

Die Hubble-Spannung als Skalenphänomen

Eine Erklärung im Rahmen der WDBT+

Michael Czybor

9. Juni 2026

Abstract

Die Weber-de-Broglie-Bohm-Theorie mit fraktalem Raum (WDBT+) postuliert eine fundamentale fraktale Raumdimension $D = \ln(20\phi)/\ln(2+\phi) \approx 2,704$. In dieser Theorie entsteht die kosmologische Rotverschiebung nicht durch Expansion, sondern durch kumulative gravitative Wechselwirkungen in einem stationären Universum. In dieser Arbeit wird gezeigt, dass die beobachtete Hubble-Spannung – die Diskrepanz zwischen frühen (CMB) und späten (lokalen) Messungen von H_0 in der ART – eine direkte Konsequenz der fraktalen Skalierung ist. Die effektive Hubble-Konstante wird skalenabhängig: $H_{\text{eff}}(d) \propto d^{0,704}$. Unterschiedliche Methoden messen unterschiedliche charakteristische Skalen und müssen daher systematisch unterschiedliche Werte liefern. Die Hubble-Spannung ist in der WDBT+ kein Rätsel, sondern eine erfolgreiche Vorhersage.

1 Einleitung

Die moderne Kosmologie steht vor dem Problem der Hubble-Spannung: Die aus dem kosmischen Mikrowellenhintergrund (CMB) abgeleitete Hubble-Konstante $H_0 = 67,4 \pm 0,5 \text{ km/s/Mpc}$ (Planck-Kollaboration) ist signifikant kleiner als der aus lokalen Entfernungsideikatoren (Cepheiden, Supernovae) gewonnene Wert $H_0 = 73,0 \pm 1,0 \text{ km/s/Mpc}$ (SH0ES-Kollaboration). Im Standard- Λ CDM-Modell ist dies ein ungelöstes Rätsel.

Die Weber-de-Broglie-Bohm-Theorie mit fraktalem Raum (WDBT+) bietet eine alternative Sichtweise: Raum ist kein glattes Kontinuum, sondern eine fraktale Struktur mit der Dimension $D \approx 2,704$. Das Universum ist stationär und expandiert nicht; die Rotverschiebung entsteht durch kumulative gravitative Effekte entlang der Sichtlinie. Die kosmische Hintergrundstrahlung wird in der WDBT+ nicht als Relikt eines Urknalls interpretiert,

sondern als thermisches Gleichgewichtsphänomen im stationären Universum mit einer charakteristischen Korrelationslänge.

In dieser Arbeit wird gezeigt, dass aus den Grundgleichungen der WDBT+ eine skalenabhängige effektive Hubble-Konstante folgt, die die beobachtete Spannung quantitativ erklärt – sobald man die Skalen der Messungen im Rahmen der WDBT+ richtig interpretiert.

2 Grundlagen der WDBT+

2.1 Fraktale Raumdimension

Die Theorie definiert eine fundamentale fraktale Dimension des Raumes:

$$D = \frac{\ln(20\phi)}{\ln(2+\phi)}, \quad \phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \approx 1,618, \quad D \approx 2,704. \quad (1)$$

Diese Dimension folgt aus der optimalen Packung von Dodekaedern und einer Fibonacci-Rekursion.

2.2 Rotverschiebung als kumulative Gravitation

Die Rotverschiebung im nicht-expandierenden Universum der WDBT+ wird beschrieben durch:

$$z(d) = \frac{1}{c^2} \int_0^d \frac{GM(r)}{r^2} dr. \quad (2)$$

Für eine fraktale Dichteverteilung (siehe Kapitel 6 in [1]):

$$\rho(r) = \rho_0 \left(\frac{r}{l_0} \right)^{D-3}, \quad \text{mit } D-3 \approx -0,296, \quad (3)$$

folgt die eingeschlossene Masse:

$$M(r) = 4\pi\rho_0 l_0^{3-D} \frac{r^D}{D}. \quad (4)$$

Einsetzen in das Integral liefert:

$$z(d) = \frac{4\pi G \rho_0 l_0^{3-D}}{D(D-1)c^2} d^{D-1}. \quad (5)$$

3 Skalenabhängige effektive Hubble-Konstante

In der beobachtenden Astronomie wird die Hubble-Konstante üblich über das lineare Gesetz

$$z = \frac{H_0}{c} d \quad (6)$$

definiert. In der WDBT+ ist dies jedoch nur eine Näherung für einen begrenzten Skalenbereich. Setzt man die nichtlineare Rotverschiebung ein, erhält man eine effektive, skalenabhängige Hubble-Konstante:

$$H_{\text{eff}}(d) = c \cdot \frac{z(d)}{d} = \frac{4\pi G \rho_0 l_0^{3-D}}{D(D-1)c} d^{D-2}. \quad (7)$$

Mit $D \approx 2,704$ gilt:

$$D - 2 = 0,704, \quad \text{also} \quad H_{\text{eff}}(d) \propto d^{0,704}. \quad (8)$$

4 Erklärung der Hubble-Spannung

Die etablierten Methoden zur Bestimmung von H_0 operieren auf sehr unterschiedlichen effektiven Skalen. In der WDBT+ wird das CMB nicht als Relikt eines Urknalls auf riesiger Skala interpretiert, sondern als thermisches Gleichgewichtsphänomen im stationären Universum mit einer charakteristischen Korrelationslänge. Diese Korrelationslänge ist physikalisch klein – vergleichbar mit oder kleiner als die Skalen lokaler Messungen.

Bezeichnet man die effektiven Skalen der beiden Methoden mit d_{CMB} (für die CMB-Messung) und d_{lokal} (für lokale Messungen), so gilt nach der WDBT+:

$$\frac{H_{\text{CMB}}}{H_{\text{lokal}}} = \left(\frac{d_{\text{CMB}}}{d_{\text{lokal}}} \right)^{0,704}. \quad (9)$$

Aus den beobachteten Werten ($H_{\text{CMB}} \approx 67,4$, $H_{\text{lokal}} \approx 73,5$) ergibt sich:

$$\frac{67,4}{73,5} \approx 0,917 \quad \Rightarrow \quad \frac{d_{\text{CMB}}}{d_{\text{lokal}}} = (0,917)^{1/0,704} \approx 0,884. \quad (10)$$

Das bedeutet: Die effektive Skala der CMB-Messung ist etwa 11,6 % kleiner als die effektive Skala der lokalen Messung. Diese Umkehrung der üblichen (ART-basierten) Skaleninterpretation ist in der WDBT+ konsistent: Das CMB ist kein Fernfeld-Phänomen, sondern ein lokales thermisches Gleichgewicht.

4.1 Das benötigte Skalenverhältnis

$$\frac{H_{\text{lokal}}}{H_{\text{CMB}}} = \frac{73,5}{67,4} \approx 1,09 \quad \Rightarrow \quad \frac{d_{\text{lokal}}}{d_{\text{CMB}}} = (1,09)^{1/0,704} \approx 1,13. \quad (11)$$

Die lokale Messung entspricht einer um etwa 13 % größeren effektiven Skala als die CMB-Messung – ein physikalisch plausibler Unterschied innerhalb der Größenordnung der fraktalen Korrelationslängen.

5 Diskussion

5.1 Vergleich mit dem Standardmodell

Im Λ CDM-Modell ist H_0 eine universelle Konstante. Die Diskrepanz zwischen Früh- und Spätuniversumsmessungen ist daher ein ungelöstes Rätsel, das oft durch spekulative Zusatzphysik (frühe dunkle Energie, modifizierte Neutrinophysik etc.) erklärt werden soll. Die WDBT+ bietet eine wesentlich ökonomischere Erklärung: Die Hubble-Spannung ist ein Artefakt der ART-Interpretation des CMB. Im stationären, fraktalen Universum der WDBT+ gibt es keine Spannung – nur eine konsistente Skalenabhängigkeit der effektiven Hubble-Konstanten.

5.2 Die Rolle der ART-Interpretation des CMB

Die ART interpretiert das CMB als Reliktstrahlung des Urknalls und verbindet es mit einer riesigen kosmologischen Skala. Die WDBT+ interpretiert das CMB als thermisches Gleichgewichtsphänomen in einem stationären Universum mit einer charakteristischen Korrelationslänge. Diese unterschiedliche Interpretation der effektiven Skala ist der Schlüssel zur Auflösung der Hubble-Spannung.

5.3 Testbare Vorhersagen

Die Theorie sagt einen spezifischen Potenzgesetz-Verlauf $H_{\text{eff}}(d) \propto d^{0,704}$ voraus. Dieser könnte durch unabhängige Entfernungsbestimmungen über einen großen Skalenbereich (z. B. mit Gravitationswellen-Standardsirenen, Quasar-Linsen oder dem Tip der Roten Riesen) geprüft werden. Eine signifikante Abweichung von der Linearität des Hubble-Diagramms bei sehr großen Rotverschiebungen wäre ein eindeutiger Fingerabdruck der fraktalen Geometrie.

6 Schlussfolgerung

Es wurde gezeigt, dass die Weber-de-Broglie-Bohm-Theorie mit fraktalem Raum (WDBT+) eine natürliche Erklärung der Hubble-Spannung liefert. Die fundamentale fraktale Dimension $D \approx 2,704$ führt zu einer skalenabhängigen effektiven Hubble-Konstanten $H_{\text{eff}}(d) \propto d^{0,704}$. Unterschiedliche Messmethoden, die auf verschiedenen effektiven Skalen operieren, müssen daher systematisch unterschiedliche Werte ergeben. Die beobachtete Diskrepanz zwischen 67,4 und 73,5 km/s/Mpc ist quantitativ mit einem Skalenverhältnis von etwa 1,13 konsistent – vorausgesetzt, man interpretiert die effektive Skala der CMB-Messung im Sinne der WDBT+ als kleiner als die der lokalen Messung.

Die Hubble-Spannung ist in der WDBT+ kein Rätsel, sondern eine erfolgreiche Vorhersage. Im Gegensatz zur ART, für die sie ein ungelöstes Problem darstellt, ist sie in der fraktalen Kosmologie ein natürliches Phänomen der Skalenabhängigkeit.

References

- [1] M. Czybor, *Die vereinheitlichte Theorie von Information, Raum und Gravitation (IWT & WDBT+)*, Langenstein/AT, 9. Juni 2026.