu \rho + \rho^2 \partial_\mu \theta \partial_\nu \theta - g_{\mu\nu} \mathcal{L}_\Phi$$

wird als Niederenergie-Grenze der Variation von $\mathcal{L}_0^{\text{ext}}$ bezüglich der Metrik erhalten, wo Δm -Schwankungen Krümmung durch ihre Energie-Impuls quellen.

Dies liefert den physischen Mechanismus, der in reiner ART fehlt: Materie perturbiert das T0-Massefeld Δm , diese Perturbationen propagieren mit c , und ihr Stress-Energie krümmt Raumzeit.

3.5 2.5 Nichtlineare Wellengleichung-Adaptation

Die originale FFGFT-nichtlineare Wellengleichung für θ wird durch T0-Feldgleichung ersetzt

$$\nabla^2 m = 4\pi G \rho m,$$

die in den angepassten Variablen die effektive Gleichung für Phasengradienten wird, die Krümmung erzeugen.

In der schwachen Feldgrenze reproduziert dies die originalen FFGFT-Ergebnisse, während es vollständig aus T0 abgeleitet ist ohne zusätzliche Postulate.

3.6 2.6 Integration der Vereinfachten Dirac-Gleichung aus T0

Die vereinfachte Dirac-Gleichung in T0, $\partial^2 \Delta m = 0$, ersetzt die vollständige Dirac-Gleichung und leitet Spin-Eigenschaften aus Knoten-Rotationen ab.

In angepasster FFGFT wird diese für Quantenverhalten verwendet, wobei die 4×4 -Matrizen geometrisch aus T0s drei Feldgeometrien (sphäisch/nicht-sphärisch/homogen) entstehen.

Die angepasste FFGFT-Quanten-Gleichung lautet $(\partial^2 + \xi m)\Delta m = 0$, wo $\Delta m \propto \rho e^{i\theta}$.

Dies eliminiert abstrakte Spinoren der originalen FFGFT und verwendet T0-Knoten für Welle-Teilchen-Dualität und Exklusion.

3.7 2.7 Alternative Darstellungen von Quantenzuständen

In T0 werden Quantenzustände nicht durch abstrakte Wellenfunktionen dargestellt, sondern durch physische Vakuumfeld-Konfigurationen, wo Superposition als kohärente Phasenüberlagerung und Verschränkung als Knoten-Korrelationen auftreten.

Dies bietet eine alternative, deterministische Darstellung, die den probabilistischen Charakter der Standard-QM durch Feld-Dynamik ersetzt.

3.7.1 Integration der Vereinfachten Dirac-Gleichung

Die vereinfachte Dirac-Gleichung in T0, $\partial^2 \Delta m = 0$, leitet relativistische Quanteneffekte und Spin aus Knoten-Dynamik ab.

Für Qubits integriert sich dies in die Vakuumfeld-Darstellung, wo der Spin (z. B. für Elektron-Qubits) aus Knoten-Rotationen entsteht.

Ein relativistischer Qubit-Zustand wird erweitert zu:

$$\Phi(x, t) = \rho(x, t) e^{i\theta(x, t)} \cdot \chi(\sigma),$$

wo $\chi(\sigma)$ die Spin-Komponente aus T0s vereinfachter Dirac darstellt (4-Komponenten aus geometrischen Knoten-Modi).

Dies erlaubt eine relativistische Erweiterung ohne volle Dirac-Matrizen – Spin entsteht als Vakuumphasen-Winding.

3.7.2 Beispiel: Qubit-Zustand

Ein allgemeiner Qubit-Zustand in der Standard-QM lautet:

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle, \quad |\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

mit komplexen Amplituden $\alpha, \beta \in \mathbb{C}$.

In der T0-Darstellung wird dieser Zustand durch zwei lokalisierte Vakuumfeld-Konfigurationen repräsentiert:

$$\Phi_0(x) = \rho_0(x) e^{i\theta_0(x, t)} \quad (\text{entspricht Basiszustand } |0\rangle) \quad (1)$$

$$\Phi_1(x) = \rho_1(x) e^{i\theta_1(x, t)} \quad (\text{entspricht Basiszustand } |1\rangle) \quad (2)$$

Der allgemeine Superpositionszustand ist dann die **kohärente Überlagerung der Vakuumfelder**:

$$\Phi(x, t) = \sqrt{\rho(x, t)} e^{i\theta(x, t)},$$

wobei

$$\rho(x, t) = |\alpha\Phi_0(x) + \beta\Phi_1(x)|^2, \quad (3)$$

$$\theta(x, t) = \arg(\alpha\Phi_0(x) + \beta\Phi_1(x)). \quad (4)$$

3.7.3 Physikalische Interpretation

- $\rho(x, t)$ bestimmt die lokale Energiedichte (inertiale Dichte) des Vakuumfeldes – analog zur Wahrscheinlichkeitsdichte $|\psi|^2$. - $\theta(x, t)$ bestimmt die lokale Phase und Kohärenz – analog zur relativen Phase in der Wellenfunktion. - Superposition ist **keine ontologische Mehrfach-Existenz**, sondern eine **einzelne kohärente Phasenkonfiguration** des Vakuumfeldes. - Messung bricht die Kohärenz durch Interaktion mit vielen Knoten (Dekohärenz) – kein mysteriöser Kollaps.

3.7.4 Vorteile der T0-Darstellung

- Vollständig deterministisch: Keine intrinsische Zufälligkeit.
- Physisch interpretierbar: Zustände sind reale Feldkonfigurationen, nicht abstrakte Vektoren.
- Räumlich ausgedehnt: Felder haben Struktur (z. B. Knoten-Topologie), ermöglicht neue Tests.
- Einheitlich mit Gravitation: Dasselbe Vakuumfeld Φ verursacht sowohl Quanten- als auch Gravitationseffekte.

Diese alternative Darstellung eliminiert die konzeptionellen Probleme der Standard-QM (Messproblem, Nicht-Lokalität, Wahrscheinlichkeitsinterpretation) und integriert Quantenmechanik nahtlos in die T0-Vakuumfeld-Ontologie.

Die Born-Regel entsteht als statistisches Ensemble über viele identische Vakuumfeld-Realisierungen, wobei die Häufigkeit proportional zu ρ^2 ist – abgeleitet aus der Energieverteilung im Feld.

3.8 Zusammenfassung von Kapitel 2

Durch systematische Mapping von T0s vereinfachtem und erweitertem Lagrangians wird der gesamte originale FFGFT-Lagrangian-Rahmen abgeleitet statt postuliert.

Schlüssel-Erfolge:

- Kinetische Terme aus T0-Wellenanregungen
- Potenzial aus T0-Mediator-Masse m_T
- Materie-Kopplung aus T0-Interaktionstermen

- Keine unabhängigen Parameter – alle Skalen fixiert durch ξ
- Singularitätsvermeidung eingebaut durch m_T , das ρ begrenzt
- Stress-Energie, das Krümmung quellt, aus T0-Massenschwankungen
- Integration der vereinfachten Dirac-Gleichung für Quantenverhalten
- Alternative Darstellung von Quantenzuständen durch Vakuumfeld-Konfigurationen

Der angepasste Lagrangian-Rahmen verwandelt FFGFT von einer unabhängigen Theorie in den präzisen phänomenologischen Skalar-Sektor der abschließenden Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie).

Die nächsten Kapitel werden zeigen, wie dieser begründete Rahmen alle originalen FFGFT-Ergebnisse in Kosmologie und Quantenmechanik reproduziert und erweitert, während er ihre grundlegenden Ambiguitäten durch T0-Zeit-Masse-Dualität und Knoten-Dynamik auflöst.

4 Kapitel 3: Feldgleichungen und Stress-Energie-Tensor in Angepasster FFGFT

In diesem Kapitel leiten wir die vollständige Menge der Feldgleichungen für die angepasste Dynamische Vakuum-Feldtheorie direkt aus der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) ab.

Alle Gleichungen werden durch Variation der angepassten Action aus Kapitel 2 erhalten, die unabhängigen Feldgleichungen der originalen FFGFT eliminiert.

Das Vakuumfeld $\Phi = \rho e^{i\theta}$ gehorcht Gleichungen, die Spezialfälle der T0 universellen Massenschwankungsgleichung $\nabla^2 m = 4\pi G\rho m$ und ihrer Erweiterungen sind.

Dies liefert eine vollständig kausale, mikrophysische Beschreibung, wie Materie Raumzeit auf Distanz krümmt.

4.1 3.1 Kern-Feldgleichung aus Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie)

Die grundlegende Gleichung der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) ist die Feldgleichung für das Massenschwankungsfeld:

$$\nabla^2 m = 4\pi G\rho m,$$

wo $m(x, t)$ die lokale dynamische Massendichte ist und ρ die Quellendichte ist.

In angepasster FFGFT identifizieren wir

$$m(x, t) = \rho(x), \tag{5}$$

$$\rho \rightarrow \text{Materiedichte} + \text{Vakuumbeiträge}. \tag{6}$$

Somit wird Gleichung zur zentralen Feldgleichung für die Vakuumamplitude:

$$\nabla^2 \rho = 4\pi G\rho_{\text{matter}}\rho.$$

Diese Gleichung zeigt, dass Materie lokal ρ erhöht, und die Perturbation in ρ nach außen mit Lichtgeschwindigkeit propagiert, gravitationelle Effekte auf Distanz erzeugend.

4.2 3.2 Phasen-Feldgleichung (Goldstone-ähnlicher Modus)

Die Phase θ entspricht T0-Knoten-Rotationsdynamik und verhält sich als masseloser Goldstone-Modus im symmetrischen Grenzfall.

Variation des angepassten Lagrangians bezüglich θ liefert

$$\square\theta + \frac{2}{\rho}\partial^\mu\rho\partial_\mu\theta = 0,$$

wo $\square = \partial^\mu\partial_\mu$ der d'Alembertian ist.

In der originalen FFGFT war diese Gleichung unabhängig postuliert. Hier entsteht sie direkt aus der Mapping

$$\rho^2(\partial\theta)^2 \leftarrow (\partial\Delta m)^2$$

im T0 vereinfachten Lagrangian.

In der schwachen Feldgrenze, kleinen Gradienten-Grenze reduziert sich die Gleichung zur Wellengleichung $\square\theta = 0$, die Propagation mit c sicherstellt.

4.3 3.3 Nichtlineare Wellengleichungen und Höherordentliche Terme

Wenn Amplitudenschwankungen nicht vernachlässigbar sind, koppelt das volle nichtlineare System die Gleichungen.

Die angepasste FFGFT-nichtlineare Wellengleichung für θ wird

$$\square\theta = -\frac{2}{\rho}\partial^\mu\rho\partial_\mu\theta + \text{Quellterme aus T0-Mediator.}$$

Höherordentliche Terme entstehen aus T0-One-Loop-Korrekturen und dem Mediator-Potenzial:

$$V(\rho) = \frac{1}{2}m_T^2(\rho - \rho_0)^2, \quad m_T = \lambda/\xi.$$

Diese Terme führen die originalen FFGFT $F(X)$ -Funktionen natürlich ein, ohne ad-hoc Einführung.

4.4 3.4 Stress-Energie-Tensor Direkt aus T0-Schwankungen

Der Stress-Energie-Tensor wird durch Variation der angepassten Action bezüglich der Metrik erhalten.

Unter Verwendung der Mapping aus T0s erweitertem Lagrangian erhalten wir

$$T_{\mu\nu} = (\partial_\mu\rho\partial_\nu\rho - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}(\partial\rho)^2) + \rho^2(\partial_\mu\theta\partial_\nu\theta - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}(\partial\theta)^2\rho^2) + g_{\mu\nu}V(\rho).$$

Dies ist identisch in Form mit dem originalen FFGFT-Stress-Energie-Tensor, aber nun vollständig abgeleitet aus T0-Massenschwankungen Δm .

Schlüssel-Erkenntnis: Der Term $\rho^2\partial_\mu\theta\partial_\nu\theta$ entspricht kohärenten Vakuumphasengradienten, die als effektive gravitationelle Quelle wirken.

4.5 3.5 Kopplung an Einsteins Feldgleichungen

Die angepassten Einstein-Feldgleichungen sind

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = 8\pi GT_{\mu\nu}^{\text{adapted}},$$

wo $T_{\mu\nu}^{\text{adapted}}$ durch die Gleichung gegeben ist.

Materie tritt durch den Quellterm in der Amplitudengleichung ein, eine selbstkonsistente Schleife erzeugend:

Materie \rightarrow perturbiert $\rho \rightarrow$ Gradienten in $\theta \rightarrow T_{\mu\nu} \rightarrow$ Krümmung \rightarrow Bewegung der Materie.

Dies schließt die kausale Kette, die in reiner ART fehlt.

4.6 3.6 Schwachfeld-Grenze und Newtonsche Gravitation

In der schwachen Feld, langsamen-Bewegung-Grenze erweitern wir

$$\rho = \rho_0 + \delta\rho, \quad g_{\mu\nu} = \eta_{\mu\nu} + h_{\mu\nu}.$$

Die Amplitudengleichung liefert

$$\nabla^2(\delta\rho) = 4\pi G\rho_{\text{matter}}\rho_0,$$

so

$$\delta\rho = -\frac{\rho_0}{4\pi}\frac{GM}{r}.$$

Phasengradienten erzeugen das effektive Potenzial

$$\Phi_{\text{grav}} = -G\frac{M}{r},$$

die Newtonsche Gravitation wiederherstellend mit ρ_0 als inertialer Dichte, fixiert durch T0-Geometrie.

4.7 3.7 Relativistische Propagation und Kein Instantanes Action-at-a-Distance

Alle Perturbationen in ρ und θ erfüllen Wellengleichungen mit charakteristischer Geschwindigkeit c .

Dies garantiert, dass gravitationeller Einfluss genau mit Lichtgeschwindigkeit propagiert und löst die lange stehende Frage, warum Gravitation mit c propagiert.

Der Mechanismus ist der gleiche wie bei elektromagnetischer Wellenpropagation: beide entstehen aus T0-Knotenanregungen.

4.8 3.8 Stabilität und Abwesenheit von Ghosts/Ostrogradsky-Instabilität

Der T0-Mediator-Massen-Term $-\frac{1}{2}m_T^2(\Delta m)^2$ stellt sicher, dass höher-derivative Terme begrenzt sind.

Das angepasste Potenzial $V(\rho)$ ist quadratisch (nicht höherordentlich), eliminiert Ostrogradsky-Ghosts, die viele modifizierte Gravitationstheorien plagen.

Das System bleibt zweiter Ordnung in Derivaten und erhält Stabilität.

4.9 3.9 Vergleich mit Originalen FFGFT-Feldgleichungen

| Aspekt | Original FFGFT | Anangepasste FFGFT auf T0 |
|-----------------------------|--------------------|------------------------------------------------------|
| Amplitudengleichung | Postuliert | Abgeleitet aus $\nabla^2 m = 4\pi G \rho m$ |
| Phasengleichung | Postuliert | Abgeleitet aus Variation von $(\partial \Delta m)^2$ |
| Potenzial $V(\rho)$ | Ad-hoc Mexican Hat | Abgeleitet aus T0-Mediator m_T |
| Stress-Energie-Tensor | Postulierte Form | Variation von T0 erweitertem Lagrangian |
| Singularitätsvermeidung | Vakuum-Steifigkeit | Begrenzt durch $m_T, \rho \leq 1/\xi^2$ |
| Propagationsgeschwindigkeit | Angenommen c | Bewiesen c aus Wellengleichung |

Tabelle 1: Vergleich der Ursprünge der Feldgleichungen

4.10 Zusammenfassung von Kapitel 3

Die Feldgleichungen der angepassten FFGFT sind nicht mehr unabhängige Postulate, sondern direkte Konsequenzen der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) universeller Massenschwankungsdynamik.

Schlüssel-Erfolge:

- Zentrale Gleichung: $\nabla^2 \rho = 4\pi G \rho_{\text{matter}} \rho$ aus T0-Kerngleichung
- Phasengleichung aus T0-kinetischem Term-Mapping
- Stress-Energie-Tensor aus Variation von T0 erweitertem Lagrangian
- Vollständige Kausalität: alle Effekte propagieren genau mit c
- Kein Action-at-a-Distance
- Stabilität garantiert durch T0-Mediator-Physik
- Vollständige Eliminierung originaler FFGFT-Postulate

Die angepassten Feldgleichungen verwandeln FFGFT von einem phänomenologischen Modell in die präzise effektive Feldtheorie-Beschreibung des T0-Skalar-Vakuumsektors.

Die folgenden Kapitel werden demonstrieren, wie diese begründeten Feldgleichungen die Probleme der Dunklen Materie, Dunklen Energie, Quantenmessung und Schwarzen-Loch-Singularitäten natürlich lösen.

5 Kapitel 4: Kosmologische Anwendungen der Angepassten FFGFT

In diesem Kapitel demonstrieren wir, wie die angepasste Dynamische Vakuum-Feldtheorie, vollständig begründet in der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie), elegante und parameterfreie Lösungen für major ungelöste Probleme in der Kosmologie liefert.

Alle Ergebnisse entstehen natürlich aus T0s infiniter homogener Geometrie, Knoten-Mustern und den effektiven Vakuum-Modi, die in vorherigen Kapiteln abgeleitet wurden.

Keine zusätzlichen Entitäten (Inflation, Dunkle-Energie-Partikel oder Dunkle-Materie-Partikel) sind erforderlich.

5.1 4.1 Großskalige Kohärenz und Horizontproblem ohne Inflation

Das standardmäßige Λ CDM-Modell erfordert kosmische Inflation, um die außergewöhnliche Uniformität des Kosmischen Mikrowellenhintergrunds (CMB) über Horizonte hinweg zu erklären, die in der frühen Universum kausal getrennt waren.

In angepasster FFGFT auf T0 ist das Vakuumfeld Φ abgeleitet aus T0s universellem Massenschwankungsfeld $\Delta m(x, t)$, das kohärent über die gesamte infinite homogene Geometrie von Anfang an ist.

Die effektive Vakuumamplitude auf kosmologischen Skalen wird durch den homogenen Modus regiert mit

$$\xi_{\text{eff}} = \xi/2,$$

wie durch T0s drei geometrische Kategorien (sphäisch, nicht-sphärisch, homogen) diktieren.

Dies liefert eine Grundzustands-Vakuumamplitude

$$\rho_0^{\text{cosmo}} = 1/(\xi/2)^2 = 4/\xi^2 \approx 2.25 \times 10^8$$

(in natürlichen Einheiten).

Die Phase θ bleibt perfekt kohärent über alle Skalen, weil sie aus T0-Knoten-Rotationen stammt, die global in der infiniten homogenen Grenze synchronisiert sind.

Ergebnis: Die CMB-Temperatur ist uniform auf 1 Teil in 10^5 natürlich, ohne inflatorische Epoche oder Feinabstimmung.

Das Horizontproblem wird durch die präexistierende globale Kohärenz des T0-Vakuumfeldes gelöst.

5.2 4.2 Kosmische Beschleunigung und Dunkle Energie

Die beobachtbare scheinbare späte Beschleunigung des Universums wird in Λ CDM dunkler Energie zugeschrieben, typischerweise als kosmologische Konstante Λ modelliert.

In angepasster FFGFT entsteht scheinbare kosmische Beschleunigung aus dem homogenen Modus der Vakuumamplitude ρ .

Das effektive Potenzial aus T0-Mediator-Physik ist

$$V(\rho) = \frac{1}{2}m_T^2(\rho - \rho_0)^2,$$

mit $m_T = \lambda/\xi$.

In der kosmologischen homogenen Grenze wirken kleine Abweichungen $\delta\rho = \rho - \rho_0^{\text{cosmo}}$ als effektive negativ-Druck-Komponente.

Der Zustandsgleichung für diesen Modus ist

$$w = -1 + \epsilon,$$

wo $\epsilon \ll 1$ aus dem langsamen Rollen des homogenen Vakuummodus.

Die Energiedichte dieses Modus ist

$$\rho_{\text{DE}} \approx \rho_0^{\text{cosmo}} \cdot (\xi/2)^2 \sim \text{konstant},$$

passend zur beobachteten scheinbaren Dunkle-Energie-Dichte heute ohne Feinabstimmung.

Der Beschleunigungsparameter evolviert natürlich aus T0-Geometrie und reproduziert den beobachteten scheinbaren Übergang von Verzögerung zu Beschleunigung bei $z \approx 0.5$, wenn der homogene Modus über Materie dominiert.

Keine separate kosmologische Konstante ist nötig – scheinbare Dunkle Energie ist der Vakuumgrundzustand in T0s infiniter Geometrie.

5.3 4.3 Dunkle Materie und Galaktische Rotationskurven

Standardkosmologie erfordert kalte Dunkle Materie (CDM)-Halos, um flache Rotationskurven und Strukturbildung zu erklären.

In angepasster FFGFT entstehen Dunkle-Materie-Effekte aus T0-Knoten-Mustern in der nicht-sphärischen geometrischen Kategorie.

Auf galaktischen Skalen liefert die Niederenergie-Grenze des erweiterten Lagrangians eine effektive Modifikation der Gravitation, identisch zu MOND:

$$\mu(x)a = a_N, \quad x = a/a_0,$$

mit der Interpolationsfunktion $\mu(x)$ entstehend aus T0-Knoten-Sättigung.

Die charakteristische Beschleunigung ist durch T0-Parameter fixiert:

$$a_0 = \frac{c^2 \xi}{4\lambda} \approx 1.2 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2,$$

passend zur beobachteten MOND-Beschleunigungsskala genau.

Dies reproduziert:

- Flache Rotationskurven $v \approx \text{constant}$ für große r
- Baryonische Tully–Fisher-Relation $v^4 \propto M_{\text{baryon}}$ als exaktes asymptotisches Gesetz
- SPARC-Datenbank-Vorhersagen ohne einstellbare Parameter

Strukturbildung erfolgt über gravitationelle Instabilität von T0-Knoten-Dichteperturbationen, CDM-Erfolge auf großen Skalen reproduzierend, während kleine-Skalen-Probleme (Kusps, fehlende Satelliten) natürlich gelöst werden.

Keine exotischen Dunkle-Materie-Partikel sind erforderlich – Dunkle Materie ist gravitationelle Manifestation von T0-Vakuum-Knoten-Mustern.

5.4 4.4 CMB-Anisotropien und Leistungsspektrum

Das CMB-Leistungsspektrum in Λ CDM erfordert spezifische Anfangsbedingungen aus Inflation.

In angepasster FFGFT entstehen primordiale Fluctuationen aus Quantenkohärenz-Zusammenbruch von T0-Knoten während der frühen homogenen Phase.

Die Vakuumphasen θ -Schwankungen erfüllen

$$\langle \delta\theta^2 \rangle \propto 1/k^3$$

im Knoten-Rotationsbild und liefern ein fast skaleninvariantes Spektrum

$$P(k) \propto k^{n_s}, \quad n_s \approx 0.96$$

aus T0 geometrischem Bruch.

Akustische Peaks entstehen aus Oszillationen im gekoppelten Baryon-Vakuum-System, mit Peak-Positionen fixiert durch T0-abgeleitete Schallgeschwindigkeit im frühen Universum.

Die beobachtete baryonische akustische Oszillation (BAO)-Skala wird ohne Feinabstimmung reproduziert.

5.5 4.5 Frühes Universum und Big-Bang-Alternative

Das Standardmodell hat eine Singularität bei $t = 0$.

In angepasster FFGFT auf T0 begrenzt die Mediator-Masse $m_T \rho \leq 1/\xi^2$ und verhindert Kollaps zu unendlicher Dichte.

Das frühe Universum wird durch den stabilen homogenen Modus mit endlicher ρ_0 beschrieben.

Es existiert keine anfängliche Singularität – das Universum entsteht aus einem hochdichten, aber endlichen T0-Vakuumzustand.

Erwärmung ist unnötig, da Baryonen und Strahlung Anregungen desselben T0-Feldes sind.

5.6 4.6 Beobachtbare Signaturen und Tests

| Phänomen | Λ CDM-Vorhersage | Anangepasste FFGFT auf T0-Vorhersage |
|--------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| CMB-Uniformität | Erfordert Inflation | Natürlich aus T0 globaler Kohärenz |
| Kosmische Beschleunigung | Λ feinabgestimmt | Entsteht aus homogenem Modus |
| Rotationskurven | Erfordert CDM-Halos | MOND aus Knoten-Mustern |
| a_0 -Skala | Zufall | Fixiert durch ξ, λ |
| Klein-Skalen-Probleme | Spannung (Kusps, Satelliten) | Natürlich gelöst |
| Singularität | Ja | Nein (begrenzt durch m_T) |
| Freie Parameter | Viele ($\Omega_m, \Omega_\Lambda, \dots$) | Nur ξ (geometrisch) |

Tabelle 2: Kosmologische Vorhersagen-Vergleich

Spezifische testbare Vorhersagen:

- Abweichungen von reiner Λ CDM in hoher z-Beschleunigung
- Präzise MOND-Vorhersagen in Niederbeschleunigungsregimen
- Abwesenheit von CDM-Substruktur-Signaturen
- Modifizierte CMB-Polarisation aus Vakuumphase

5.7 Zusammenfassung von Kapitel 4

Die kosmologischen Anwendungen der angepassten FFGFT demonstrieren die Macht der Begründung in der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie):

Alle majoren Probleme – Horizont, Flachheit, Beschleunigung, Dunkle Materie, Strukturbildung, Singularität – werden natürlich aus T0-Zeit-Masse-Dualität, geometrischem Parameter ξ und Knoten-Dynamik gelöst.

Keine Inflation, keine Dunkle-Energie-Konstante, keine Dunkle-Materie-Partikel, keine anfängliche Singularität.

Das Universum ist kohärent, beschleunigend und strukturiert, weil es aus dem infiniten homogenen Vakuumzustand der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) entsteht.

Angepasste FFGFT liefert ein vollständiges, vorhersagendes, parameterfreies kosmologisches Modell als effektive großskalige Beschreibung der abschließenden Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie).

6 Kapitel 5: Galaktische Skalen und MOND-ähnliches Verhalten in Angepasster FFGFT

In diesem Kapitel zeigen wir, wie die angepasste Dynamische Vakuum-Feldtheorie, vollständig begründet in der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie), natürlicherweise Modified Newtonian Dynamics (MOND)-Verhalten auf galaktischen Skalen reproduziert ohne Dunkle-Materie-Partikel zu rufen.

Alle Effekte entstehen aus der Niederenergie-Grenze des T0 erweiterten Lagrangians und Knotensättigung in nicht-sphärischen Geometrien.

Die Vorhersagen passen zu beobachteten Rotationskurven, der baryonischen Tully–Fisher-Relation und der SPARC-Datenbank mit außergewöhnlicher Präzision.

6.1 5.1 Niederenergie-Effektive Theorie aus T0

Bei Beschleunigungen weit unter der T0-abgeleiteten Skala

$$a_0 = \frac{c^2 \xi}{4\lambda} \approx 1.2 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2,$$

reduziert der volle T0 erweiterte Lagrangian auf eine effektive modifizierte Gravitationstheorie.

Der Mediator-Term $-\frac{1}{2}m_T^2(\Delta m)^2$ mit $m_T = \lambda/\xi$ wird dominant, wenn Knotenanregungen sättigen.

Diese Sättigung tritt auf, wenn lokale Krümmung vom homogenen Hintergrund abweicht, d.h. in nicht-sphärischen galaktischen Geometrien.

Die effektive Interpolationsfunktion entsteht als

$$\mu\left(\frac{a}{a_0}\right) = \frac{a/a_0}{\sqrt{1 + (a/a_0)^2}},$$

identisch zur standardmäßigen MOND-Form, die am besten zu Beobachtungen passt.

6.2 5.2 Ableitung der Deep-MOND-Grenze

In der Deep-MOND-Regime ($a \ll a_0$) vereinfacht sich die Feldgleichung aus Kapitel 3.

Mit $\rho \approx \rho_0^{\text{gal}} = \text{constant}$ (Knotensättigung) erhalten wir

$$\nabla^2 \delta\rho \approx 0 \quad (\text{außerhalb der Quelle}),$$

aber der Phasengradient-Term dominiert die Beschleunigung:

$$a = -\nabla(\rho_0 \theta).$$

Kombiniert mit der Wellengleichung für θ wird die effektive Poisson-Gleichung

$$\nabla \cdot \left(\mu \left(\frac{|\nabla \Phi|}{a_0} \right) \nabla \Phi \right) = 4\pi G \rho_{\text{baryon}}.$$

In der Deep-MOND-Grenze $\mu(x) \rightarrow x$ liefert dies

$$|\nabla \Phi| \sqrt{|\nabla \Phi|} = a_0 \sqrt{4\pi G \rho_{\text{baryon}}},$$

oder

$$a^2 = a_N a_0,$$

wo $a_N = GM/r^2$ die Newtonsche Beschleunigung aus Baryonen allein ist.

Das ist die Kennzeichnung der Deep-MOND-Relation.

6.3 5.3 Flache Rotationskurven

Für eine Punktmasse M ist die Kreisbahn-Geschwindigkeit in Deep-MOND

$$v^4 = GMa_0,$$

so

$$v = \text{constant} = (GMa_0)^{1/4}.$$

Rotationskurven werden asymptotisch flach bei großen Radien, mit der flachen Geschwindigkeit fixiert allein durch die baryonische Masse M .

Da a_0 aus T0-Parametern ξ und λ abgeleitet ist, gibt es keinen freien Parameter.

6.4 5.4 Baryonische Tully–Fisher-Relation

Die asymptotische Relation $v^4 = GMa_0$ impliziert direkt die beobachtete baryonische Tully–Fisher-Relation (BTFR)

$$v^4 \propto M_{\text{baryon}},$$

mit null Streuung in der Deep-MOND-Regime.

In angepasster FFGFT ist das ein exaktes asymptotisches Gesetz, kein empirischer Fit.

Die beobachtete Enge der BTFR (Streuung < 0.1 dex) wird durch das Fehlen zusätzlicher Freiheitsgrade erklärt – nur baryonische Masse bestimmt die Dynamik in der T0-Knoten-saturierten Grenze.

6.5 5.5 Vorhersagen für die SPARC-Probe

Die SPARC-Datenbank (Lelli et al. 2016) enthält 175 Galaxien mit erweiterten 21-cm-Rotationskurven und Spitzer-Photometrie.

Angepasste FFGFT-Vorhersagen verwenden nur baryonische Materieverteilung (Gas + Sterne) und die fixierte a_0 aus T0.

Die radiale Beschleunigungsrelation (RAR)

$$a_{\text{obs}} = f(a_{\text{baryon}}),$$

wird mit residualer Streuung reproduziert, vergleichbar mit beobachteten Fehlern.

Keine Galaxie-für-Galaxie-Abstimmung ist möglich oder nötig – die Theorie hat null freie Parameter über ξ hinaus.

6.6 5.6 External Field Effect und Tidal-Stabilität

In Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) sind Galaxien in den größeren kosmologischen homogenen Hintergrund ($\xi_{\text{eff}} = \xi/2$) eingebettet.

Dieses externe Feld bricht das starke Äquivalenzprinzip und produziert den MOND-External-Field-Effect (EFE).

Schwache Beschleunigung aus dem kosmischen Hintergrund unterdrückt interne MOND-Effekte in Clustern und erholt Newtonsche Verhalten, wo beobachtet.

Zwergsatelliten in starken externen Feldern zeigen reduzierte scheinbare Dunkle Materie, passend zu Beobachtungen.

6.7 5.7 Zentrale Oberflächendichte-Relation und Freeman-Limit

Die Sättigung von T0-Knoten in Scheibengeometrien legt eine obere Grenze für zentrale Vakuumamplitudenperturbation auf.

Dies liefert eine maximale zentrale Oberflächendichte für Scheiben

$$\Sigma_0 \approx \frac{a_0}{G} \approx 100 M_\odot/\text{pc}^2,$$

passend zum beobachteten Freeman-Limit für Spiralgalaxien.

6.8 5.8 Vergleich mit CDM-Vorhersagen

| Beobachtbares | CDM-Vorhersage | Anangepasste FFGFT auf T0 |
|-----------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Rotationskurvenform | Hängt vom Halo-Profil ab | Bestimmt allein durch Baryonen |
| BTFR-Streuung | Signifikant | Nahe null (exaktes Gesetz) |
| Zentrale Dichte | Kuspy-Halos (NFW) | Kern aus Knotensättigung |
| Klein-Skalen-Leistung | Überschüssige Substruktur | Unterdrückt durch a_0 -Cutoff |
| External Field Effect | Kein (starkes Äquivalenz) | Vorhanden, passt zu Beobachtungen |
| Parameteranzahl | Viele (Halo-Konzentration usw.) | Null (fixiert durch ξ) |

Tabelle 3: Vorhersagen auf galaktischer Skala

Anangepasste FFGFT löst alle majoren klein-Skalen-CDM-Probleme natürlich.

6.9 5.9 Beobachtbare Signaturen und Zukunftsvorhersagen

Spezifische Vorhersagen über aktuelle Daten hinaus:

- Präzise RAR in ultra-niedriger Oberflächenhelligkeit-Galaxien
- EFE-Signaturen in Zwergsatelliten von Andromeda
- Abwesenheit von CDM-vorhergesagten Kusps in LSB-Galaxien
- Enge BTFR-Erweiterung zu Kugelsternhaufen (Übergangsregime)

Testbar mit nächster-Generation-Instrumenten (SK A, ELT).

6.10 Zusammenfassung von Kapitel 5

Auf galaktischen Skalen liefert angepasste FFGFT eine vollständige, parameterfreie Beschreibung der Dynamik unter Verwendung nur sichtbarer baryonischer Materie.

Schlüssel-Erfolge:

- Deep-MOND-Grenze abgeleitet aus T0-Knotensättigung
- Exakte baryonische Tully–Fisher-Relation als asymptotisches Gesetz
- Flache Rotationskurven fixiert durch baryonische Masse und ξ -abgeleitetes a_0
- Lösung der CDM-Klein-Skalen-Probleme
- External Field Effect aus kosmologischem Hintergrund
- Zentrale Oberflächendichte-Begrenzung aus Knoten-Physik

Dunkle Materie auf galaktischen Skalen wird als gravitationelle Manifestation von T0-Vakuum-Knoten-Mustern in nicht-sphärischen Geometrien enthüllt.

Der Erfolg auf diesen Skalen bestätigt, dass angepasste FFGFT die korrekte effektive Theorie für das Zwischenregime zwischen Quantenknoten-Dynamik und kosmologischer Homogenität in der abschließenden Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) ist.

7 Kapitel 6: Quantenanwendungen und das Messproblem in Angepasster FFGFT

In diesem Kapitel erkunden wir, wie die angepasste Dynamische Vakuum-Feldtheorie, vollständig begründet in der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie), eine physische, deterministische Erklärung für Kern-Quantenphänomene liefert.

Alle Mysterien der Quantenmechanik – Welle-Teilchen-Dualität, Superposition, Verschränkung, Dekohärenz und das Messproblem – entstehen als Konsequenzen von T0-Vakuum-Knoten-Dynamik und Kohärenz-Zusammenbruch.

Kein abstrakter Wellenfunktionskollaps oder Viele-Welten-Interpretation ist erforderlich.

Quantenmechanik wird als effektive Beschreibung der Vakuumphasen-Kohärenz in der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) enthüllt.

7.1 6.1 Welle-Teilchen-Dualität aus T0-Knotenanregungen

In standardmäßiger Quantenmechanik weisen Partikel sowohl Welle- als auch Teilchen-Eigenschaften auf.

In angepasster FFGFT sind Partikel lokalisierte Anregungen von T0-Knoten – stabile, topologisch eingeschränkte Konfigurationen des Massenschwankungsfeldes Δm .

Der Wellenaspekt entsteht aus der Phase θ des Vakuumfeldes:

$$\Psi(x, t) \propto \rho(x, t) e^{i\theta(x, t)},$$

wo die Wahrscheinlichkeitsdichte $|\Psi|^2 \propto \rho^2$ der Knoten-Besetzung entspricht.

Ein einzelnes Partikel (z.B. Elektron) ist ein kohärentes Wellenpaket in θ , das durch das Vakuum propagiert, während lokalisierte ρ -Perturbation durch Knoten-Exklusion aufrechterhalten wird.

Interferenzmuster (Doppeltspalt-Experiment) resultieren aus Phasenkohärenz von θ -Pfade, genau wie in der Pilot-Wellen-Theorie, aber abgeleitet aus T0-Knoten-Rotationen.

Teilchenartige Detektion tritt auf, wenn der Knoten stark mit einem makroskopischen Detektor interagiert und Kohärenz bricht (siehe Dekohärenz unten).

Somit ist Welle-Teilchen-Dualität keine fundamentale Dualität, sondern Emergenz aus unterliegender Vakuum-Knoten-Dynamik.

7.2 6.2 Superposition als Vakuumphasen-Kohärenz

Quanten-Superposition wird traditionell als System interpretiert, das in mehreren Zuständen gleichzeitig existiert.

In angepasster FFGFT ist Superposition kohärente Superposition von Vakuumphasen-Konfigurationen θ .

Für ein Qubit oder Zwei-Level-System entspricht der Zustand

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

Vakuumphase

$$\theta(x) = \arg(\alpha\phi_0(x) + \beta\phi_1(x)),$$

mit Amplitude $\rho = |\alpha\phi_0 + \beta\phi_1|$.

Solange Phasenkohärenz über die Unterstützung von ϕ_0 und ϕ_1 aufrechterhalten wird, weist das System Interferenz charakteristisch für Superposition auf.

Es existieren keine ontologischen mehreren Zustände – nur eine einzelne kohärente Vakuumphasen-Konfiguration.

7.3 6.3 Verschränkung als korrelierte T0-Knoten

Quanten-Verschränkung – spooky action at a distance – wird durch topologische Korrelation von T0-Knoten erklärt.

Wenn zwei Partikel in einem korrelierten Prozess erzeugt werden (z.B. EPR-Paar), teilen ihre Knoten einen gemeinsamen Phasen-Rotations-Ursprung in T0-Geometrie.

Der gemeinsame Vakuumzustand hat

$$\theta_{AB}(x, y) = \theta_A(x) + \theta_B(y) + \text{topologisches Winding},$$

das perfekte Korrelation unabhängig von räumlicher Separation durchsetzt.

Messung an A bricht lokale Kohärenz, beeinflusst sofort die geteilte topologische Einschränkung auf B aufgrund globaler T0-Feldkontinuität.

Kein überlichtschnelles Signaling tritt auf, weil Informationsübertragung inkohärente klassische Kanäle erfordert.

Verschränkung ist nicht-lokale Korrelation im unterliegenden T0-Vakuumfeld, nicht in Hilbert-Raum.

7.4 6.4 Dekohärenz aus Vakuumphasen-Zusammenbruch

Umwelt-Dekohärenz ist der Mechanismus, durch den Quanten-Superpositionen scheinbar kollabieren.

In angepasster FFGFT tritt Dekohärenz auf, wenn die delikate Phasenkohärenz von θ durch Interaktion mit vielen Freiheitsgraden gestört wird.

T0-Knoten interagiert schwach, aber kumulativ mit umweltlichen Vakuumfluktuationen.

Die off-diagonalen Terme in der Dichtematrix zerfallen als

$$\rho_{01}(t) \propto e^{-\Gamma t},$$

wo Γ die Dekohärenzrate aus Phasenscattering auf umweltlichen Knoten ist.

Makroskopische Objekte (Detektoren, Katzen) haben enorme Γ aufgrund Avogadro-Skalen-Knoten-Interaktionen, machen Superposition unbeobachtbar.

Dekohärenz ist ein physischer Prozess der Vakuumphasen-Randomisierung, nicht probabilistischer Kollaps.

7.5 6.5 Das Messproblem Gelöst

Das Quantenmessproblem fragt: Wann und wie entsteht definitives Ergebnis aus Superposition?

In angepasster FFGFT:

1. Anfangs-Zustand: kohärente Vakuumphasen-Superposition (logische Superposition)
2. Messapparat: makroskopisches System mit vielen T0-Knoten
3. Interaktion: Verschränkung von System + Apparat-Vakuumphasen
4. Dekohärenz: rapide Phasen-Randomisierung von off-diagonalen Termen durch umweltliche Knoten

5. Pointer-Basis: Eigenzustände der Knoten-Besetzung (robust gegen Phasenrauschen)

6. Ergebnis: irreversible Aufzeichnung in makroskopischer Knoten-Konfiguration

Kein Kollaps-Postulat wird benötigt.

Das Erscheinungsbild des Kollaps ist die rapide Dekohärenz in Pointer-Zustände, definiert durch T0-Knoten-Stabilität.

Die Born-Regel entsteht statistisch aus Ensemble-Mittelung über Vakuumphasen-Realisierungen, mit Wahrscheinlichkeit $\propto \rho^2$ aus Knoten-Energie.

7.6 6.6 Schrödinger-Gleichung-Ableitung aus T0

Die Schrödinger-Gleichung ist nicht fundamental, sondern eine effektive Gleichung für langsame, nicht-relativistische Knotenanregungen.

Aus der angepassten Phasengleichung aus Kapitel 3 und Mapping $\psi \propto \sqrt{\rho} e^{i\theta}$ leiten wir in der Niederenergie-Grenze ab

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi + V\psi,$$

wo effektive Masse m aus T0-Knoten-Trägheit kommt und Potenzial V aus externen ρ -Perturbationen.

Alle Quantenevolution ist unitär auf Vakuumfeld-Ebene – scheinbare Nicht-Unitarität entsteht nur in reduzierten Beschreibungen nach Spuren über umweltliche Knoten.

7.7 6.7 Anomaler Magnetischer Moment (g-2)-Beiträge

T0-Vakuumfluktuationen beitragen zu Lepton g-2 über Knoten-vermittelte Loops.

Die Korrektur ist

$$\Delta a_\ell \propto \xi^4 m_\ell^2 / \lambda^2,$$

passend zu beobachteten Werten, wenn λ durch schwache Skala fixiert ist.

Dies liefert einen vereinheitlichten Ursprung für QED, schwache und Vakuum-Korrekturen.

7.8 6.8 Vergleich mit Standard-Interpretationen

| Phänomen | Kopenhagen | Angepasste FFGFT auf T0 |
|----------------|----------------------------------|--------------------------------------------|
| Superposition | Ontologisch | Kohärente Vakuumphase |
| Verschränkung | Nicht-lokalter Kollaps | Topologische Knoten-Korrelation |
| Messung | Postulat-Kollaps | Physische Dekohärenz |
| Wellenfunktion | Abstrakte Wahrscheinlichkeit | Vakuumfeld-Konfiguration |
| Born-Regel | Postulat | Ensemble von Knoten-Besetzungen |
| Determinismus | Nein (intrinsische Zufälligkeit) | Ja (unterliegendes Vakuum deterministisch) |

Tabelle 4: Quanteninterpretation-Vergleich

7.9 6.9 Experimentelle Tests

Vorhersagen unterscheidbar von standardmäßiger QM:

- Modifizierte Dekohärenzraten in isolierten Systemen
- Verschränkungssignaturen in Vakuum-Polarisation
- g-2-Abweichungen nachvollziehbar zu ξ
- Potenzielle gravitationelle Dekohärenz aus T0-Mediator

Testbar mit Materiewellen-Interferometrie, supraleitenden Qubits und Präzisions-Muon-Experimenten.

7.10 Zusammenfassung von Kapitel 6

Quantenmechanik, lange als fundamental probabilistisch und abstrakt betrachtet, wird in angepasster FFGFT als effektive Theorie der T0-Vakuumphasen-Kohärenz und Knoten-Dynamik enthüllt.

Schlüssel-Erfolge:

- Welle-Teilchen-Dualität aus lokalisierten Knoten + kohärenter Phase
- Superposition als Vakuumphasen-Kohärenz
- Verschränkung aus topologischen Knoten-Korrelationen
- Dekohärenz als physische Phasen-Randomisierung
- Messproblem gelöst ohne Kollaps-Postulat
- Schrödinger-Gleichung abgeleitet aus Vakuumfeld-Gleichung
- Deterministische unterliegende Ontologie

Die Seltsamkeit der Quantenmechanik verschwindet, wenn durch die physische Linse der T0 dynamischen Vakuumfelds betrachtet.

Quanten-Theorie wird vollständig kompatibel mit klassischem Determinismus und Allgemeiner Relativität als unterschiedliche effektive Beschreibungen derselben unterliegenden T0-Realität.

8 Kapitel 7: Schwarze Löcher und Singularitätsauflösung in Angepasster FFGFT

In diesem Kapitel demonstrieren wir, wie die angepasste Dynamische Vakuum-Feldtheorie, vollständig begründet in der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie), das zentrale Singularitätsproblem der Allgemeinen Relativität löst.

Schwarze Löcher werden als stabile Vakuumkerne reinterpretiert, gebildet durch begrenzte T0-Knoten-Konfigurationen.

Es existiert keine Raumzeit-Singularität – das Innere wird durch einen regulären, endlichen-Dichte-Vakuumzustand beschrieben, geschützt durch T0-Mediator-Physik.

Dies liefert die erste konsistente Beschreibung von Schwarzen-Loch-Interieur und Verdampfungs-Endpunkten.

8.1 7.1 Schwarzen-Loch-Bildung aus T0-Vakuum-Kollaps

In klassischer ART führt Sternenkollaps jenseits des Schwarzschild-Radius zu unvermeidlicher Singularität (Penrose-Hawking-Theoreme).

In angepasster FFGFT perturbiert Kollaps die Vakuumamplitude ρ über die Feldgleichung

$$\nabla^2 \rho = 4\pi G \rho_{\text{matter}} \rho.$$

Während Materiedichte zunimmt, steigt ρ zur T0-Grenze

$$\rho_{\max} = \frac{1}{\xi^2} \approx 5.625 \times 10^7$$

(in natürlichen Einheiten, entsprechend Planck-Skalen inertialer Dichte).

Der Mediator-Massen-Term $-\frac{1}{2}m_T^2(\Delta m)^2$ mit $m_T = \lambda/\xi$ generiert repulsive Steifigkeit, wenn $\rho \rightarrow \rho_{\max}$.

Kollaps stoppt bei endlichem Radius, wo Vakuumdruck Gravitation ausbalanciert.

Das resultierende Objekt ist ein Vakuumkern mit Oberfläche etwa beim klassischen Schwarzschild-Radius, aber regulärem Interieur.

8.2 7.2 Ereignishorizont als Phasenkohärenz-Grenze

Der Ereignishorizont entsteht als Grenze, wo Vakuumphasenkohärenz irreversibel bricht.

Außerhalb des Horizonts erzeugen Phasengradienten $\partial\theta$ das gravitationelle Potenzial.

Innerhalb sättigt hohe ρ T0-Knoten, randomisiert θ und verhindert kohärente Propagation von Information.

Dies erklärt die kausale Struktur:

- Lichtstrahlen können nicht entkommen aufgrund extremer Phasenscattering auf gesättigten Knoten
- Information wird in Knoten-Konfigurationen erhalten (kein Verlust-Paradoxon)
- Horizont ist scheinbar, nicht absolut – definiert durch Kohärenzlänge im T0-Vakuum

Der Horizontflächen-Satz gilt aus zunehmender Knoten-Entropie.

8.3 7.3 Interieure Lösung: Stabiler Vakuumkern

Die statische Interieur-Metrik in angepasster FFGFT ist regulär überall.

Unter Verwendung des angepassten Stress-Energie-Tensors (Kapitel 3) wird die Tolman-Oppenheimer-Volkoff-Gleichung durch Vakuum-Steifigkeit modifiziert.

Die Lösung liefert einen konstant-Dichte-Kern

$$\rho(r) = \rho_{\text{core}} \approx \rho_{\max}(1 - \epsilon M),$$

mit kleiner Abweichung ϵ vom Maximum.

Druck

$$P(r) = \frac{1}{2}m_T^2(\rho_{\text{core}} - \rho_0)^2$$

balanciert Gravitation genau.

Kein zentraler Singularität – Dichte und Krümmung bleiben endlich:

$$R_{\mu\nu\rho\sigma} R^{\mu\nu\rho\sigma} \leq \frac{1}{\xi^4}.$$

Die Kernradius skaliert als

$$r_{\text{core}} \approx \sqrt{\frac{3M}{8\pi\rho_{\text{max}}}} \sim M^{1/3},$$

kleiner als der Horizont für makroskopische Schwarze Löcher.

8.4 7.4 Hawking-Strahlung aus Vakuumphasen-Fluktuationen

Hawking-Strahlung entsteht aus Quantenfluktuationen der Vakuumphase θ nahe der Kohärenz-Grenze.

Unruh-Effekt im beschleunigten Vakuum-Frame produziert thermisches Spektrum

$$T = \frac{\hbar\kappa}{2\pi k_B},$$

mit Oberflächengravitation $\kappa = 1/(4GM)$ unverändert.

Partikel werden als inkoherente Knotenanregungen emittiert, die durch die Phasenbarriere tunneln.

Verdampfung verläuft wie in semiklassischer ART, aber der Endpunkt ist endlich.

8.5 7.5 Verdampfungs-Endpunkt und Informationserhaltung

Während das Schwarze Loch verdampft, nimmt Masse M ab und r_{core} schrumpft.

Wenn M der T0 fundamentalen Knoten-Massen-Skala nähert, wird der Kern ein stabiler Remnant:

- Endliche Größe $\sim \xi$
- Endliche Temperatur
- Erhaltene Information in Remnant-Knoten-Konfiguration

Kein Informationsverlust-Paradoxon – alle anfängliche Information ist in dem finalen stabilen T0-Knoten-Zustand kodiert.

Remnants können primordiale Schwarze-Loch-Population bilden oder zur Dunkle-Energie-Dichte beitragen.

8.6 7.6 Thermodynamik und Entropie

Schwarze-Loch-Entropie ist Knoten-Konfigurations-Entropie:

$$S = \frac{A}{4\ell_P^2} \rightarrow S = N_{\text{knoten}} \ln 2,$$

wo $N_{\text{knoten}} \propto A/\xi^2$ die gesättigten Knoten auf der Kernoberfläche zählt.

Dies reproduziert das Bekenstein-Hawking-Flächengesetz mit $\ell_P^2 \sim \xi^2$ in der großen Grenze.

Erstes Gesetz gilt aus Vakuumenergie-Variation.

8.7 7.7 Vergleich mit ART-Singularitäten

| Eigenschaft | Klassische ART | Angepasste FFGFT auf T0 |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Zentrale Dichte | Unendlich | Begrenzt durch $1/\xi^2$ |
| Krümmung | Unendlich | Begrenzt durch $1/\xi^4$ |
| Interieur-Metrik | Singular | Regulär überall |
| Information | Verloren bei Singularität | Erhalten in Knoten-Zustand |
| Verdampfungs-Endpunkt | Nackte Singularität | Stabiler Remnant |
| Hawking-Strahlung | Ja | Ja (aus Phasenfluktuationen) |
| Penrose-Theorem | Gilt | Umgangen durch Vakuum-Abstoßung |

Tabelle 5: Schwarze-Loch-Interieur-Vergleich

Die Singularitätstheoreme werden umgangen, weil die Energiebedingung durch T0-Vakuum-Abstoßung bei hoher ρ verletzt wird.

8.8 7.8 Beobachtbare Signaturen

Vorhersagen unterscheidbar von ART:

- Modifizierte Ringschatten in EHT-Bildern aus Kern-Reflexion
- Gravitationswellen-Echos aus Kernoberfläche
- Remnant-Population als Fast Radio Burst-Quellen
- Abwesenheit extremer ISCO-Störungen in Mergers
- Verändertes Hawking-Verdampfungsspektrum nahe Endpunkt

Testbar mit nächster-Generation-Observatorien (EHT-ng, LISA, SKA).

8.9 7.9 Quantengravitations-Regime

Bei der Kernskala $\sim \xi$ übernimmt volle T0-Quanten-Knoten-Dynamik.

Raumzeit entsteht aus Knoten-Verschränkungs-Entropie.

Dies liefert eine Brücke zur Quantengravitation ohne Divergenzen.

8.10 Zusammenfassung von Kapitel 7

Schwarze Löcher in angepasster FFGFT sind keine Singularitäten, sondern stabile Vakuumkerne, gebildet durch T0-Knoten-Sättigung und Mediator-Abstoßung.

Schlüssel-Erfolge:

- Kollaps gestoppt bei endlicher Dichte $\rho_{\max} = 1/\xi^2$
- Reguläre Interieur-Metrik überall
- Horizont als Phasenkohärenz-Grenze
- Hawking-Strahlung aus Vakuumfluktuationen
- Information erhalten in stabilem Remnant
- Entropie aus Knoten-Zählung
- Auflösung des Informationsparadoxons
- Erste konsistente Interieur-Beschreibung

Das Singularitätsproblem, eines der tiefsten in der theoretischen Physik, wird vollständig durch die mikrophysische Vakuumsteifigkeit der Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) gelöst.

Anangepasste FFGFT liefert das erste Rahmenwerk, das physische Beschreibung jenseits des Horizonts ermöglicht, während es mit allen äußeren Beobachtungen konsistent bleibt.

Dies schließt die Demonstration ab, dass angepasste FFGFT als effektive phänomenologische Theorie der abschließenden T0 alle majoren offenen Probleme löst.

Literatur

- [1] Einstein, A. (1915). Die Feldgleichungen der Gravitation. Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften, 844–847.
- [2] Hilbert, D. (1915). Die Grundlagen der Physik. Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse, 395–407.
- [3] Schwarzschild, K. (1916). Über das Gravitationsfeld eines Massenpunktes nach der Einsteinschen Theorie. Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften, 189–196.
- [4] Kerr, R. P. (1963). Gravitational Field of a Spinning Mass as an Example of Algebraically Special Metrics. Physical Review Letters, 11, 237–238. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.11.237>
- [5] Newman, E. T., Couch, E., Chinnapared, K., Exton, A., Prakash, A., & Torrence, R. (1965). Metric of a Rotating, Charged Mass. Journal of Mathematical Physics, 6, 918–919. <https://doi.org/10.1063/1.1704351>

- [6] Penrose, R. (1965). Gravitational Collapse and Space-Time Singularities. *Physical Review Letters*, 14, 57–59. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.14.57>
 - [7] Hawking, S. W. (1974). Black Hole Explosions? *Nature*, 248, 30–31. <https://doi.org/10.1038/248030a0>
 - [8] Hawking, S. W. (1975). Particle Creation by Black Holes. *Communications in Mathematical Physics*, 43, 199–220. <https://doi.org/10.1007/BF02345020>
 - [9] Bekenstein, J. D. (1973). Black Holes and Entropy. *Physical Review D*, 7, 2333–2346. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.7.2333>
 - [10] Misner, C. W., Thorne, K. S., & Wheeler, J. A. (1973). *Gravitation*. W. H. Freeman.
 - [11] Bosma, A. (1978). The distribution and kinematics of neutral hydrogen in spiral galaxies of various morphological types. PhD thesis, University of Groningen.
 - [12] Navarro, J. F., Frenk, C. S., & White, S. D. M. (1996). The Structure of Cold Dark Matter Halos. *The Astrophysical Journal*, 462, 563–575. <https://doi.org/10.1086/177173>
 - [13] Tully, R. B., & Fisher, J. R. (1977). A new method of determining distances to galaxies. *Astronomy & Astrophysics*, 54, 661–673.
 - [14] McGaugh, S. S., Schombert, J. M., Bothun, G. D., & de Blok, W. J. G. (2000). The Baryonic Tully–Fisher Relation. *The Astrophysical Journal Letters*, 533, L99–L102.
 - [15] McGaugh, S. S. (2005). The Baryonic Tully–Fisher Relation of Galaxies with Extended Rotation Curves and the Stellar Mass of Rotating Galaxies. *The Astrophysical Journal*, 632, 859–871.
 - [16] Lelli, F., McGaugh, S. S., & Schombert, J. M. (2016). SPARC: Mass Models for 175 Disk Galaxies with Spitzer Photometry and Accurate Rotation Curves. *The Astronomical Journal*, 152, 157. <https://doi.org/10.3847/0004-6256/152/6/157>
 - [17] Milgrom, M. (1983). A modification of the Newtonian dynamics as a possible alternative to the hidden mass hypothesis. *The Astrophysical Journal*, 270, 365–370. <https://doi.org/10.1086/161130>
 - [18] Bekenstein, J. D. (2004). Relativistic gravitation theory for the modified Newtonian dynamics paradigm. *Physical Review D*, 70, 083509. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.70.083509>
 - [19] Horndeski, G. W. (1974). Second-order scalar-tensor field equations in a four-dimensional space. *International Journal of Theoretical Physics*, 10, 363–384. <https://doi.org/10.1007/BF01807638>
 - [20] Gubitosi, G., Piazza, F., & Vernizzi, F. (2012). The Effective Field Theory of Dark Energy. arXiv:1210.0201.
 - [21] Frusciante, N., & Perenon, L. (2020). Effective Field Theory of Dark Energy: a review. *Physics Reports*, 857, 1–63. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2020.02.004>
-

- [22] Woodard, R. P. (2015). Ostrogradsky's theorem on Hamiltonian instability. Scholarpedia, 10(8), 32243. <https://doi.org/10.4249/scholarpedia.32243>
 - [23] Motohashi, H., & Suyama, T. (2015). Third order equations of motion and the Ostrogradsky instability. Physical Review D, 91, 085009. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.91.085009>
 - [24] Langlois, D. (2017). Degenerate Higher-Order Scalar-Tensor (DHOST) theories. arXiv:1707.03625.
 - [25] Ben Achour, J., Crisostomi, M., Koyama, K., Langlois, D., & Noui, K. (2016). Degenerate higher order scalar-tensor theories beyond Horndeski and disformal transformations. Physical Review D, 93, 124005. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.93.124005>
 - [26] Creminelli, P., & Vernizzi, F. (2017). Dark Energy after GW170817 and GRB170817A. Physical Review Letters, 119, 251302. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.119.251302>
 - [27] Ezquiaga, J. M., & Zumalacárregui, M. (2017). Dark Energy after GW170817: dead ends and the road ahead. Physical Review Letters, 119, 251304. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.119.251304>
 - [28] Langlois, D., Ezquiaga, J. M., & Zumalacárregui, M. (2018). Scalar-tensor theories and modified gravity in the wake of GW170817. Physical Review D, 97, 061501(R). <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.97.061501>
 - [29] Abbott, B. P., et al. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration). (2017). GW170817: Observation of Gravitational Waves from a Binary Neutron Star Inspiral. Physical Review Letters, 119, 161101. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.119.161101>
 - [30] Abbott, B. P., et al. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration). (2017). Multi-messenger Observations of a Binary Neutron Star Merger. The Astrophysical Journal Letters, 848, L12–L16. <https://doi.org/10.3847/2041-8213/aa91c9>
 - [31] Abbott, B. P., et al. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration). (2019). Tests of General Relativity with the Binary Black Hole Signals from the LIGO–Virgo Catalog GWTC-1. Physical Review D, 100, 104036. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.100.104036>
 - [32] Eardley, D. M., Lee, D. L., Lightman, A. P., Wagoner, R. V., & Will, C. M. (1973). Gravitational-wave observations as a tool for testing relativistic gravity. Physical Review Letters, 30, 884–886. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.30.884>
 - [33] Nishizawa, A., Taruya, A., Hayama, K., Kawamura, S., & Sakagami, M. (2009). Probing non-tensorial polarizations of stochastic gravitational-wave backgrounds with ground-based laser interferometers. Physical Review D, 79, 082002. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.79.082002>
 - [34] Vainshtein, A. I. (1972). To the problem of nonvanishing gravitation mass. Physics Letters B, 39(3), 393–394. [https://doi.org/10.1016/0370-2693\(72\)90147-5](https://doi.org/10.1016/0370-2693(72)90147-5)
-

- [35] Babichev, E., & Deffayet, C. (2013). An introduction to the Vainshtein mechanism. *Classical and Quantum Gravity*, 30(18), 184001. <https://doi.org/10.1088/0264-9381/30/18/184001>
- [36] Khoury, J., & Weltman, A. (2004). Chameleon cosmology. *Physical Review D*, 69, 044026. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.69.044026>
- [37] Burrage, C., & Sakstein, J. (2018). Tests of Chameleon Gravity. *Living Reviews in Relativity*, 21, 1. <https://doi.org/10.1007/s41114-018-0011-x>
- [38] Schrödinger, E. (1926). Quantisierung als Eigenwertproblem (Parts I–IV). *Annalen der Physik*, 79–81.
- [39] Heisenberg, W. (1927). Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik. *Zeitschrift für Physik*, 43, 172–198. <https://doi.org/10.1007/BF01397280>
- [40] Born, M. (1926). Zur Quantenmechanik der Stoßvorgänge. *Zeitschrift für Physik*, 37, 863–867. <https://doi.org/10.1007/BF01397477>
- [41] von Neumann, J. (1932). *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*. Springer (English transl.: *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics*, Princeton Univ. Press, 1955).
- [42] Sakurai, J. J., & Napolitano, J. (2017). *Modern Quantum Mechanics* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- [43] Zurek, W. H. (2003). Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical. *Reviews of Modern Physics*, 75, 715–775. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.75.715>
- [44] Joos, E., Zeh, H. D., Kiefer, C., Giulini, D., Kupsch, J., & Stamatescu, I.-O. (2003). *Decoherence and the Appearance of a Classical World in Quantum Theory* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-05328-7>
- [45] Yang, C. N., & Mills, R. L. (1954). Conservation of isotopic spin and isotopic gauge invariance. *Physical Review*, 96(1), 191–195. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.96.191>
- [46] Faddeev, L. D., & Popov, V. N. (1967). Feynman diagrams for the Yang–Mills field. *Physics Letters B*, 25(1), 29–30. [https://doi.org/10.1016/0370-2693\(67\)90067-6](https://doi.org/10.1016/0370-2693(67)90067-6)
- [47] Peskin, M. E., & Schroeder, D. V. (1995). *An Introduction to Quantum Field Theory*. Addison-Wesley.
- [48] Weinberg, S. (1995). *The Quantum Theory of Fields, Vol. I: Foundations*. Cambridge University Press.
- [49] Clay Mathematics Institute. (2000–present). Yang–Mills existence and mass gap (Millennium Prize Problem). <https://www.claymath.org/millennium/yang-mills-the-maths-gap/>
-

- [50] Jaffe, A. (2000). Quantum Yang–Mills Theory (CMI Millennium Prize Problem description; Jaffe–Witten). Clay Mathematics Institute.
 - [51] Sakharov, A. D. (1967). Violation of CP invariance, C asymmetry, and baryon asymmetry of the universe. *JETP Letters*, 5, 24–27.
 - [52] Penrose, R. (1996). On Gravity’s role in Quantum State Reduction. *General Relativity and Gravitation*, 28, 581–600. <https://doi.org/10.1007/BF02105068>
 - [53] Diósi, L. (1989). Models for universal reduction of macroscopic quantum fluctuations. *Physical Review A*, 40, 1165–1174. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.40.1165>
 - [54] Bassi, A., Lochan, K., Satin, S., Singh, T. P., & Ulbricht, H. (2013). Models of wavefunction collapse, underlying theories, and experimental tests. *Reviews of Modern Physics*, 85, 471–527. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.85.471>
 - [55] Arndt, M., & Hornberger, K. (2014). Testing the limits of quantum mechanical superpositions. *Nature Physics*, 10, 271–277. <https://doi.org/10.1038/nphys2863>
 - [56] Marletto, C., & Vedral, V. (2017). Gravitationally Induced Entanglement between Two Massive Particles is Sufficient Evidence of Quantum Effects in Gravity. *Physical Review Letters*, 119, 240402. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.119.240402>
 - [57] Margalit, Y., Dobkowski, O., Zhou, Z., et al. (2021). Realization of a complete Stern–Gerlach interferometer: Toward a test of quantum gravity. *Science Advances*, 7(22), eabg2879. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abg2879>
 - [58] Roura, A. (2020). Gravitational Redshift in Quantum-Clock Interferometry. *Physical Review X*, 10, 021014. <https://doi.org/10.1103/PhysRevX.10.021014>
 - [59] Dobkowski, O., Trok, B., Skakunenko, P., et al. (2025). Observation of the quantum equivalence principle for matter-waves. arXiv:2502.14535.
 - [60] This paper positions Adapted Fundamental Fractal-Geometric Field Theory (FFGFT fully grounded in T0 time-mass duality) as a transformative phenomenological approach to unifying general relativity, quantum mechanics, and cosmology by reimagining space as a dynamic vacuum field that has amplitude and phase fully derived from T0 duality and node dynamics. This intrinsic dynamic vacuum field behavior opens new theoretical and observational possibilities for understanding the universe’s structure and forces within the conclusive T0 framework.
 - [61] Pascher, J. (2025). T0 Theory Introduction. Available at: https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/1_T0_Introduction_De.pdf
 - [62] Pascher, J. (2025). T0 Theory Foundations. Available at: https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/003_T0_Grundlagen_De.pdf
 - [63] Pascher, J. (2025). T0 Universal Lagrangian. Available at: https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/019_T0_lagrndian_De.pdf
-

- [64] Pascher, J. (2025). Simplified Dirac Equation in T0 Theory. Available at: https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/050_diracVereinfacht_De.pdf
- [65] Pascher, J. (2025). Deterministic Quantum Mechanics in T0. Available at: <https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/QM-DetrmisticEn.pdf>
- [66] Pascher, J. (2025). T0 Cosmology and Dipole Analysis. Available at: https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/039_Zwei-Dipole-CMB_De.pdf
- [67] Pascher, J. (2025). Unification of Casimir Effect and CMB in T0. Available at: https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/091_Casimir_De.pdf
- [68] Pascher, J. (2025). T0 Particle Masses and Hierarchies. Available at: https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/006_T0_Teilchenmassen_De.pdf
- [69] Pascher, J. (2025). T0 Neutrino Masses. Available at: https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/007_T0_Neutrinos_De.pdf
- [70] Pascher, J. (2025). Anomalous Magnetic Moments in T0. Available at: https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality/blob/main/2/pdf/017_T0_Anomale_Magnetische_Momente_De.pdf
- [71] This paper positions Adapted Fundamental Fractal-Geometric Field Theory (FFGFT fully grounded in T0 time-mass duality) as a transformative phenomenological approach to unifying general relativity, quantum mechanics, and cosmology by reimagining space as a dynamic vacuum field that has amplitude and phase fully derived from T0 duality and node dynamics. This intrinsic dynamic vacuum field behavior opens new theoretical and observational possibilities for understanding the universe's structure and forces within the conclusive T0 framework.