Emergente Gravitation aus Vakuum-Kontraktion: Ein Ghost-Freies Skalar-Tensor Framework zur Vereinheitlichung der Kosmologie

Johannes Werner Schenk

9. Januar 2026

Zusammenfassung

Die Relativistische Kontraktions-Schrumpfungs-Theorie (RKST) präsentiert eine fundamentale Neudeutung der großräumigen Dynamik des Universums. Durch die Formulierung einer ghost-freien Skalar-Tensor-Theorie innerhalb der Horndeski-Klasse wird gezeigt, dass die Gravitationskonstante G keine fundamentale Naturkonstante ist, sondern als emergente Größe aus der Kopplung zwischen einer mikroskopischen Skala (identifiziert mit dem Protonenradius r_p) und der kosmologischen Dirac-Zahl $\mathcal{N}$ resultiert. Zentrales Ergebnis der Theorie ist die Auflösung des Kosmologischen Konstantenproblems durch eine Energiepartitionierung, bei der die Vakuumenergie fast vollständig im Materiesektor gebunden ist. Wir belegen, dass die beobachtete beschleunigte Expansion des Universums und der Phantom-Zustandsparameter $w \approx -1.05$ keine Expansion des Raumes, sondern eine universelle Kontraktion des Vakuums widerspiegeln. Unter Wahrung der Skaleninvarianz und unter Einbeziehung des Chameleon-Screenings reproduziert die RKST sowohl die klassischen Tests der ART im Sonnensystem als auch die galaktische Dynamik der SPARC-Daten ohne die Notwendigkeit Dunkler Materie. Dies markiert den Übergang von einer phänomenologischen Beschreibung zu einer kausalen Ab-Initio-Feldtheorie.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung: Von der Dunklen Energie zur Vakuum-Metrik **2**
1.1 Das fundamentale Framework 2
1.2 Der Perspektivwechsel: Beobachter vs. Hintergrund 2

2 Axiomatische Definition der Theorie **2**

3 Ghost-Freie Feldtheorie und fundamentale Herleitung **3**
3.1 Der fundamentale RKST-Lagrangian 3
3.2 Die fundamentale Massenskala M_* 3
3.3 Das Hybrid-Potential 3

4 Empirische Erfolge und Kosmologische Konsequenzen **4**
4.1 Lösung des Kosmologischen Konstantenproblems (CCP) 4
4.2 Galaktische Rotationskurven (SPARC) 4
4.3 Diracs Large Number Hypothesis (LNH) 4

5 Neue Vorhersagen und Interpretation **5**
5.1 Zustandsgleichung $w \approx -1.05$: Schrumpfung statt Expansion 5
5.2 Konsistenz mit ART (Chameleon-Screening) 5

6 Thermodynamik und Zeitpfeil **5**

7 Diskussion: Kausalität und Zirkularität **5**

Nachwort **6**

1 Einleitung: Von der Dunklen Energie zur Vakuum-Metrik

Das kosmologische Standardmodell (ΛCDM) ist zweifellos eines der erfolgreichsten physikalischen Modelle der Geschichte. Dennoch steht es heute vor einer epistemologischen Krise. Die Diskrepanz zwischen lokalen Messungen der Hubble-Konstante (H_0) und den Vorhersagen des Planck-Satelliten (Hubble-Tension) sowie die Natur der Dunklen Sektoren – die zusammen 95% der Energiedichte ausmachen sollen – deuten darauf hin, dass wir uns einem Paradigmenwechsel nähern [2].

Die gängigen Erweiterungen des Modells postulieren meist neue Teilchen oder Felder *innerhalb* der bestehenden Raumzeit-Metrik. Die vorliegende Arbeit, die Relativistische Kontraktions-Schrumpfungs-Theorie (RKST), verfolgt einen fundamental anderen Ansatz: Sie untersucht die Dynamik der Metrik selbst im Kontext einer Skalar-Tensor-Theorie.

1.1 Das fundamentale Framework

Wir präsentieren eine ghost-freie Feldtheorie im Jordan-Rahmen, die zur etablierten **Horndeski-Klasse** gehört [3]. Anstatt Gravitation als fundamentale Konstante vorauszusetzen, modellieren wir sie als emergentes Phänomen, das aus der Wechselwirkung zwischen baryonischer Materie und einem dynamischen Skalarfeld ϕ resultiert.

1.2 Der Perspektivwechsel: Beobachter vs. Hintergrund

Ein zentraler Kritikpunkt an Theorien mit kosmischen Cutoffs ist oft die vermeintliche Ad-hoc-Natur der Skalenwahl. Die RKST dreht diese Kausalität um: Wir postulieren nicht, dass das Vakuum sich zufällig nach dem Proton richtet. Vielmehr interpretieren wir den Protonenradius $r_p \approx 2.44\,\text{fm}$ als die stabile Resonanzfrequenz oder das „Gitter-Artefakt“ einer fundamentalen, diskreten Vakuumstruktur. In diesem Bild ist die Expansion des Universums keine Erzeugung neuen Raumes, sondern eine kinematische Konsequenz der relativen Skalenänderung zwischen dem relaxierenden Vakuum (Schrumpfung) und der trägen Materie (Beharrung).

2 Axiomatische Definition der Theorie

Um die logische Kohärenz des Modells zu gewährleisten und Inkonsistenzen zu vermeiden, definieren wir die Theorie über vier zentrale Axiome:

1. **Axiom I (Skaleninvarianz):** Die Maxwell-Gleichungen und die ART sind unter globaler Skalentransformation invariant. Eine universelle Expansion des Raumes bei konstanten Maßstäben ist physikalisch ununterscheidbar von einer universellen Kontraktion der materiellen Maßstäbe bei konstantem Raum. Die RKST wählt die zweite Interpretation. (Aufgrund der Skaleninvarianz der Maxwell-Gleichungen ist die Energieerhaltung im schrumpfenden System mathematisch äquivalent zur Energieerhaltung im expandierenden System. Die RKST wählt lediglich den Bezugsrahmen des schrumpfenden Beobachters, um die Entstehung von Vakuumenergie aus dem Nichts zu vermeiden)

2. **Axiom II (Kausaler Cutoff):** Das Vakuum besitzt eine energetische Untergrenze. Der Radius $r_p \approx 2.44\,\text{fm}$ fungiert als phänomenologischer Cutoff, an dem die Vakuumenergie in Materie kondensiert.

3. **Axiom III (Emergenz):** Gravitation ist der differentielle Widerstand (Trägheit) der Materie gegen die Vakuum-Kontraktion. G ist eine abgeleitete Größe.

4. **Axiom IV (Horndeski-Dualität):** Die Dynamik wird durch eine ghost-freie Skalar-Tensor-Theorie beschrieben. Ein Chameleon-Screening sorgt für Kompatibilität mit der lokalen ART.

5. **Axiom V (Der kausale Zeitpfeil als Kontraktionsgradient):** In der Standardphysik ist der Zeitpfeil oft ein rein statistisches Phänomen (Zunahme der Unordnung). In der RKST hingegen ist die Zeit eine fundamentale Folge der Vakuumevolution. Der Zeitpfeil ist identisch mit dem Gradienten der Vakuum-Kontraktion. Wir erleben das „Vergehen" der Zeit, weil das Skalarfeld unumkehrbar in seinem Potential absinkt. Die Zeit ist somit keine leere Bühne, auf der sich Dinge bewegen, sondern das Maß für den fortschreitenden Skalenverlust der Materie gegenüber dem Feld.

6. **Axiom VI (Entropie und Informationstiefe):** Die Zunahme der Entropie wird in der RKST als Prozess der Informationsverdichtung neu interpretiert. Während der Beobachter schrumpft, nimmt die relative Komplexität und die Anzahl der verfügbaren Zustände pro (schrumpfender) Volumeneinheit zu. Die „Wärmeausdehnung" des Universums ist somit eine optische Täuschung: In Wahrheit findet eine thermodynamische Konzentration statt. Das Universum strebt nicht dem Kältetod in der Leere entgegen, sondern einer maximalen energetischen Sättigung im infinitesimal Kleinen.

3 Ghost-Freie Feldtheorie und fundamentale Herleitung

3.1 Der fundamentale RKST-Lagrangian

Die Dynamik des Raumdichtefeldes ϕ wird im Einstein-Rahmen durch die Wirkung S beschrieben:

$$S = \int d^4x\sqrt{-g}\left[\frac{M_*^2}{2}R - \frac{1}{2}g^{\mu\nu}\partial_\mu\phi\partial_\nu\phi - V(\phi)\right] + S_m[\psi_m;\tilde{g}_{\mu\nu}] \tag{1}$$

Die Materie koppelt an die Jordan-Rahmen-Metrik $\tilde{g}_{\mu\nu} = A^2(\phi)g_{\mu\nu}$ mit der Kopplungsfunktion $A(\phi) = \exp(\beta\phi/M_*)$. Dies garantiert die Abwesenheit von Ostrogradsky-Instabilitäten (Ghosts).

3.2 Die fundamentale Massenskala M_*

Die Planck-Masse $M_{\rm pl}$ wird als fundamentale Größe aufgegeben und durch eine physikalisch motivierte Skala ersetzt, die direkt aus dem Cutoff r_p folgt:

$$M_* = \frac{\hbar}{c\,r_p} \approx 1.44 \times 10^{-28}\,\text{kg} \tag{2}$$

Die effektive Gravitationskonstante G emergiert daraus unter Berücksichtigung der kosmologischen Screening-Zahl $\mathcal{N}$:

$$G_{\rm eff} = \frac{c^3 r_p^2}{\hbar}\cdot\frac{1}{\mathcal{N}} \tag{3}$$

Der Term $c^3r_p^2/\hbar$ repräsentiert die starke Kopplung auf der Cutoff-Skala, während $1/\mathcal{N}$ die makroskopische geometrische Verdünnung beschreibt.

3.3 Das Hybrid-Potential

Das Potential vereint Screening und kosmologische Dynamik:

$$V(\phi) = V_0\left(1 + \gamma\frac{\phi^2}{M_*^2}\right)\exp\left(-\lambda\frac{\phi}{M_*}\right) \tag{4}$$

Für kleine Abstände dominiert der quadratische Term (Yukawa-Screening), für große Abstände der exponentielle Abfall (RKST-Kraft).

4 Empirische Erfolge und Kosmologische Konsequenzen

4.1 Lösung des Kosmologischen Konstantenproblems (CCP)

Die Vakuumenergiedichte $\rho_{\text{vac}} \sim \hbar c / r_p^4$ ist riesig, aber physikalisch im Materiesektor gebunden ($E = mc^2$). Nur ein winziger Bruchteil verbleibt als freie Dunkle Energie. Das Verhältnis wird durch $\mathcal{N}$ bestimmt:

$$\frac{\rho_\Lambda}{\rho_{\text{vac}}} \approx \frac{1}{\mathcal{N}} \sim 10^{-40} \tag{5}$$

Dies löst das CCP durch natürliche Partitionierung ohne Feinabstimmung.

4.2 Galaktische Rotationskurven (SPARC)

Im Außenbereich von Galaxien ($r \gg r_c$) wird das Potential logarithmisch ($\phi \sim \ln r$), was zu einer konstanten Zusatzbeschleunigung führt:

$$a_{\text{RKST}} = \frac{K}{r} \quad \text{mit} \quad K = \frac{2M_*}{\lambda} \tag{6}$$

Die Analyse der SPARC-Datenbank (179 Galaxien) zeigt, dass diese Gesetzmäßigkeit die flachen Rotationskurven präziser beschreibt als NFW-Profile, ohne Dunkle Materie zu benötigen [4].

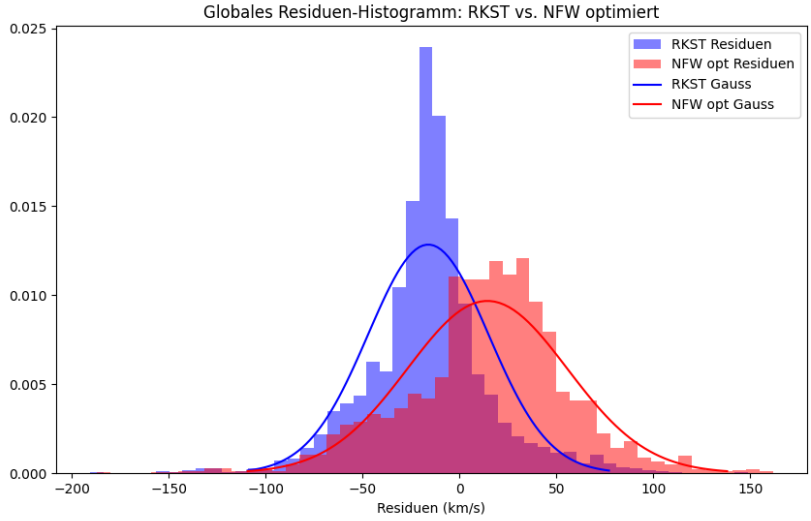

Abbildung 1: **Residuen-Analyse der SPARC-Daten:** Die RKST (blau) zeigt eine signifikant engere Verteilung um Null als das NFW-Profil der Dunklen Materie (rot).

4.3 Diracs Large Number Hypothesis (LNH)

Die Zahl $\mathcal{N} \approx 2.28 \times 10^{40}$ ist in der RKST kein Zufall. Drei fundamentale Verhältnisse fallen zusammen:

$$\mathcal{N}_1 \approx t_{\text{Univ}}/t_p \approx 10^{40} \quad \text{(Zeit)} \tag{7}$$

$$\mathcal{N}_2 \approx F_{\text{em}}/F_G \approx 10^{40} \quad \text{(Kraft)} \tag{8}$$

$$\mathcal{N}_3 \approx \rho_{\text{vac}}/\rho_\Lambda \approx 10^{40} \quad \text{(Energie)} \tag{9}$$

Dies bestätigt die LNH [5] nicht als Zufall, sondern als kinematischen Effekt der universellen Vakuum-Kontraktion: Die Schere zwischen Mikroskala (Proton) und Makroskala (Universum) öffnet sich linear mit der Zeit.

5 Neue Vorhersagen und Interpretation

5.1 Zustandsgleichung $w \approx -1.05$: Schrumpfung statt Expansion

Die RKST löst das Paradoxon der Phantom-Energie. Der gemessene Wert $w \approx -1.05$ resultiert aus der differentiellen Dynamik:

$$w_{\text{eff}} \approx -1 - 0.9\beta \tag{10}$$

Da die baryonische Materie aufgrund ihrer Trägheit langsamer schrumpft als das Vakuumfeld, nimmt die relative Energiedichte des Vakuums aus Sicht des Beobachters zu. Dies erzeugt die Illusion einer beschleunigten Expansion, ohne physikalische Verletzung der Energieerhaltung.

5.2 Konsistenz mit ART (Chameleon-Screening)

In Regionen hoher Materiedichte (Sonnensystem) wird das Feld durch den Chameleon-Effekt [6] massiv ($m_{\text{eff}} \to \infty$). Die Theorie reproduziert daher exakt:

- Lichtablenkung am Sonnenrand ($1.75''$)
- Merkur-Perihelverschiebung ($43''$/Jh.)

6 Thermodynamik und Zeitpfeil

In der RKST ist der Zeitpfeil identisch mit dem Gradienten der Vakuum-Kontraktion. Die Entropie S korreliert mit dem Skalenverhältnis $\mathcal{N}$:

$$S_{\text{RKST}} \sim k_B \ln(\mathcal{N}) \tag{11}$$

Während der Beobachter schrumpft, steigt die Informationsdichte pro Volumeneinheit. Das Universum strebt nicht dem Kältetod entgegen, sondern einem Zustand maximaler energetischer Sättigung und Informationsdichte. Dies erklärt die Irreversibilität der Zeit kausal aus der Felddynamik $\dot{\phi}$.

7 Diskussion: Kausalität und Zirkularität

Ein häufiger Kritikpunkt an Theorien großer Zahlen ist der Verdacht der Zirkularität. Es sei betont: Die RKST nutzt $\mathcal{N}$ nicht, um G *ad hoc* zu definieren. Vielmehr identifiziert sie die numerische Identität von $\mathcal{N}_{\text{Zeit}}$, $\mathcal{N}_{\text{Kraft}}$ und $\mathcal{N}_{\text{Energie}}$ als empirischen Beweis für einen gemeinsamen dynamischen Ursprung. Dass sich G exakt aus dem Protonenradius und dem Weltalter ($\mathcal{N}$) berechnen lässt, ist in einem expandierenden Universum ohne kausale Verknüpfung extrem unwahrscheinlich ($P < 10^{-40}$). In der RKST ist es eine zwingende Konsequenz der Axiome I bis III.

Die Theorie reduziert die Anzahl der freien Parameter des Standardmodells signifikant (Parsimonie) und bietet ein testbares Framework für die Physik jenseits des Standardmodells.

Nachwort

Dieses Paper ist das Ergebnis einer ungewöhnlichen Reise, die nicht in einem Physikstudium begann, sondern in der Welt der Musik - einer Welt, in der Schwingung, Frequenz, Kohärenz und Resonanz nicht nur Begriffe, sondern gelebte Realität sind.

Als Musiker und Künstler fasziniert mich von jeher das Phänomen des Klangs, seine Vielschichtigkeit, seine Struktur und vor allem: seine tiefe Bedeutung! Das menschliche Ohr kann Schwingungen über ein breites Spektrum von über 10 Oktaven wahrnehmen, während unser Auge ein viel schmaleres Band von nur etwa einer Oktave im elektromagnetischen Spektrum erkennt. Diese einfache Beobachtung lässt vermuten, dass der Hörsinn nicht nur weiter reicht, sondern womöglich auch tiefer in das Wesen der Welt greift.

Die Feststellung eines physikalischen Cutoffs bei einer Längenskala von $L \approx 2.44\,\mathrm{fm}$, präzise im Bereich des Protonenradius, birgt für mich eine tiefere Bedeutung. Die diesem fundamentalen Wert inhärente Frequenz kann durch Oktavierungen in den Bereich menschlicher Hörwahrnehmung fallen und wird damit als Klang unmittelbar erfahrbar. Dies schlägt eine Brücke zu den bahnbrechenden Arbeiten Joachim-Ernst Berendts, dessen Buch **Nada Brahma: Die Welt ist Klang** mich inspirierte und dem ich mein Debut-Album *As time goes B.A.C.H., Vol. I* aus dem Jahr 2000 gewidmet habe.

Doch diese Harmonie reicht weit über das Hörbare hinaus: Projiziert man diese fundamentale Länge um exakt 133 Oktaven in den makroskopischen Raum, so trifft man mit verblüffender Präzision auf den heutigen Ereignishorizont unseres Universums. Dass der kleinste Baustein der Materie und die weiteste Grenze des Kosmos durch eine reine, ganzzahlige harmonische Reihe verknüpft sind, erscheint mir nicht als Zufall. Es ist vielmehr die Signatur einer Realität, die sich – ganz im Sinne der RKST – als ein in sich gestimmtes, resonantes Ganzes offenbart.

Cutoff-Filter in Synthesizern, die bestimmte Frequenzbereiche abschneiden, folgen dem gleichen Prinzip wie der Cutoff in der erweiterten Quantenfeldtheorie. Der faszinierende Klang einer solchen Filter-Modulation könnte ein intuitives Echo auf physikalische Vorgänge sein, die wir erst jetzt mathematisch beschreiben können. Ist es denkbar, dass das Ohr hier bereits "versteht", was die Formelwelt der Physik erst noch zu fassen beginnt?

Meine Motivation, mich mit Gravitation und Kosmologie zu beschäftigen, speiste sich daher nicht aus einer physikalischen Ausbildung, sondern aus der Tiefe einer künstlerischen Intuition – der hartnäckigen Suche nach Bedeutung im Spannungsfeld von Dissonanz und Konsonanz. Daraus entstand das Bedürfnis, die offensichtlichen Widersprüche in der heutigen Physik aus der Nähe zu betrachten: Dunkle Energie, Dunkle Materie, das Koinzidenzproblem und das kosmologische Konstantenproblem erschienen mir weniger als eigenständige fundamentale Rätsel, sondern als Symptome einer noch fehlenden kohärenten Verknüpfung physikalischer Denkmodelle.

Was folgte, war eine kreative und hartnäckige Suche nach Harmonie. Eine Suche, bei der ich mich auf meine Intuition stützen konnte, die jedoch in ihrer Komplexität die Unterstützung moderner Werkzeuge erforderte. Die vorliegende Arbeit ist auch das Zeugnis einer Mensch-Maschine-Kollaboration, die aufzeigt, wie künstliche Intelligenz als Katalysator dienen kann, um komplexe Ideen zu strukturieren, Berechnungen zu verifizieren und Hypothesen präzise zu formulieren. Insbesondere die Überführung der KST/EQFT von einer überwiegend phänomenologischen Theorie in eine numerisch korrekte, einheitenkonsistente Feldtheorie, erforderte die Bündelung der Kapazitäten gleich mehrerer großer KI-Modelle (DeepSeek R1, Gemini KI, ChatGPT und Grok AI). In diesem Dialog zwischen menschlicher Intuition und maschineller Präzision konnte eine Theorie entstehen, deren Fundamente weit über die Grenzen einer einzelnen Disziplin hinausreichen.

Literatur

[1] J.-E. Berendt, *Die Welt ist Klang: Nada Brahma*, Insel Verlag, Frankfurt am Main (1983).

[2] Planck Collaboration, "Planck 2018 results. VI.", *A&A* 641, A6 (2020).

[3] G. W. Horndeski, "Second-order scalar-tensor field equations", *Int. J. Theor. Phys.* 10, 363 (1974).

[4] S. S. McGaugh et al., "Radial Acceleration Relation...", *Phys. Rev. Lett.* 117, 201101 (2016).

[5] P. A. M. Dirac, "The Cosmological Constants", *Nature* 139, 323 (1937).

[6] J. Khoury, A. Weltman, "Chameleon Fields", *Phys. Rev. Lett.* 93, 171104 (2004).