

Emergente Graphentheorie

Ein Rahmenwerk für emergente Raumzeit unter strenger
Energieerhaltung

*„Struktur ist eine Konfiguration, die unter der energieerhaltenden Dynamik ihres
Substrats invariant geworden ist.“*

Marcel Langjahr · Pantareon GmbH
langjahr@pantareon.io · pantareon.io
Stand: Emergent Universe v0.3 · Juli 2026



Vier offene Fragen des Standardmodells

01

Feinabstimmung

Die Naturkonstanten sind hochspezifisch. Die Standardmodelle bieten keinen Mechanismus ihrer Auswahl außer dem anthropischen Prinzip.

02

Schwarzloch-Informationsparadox

Die informationstheoretischen Eigenschaften Schwarzer Löcher lassen sich mit der geometrischen Raumzeit nicht widerspruchsfrei versöhnen.

03

Dunkler Sektor

Dunkle Materie und dunkle Energie werden als getrennte phänomenologische Flicker beschrieben, ohne gemeinsame Ursache.

04

Passives Vakuum

Vier Kräfte werden anerkannt, doch der Raum bleibt eine passive Bühne. Vakuumenergie, kosmologische Konstante und QED-Polarisation bleiben unvereint.

Die EGT-These: ein einziger Mechanismus, die Aktivität des Substrats, erzeugt diese Phänomene gemeinsam.

Realität ist ein energieerhaltender Graph.

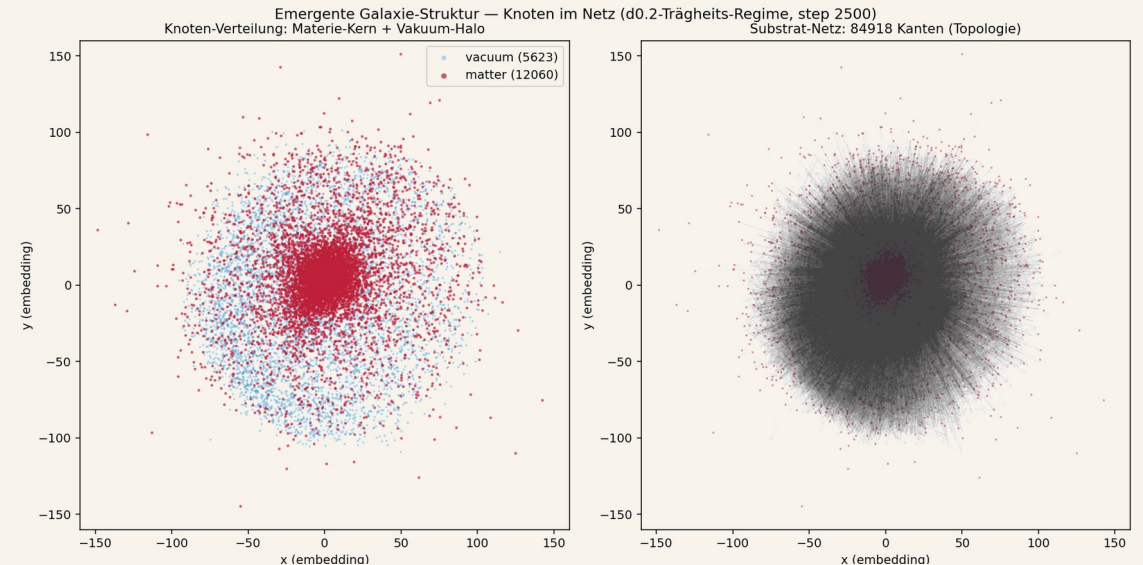
Das Universum als hochdimensionaler Graph von Relationen, durch den Energie fließt. Physik ist keine Bühne, auf der Dynamik geschieht — sie ist die laufende Ausführung dieser Dynamik.

Metrik = Kantenspannung (Energie)

Evolution = Interaktionsprozesse (Chronos)

Struktur = emergent (Quanta)

Stabile Struktur ist die Antwort auf die Frage: welche Konfiguration dieses Graphen ist unter weiterer Evolution invariant?



Emergente Großstruktur: Materie-Kern und Vakuum-Halo bilden sich aus reiner Graph-Dynamik. Kein platziertes Gitter.

Die ECQ-Triade.

E

WÄCHST

Substrat-Sediment

Energie akkumuliert im Archiv am Südpol durch die Aktivität der fünften Kraft.

C

AKKUMULIERT

Chronos

Ereignisse stapeln sich, solange Interaktion stattfindet.

Q

SCHRUMPFT

Materie-Energie

Der Materiesektor verliert Energie an das Substrat und verarmt zunehmend.

KOHÄRENZZUSTAND

$$\mathcal{K} = E \cdot C / Q$$

steigt monoton, während der Zyklus altert (netto $\times 10^3$ bis $\times 10^4$ pro Generation)

Der wachsende Druck E/Q zwingt Strukturen zur Selbstopтимierung: der vorgeschlagene thermodynamische Mechanismus emergenter Komplexität.

Vier Postulate.

POSTULAT I

Der Spektralvektor

Energie ist fundamental spektral: keine skalare Größe, sondern eine Verteilung über Frequenzen, die die kausale Historie jeder Interaktion trägt.

POSTULAT II

Resonante Leitfähigkeit

Information routet sich selbst. Energie propagiert bevorzugt entlang spektral resonanter Pfade; der Graph wirkt als spektraler Filter.

POSTULAT III

Zeit als Ereignisse

Zeit ist kein externer Parameter, sondern die kumulative Zahl der Interaktionen. Ein System in Ruhe akkumuliert keine Zeit.

POSTULAT IV

Die fünfte Kraft

Die Aktivität des Substrats selbst. Sie vereint Vakuumenergie, dunkle Energie, kosmologische Konstante und Vakuumpolarisation als eine Wechselwirkung.

Zusammen ergeben sie die ECQ-Triade, den thermodynamischen Motor der Selbstorganisation.

Emergent Universe, die Physik-Engine.

Eine skaleninvariante Rust-Engine: die Gesetze gelten identisch, unabhängig von der Graphgröße. Konfigurationen werden nicht per Gradientenabstieg gesucht, sie emergieren aus physikalischer Dynamik.

ERHALTUNG

Energie wird nur bewegt, nie erzeugt. Über komplette Mehrgenerationenläufe inklusive Kollaps und Re-Seed bleibt die globale Drift auf der 10^{-10} -Skala; die ereignisreichste der vierzehn Zellen liegt bei $1,3 \times 10^{-9}$.

EIN KALIBRIERTER MASSSTAB

Eine Binärsuche auf der String-Spannung σ des Y-Junction-Hadrons, bis die minimierte Hadronenergie die Protonmasse trifft: 938,27 MeV. Genuin sensitiv ($E \sim \sqrt{\sigma}$) und bracket-unabhängig.

ZWEI DEKLARIERTE ANKER

$\alpha^{-1} = 137,036$ ist ein CODATA-Eingang, keine emergente Messung; eine frühere zirkuläre Herleitung wurde entfernt. Die Neutron-Proton-Aufspaltung (+1,293 MeV) ist ebenfalls deklariert, weil das Stringmodell allein das falsche Vorzeichen liefert.

DETERMINISMUS

Bitweise reproduzierbar, alle Draw-Sites über einen geseedeten Stream. Damit wird die Kampagne der nächsten Folie erst möglich: eingefrorene Deklaration, deterministische Replays, Audits je Operator.

Vierzehn Zellen, eingefrorene Deklaration.

Zehn Ensemble-Zellen, drei Volldetail-Zellen zu 2×10^5 Schritten, eine Dreifach-Skalen-Zelle. Jeder Zensus massen-basiert, jedes Kriterium vor dem Lauf eingefroren.

10^{-10}

Globale Energiedrift über komplette Mehrgenerationenläufe, inklusive Kollaps und Re-Seed. Die ereignisreichste Zelle liegt bei $1,3 \times 10^{-9}$, und ihre Akkumulation folgt der Aktivität.

Die Erhaltungsaussage dieses Decks ruht auf vierzehn Zellen.

exakt null

So schließt der Ladungszensus in allen vierzehn Zellen — durch alle 121 Sternkollapse hindurch, also genau in dem Regime, dessen latentes Leck das Audit gefunden hatte.

4×10^{-13}

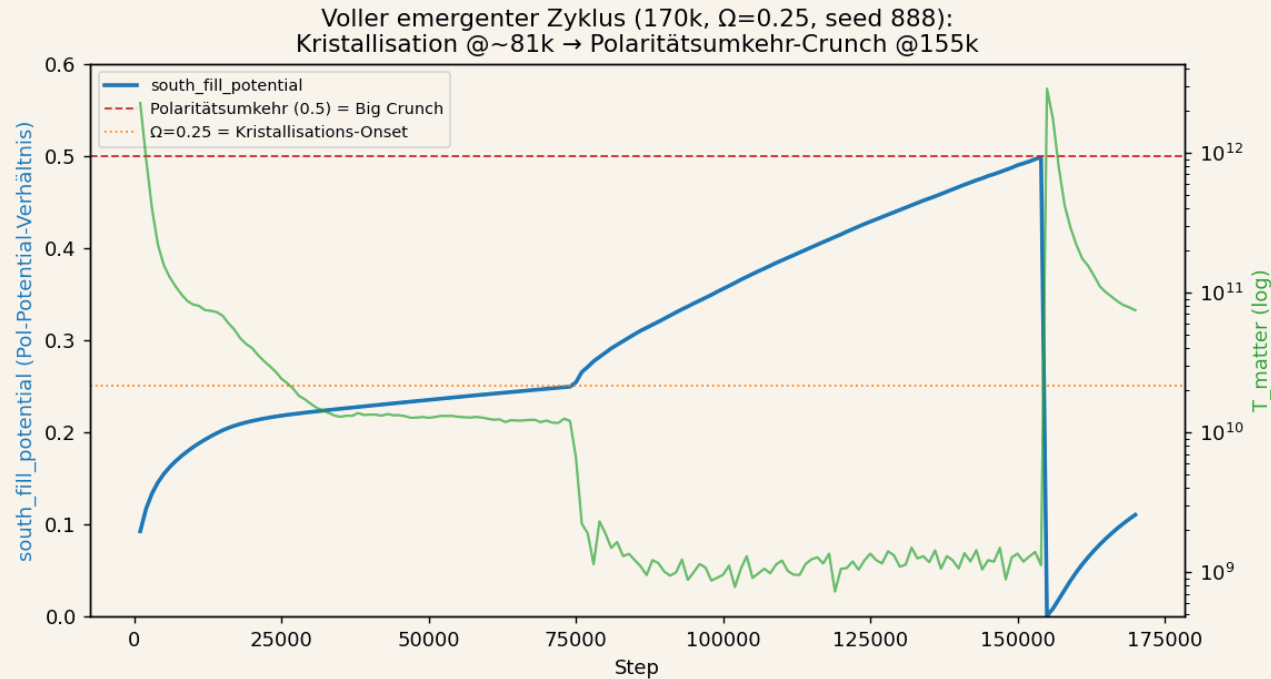
So eng schließt die Vier-Sektoren-Partition der ECQ-Bilanz.

10,7 Mio.

Fusionsereignisse, transaktionsexakt gebucht.

Vierzehn von vierzehn Zellen durchlaufen den vollständigen Zyklus, und alle vierzehn Folgegenerationen laufen strukturell gesund.

Der Kipppunkt hat keinen Knopf.



Showcase-Lauf: 170 000 Schritte, $\Omega = 0,25$, Seed 888. Kristallisation bei ~81k, Polaritätsumkehr-Crunch bei 155k. Die Zykluslänge ist emergent.

DIE ÄRENFOLGE, INSTRUMENTIERT

Eine Detail-Zelle liest: Rekombination bei Schritt 12 000, erste Kerne mit $Z \geq 2$ bei 44 800, $Z \geq 3$ bei 46 300, deutron-sicheres Kaltfenster ab 52 000, Crunch bei 97 200.

DER CRUNCH IST DIE UMKEHR

Ω ist der Kristallisations-Onset. Der Crunch selbst ist die Polaritätsumkehr bei einem Süd-Füllstand von 0,5 — wörtlich EGT § 8.2, kein Parameter.

DIE GENERATIONEN DANACH

Alle vierzehn laufen strukturell gesund. Zwei Seeds schließen zweite volle Zyklen im Fenster, einer eine gesunde dritte Generation.

Der Bimodalitäts-Befund nach dem Re-Seed war eine Race-Bedingung: sechs von sechs betroffenen Seeds geheilt, drei von drei gesunden unverändert, bit-exakt in den Kanon geflippt.

Die Leiter verblasst nicht, sie wird geerntet.

63 SPEZIES BIS $A = 49$

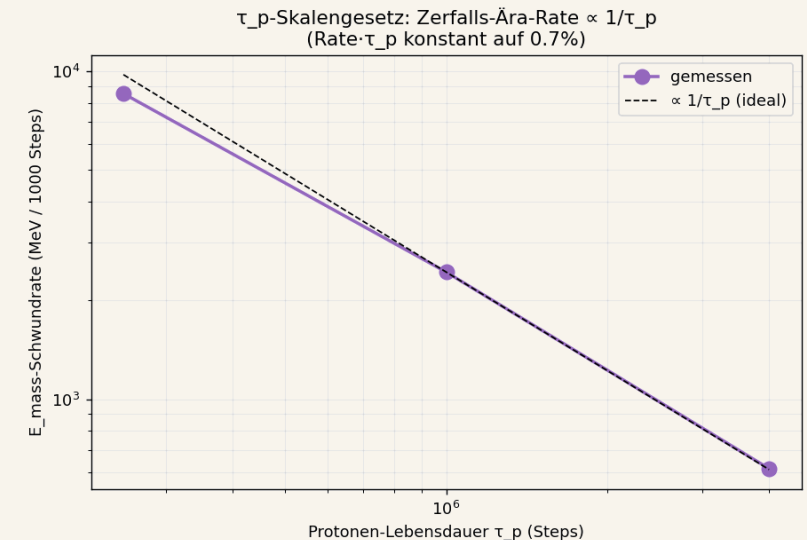
Im Kaltfenster steht die massen-basierte Leiter bei 255 Deuteronen, 141 ^3He , 153 ^4He und 147 Kernen mit $A \geq 5$; die Dreifach-Skalen-Zelle trägt 63 verschiedene Spezies bis $A = 49$, $Z = 13$.

121 KOLLAPSE – 120 + 1

Oberhalb endet die Leiter physikalisch: 121 Kollapsereignisse lösen über eine Drei-Druck-Kaskade — Elektronen-Entartung, Neutronen-Entartung oder keine — in 120 Neutronensterne und einen Weißen Zwerg auf. Vorläufer: $A \approx 40$ bis 64.

KEIN $Z \geq 26$

In keiner der vierzehn Zellen. Die Eisenkante ist die nächste kartierte Distanz auf der Skalenachse, kein Versagen der Fusion.



Die Ärenfolge reproduziert Adams–Laughlin ohne Designziel. Rate $\cdot \tau_p$ ist konstant auf 0,7 %: gemessen ist die Rolle von τ_p als Uhr der Zerfalls-Ära; sein Zahlenwert bleibt deklariert.

Ein Λ -Slot ohne Λ .

Das Vakuum-Substrat trägt Energie im selben Ledger wie Materie und gravitiert in der Friedmann-Quelldichte. Einen radiativen Exportkanal hat es nicht: es hält Energie und krümmt, und es leuchtet nicht.

DUNKLE MATERIE, GEMESSEN

Anteil an der Gesamtdichte, direkt aus der Ledger-Partition gelesen: 39 bis 59 % beim Boot, 45 bis 100 % vor dem Kollaps. Ohne eingesetzte dunkle Komponente.

DUNKLE ENERGIE, STRUKTURELL

$\rho = (E_{\text{Materie}} + E_{\text{Vakuum}}) / n_{\text{Raum}}$. Der Materieterm verdünnt mit dem Volumen, der Vakuumterm nicht — mehr Raum bringt seine eigene Energie mit. Im Code existiert kein Λ .

EINE PARAMETERFREIE VORHERSAGE

Spät im Zyklus wird H vakuumdominiert und liegt auf der Vorhersage $H_0 \cdot \sqrt{(\bar{e}_{\text{vak}}/\rho_0)}$, im Verhältnis 1,10 bis 1,20. Eine de-Sitter-Phase gibt es nicht: der Crunch schließt den Zyklus vorher.

SCHWARZE LÖCHER

120 Horizont-Beobachtungen an 27 Knoten. Randwachstum korreliert schwach positiv mit geschluckter Masse ($\rho = 0,22$). Das Flächengesetz für Information ist ein charakterisiertes Negativ.

Vorregistriert getestet: bestanden und widerlegt.

Kriterien, Seeds und Verdikte werden vor jedem Lauf eingefroren und stehen danach unverändert, ob sie für oder gegen die Theorie ausfallen.

BESTANDEN

- Skalen-Kriterium: vorab eingefroren, Kendall- $\tau_b = -0,867$ in allen drei Seeds, einseitiges $P = 0,0083$ je Seed.
- Helium-Vorhersage: vor der Messung deklariert. Die Ladungserhaltung als Kanon verdoppelt die Ausbeute im langsamen Regime, $0,013 \rightarrow 0,028$, ohne Tuning.
- Export-Effizienz-Wette: $+0,058 \pm 0,003$ im vorregistrierten Band.
- E_{bind} -Falsifikationstest: mit beiden SED-Gates aus geht E/N auf 1,00 statt 141,5.

FALSIFIZIERT UND ERSETZT

- Virialer Crunch-Trigger: proxy-freier Test widerlegt. Der Auslöser ist der Süd-Füllstand, nicht die Druckbilanz.
- Sakharov-Verdünnung: über zwei Skalen noch verträglich, über die vorab registrierte dritte ausgeschlossen.
- „ α -Abweichung $\sim 0\%$ “: zurückgezogen, als sie als per Konstruktion wahr erkannt wurde.
- Zwei Buchhaltungsdefekte: ein Betazerfall-Zähler und ein Fusions-Gate, das eine Elementarladung leckte. Beide per Operator-Audit gefunden, Kampagne danach komplett neu gefahren.

EGT löst den Konflikt zwischen Quantenmechanik und Relativität durch Emergenz statt durch Quantisierung — in der Tradition von Sakharov, Jacobson, Verlinde und den Causal Sets.

Was nicht emergiert.

Zwei deklarierte Anker

α^{-1} ist ein CODATA-Eingang, die Neutron-Proton-Aufspaltung ebenfalls. Keiner der beiden ist eine emergente Messung.

26 oder 70 bis 80

Eng gezählt — kanon-aktiv, kontinuierlich, nicht empirisch verankert — rund 26 freie Konstanten. So gezählt, wie ein feindseliger Gutachter zählt, mit dreizehn Kadenzen und rund vierzig hartkodierten Koeffizienten: 70 bis 80.

Primordiale Nukleosynthese

In beiden zugänglichen Regimen daneben, in entgegengesetzte Richtungen: schnell 0,10 Helium bei 0,3 Metallen, langsam 0,013 bei 0,03. Beobachtet sind 0,245 und nahe null.

Isotropie

Heiß 0,01 bis 0,03, kalt 0,25 bis 0,31 bei fallender Streuung der Signalgeschwindigkeit. Ein Äquilibrationstrend, weit entfernt von einer emergenten Lorentz-Symmetrie.

Zu kompakte Großstruktur

Die Zweipunkt-Korrelation folgt einem Potenzgesetz mit $R^2 = 0,98$, aber mit Index 4 bis 5 statt der beobachteten 1,8.

Die Stärke der Gravitation

Vorhanden und gemessen, aber vier bis fünf Dekaden zu stark. Das erklärte zentrale offene Problem der Theorie, ausgeführt auf der nächsten Folie.

Der externe Diskriminator steht aus — die zentrale offene Verpflichtung. Das gilt fürs ganze Feld: kein etablierter Ansatz hat einen bestätigten, eindeutigen externen Test bestanden.

Die Gravitation ist da. Sie ist zu stark.

An keiner Stelle ist sie ein Kraftpfeil zwischen Teilchen. Masse krümmt die Metrik operativ: wo zwei massive Knoten einen Nachbarn teilen, wird eine neue Kante aus der Spannung der Elternkanten finanziert. Anziehung ist die Verdichtung des Raums um Masse.

ABGELESEN, NICHT PLATZIERT

Die mittlere Kantendichte auf Massenkonzentrationen liegt beim Achtfachen der Vakuum-Grundlinie und fällt binnen zwei bis drei Hops auf den Hintergrund. Ein Gravitationspotential, direkt vom Substrat abgelesen.

DIE MASSENKOPPLUNG HÄLT

Passiv gemessen an natürlichen Paaren im Kaltfenster; Kerne gegen Elektronen bei gleicher Ladung. Schwere Paare nähern sich schneller als ihre abgeglichenen leichten Zwillinge: 8 von 9 Zellen, 167 von 217 Paaren.

UND SIE IST ZU STARK

Jede Skala der Engine ist hadronisch, 156 MeV bis 1 GeV. Am Invariant $H \cdot \tau_n$ liegt die Kopplung vier bis fünf Dekaden über dem physikalischen Wert. Die Engine hat keine Planck-Hierarchie.

Der einzige mit den Postulaten verträgliche Weg ist eine emergente Skala weit über der Protonmasse, dynamisch erzeugt durch skaleninvarianten Lauf über viele Dekaden. Genau deshalb ist die Skalenmessung der nächsten Folie mehr als eine Robustheitsprüfung.

Eine Grammatik, von Hadron bis Kosmos.

Die Postulate nehmen auf keine Skala Bezug. Dieselbe energietragende Kantengrammatik trägt den gebundenen Hadron und die kosmologische Struktur, in einer Engine, unter einem Maßstab.

HADRONISCHE SKALA

Kanten als QCD-Flussschläuche

Die EGT-Kante, eine energietragende Spannungsrelation, folgt derselben effektiven Grammatik wie der QCD-Flussschlauch: eine exakt lineare Regge-Trajektorie, gitterkonsistente Y-Junction-Topologie, Konstituenten-Trägheit allein aus Lokalisierung.

KOSMOLOGISCHE SKALA

Die Uhr läuft mit der Skala

Über eine volle Energiedekade gemessen, gegen ein vorab eingefrorenes Kriterium: Kendall- $\tau_b = -0,867$ in allen drei Seeds, einseitiges $P = 0,0083$ je Seed. Die mittlere Crunch-Zeit fällt um 24 % je Energiedekade.

Die erste Größe der Engine, die ein vorab deklariertes Skalen-Kriterium besteht.

Ein Ergebnis, das derselbe Formalismus auf verschiedenen Skalen reproduziert, ist stärkere Evidenz als dasselbe aus getrennten Methoden. Vereinigung wird operationalisiert statt behauptet.

EGT im Feld der Quantengravitation.

Ohne Bekanntheit, Tradition und Budget: vier Kandidaten, strukturell verglichen.

	EGT	STRINGTHEORIE	LQG	CDT
Methode	simulativ (Emergent Universe)	analytisch	analytisch	simulativ
Fundament	Info- und Thermo-Postulate	Symmetrieprinzipien	Diffeo-Invarianz	Kausalordnung
Kontinuums-Limes → ART	offen	perturbativ ✓	offen	teils ✓ (4D)
Quantenformalismus	noch keiner	✓	✓	✓ (Pfadintegral)
Bestätigte externe Vorhersage	keine	keine	keine	keine
Reife · Aufmerksamkeit	jung · solo	sehr hoch	hoch	etabliert

Kein Ansatz hat eine bestätigte externe Vorhersage; die Causal Sets kommen mit einer groben Λ -Größenordnung am weitesten. Der Unterschied liegt in Reife, Tradition und Budget. EGTs Profil gleicht dem von CDT — simulativ, diskret — plus eingefrorener Falsifikations-Disziplin und einem einzigen Kalibrierungsanker.

AEON COSMOS: die Engine als Cloud-Plattform.

Die Engine läuft auf Google Cloud. Prüfer bedienen sie direkt im Browser, ohne Rust-Kompilat und ohne eigenes HPC.

graphdynamics.org

Spielbares Universum

Ein Lauf im Browser, live steuerbar. Emergente Struktur, Zyklen und Metriken werden dabei laufend dargestellt.

Führung durch den Paper-Run

Der Referenzlauf aus dem Paper, 40 000 Schritte, Kapitel für Kapitel visualisiert und kommentiert.

Das Paper zum Download

EGT_Results v0.3 liegt dort neben den Läufen, auf die es sich bezieht.

Run-Verwaltung

Frontend, Konfiguration und Speicherung. Jeder Lauf ist wiederholbar und teilbar.

Diagnostik

Ledger-, Erhaltungs- und Regime-Diagnostik eingebaut. Die Energieerhaltung wird vor jedem Lauf geprüft.

Skalierbar bis Cluster

Architektonisch bis auf Rechencluster ausgelegt, bisher aus Kostengründen nicht dort gefahren.

So sind die Ergebnisse dieses Papers reproduzierbar, und die Skalierung ist die Infrastruktur für die offenen Skalen-Fragen.

Wobei wir Unterstützung suchen.

01

Förderung

Mittel, um die Forschung fortzusetzen: Seed-Ensembles, event-getriebenes Scheduling, die Single-Action-Herleitung der Kopplungen, eine Skalen-Achse über eine Dekade hinaus und der Weg zu einem externen Diskriminator.

02

Wissenschaftliche Begleitung

Eine Fürsprecherin oder ein Fürsprecher mit Reputation für Sichtbarkeit und Peer-Einbettung: jemand, der das Programm kritisch begleitet und seine Ergebnisse in die Fachgemeinschaft trägt.

WAS BEREITS VORHANDEN IST

Lauffähige Engine (Emergent Universe, Rust)

Eingefrorener Falsifikations-Record

Reproduzierbare, dokumentierte Ergebnisse

Code unter NDA für qualifizierte Prüfer

Raumzeit und Quant, aus einem Substrat.

Die Gravitation ist in diesem Substrat vorhanden und gemessen, auf drei Ebenen und ohne einen einzigen Kraftpfeil. Was fehlt, ist ihre Größenordnung und ein Quantenformalismus. Ein laufendes Instrument in der Tradition von Sakharov, Jacobson, Verlinde und den Causal Sets — weit genug entwickelt, um geprüft zu werden.

Marcel Langjahr

langjahr@pantareon.io · pantareon.io

Code unter NDA für qualifizierte Prüfer verfügbar.

