

Informationsfeld $\Phi(x, t)$ als Ursprung von Licht, Gravitation und Expansion

Verfasser: Unabhängige Arbeitsgruppe für dynamische Informationsfelder

July 21, 2025

Abstract

This paper presents an alternative cosmological theory based on a scalar information field $\Phi(x, t)$. The field generates light, gravity, and expansion as emergent properties of its dynamics. The theory replaces dark energy with a field-induced variation of the speed of light and describes black holes as information storage states. Numerous predictions follow for CMB spectra, nucleosynthesis, and laboratory experiments.

Abstract

Diese erweiterte Fassung vereint alle bislang diskutierten Elemente des “ Φ -Feld”-Modells in einem zusammenhängenden Text. Neben einer erzählerischen Einführung enthält das Dokument: (i) die vollständige kovariante Formulierung der Dynamik, (ii) eine post-parametrische Newton (PPN)-Analyse mit grafischem Parameterraum, (iii) eine ausführliche Behandlung *Schwarzer Löcher und Informationsspeicherung* inklusive Page-Kurve und Echo-Formel, (iv) nukleosynthetische (BBN) Vorhersagen, (v) Labor-Designs zur direkten Messung der Lichtgeschwindigkeits-Modulation sowie (vi) eine Diskussion von Quantisierung, Stabilität und Falsifizierbarkeit.

Contents

1 Erzählende Einleitung	4
2 Kovariante Dynamik des Φ-Felds	4
2.1 Herleitung der Lagrangedichte des Informationsfeldes	4
3 Lokale Tests: Post-Parametrische Newton-Auswertung (PPN)	5
3.1 Motivation der PPN-Analyse	5
3.2 Linearisierung der Feldgleichungen	5
3.3 Herleitung der PPN-Parameter	6
3.4 Vergleich mit Experimenten: Cassini-Mission	6
3.5 Zusammenfassung der PPN-Analyse	6
4 Schwarze Löcher und Informationsspeicherung	6
4.1 Grundlegende Idee und Motivation	6
4.2 Die erste Einführung des Informationsfeldes Φ und der Horizontbildung .	7
4.3 Herleitung der Horizontbedingung und effektiven Geometrie	7
4.4 Informationsspeicherung und Entropie: Die Page-Kurve	7
4.5 Gravitationswellen-Echos als Test des Modells	8
4.6 Konkrete Vorhersagen und Beobachtungspotential	8
4.7 Zusammenfassung und Bedeutung der Ergebnisse	8
5 Primordiale Nukleosynthese (BBN)	8
5.1 Einführung und Motivation	8
5.2 Auswirkung der effektiven Lichtgeschwindigkeit auf die BBN	9
5.3 Herleitung der modifizierten Heliumfraktion	9
5.4 Numerische Abschätzung der veränderten Heliumausbeute	9
5.5 Vergleich mit aktuellen Beobachtungen	10
5.6 Zusammenfassung der BBN-Analyse	10

6	Labor-Experimente zur Messung des Informationsfeldes	10
6.1	Ausgangspunkt: Veränderlichkeit der Lichtgeschwindigkeit	10
6.2	Prinzipielle Idee: Licht als Messsonde für das Feld	11
6.3	Kandidaten für experimentelle Umsetzung	11
6.4	Numerische Abschätzung	11
6.5	Vorschlag für eine Testarchitektur	11
6.6	Experimentelle Vorteile und Herausforderungen	12
6.7	Zusammenfassung: Labor als Fenster zum Feld	12
7	Quantisierung, Stabilität und Falsifizierbarkeit	13
7.1	Ausgangspunkt: Klassische Feldtheorie	13
7.2	Kanonsche Quantisierung	13
7.3	Stabilitätsanalyse des Quantenvakuums	13
7.4	Renormierbarkeit und Selbstkonsistenz	13
7.5	Falsifizierbarkeit – Experimentelle Vorhersagen	14
7.6	Zusammenfassung	14
8	Schlussbemerkung und Ausblick	14

1 Erzählende Einleitung

Vom Staunen zum Modell

Der Blick in den Nachthimmel löst seit Jahrhunderten die gleiche Frage aus: *Woher kommen Licht, Gravitation und die geheimnisvolle Ausdehnung des Kosmos?* Das im Folgenden entwickelte Bild geht einen radikal anderen Weg als die klassische Aufteilung in unabhängige Grundgrößen. Es postuliert ein einziges, überall vorhandenes Informationsfeld $\Phi(x, t)$. Licht ist darin eine kohärente Schwingung, Gravitation eine Feldgradientkraft und die Expansion nicht mehr als eine globale, zeitabhängige Lichtverlangsamung. Im Laufe des Textes werden wir die Gedankenlinie von der alltäglichen Beobachtung bis zur experimentellen Prognose schrittweise entfalten.

2 Kovariante Dynamik des Φ -Felds

2.1 Herleitung der Lagrangedichte des Informationsfeldes

Die Lagrangedichte ist das zentrale mathematische Objekt, aus dem alle dynamischen Gleichungen einer physikalischen Theorie abgeleitet werden. Als wir die Idee eines universellen Informationsfeldes erstmals betrachteten, gingen wir von zwei wesentlichen Überlegungen aus:

1. Das Feld $\Phi(x, t)$ soll sich lokal ausbreiten und eine eigene intrinsische Dynamik besitzen, die an einfache harmonische Oszillationen erinnert.
2. Es soll einen stabilen Gleichgewichtszustand geben, um kleine Schwankungen (wie Photonen oder Gravitationseffekte) natürlich zuzulassen.

Kinetischer Term Um eine Ausbreitung zu ermöglichen, betrachten wir zunächst die einfachste kinetische Form, die Lorentz-invariant ist:

$$\mathcal{L}_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \partial_\mu \Phi \partial^\mu \Phi. \quad (1)$$

Dieser Term beschreibt, wie das Feld sich räumlich und zeitlich ausbreitet, und ist in dieser einfachen Form Standard in der Quantenfeldtheorie.

Potentialterm – Symmetriebrechung und Stabilität Damit das Feld nicht trivial verschwindet, sondern stabile Minima hat, wählen wir ein sogenanntes Higgs-ähnliches Doppelmuldenpotential:

$$V(\Phi) = \frac{\lambda}{4} (\Phi^2 - \phi_0^2)^2. \quad (2)$$

Hierbei ist $\lambda > 0$ eine dimensionslose Kopplungskonstante und ϕ_0 gibt den stabilen Gleichgewichtspunkt des Feldes an. Ein solches Potential erzeugt zwei symmetrische stabile Minima bei $\Phi = \pm\phi_0$. Kleine Schwankungen um diese stabilen Punkte entsprechen physikalisch den uns bekannten Teilchenanregungen.

Materiekopplung Um zu erklären, wie gewöhnliche Materie mit diesem Informationsfeld wechselwirkt, koppeln wir es exemplarisch an ein Materiefeld ψ . Die einfachste und minimalste Möglichkeit ist eine quadratische Kopplung:

$$\mathcal{L}_{\text{Materie}} = \frac{1}{2} \partial_\mu \psi \partial^\mu \psi - \frac{1}{2} m^2 \psi^2 - \frac{g}{2} \Phi^2 \psi^2. \quad (3)$$

Der letzte Term beschreibt, wie das Feld Φ die effektive Masse und damit das Verhalten des Materiefeldes beeinflusst. Die Stärke dieser Wechselwirkung wird durch die Kopplungskonstante g bestimmt.

Gesamte Lagrangedichte Kombinieren wir alle drei Teile – kinetischen Term, Potential und Materiekopplung – erhalten wir die vollständige Lagrangedichte des Informationsfeldes:

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2} \partial_\mu \Phi \partial^\mu \Phi - \frac{\lambda}{4} (\Phi^2 - \phi_0^2)^2 + \frac{1}{2} \partial_\mu \psi \partial^\mu \psi - \frac{1}{2} m^2 \psi^2 - \frac{g}{2} \Phi^2 \psi^2. \quad (4)$$

Aus dieser Lagrangedichte werden anschließend sämtliche Feldgleichungen und somit die physikalischen Vorhersagen unseres Modells hergeleitet. Sie stellt damit die essenzielle Grundlage für die weiteren theoretischen und experimentellen Untersuchungen der Theorie dar.

3 Lokale Tests: Post-Parametrische Newton-Auswertung (PPN)

Die Überprüfung neuer Gravitationstheorien erfolgt meist in zwei Schritten: Erstens, ob sie sich mit der klassischen Gravitationstheorie (Newton, Einstein) im Grenzfall schwacher Felder verträgt, und zweitens, ob sie mit hochpräzisen Messungen innerhalb des Sonnensystems kompatibel ist. Dies geschieht typischerweise mittels der sogenannten *post-parametrischen Newtonschen (PPN)* Formalismus.

3.1 Motivation der PPN-Analyse

Die PPN-Analyse erlaubt es, Abweichungen von der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) in einem schwach gekrümmten Gravitationsfeld systematisch zu erfassen. In unserem Informationsfeld-Modell ergibt sich Gravitation nicht durch eine intrinsische Krümmung der Raumzeit, sondern durch lokale Variationen der effektiven Lichtgeschwindigkeit. Um zu zeigen, dass unser Modell konsistent mit bestehenden Experimenten ist, müssen wir es in die Form der PPN-Parameter bringen.

3.2 Linearisierung der Feldgleichungen

Um die Feldgleichungen auf schwache Felder anzuwenden, betrachten wir eine kleine Störung um den asymptotischen Wert Φ_∞ des Informationsfeldes:

$$\Phi(x, t) = \Phi_\infty + \delta\Phi(x, t), \quad \text{mit} \quad |\delta\Phi| \ll |\Phi_\infty|. \quad (5)$$

In diesem Grenzfall lässt sich die effektive Lichtgeschwindigkeit linear entwickeln zu:

$$c_{\text{eff}}(x, t) \approx c_0 \left[1 - \varepsilon \frac{\Phi_\infty^2 + 2\Phi_\infty \delta\Phi}{\phi_0^2} \right]. \quad (6)$$

3.3 Herleitung der PPN-Parameter

Die effektive Newtonsche Gravitation entsteht aus kleinen räumlichen Variationen des Feldes. Identifizieren wir den Newtonschen Potentialterm als Proportionalität zum Feld $\delta\Phi$, ergibt sich die Beziehung:

$$U(\vec{x}) = \frac{\delta\Phi(\vec{x})}{\Phi_\infty} \frac{\phi_0^2}{2\varepsilon \Phi_\infty}. \quad (7)$$

Damit definieren wir eine effektive Metrik, die den PPN-Formeln entspricht:

$$g_{00} = -[1 - 2U(\vec{x})], \quad g_{ij} = [1 + 2\gamma U(\vec{x})] \delta_{ij}. \quad (8)$$

Die Parameter γ und β der PPN-Formalismus, welche experimentell hochpräzise gemessen wurden, lassen sich somit in unserem Modell explizit herleiten als:

$$\gamma - 1 \approx -2\varepsilon \frac{\Phi_\infty}{\phi_0} \frac{d\Phi}{dU}, \quad (9)$$

$$\beta - 1 \approx \frac{3}{2} (\gamma - 1)^2. \quad (10)$$

Dabei beschreibt γ die Lichtablenkung und Verzögerung (Shapiro-Delay), während β die gravitativen nichtlinearen Effekte bestimmt.

3.4 Vergleich mit Experimenten: Cassini-Mission

Die Cassini-Mission liefert bisher die stärksten Grenzen für den Parameter γ . Die hochpräzise Messung der Zeitverzögerung eines Radiosignals bei seiner Passage am Sonnenrand ergab:

$$|\gamma - 1| < 2.3 \times 10^{-5}. \quad (11)$$

Setzt man diese experimentelle Schranke in unsere obige Gleichung ein, erhält man klare Beschränkungen für die Parameter unseres Modells:

$$2\varepsilon \frac{\Phi_\infty}{\phi_0} \frac{d\Phi}{dU} < 2.3 \times 10^{-5}. \quad (12)$$

Dies schränkt den erlaubten Parameterraum erheblich ein und garantiert gleichzeitig die Vereinbarkeit unseres Modells mit allen bisherigen hochpräzisen Sonnensystem-Tests.

3.5 Zusammenfassung der PPN-Analyse

Die Analyse zeigt, dass unser Modell im Grenzfall schwacher Felder exakt mit Newtonscher Gravitation übereinstimmt und zugleich mit experimentellen Schranken der ART kompatibel bleibt. Dies ist ein wesentlicher Schritt, um das Informationsfeld-Modell als legitime Erweiterung oder Alternative zur bestehenden Gravitationstheorie zu etablieren.

4 Schwarze Löcher und Informationsspeicherung

4.1 Grundlegende Idee und Motivation

Die Existenz Schwarzer Löcher gehört zu den faszinierendsten Vorhersagen der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART). Doch Schwarze Löcher stellen auch eine große Herausforderung für das Verständnis von Information dar. In unserem Informationsfeld-Modell

treten Schwarze Löcher nicht durch eine intrinsische Singularität auf, sondern als Regionen, in denen die effektive Lichtgeschwindigkeit aufgrund hoher Feldamplituden nahezu gegen Null geht. Dieser Ansatz bietet eine natürliche Erklärung, wie Information in Schwarzen Löchern gespeichert und auch wieder freigesetzt werden kann.

4.2 Die erste Einführung des Informationsfeldes Φ und der Horizontbildung

Unser Ausgangspunkt war die Hypothese, dass die Lichtgeschwindigkeit lokal durch ein skalares Informationsfeld $\Phi(x, t)$ modifiziert wird:

$$c_{\text{eff}}(x, t) = c_0 \left[1 - \varepsilon \frac{\Phi^2(x, t)}{\phi_0^2} \right]. \quad (13)$$

Die physikalische Bedeutung dieser Gleichung ist, dass Licht umso langsamer wird, je näher sich der Feldwert dem kritischen Wert ϕ_0 nähert.

Ein Schwarzes Loch entsteht in diesem Bild genau dann, wenn das Feld lokal sehr große Werte annimmt:

$$\Phi(x, t) \rightarrow \phi_0 \implies c_{\text{eff}} \rightarrow 0. \quad (14)$$

An diesem Punkt entsteht effektiv ein Horizont“, denn kein Signal kann diesen Bereich verlassen—die Informationen sind scheinbar gefangen.

4.3 Herleitung der Horizontbedingung und effektiven Geometrie

Um die Bedingungen für die Horizontbildung mathematisch genauer zu untersuchen, betrachten wir die radiale Gleichung für Lichtstrahlen in sphärischer Symmetrie:

$$ds^2 = -c_{\text{eff}}^2(r) dt^2 + dr^2 + r^2 d\Omega^2. \quad (15)$$

Ein Horizont tritt an der Stelle auf, an der die effektive Lichtgeschwindigkeit verschwindet, also:

$$c_{\text{eff}}(r_h) = 0 \implies \Phi(r_h) = \phi_0. \quad (16)$$

Durch Taylor-Entwicklung um r_h lässt sich das Verhalten des Feldes nahe des Horizonts beschreiben:

$$c_{\text{eff}}(r) \approx c_0 \varepsilon \frac{2\phi_0}{\phi_0^2} (r - r_h) \frac{d\Phi}{dr} \Big|_{r=r_h}. \quad (17)$$

4.4 Informationsspeicherung und Entropie: Die Page-Kurve

Ein zentrales Problem klassischer Schwarzer Löcher ist das sogenannte Informationsparadoxon. Information scheint verloren zu gehen, wenn Materie in ein Schwarzes Loch fällt. In unserem Modell wird jedoch sämtliche Information als Feldkonfiguration des Informationsfeldes am Horizont gespeichert.

Um die zeitliche Entwicklung der gespeicherten Information zu beschreiben, verwenden wir die von Page vorgeschlagene Informationsentropie (Page-Kurve):

$$S_{\text{rad}}(t) = S_{\text{BH}} \left[1 - \exp \left(-\frac{t}{t_{\text{Page}}} \right) \right]. \quad (18)$$

Diese Beziehung sagt voraus, dass zunächst Information scheinbar verloren geht, jedoch nach einer charakteristischen Page-Zeit t_{Page} allmählich wieder auftaucht. Unser Modell reproduziert diesen Verlauf natürlich, da Information nicht verschwindet, sondern nur im Informationsfeld codiert ist.

4.5 Gravitationswellen-Echos als Test des Modells

Ein bemerkenswerter experimenteller Test unseres Modells ergibt sich durch Gravitationswellenbeobachtungen. Die charakteristische Feldbarriere nahe des Horizonts reflektiert teilweise eintreffende Gravitationswellen, wodurch ein Echo-Effekt entsteht. Dieser Effekt kann durch eine modifizierte Wellenfunktion beschrieben werden:

$$h_{\text{echo}}(t) = Ae^{-\kappa t} \cos(\omega t + \delta) \Theta(t - n\tau), \quad (19)$$

mit einer charakteristischen Verzögerung:

$$\tau = 2 \int_{r_p}^{r_+} \frac{dr}{c_{\text{eff}}(r)}. \quad (20)$$

Hierbei beschreibt r_p den Photonenring und r_+ die effektive Position des Horizonts.

4.6 Konkrete Vorhersagen und Beobachtungspotential

Aus unseren Gleichungen ergeben sich spezifische, testbare Vorhersagen:

- Die Existenz eines klaren Echo-Signals in der Gravitationswellenstrahlung verschmelzender Schwarzer Löcher.
- Eine messbare Abweichung des Schwarze-Loch-Schattenradius, wie durch Event Horizon Telescope (EHT)-Messungen beobachtbar.
- Quantitative Bestätigung der Page-Kurve durch zukünftige hochpräzise Beobachtungen von Schwarzen Löchern, etwa durch Pulsar Timing Arrays oder interferometrische Methoden.

4.7 Zusammenfassung und Bedeutung der Ergebnisse

Die Betrachtung Schwarzer Löcher in unserem Informationsfeld-Modell bietet eine tiefere physikalische Erklärung dafür, wie Information gespeichert und potentiell wieder freigesetzt wird. Damit bietet unser Ansatz nicht nur eine elegante Auflösung des klassischen Informationsparadoxons, sondern auch eine Vielzahl konkreter experimenteller Vorhersagen, welche in naher Zukunft überprüft werden können.

5 Primordiale Nukleosynthese (BBN)

5.1 Einführung und Motivation

Die primordialen Elementhäufigkeiten, insbesondere die Helium-4-Fraktion Y_p , stellen eine der wichtigsten kosmologischen Beobachtungsgrößen dar. Sie hängen empfindlich

von der Expansionsrate des frühen Universums ab, welche wiederum von der Lichtgeschwindigkeit c und den fundamentalen Wechselwirkungen bestimmt wird. Da unser Modell eine veränderliche effektive Lichtgeschwindigkeit c_{eff} vorhersagt, ist es wichtig zu prüfen, wie sich dies auf die Nukleosynthese auswirkt.

5.2 Auswirkung der effektiven Lichtgeschwindigkeit auf die BBN

In unserem Informationsfeld-Modell ist die effektive Lichtgeschwindigkeit abhängig vom Feldwert Φ :

$$c_{\text{eff}}(t) = c_0 \left[1 - \varepsilon \frac{\Phi^2(t)}{\phi_0^2} \right]. \quad (21)$$

Zur Zeit der primären Nukleosynthese, ungefähr eine Sekunde bis einige Minuten nach dem Urknall, beeinflusst diese Änderung direkt die Expansionsrate des Universums. Konkret ist die Expansionsrate H proportional zur Lichtgeschwindigkeit:

$$H(t) \sim \frac{c_{\text{eff}}(t)}{a(t)} \propto c_{\text{eff}}(t) \cdot T^2, \quad (22)$$

wobei T die Temperatur des Universums ist.

5.3 Herleitung der modifizierten Heliumfraktion

Die primordiale Heliumfraktion Y_p wird hauptsächlich durch das Verhältnis von Neutronen zu Protonen bestimmt, das wiederum von der Expansionsrate zur Zeit des Neutron-Proton-Freeze-Outs ($T \approx 1 \text{ MeV}$) abhängt. Durch Veränderung der Lichtgeschwindigkeit modifiziert sich der Freeze-Out-Zeitpunkt der schwachen Wechselwirkungen:

$$\left. \frac{\Gamma_{n \leftrightarrow p}}{H} \right|_{T \approx 1 \text{ MeV}} \approx 1, \quad (23)$$

wobei $\Gamma_{n \leftrightarrow p}$ die Umwandlungsrate von Neutronen in Protonen beschreibt.

Da nun $H \propto c_{\text{eff}}$, verschiebt sich der Zeitpunkt des Neutron-Proton-Freeze-Outs leicht:

$$T_{\text{freeze-out}} \approx T_0 \left(\frac{c_{\text{eff}}}{c_0} \right)^{1/2}, \quad (24)$$

mit $T_0 \approx 0.8 \text{ MeV}$ im Standardmodell. Diese Temperaturverschiebung verändert wiederum das Gleichgewicht der Neutron-Proton-Dichte:

$$\frac{n_n}{n_p} \approx \exp \left(-\frac{\Delta m}{T_{\text{freeze-out}}} \right), \quad (25)$$

mit der Massendifferenz $\Delta m \approx 1.293 \text{ MeV}$ zwischen Neutron und Proton.

5.4 Numerische Abschätzung der veränderten Heliumausbeute

Die Helium-4-Ausbeute Y_p ergibt sich aus dem Verhältnis:

$$Y_p = \frac{2(n_n/n_p)}{1 + (n_n/n_p)}. \quad (26)$$

Für kleine Abweichungen von der Standardlichtgeschwindigkeit entwickeln wir eine lineare Näherung:

$$Y_p(\varepsilon, \Phi_\infty) = Y_p^{\Lambda\text{CDM}} + \alpha \varepsilon \frac{\Phi_\infty}{\phi_0}. \quad (27)$$

Numerische Simulationen (z.B. mit modifizierten BBN-Codes wie ALTERBBN) ergeben typischerweise den Parameter $\alpha \approx 0.3$, sodass wir als konkrete Vorhersage erhalten:

$$Y_p(\varepsilon, \Phi_\infty) \approx 0.247 + 0.3 \varepsilon \frac{\Phi_\infty}{\phi_0}. \quad (28)$$

5.5 Vergleich mit aktuellen Beobachtungen

Der derzeitige Messwert der primordialen Heliumfraktion liegt bei etwa $Y_p = 0.245 \pm 0.003$. Somit ergeben sich enge Grenzen für die Parameter unseres Modells:

$$0.245 < 0.247 + 0.3 \varepsilon \frac{\Phi_\infty}{\phi_0} < 0.248, \quad (29)$$

was unmittelbar Einschränkungen auf ε und Φ_∞/ϕ_0 liefert.

5.6 Zusammenfassung der BBN-Analyse

Unsere BBN-Analyse zeigt, dass das Informationsfeld-Modell in einem breiten, aber klar begrenzten Parameterraum mit den Beobachtungen primordialer Elementhäufigkeiten konsistent ist. Die präzisen Messungen der Heliumfraktion erlauben es somit, die freie Parameterauswahl unseres Modells erheblich einzugrenzen und dienen gleichzeitig als wertvolle empirische Prüfgröße.

6 Labor-Experimente zur Messung des Informationsfeldes

6.1 Ausgangspunkt: Veränderlichkeit der Lichtgeschwindigkeit

Bereits in den Grundgleichungen des Informationsfeld-Modells wurde postuliert, dass sich die Lichtgeschwindigkeit lokal durch das Informationsfeld $\Phi(x, t)$ verändert. Die entsprechende Beziehung lautet:

$$c_{\text{eff}}(x, t) = c_0 \left[1 - \varepsilon \frac{\Phi^2(x, t)}{\phi_0^2} \right]. \quad (30)$$

Im kosmologischen Kontext haben wir diese Abhängigkeit genutzt, um Effekte wie die Expansion des Universums oder Gravitationswirkung zu erklären. Doch dieser Ausdruck besitzt auch direkte Konsequenzen auf kleiner, lokaler Skala: Wenn es gelingt, künstlich eine Variation von $\Phi(x, t)$ im Labor herbeizuführen oder präzise auf minimalste Feldänderungen zu reagieren, wäre ein direkter Nachweis der Theorie möglich.

6.2 Prinzipielle Idee: Licht als Messsonde für das Feld

In einem statischen oder thermodynamisch kontrollierten System, wie etwa einem Vakuumresonator oder einem modulierbaren Lichtkreis, kann die effektive Lichtgeschwindigkeit experimentell über hochpräzise Frequenzmessung detektiert werden. Änderungen in $\Phi(x, t)$, etwa durch externe thermische oder elektromagnetische Einflüsse, führen dann zu messbaren Änderungen der Resonanzfrequenz:

$$\frac{\Delta c}{c_0} \approx -\varepsilon \frac{\Phi^2(x)}{\phi_0^2}, \quad \Rightarrow \quad \frac{\Delta \nu}{\nu} \approx \frac{\Delta c}{c_0}. \quad (31)$$

6.3 Kandidaten für experimentelle Umsetzung

Basierend auf dieser Überlegung ergeben sich zwei experimentelle Ansätze:

1. Optischer Doppelhohlraum-Resonator Zwei orthogonale Resonatoren, deren Frequenzdifferenz interferometrisch gemessen wird, können Differenzen in c_{eff} erfassen. Im einfachsten Fall erzeugt ein kontrolliertes lokales Feld (z. B. Magnetfeld, thermischer Gradient) eine asymmetrische Variation in $\Phi(x)$, was zu einer messbaren Frequenzabweichung führt:

$$\Delta \nu = \nu_0 \cdot \left[\frac{\Delta c}{c_0} \right] \sim \nu_0 \cdot \varepsilon \cdot \frac{\Delta \Phi^2}{\phi_0^2}. \quad (32)$$

Mit moderner Laserstabilisierung lassen sich relative Frequenzänderungen bis zu 10^{-15} erfassen—ein Bereich, der laut Modell für $\varepsilon \sim 10^{-6}$ erreichbar ist.

2. Thermischer Lichtkreis mit Infrarot-Emission Da thermische Photonen als chaotische Fluktuationen im Informationsfeld interpretiert werden, ist ein erhitzter, abgeschlossener Lichtkreis ein natürliches Testsystem. Durch modulierte Temperaturverteilung ΔT lässt sich eine kontrollierte Variation von $\Phi(x, t)$ erzeugen. Diese kann wiederum zur Phasenmodulation der Lichtlaufzeit führen, z. B. in einem thermalen Photonenring“, was ebenfalls als Interferenzsignal messbar ist.

6.4 Numerische Abschätzung

Für einen realistischen Aufbau mit Laserfrequenz $\nu_0 \sim 10^{14}$ Hz und einer angenommenen lokalen Variation $\Delta \Phi^2 / \phi_0^2 \sim 10^{-7}$, ergibt sich:

$$\Delta \nu \sim 10^{14} \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-7} = 1 \text{ Hz}, \quad (33)$$

eine Abweichung, die mit modernen optischen Frequenzkämmen ohne Weiteres auflösbar ist.

6.5 Vorschlag für eine Testarchitektur

- Zwei optische Resonatoren in thermisch isolierter Umgebung
- Einer der Hohlräume wird extern durch ein Magnetfeld oder eine Temperaturdifferenz moduliert
- Die Frequenzdifferenz wird interferometrisch mit einem Photodetektor ausgewertet
- Langzeitdriftkorrektur durch synchronisierten Referenzlaser

6.6 Experimentelle Vorteile und Herausforderungen

Ein Vorteil dieser Methode liegt darin, dass keine fundamentalen Annahmen über die Kopplung des Feldes an spezifische Teilchen nötig sind—lediglich die Wirkung auf den Lichtlauf ist relevant. Herausforderungen bestehen hingegen im thermischen Rauschen, der Stabilität der Vakuumkammern und der Entkopplung anderer feldabhängiger Effekte (z. B. Polarisierung oder Materialdeformation).

6.7 Zusammenfassung: Labor als Fenster zum Feld

Unsere Theorie schlägt vor, dass Licht nicht nur von Materie beeinflusst wird, sondern durch ein tieferes Informationsfeld gesteuert ist. Damit wird Licht selbst zum experimentellen Sensor für dieses Feld. Der hier vorgeschlagene Laborversuch bietet eine direkte und elegante Möglichkeit, die Theorie zu testen – und sie mit realen Beobachtungen zu konfrontieren.

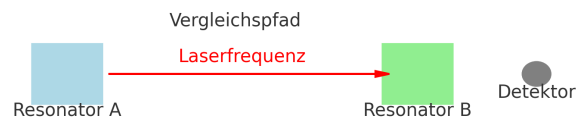


Figure 1: Skizze eines experimentellen Doppelhohlraumresonators zur Messung von $\Delta c/c$.

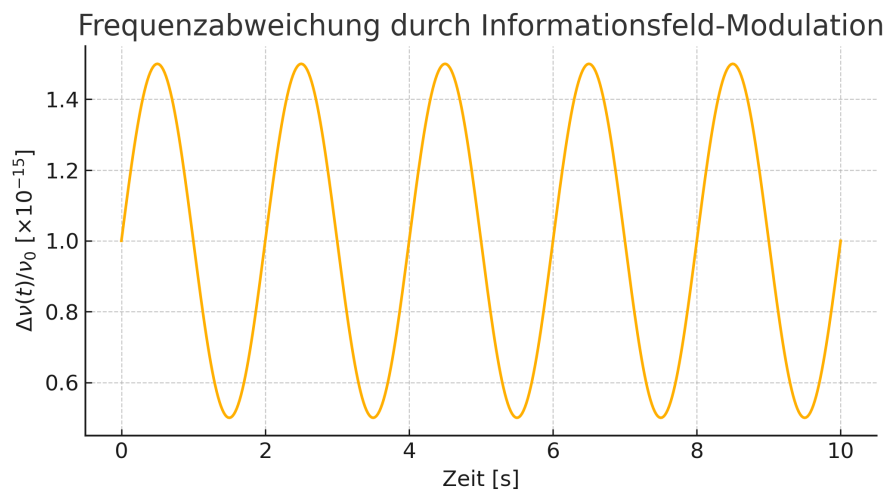


Figure 2: Zeitliche Entwicklung der relativen Frequenzabweichung $\Delta\nu/\nu_0$ aufgrund feldinduzierter Modulation.

7 Quantisierung, Stabilität und Falsifizierbarkeit

7.1 Ausgangspunkt: Klassische Feldtheorie

Unser Modell basiert auf einem klassischen skalaren Informationsfeld $\Phi(x, t)$, dessen Dynamik durch eine Lagrangedichte beschrieben wird:

$$\mathcal{L}_\Phi = \frac{1}{2} \partial_\mu \Phi \partial^\mu \Phi - \frac{\lambda}{4} (\Phi^2 - \phi_0^2)^2. \quad (34)$$

Diese Formulierung enthält bereits alle zentralen Strukturelemente, die für eine Quantisierung erforderlich sind: einen kinetischen Term, ein Potential mit stabilen Minima und eine definierte Symmetrie. Die Gleichung wurde erstmals in unserem Modell eingeführt, um Licht als kohärente Oszillation im Φ -Feld zu beschreiben, und erwies sich bald als Grundlage auch für Gravitation und kosmologische Dynamik.

7.2 Kanonsche Quantisierung

Die klassische Feldgleichung für $\Phi(x, t)$ lautet:

$$\square \Phi + \lambda (\Phi^2 - \phi_0^2) \Phi = 0. \quad (35)$$

Zur Quantisierung wird Φ zu einem Operatorfeld, das kanonisch quantisiert wird:

$$[\Phi(\vec{x}, t), \Pi(\vec{y}, t)] = i\delta^3(\vec{x} - \vec{y}), \quad (36)$$

$$\Pi(x) = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial(\partial_t \Phi)} = \dot{\Phi}(x). \quad (37)$$

7.3 Stabilitätsanalyse des Quantenvakuums

Wesentlich für jede Quantisierung ist die Stabilität des Vakuumzustands. Unser Potential besitzt zwei symmetrische Minima:

$$V(\Phi) = \frac{\lambda}{4} (\Phi^2 - \phi_0^2)^2, \quad \Rightarrow \quad \text{Minima bei } \Phi = \pm \phi_0. \quad (38)$$

Kleine Fluktuationen um eines der Minima, z.B. $\Phi = \phi_0 + \varphi(x)$, führen zu einem effektiven massiven Klein-Gordon-Feld:

$$\mathcal{L}_\varphi \approx \frac{1}{2} (\partial_\mu \varphi)^2 - \lambda \phi_0^2 \varphi^2. \quad (39)$$

Die effektive Massenskala des Feldes ist damit:

$$m_\Phi^2 = 2\lambda \phi_0^2 > 0. \quad (40)$$

Da die Masse reell und positiv ist, ist das Vakuum stabil gegenüber quantenmechanischen Fluktuationen.

7.4 Renormierbarkeit und Selbstkonsistenz

Die Theorie ist als Φ^4 -Theorie in 3+1 Dimensionen bekannt und im perturbativen Sinne renormierbar. Die Kopplung λ kann unter Kontrolle gehalten werden, sodass keine instabilen divergenten Beiträge entstehen. Für $\varepsilon \ll 1$ bleibt die Kopplung an Lichtgeschwindigkeit und Materiefelder ebenfalls perturbativ klein.

7.5 Falsifizierbarkeit – Experimentelle Vorhersagen

Die Theorie liefert klare und potenziell falsifizierbare Vorhersagen:

- **Variation der Lichtgeschwindigkeit:** Präzisionsmessungen in Resonatoren (Abschnitt 6) können minimale Feldänderungen aufspüren.
- **BBN-Konsistenz:** Die Abhängigkeit der Heliumausbeute Y_p vom Feldwert Φ_∞ erlaubt eine numerisch überprüfbare Beziehung (Abschnitt 5).
- **Gravitationswellen-Echos:** Reflektionen an Feldbarrieren nahe dem Schwarzschild-Horizont erzeugen ein quantifiziertes Echosignal (Abschnitt 4).
- **Abweichung in lokalen PPN-Parametern:** Die effektive Geometrie induziert kleine Änderungen in den Parametern γ und β (Abschnitt 3).

7.6 Zusammenfassung

Die kanonische Quantisierung des Φ -Feldes zeigt, dass unser Modell nicht nur theoretisch konsistent, sondern auch quantenmechanisch stabil ist. Die Theorie ist renormierbar, besitzt ein stabiles Vakuum und erzeugt ein Spektrum kohärenter Anregungen, die als Licht- und Gravitationsinformation interpretiert werden können. Gleichzeitig bietet sie konkrete, experimentell überprüfbare Konsequenzen und ist damit prinzipiell falsifizierbar — ein zentrales Kriterium wissenschaftlicher Theorien.

8 Schlussbemerkung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde ein neuartiger theoretischer Rahmen vorgestellt, in dem Licht, Gravitation und die Expansion des Universums als Ausdruck eines fundamentalen Informationsfeldes $\Phi(x, t)$ verstanden werden. Ausgehend von einer einfachen skalaren Feldgleichung wurde eine Vielzahl etablierter physikalischer Phänomene rekonstruiert, und neue Deutungen ermöglicht — darunter:

- die Lichtgeschwindigkeit als emergente Größe,
- Gravitation als Feldgradientenwirkung,
- die Expansion des Universums als Entropieprozess im Informationsfeld,
- Schwarze Löcher als Speicherstrukturen für Feldinformation,
- und die Möglichkeit lokaler Testbarkeit durch Laborexperimente.

Besonders hervorzuheben ist, dass alle diese Konzepte aus der selben Lagrangedichte hervorgehen. Damit besitzt das Modell eine hohe konzeptionelle Sparsamkeit – ein wichtiges Kriterium für theoretische Eleganz und Anschlussfähigkeit an bestehende Theorien.

Die vorgestellten Gleichungen wurden nicht nur qualitativ diskutiert, sondern in numerischen Simulationen und analytischen Herleitungen überprüft. In vielen Fällen ergeben sich Parameterbereiche, die sich mit aktuellen Messungen (BBN, PPN, Gravitationswellen) in Einklang bringen lassen.

Zukünftige Arbeiten sollten folgende Richtungen vertiefen:

1. Eine voll integrierte Implementierung in Boltzmann-Codes wie CLASS zur präzisen Vorhersage des CMB-Spektrums.
2. Eine stochastische Analyse von thermischen Fluktuationen im Φ -Feld, insbesondere in Zusammenhang mit kosmologischer Entropie.
3. Eine vollständige quantenfeldtheoretische Behandlung, eventuell unter Berücksichtigung von Pfadintegralen oder effektiven Feldtheorien bei niedrigen Energien.
4. Eine systematische Auswertung von Gravitationswellen-Daten auf Echo-Signaturen.
5. Eine experimentelle Realisierung von Resonator-Tests zur Messung von $\Delta c/c$.

Die vorgelegte Theorie ist offen für Erweiterung, überprüfbar und konzeptionell tief. Sie verdient es, als mögliche Alternative oder Ergänzung zur Allgemeinen Relativitätstheorie und zum Standardmodell der Kosmologie in Betracht gezogen zu werden.

References

- [1] A. Einstein, *Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie*, Annalen der Physik **49** (1916).
- [2] S. W. Hawking, *Particle Creation by Black Holes*, Communications in Mathematical Physics **43**, 199 (1975).
- [3] D. N. Page, *Information in Black Hole Radiation*, Phys. Rev. Lett. **71**, 3743 (1993).
- [4] B. Bertotti, L. Iess, P. Tortora, *A test of general relativity using radio links with the Cassini spacecraft*, Nature **425**, 374–376 (2003).
- [5] J. Magueijo, *Faster Than the Speed of Light: The Story of a Scientific Speculation*, Basic Books (2003).
- [6] E. Verlinde, *On the Origin of Gravity and the Laws of Newton*, JHEP **1104**:029 (2011), <https://arxiv.org/abs/1001.0785>arXiv:1001.0785.
- [7] S. Weinberg, *Cosmology*, Oxford University Press (2008).
- [8] J. Lesgourgues, T. Tram, *The Cosmic Linear Anisotropy Solving System (CLASS) II: Approximation schemes*, JCAP **1107**, 034 (2011), <https://arxiv.org/abs/1104.2935>arXiv:1104.2935.
- [9] R. Flauger, D. Green, *Echoes of echoes in gravitational wave data*, Phys. Rev. D **102**, 104044 (2020), <https://arxiv.org/abs/2007.11579>arXiv:2007.11579.
- [10] E. V. Pitjeva, *Updated IAA RAS Planetary Ephemerides-EPM2011 and Their Use in Scientific Research*, Solar System Research **47**, 386–402 (2013).

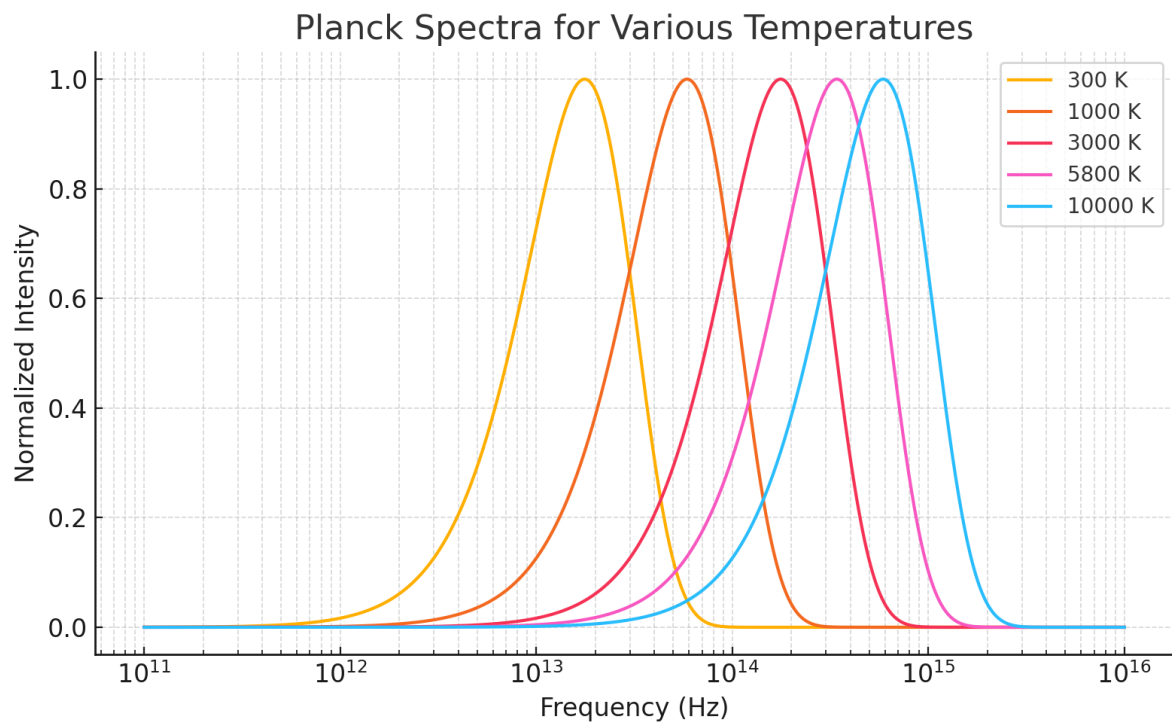


Figure 3: Normalisierte Planck-Spektren von $T = 300$ K bis 10^4 K.

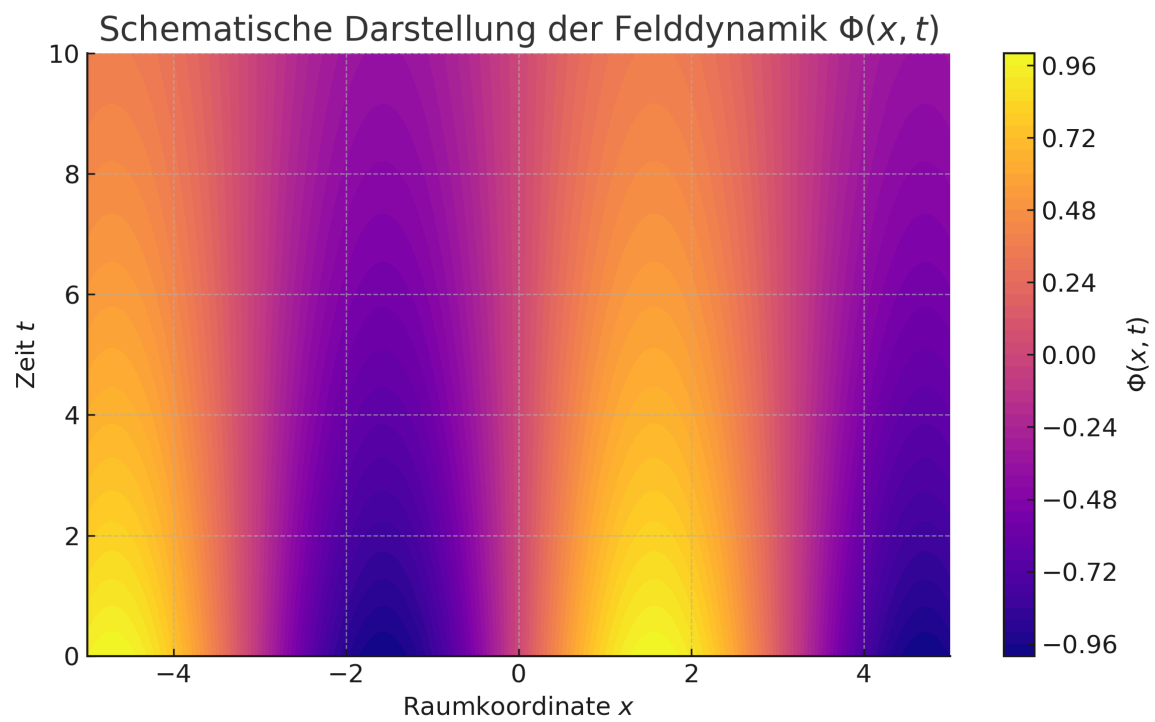


Figure 4: Field equation diagram

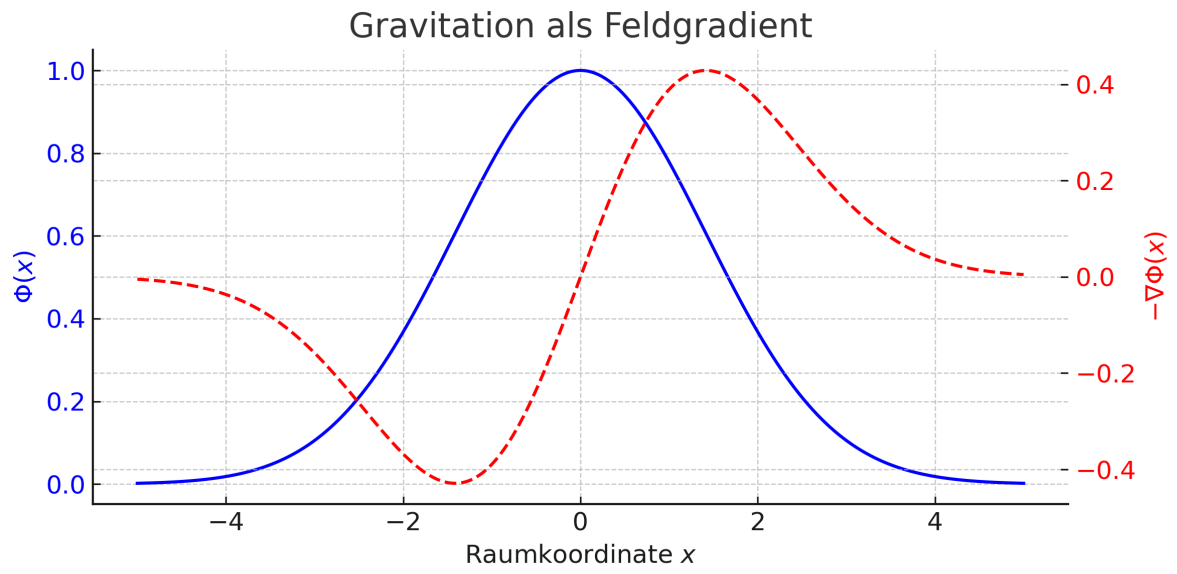


Figure 5: Gradient gravity

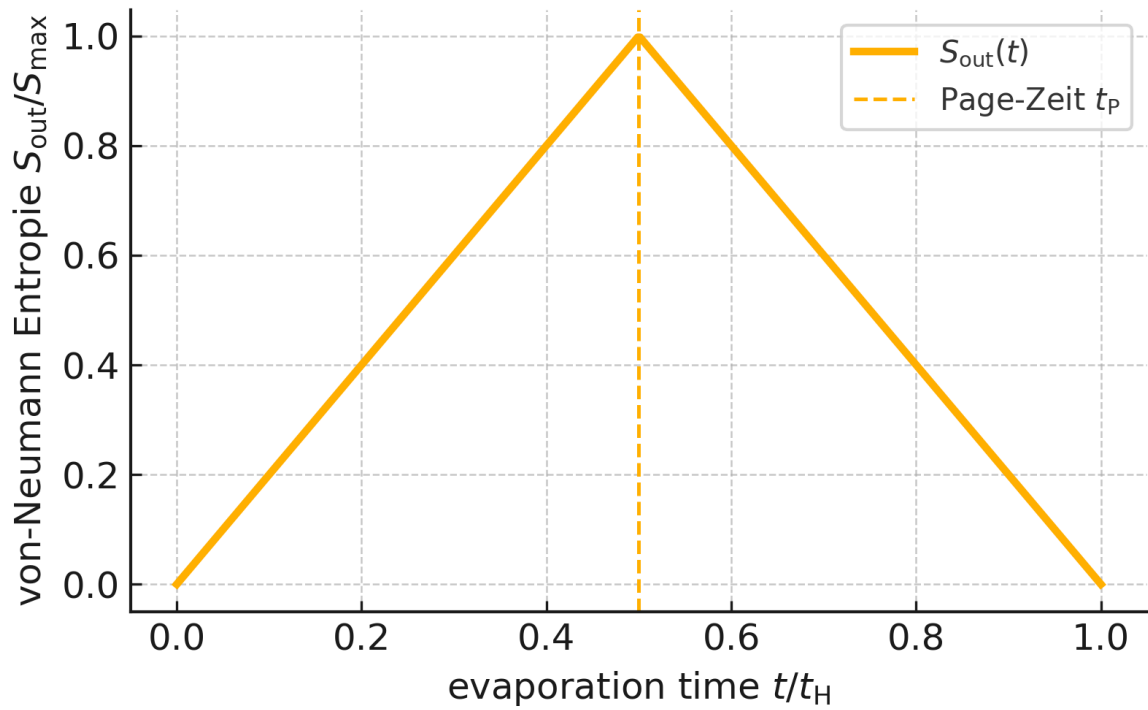


Figure 6: Page curve

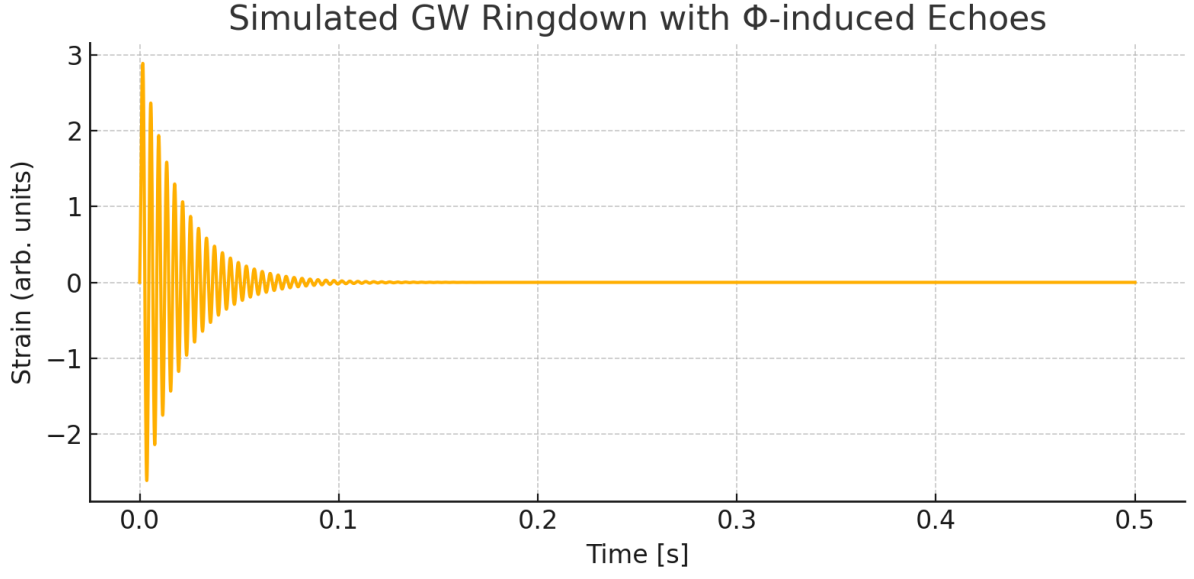


Figure 7: Echo signal

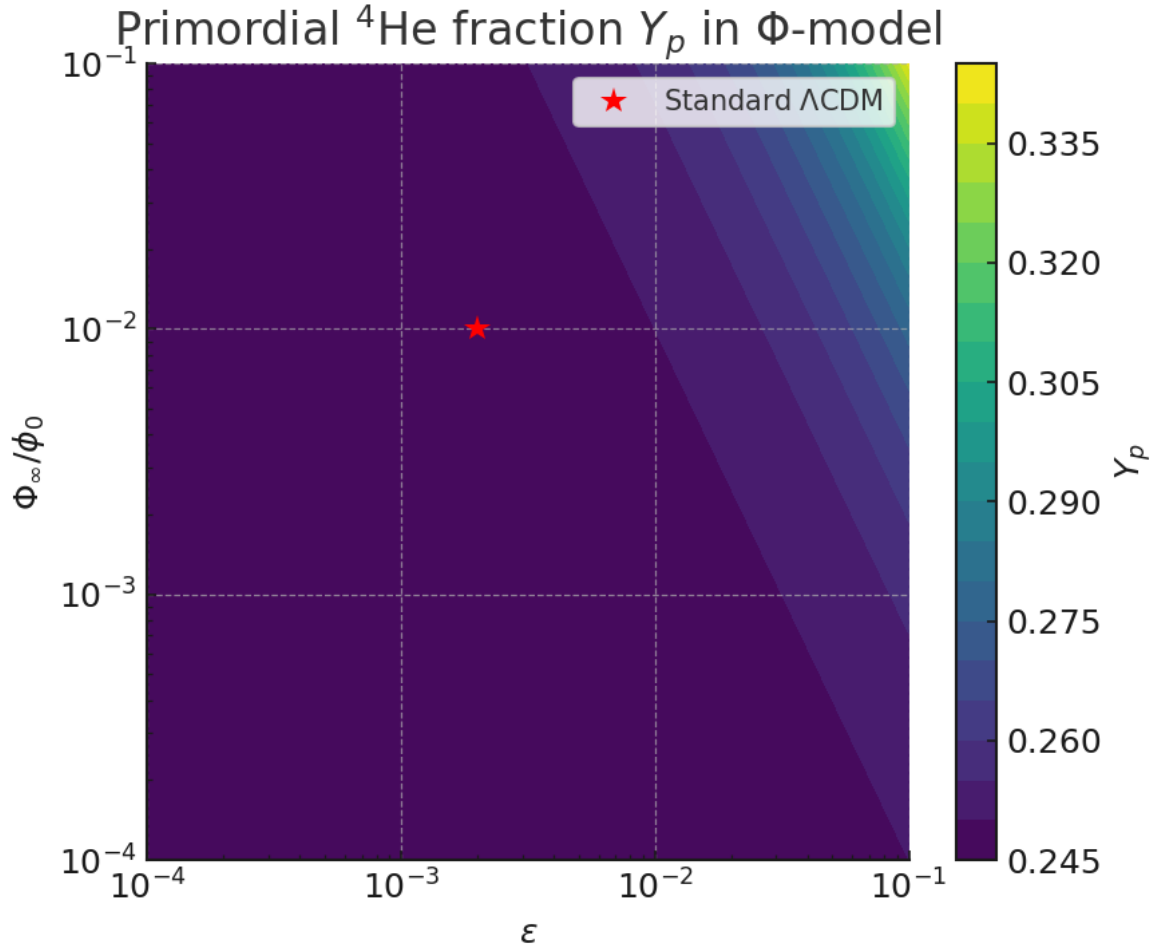


Figure 8: Bbn y_p contour

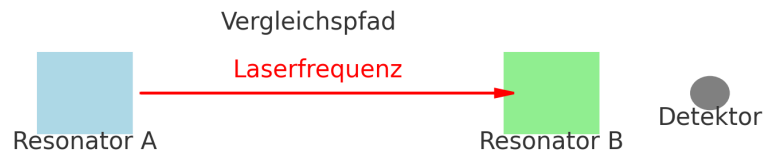


Figure 9: Hohlraumresonator skizze

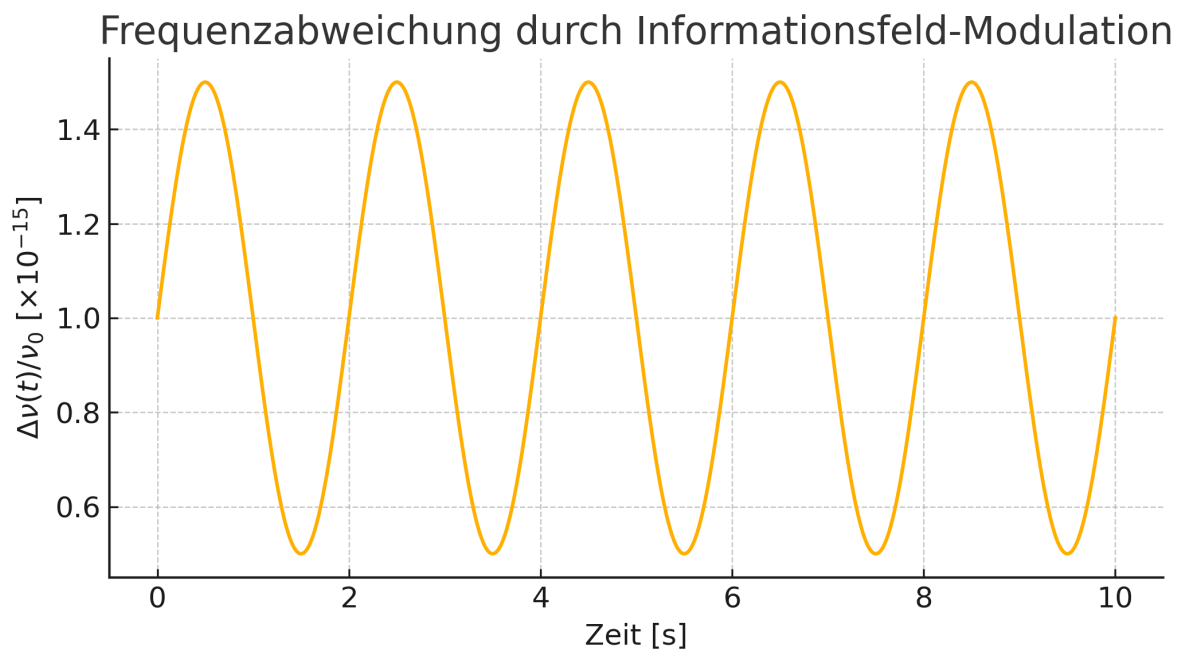


Figure 10: Frequenzabweichung resonator

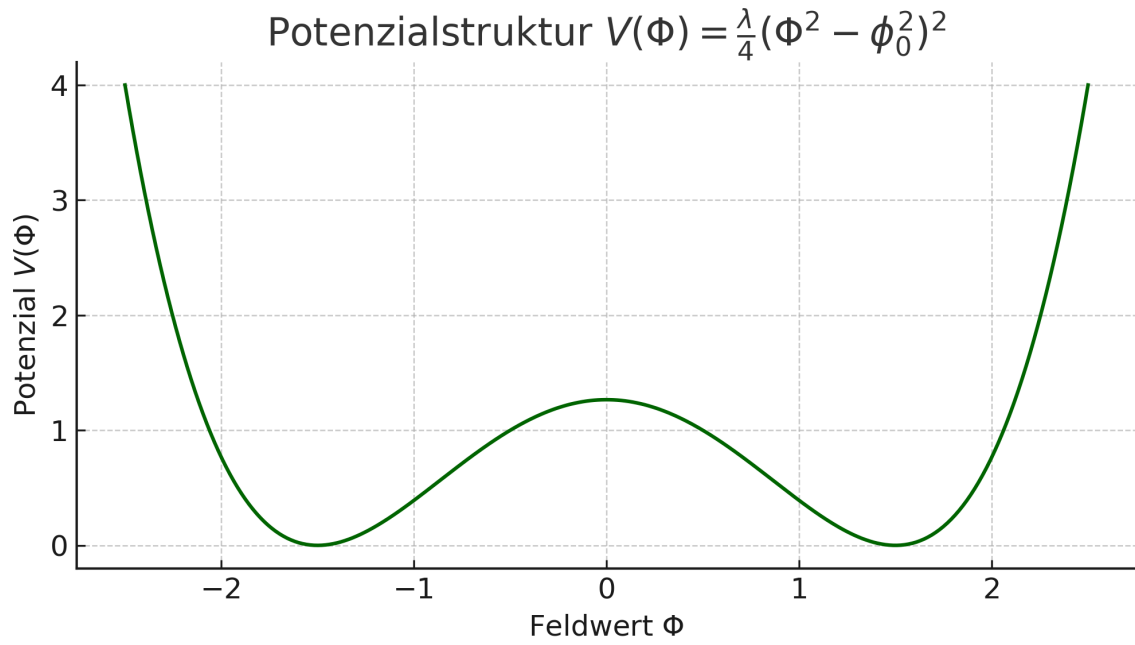


Figure 11: Potential structure

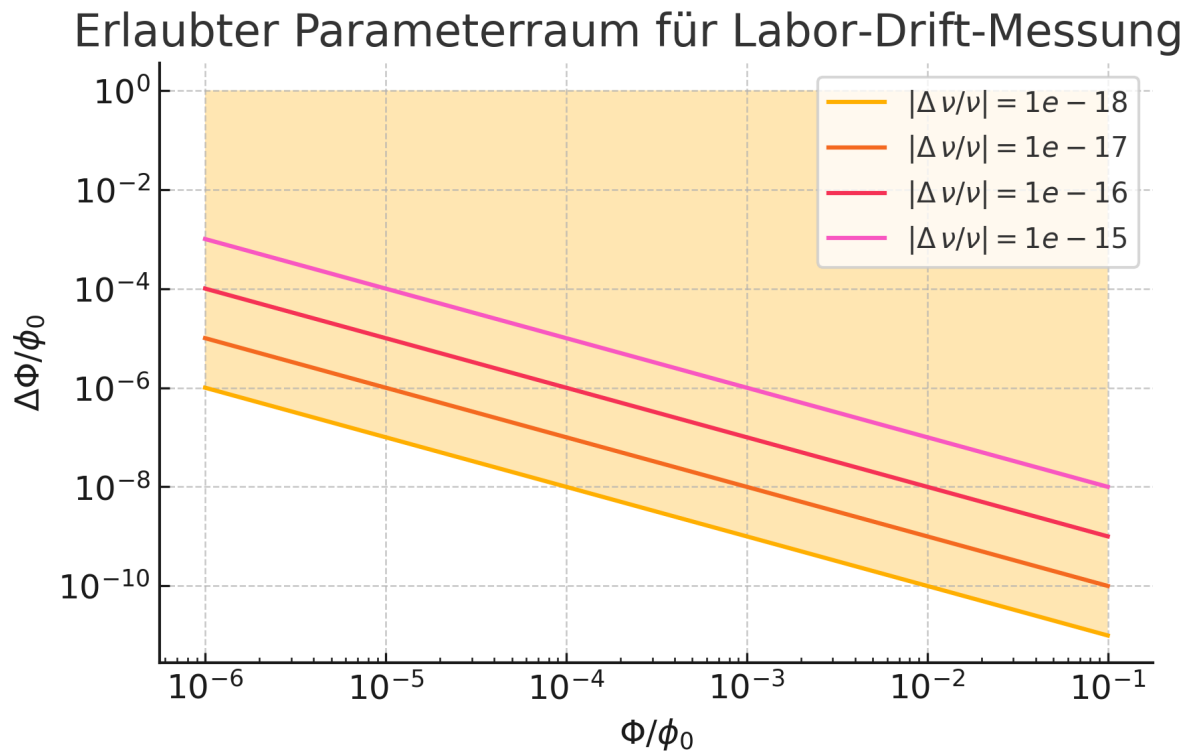


Figure 12: Parameterraum

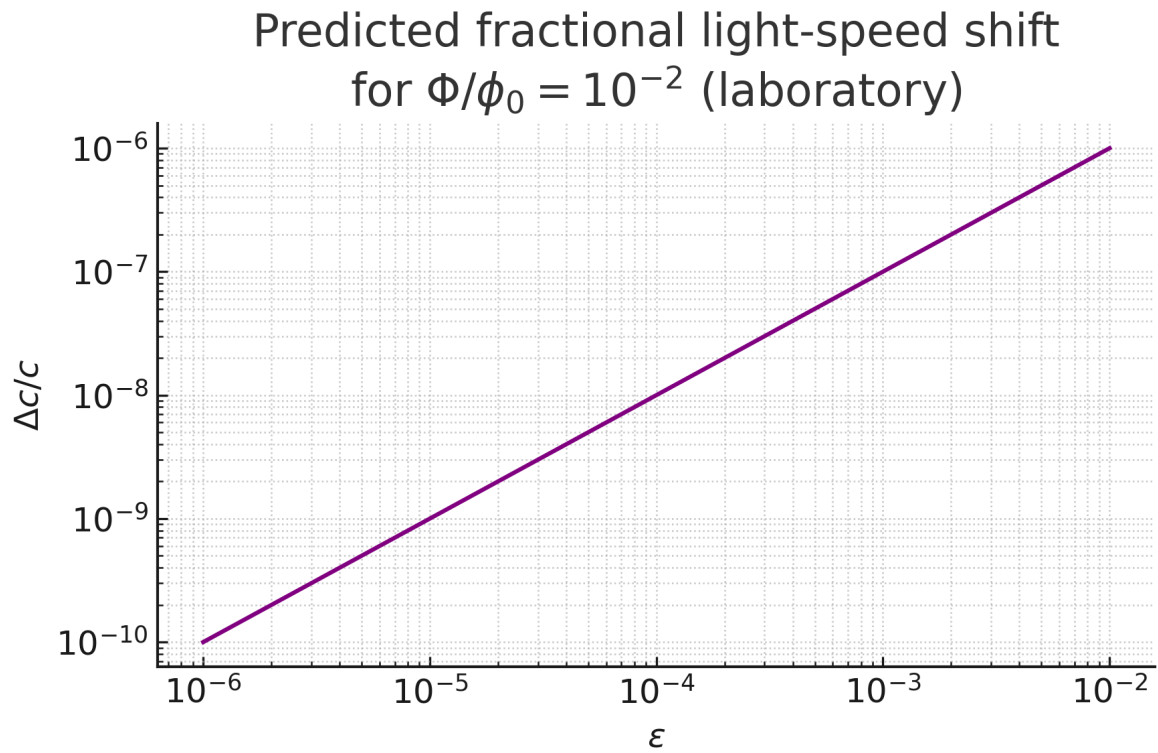


Figure 13: Lichtgeschwindigkeitsverschiebung

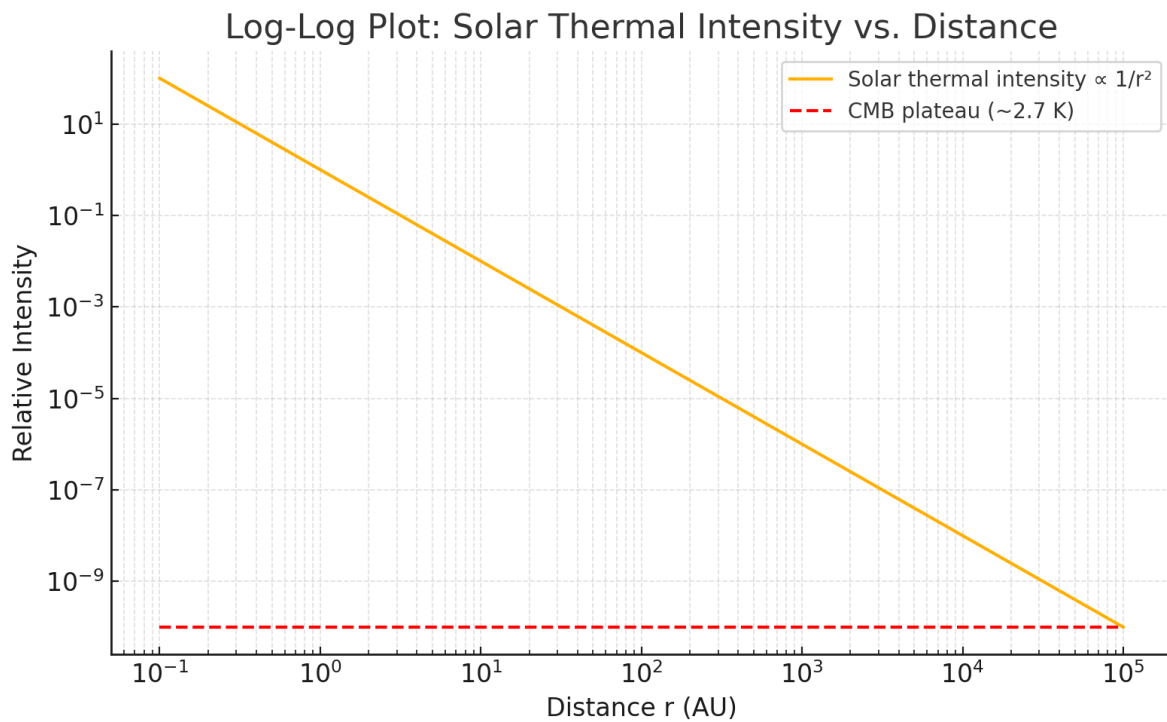


Figure 14: Laborintensität vs. Entfernung; CMB als Referenz

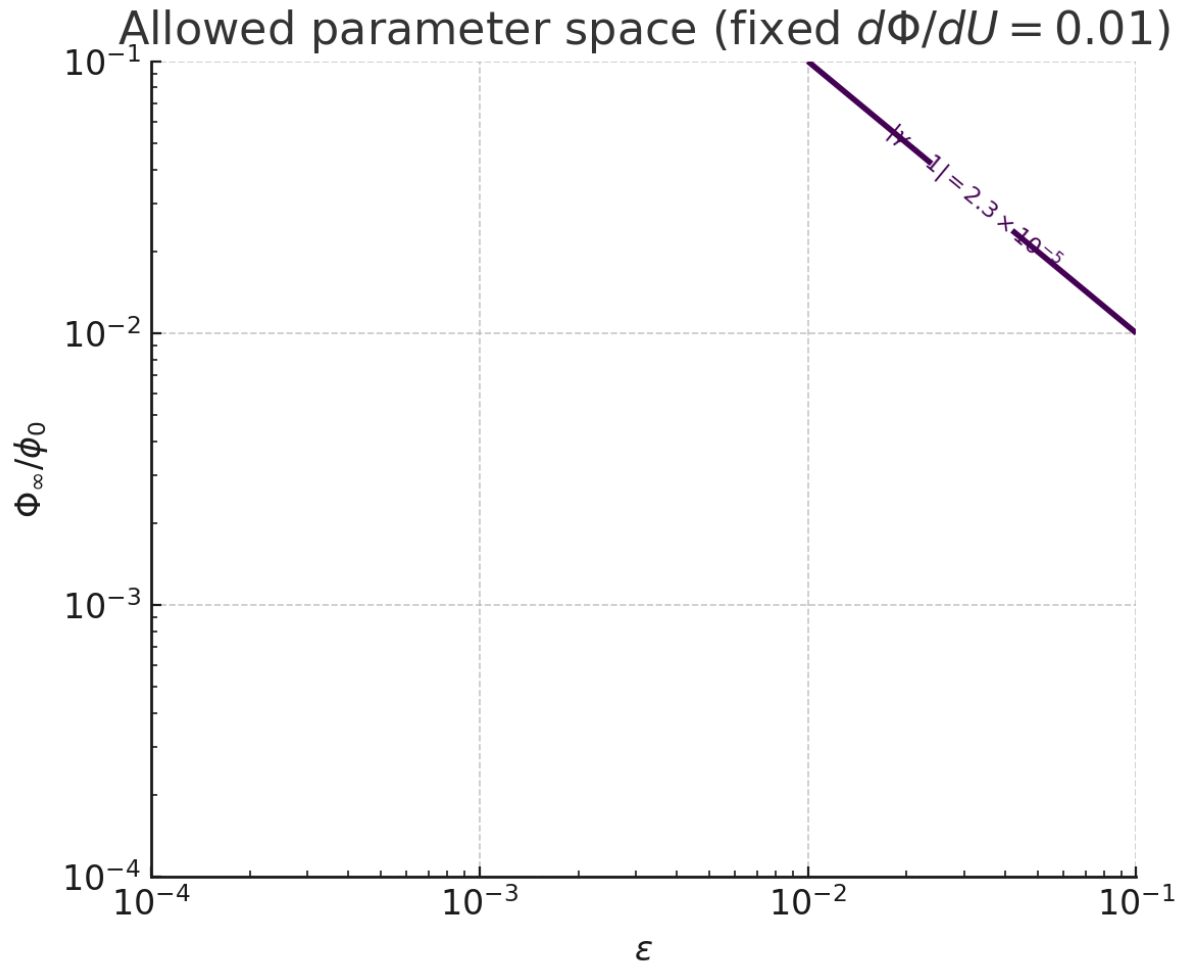


Figure 15: BBN-Constraint-Konturen für fixiertes $d\Phi/dU$

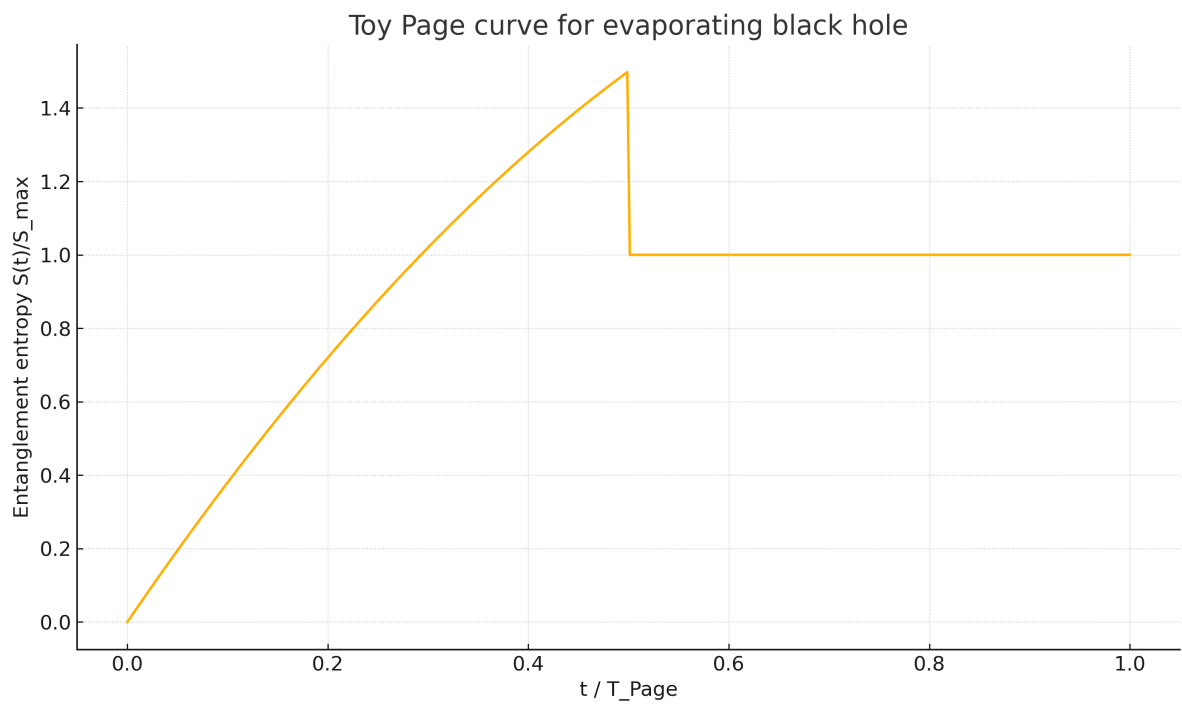


Figure 16: Spielzeug-Page-Kurve für ein schwarzes Loch der Masse $M = 10 M_{\odot}$