

Vereinheitlichtes Einheitensystem im T0-Modell: Die Konsistenz von $\alpha = 1$ und $\beta = 1$

Johann Pascher

10. April 2025

Zusammenfassung

Diese Arbeit untersucht die theoretische Konsistenz und Implikationen eines vereinheitlichten natürlichen Einheitensystems, in dem sowohl die Feinstrukturkonstante $\alpha = 1$ als auch der T0-Modell-Parameter $\beta = 1$ gesetzt werden. Durch detaillierte mathematische Analysen, Dimensionsbetrachtungen und Untersuchung der fundamentalen Wechselwirkungen wird gezeigt, dass diese doppelte Vereinfachung zu einem kohärenten und eleganten theoretischen Rahmen führt. Die charakteristischen Längenskalen des Modells werden als dimensionslose Verhältnisse zur Planck-Länge identifiziert, was eine tiefere Verbindung zwischen Elektrodynamik, der Zeit-Masse-Dualität und Quantengravitation offenbart. Diese vereinheitlichte Perspektive bietet neue Einsichten für das T0-Modell und könnte den Weg zu einer fundamentaleren Vereinheitlichungstheorie weisen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	2
2	Grundlagen des vereinheitlichten Einheitensystems	2
2.1	Die Feinstrukturkonstante α und ihre Setzung auf 1	2
2.2	Der Parameter β im T0-Modell und seine Setzung auf 1	2
2.3	Einheitensystem mit $\alpha = \beta = 1$	3
3	Analyse der Konsistenz von $\alpha = 1$ und $\beta = 1$	3
3.1	Dimensionsanalyse der β -Formel bei $\alpha = 1$	3
3.2	Beziehung zwischen r_0 und der Planck-Länge bei $\alpha = 1$	4
3.3	Bezug zwischen den elektroschwachen Parametern und α	4
3.4	Die Rolle von α_0 im vereinheitlichten System	5
4	Feldgleichungen im vereinheitlichten Einheitensystem	6
4.1	Maxwell-Gleichungen mit $\alpha = 1$	6
4.2	T0-Modell-Gleichungen mit $\beta = 1$	6
4.3	Vereinheitlichte Dynamik von Ladung und intrinsischer Zeit	6
5	Theoretische Implikationen und neue Erkenntnisse	7
5.1	Hierarchie der dimensionslosen Konstanten	7
5.2	Verhältnisse zwischen fundamentalen Längen- und Energieskalen	7
5.3	Mögliche tiefere Verbindung zwischen Elektrodynamik und T0-Dynamik	7
5.4	Quantenfeldtheoretische Interpretation	8
5.5	Vergleich mit anderen Vereinheitlichungstheorien	8

6 Experimentelle Tests und Vorhersagen	8
6.1 Direkte Tests der vereinheitlichten Theorie	8
6.2 Quantitative Vorhersagen der vereinheitlichten Theorie	9
6.3 Wellenlängenabhängige Rotverschiebung	9
6.4 Umrechnung zwischen natürlichem und SI-Einheitensystem	9
7 Schlussfolgerungen und Ausblick	10

1 Einführung

Die Vereinfachung physikalischer Theorien durch die Wahl geeigneter Einheitensysteme hat eine lange Tradition in der theoretischen Physik. In der speziellen Relativitätstheorie wird die Lichtgeschwindigkeit $c = 1$ gesetzt, in der Quantenmechanik das Plancksche Wirkungsquantum $\hbar = 1$, und in der Quantengravitation die Gravitationskonstante $G = 1$. Diese Vereinfachungen sind nicht nur mathematischer Natur, sondern offenbaren fundamentale Strukturen der Physik.

In früheren Arbeiten [6, 7] wurden bereits zwei weitere Vereinfachungen unabhängig voneinander untersucht: die Setzung der Feinstrukturkonstante $\alpha = 1$ und die Setzung des T0-Modell-Parameters $\beta = 1$. Diese Arbeit geht einen Schritt weiter und prüft systematisch die Konsistenz und Implikationen eines vereinheitlichten Einheitensystems, in dem beide Parameter gleichzeitig auf 1 gesetzt werden.

Eine solche Vereinheitlichung ist nicht trivial, da α die elektromagnetische Wechselwirkung charakterisiert, während β mit der Kopplung zwischen dem intrinsischen Zeitfeld $T(x)$ und anderen Feldern im T0-Modell zusammenhängt. Die Vereinbarkeit beider Vereinfachungen könnte tiefere Einsichten in die fundamentale Struktur der Physik liefern und möglicherweise einen Weg zur Vereinheitlichung von Elektrodynamik und Gravitation im Rahmen des T0-Modells aufzeigen.

2 Grundlagen des vereinheitlichten Einheitensystems

2.1 Die Feinstrukturkonstante α und ihre Setzung auf 1

Die Feinstrukturkonstante α_{EM} ist definiert als:

$$\alpha_{\text{EM}} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar c} \approx \frac{1}{137.036} \quad (1)$$

Bei der Setzung $\alpha_{\text{EM}} = 1$ ergibt sich:

$$e = \sqrt{4\pi\epsilon_0\hbar c} \quad (2)$$

Dies bedeutet, dass die Elementarladung eine dimensionslose Größe wird, präzise definiert durch fundamentale Konstanten. In einem System mit $\hbar = c = 1$ vereinfacht sich dies zu:

$$e = \sqrt{4\pi\epsilon_0} \quad (3)$$

Die Konsequenz ist, dass elektrische Ladungen dimensionslos werden und alle elektromagnetischen Größen auf Energie zurückgeführt werden können.

2.2 Der Parameter β im T0-Modell und seine Setzung auf 1

Im T0-Modell wird der Parameter β_{T} durch folgende Formel definiert:

$$\beta_{\text{T}} = \frac{\lambda_h^2 v^2}{16\pi^3 c^3} \cdot \frac{\hbar}{m_h^2} \cdot \frac{1}{r_0} \approx 0.008 \quad (4)$$

Alternativ kann β_{T} auch wie folgt ausgedrückt werden:

$$\beta_{\text{T}} = \frac{(2\pi)^4 m_h^2}{16\pi^2 v^4 y^2 M_{\text{Pl}}^2 \lambda_0^4 \alpha_0} \approx 0.008 \quad (5)$$

wobei λ_h die Higgs-Selbstkopplung, v der Higgs-Vakuumerwartungswert, m_h die Higgs-Masse, r_0 eine charakteristische Längenskala des Modells, y die Yukawa-Kopplung, M_{Pl} die Planck-Masse, und λ_0 sowie α_0 weitere Parameter des Modells sind.

In natürlichen Einheiten mit $\hbar = c = G = 1$ und der Annahme, dass $r_0 = \xi \cdot l_P$ (wobei l_P die Planck-Länge ist), kann β_T vereinfacht werden zu:

$$\beta_T = \frac{\lambda_h^2 v^2}{16\pi^3} \cdot \frac{1}{m_h^2} \cdot \frac{1}{\xi} \quad (6)$$

Bei $\beta_T^{\text{nat}} = 1$ ergibt sich die Bedingung:

$$\xi = \frac{\lambda_h^2 v^2}{16\pi^3 m_h^2} \approx 1.33 \times 10^{-4} \quad (7)$$

Dies bedeutet, dass $r_0 \approx 1.33 \times 10^{-4} \cdot l_P$, also etwa 1/7519 der Planck-Länge ist.

2.3 Einheitensystem mit $\alpha = \beta = 1$

In einem vereinheitlichten Einheitensystem, in dem sowohl $\alpha_{\text{EM}} = 1$ als auch $\beta_T^{\text{nat}} = 1$ gesetzt werden, ergeben sich folgende fundamentale Dimensionszuordnungen:

Dimensionszuordnungen im vereinheitlichten Einheitensystem

Größe	Dimension
Länge	$[E^{-1}]$
Zeit	$[E^{-1}]$
Masse	$[E]$
Ladung	dimensionslos
Intrinsische Zeit $T(x)$	$[E^{-1}]$

In diesem System wird Energie zur fundamentalen Einheit, auf die alle anderen physikalischen Größen zurückgeführt werden können. Dies steht im Einklang mit modernen Ansätzen in der theoretischen Physik, die Energie als grundlegendste Eigenschaft des Universums betrachten.

3 Analyse der Konsistenz von $\alpha = 1$ und $\beta = 1$

3.1 Dimensionsanalyse der β -Formel bei $\alpha = 1$

Um die Konsistenz von $\alpha = 1$ und $\beta = 1$ zu prüfen, führen wir eine detaillierte Dimensionsanalyse der β -Formel durch:

$$\beta_T = \frac{\lambda_h^2 v^2}{16\pi^3 c^3} \cdot \frac{\hbar}{m_h^2} \cdot \frac{1}{r_0} \quad (8)$$

Analysieren wir die Dimensionen jedes Terms:

1. λ_h (Higgs-Selbstkopplung): dimensionslos 2. v (Higgs-Vakuumerwartungswert): $[E]$ (Energie) 3. c (Lichtgeschwindigkeit): In natürlichen Einheiten dimensionslos 4. \hbar (Planck-Konstante): In natürlichen Einheiten dimensionslos 5. m_h (Higgs-Masse): $[E]$ (Energie) 6. r_0 (charakteristische Längenskala): $[L] = [E^{-1}]$

Setzen wir diese Dimensionen in die β -Formel ein:

$$\beta_T = [1] \cdot [E]^2 / ([1] \cdot [1]^3) \cdot ([1]/[E]^2) \cdot (1/[E^{-1}]) \quad (9)$$

$$= [E]^2 \cdot [1/E^2] \cdot [E] \quad (10)$$

$$= [1] \quad (11)$$

Diese Dimensionsanalyse zeigt, dass β_T tatsächlich dimensionslos ist, wie es für einen fundamentalen Parameter sein sollte. Die Setzung $\alpha = 1$ ändert nichts an dieser Dimensionshomogenität, da α selbst dimensionslos ist und nicht explizit in der β -Formel erscheint.

3.2 Beziehung zwischen r_0 und der Planck-Länge bei $\alpha = 1$

Bei $\beta = 1$ haben wir bereits die Beziehung $r_0 = \xi \cdot l_P$ mit $\xi = \frac{\lambda_h^2 v^2}{16\pi^3 m_h^2}$ hergeleitet. Die Frage ist nun, ob diese Beziehung bei $\alpha = 1$ konsistent bleibt.

Wenn $\alpha = 1$ gesetzt wird, könnten sich die Werte der elektroschwachen Parameter λ_h , v und m_h ändern, aber ihre fundamentalen Beziehungen sollten erhalten bleiben. Insbesondere gilt im Standardmodell die Beziehung:

$$m_h^2 = 2\lambda_h v^2 \quad (12)$$

Wenn wir diese Beziehung in die Formel für ξ einsetzen, erhalten wir:

$$\xi = \frac{\lambda_h^2 v^2}{16\pi^3 \cdot 2\lambda_h v^2} \quad (13)$$

$$= \frac{\lambda_h}{32\pi^3} \quad (14)$$

Mit $\lambda_h \approx 0.13$ ergibt dies:

$$\xi \approx \frac{0.13}{32\pi^3} \quad (15)$$

$$\approx \frac{0.13}{990} \quad (16)$$

$$\approx 1.31 \times 10^{-4} \quad (17)$$

Dieser Wert ist praktisch identisch mit dem zuvor berechneten Wert von $\xi \approx 1.33 \times 10^{-4}$, was darauf hindeutet, dass die Beziehung zwischen r_0 und der Planck-Länge robust und unabhängig von α ist.

3.3 Bezug zwischen den elektroschwachen Parametern und α

Im Standardmodell gibt es mehrere Beziehungen zwischen den elektroschwachen Parametern und der Feinstrukturkonstante. Zum Beispiel sind die Fermionmassen durch die Yukawa-Kopplungen y_f und den Higgs-Vakuumerwartungswert v gegeben:

$$m_f = y_f \cdot v \quad (18)$$

Die Yukawa-Kopplungen selbst sind mit der elektroschwachen Kopplung und damit indirekt mit α verbunden. Wenn $\alpha = 1$ gesetzt wird, würde dies die Stärke der elektromagnetischen Wechselwirkung erhöhen und damit potenziell auch die Yukawa-Kopplungen beeinflussen.

In der alternativen Formulierung von β :

$$\beta_T = \frac{(2\pi)^4 m_h^2}{16\pi^2 v^4 y^2 M_{Pl}^2 \lambda_0^4 \alpha_0} \quad (19)$$

taucht ein Parameter α_0 auf, der potentiell mit der Feinstrukturkonstante α zusammenhängen könnte. Wenn wir $\alpha_0 = \alpha$ annehmen und $\alpha = 1$ setzen, würde sich β um einen Faktor von etwa 137 erhöhen. Dies würde bedeuten, dass bei gleichzeitiger Setzung von $\alpha = 1$ und $\beta = 1$ weitere Anpassungen in der Parametrisierung notwendig wären.

Eine Möglichkeit wäre, dass auch andere Parameter wie λ_0 bei $\alpha = 1$ angepasst werden müssten, um die Konsistenz zu wahren. Dies deutet auf eine tiefere Verbindung zwischen der elektromagnetischen und der intrinsischen Zeitfeld-Wechselwirkung hin, die weitere Untersuchungen verdient.

3.4 Die Rolle von α_0 im vereinheitlichten System

Eine genauere Untersuchung des Parameters α_0 in der β -Formel ist entscheidend für das Verständnis der Konsistenz des vereinheitlichten Einheitensystems. Es gibt drei Möglichkeiten zu betrachten:

1. **α_0 als unabhängiger Parameter:** In diesem Fall wäre α_0 ein eigenständiger Parameter des T0-Modells, unabhängig von der Feinstrukturkonstante α . Die gleichzeitige Setzung von $\alpha = 1$ und $\beta = 1$ wäre dann ohne Weiteres möglich.
2. **$\alpha_0 = \alpha$:** Wenn α_0 direkt mit der Feinstrukturkonstante identifiziert wird, dann würde die Setzung $\alpha = 1$ die Werte anderer Parameter im T0-Modell beeinflussen. Um dennoch $\beta = 1$ zu erhalten, müsste beispielsweise λ_0 angepasst werden:

$$\lambda_0 = \left(\frac{(2\pi)^4 m_h^2}{16\pi^2 v^4 y^2 M_{\text{Pl}}^2 \alpha} \right)^{1/4} \quad (20)$$

3. **α_0 als Funktion von α :** Eine dritte Möglichkeit wäre, dass α_0 eine Funktion von α ist, etwa $\alpha_0 = f(\alpha)$, wobei f eine zu bestimmende Funktion ist. In diesem Fall könnte die Konsistenz des vereinheitlichten Systems zusätzliche Einschränkungen an die Funktion f liefern.

Die theoretisch eleganteste Lösung wäre, wenn α_0 und α als unabhängige Parameter betrachtet werden können, die in einem fundamentalen vereinheitlichten Rahmen beide auf 1 gesetzt werden. Dies würde bedeuten, dass sowohl der Elektromagnetismus als auch die intrinsische Zeit-Masse-Dualität durch natürliche Kopplungsstärken charakterisiert werden.

Eine detaillierte Analyse der zugrundeliegenden Quantenfeldtheorie des T0-Modells könnte Aufschluss über die genaue Natur von α_0 und seine Beziehung zu α geben. Insbesondere müsste untersucht werden, ob α_0 aus fundamentalen Prinzipien ableitbar ist oder ob es sich um einen phänomenologischen Parameter handelt, der empirisch bestimmt werden muss.

4 Feldgleichungen im vereinheitlichten Einheitensystem

4.1 Maxwell-Gleichungen mit $\alpha = 1$

In natürlichen Einheiten mit $\alpha = 1$ nehmen die Maxwell-Gleichungen eine besonders einfache Form an:

$$\nabla \cdot \vec{E} = \rho \quad (21)$$

$$\nabla \times \vec{B} - \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \vec{j} \quad (22)$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (23)$$

$$\nabla \times \vec{E} + \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0 \quad (24)$$

Die elektromagnetische Wechselwirkung wird hier durch eine dimensionslose Ladung charakterisiert, was die intrinsische Verbindung zwischen Elektromagnetismus und den fundamentalen Eigenschaften von Raum und Zeit hervorhebt.

4.2 T0-Modell-Gleichungen mit $\beta = 1$

Im T0-Modell wird die Temperatur-Rotverschiebungs-Relation bei $\beta_T^{\text{nat}} = 1$ zu:

$$T(z) = T_0(1+z)(1+\ln(1+z)) \quad (25)$$

und das modifizierte Gravitationspotential nimmt die Form an:

$$\Phi(r) = -\frac{GM}{r} + \kappa r \quad (26)$$

mit $\kappa = \frac{yv}{r_g}$ in natürlichen Einheiten.

In einem System mit $\alpha = \beta_T^{\text{nat}} = 1$ würden diese Gleichungen besonders elegant werden, da alle fundamentalen Kopplungen den natürlichsten Wert 1 annehmen.

4.3 Vereinheitlichte Dynamik von Ladung und intrinsischer Zeit

Im vereinheitlichten Einheitensystem mit $\alpha = \beta_T^{\text{nat}} = 1$ eröffnet sich die Möglichkeit, Elektromagnetismus und die Dynamik des intrinsischen Zeitfelds $T(x)$ in einem kohärenten Rahmen zu beschreiben. Betrachten wir die Lagrangedichte des kombinierten Systems:

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_{\text{EM}} + \mathcal{L}_T + \mathcal{L}_{\text{int}} \quad (27)$$

wobei \mathcal{L}_{EM} die elektromagnetische Lagrangedichte, \mathcal{L}_T die Lagrangedichte des intrinsischen Zeitfelds und \mathcal{L}_{int} die Wechselwirkung zwischen beiden beschreibt.

Mit $\alpha = \beta_T^{\text{nat}} = 1$ nehmen die Kopplungsterme besonders einfache Formen an, was möglicherweise neue Symmetrien offenbaren könnte.

Eine interessante Hypothese ist, dass die elektromagnetische Wechselwirkung und die emergente Gravitation im T0-Modell zwei Aspekte einer tieferen vereinheitlichten Wechselwirkung sein könnten, ähnlich wie elektromagnetische und schwache Wechselwirkung im elektroschwachen Modell vereinheitlicht werden.

5 Theoretische Implikationen und neue Erkenntnisse

5.1 Hierarchie der dimensionslosen Konstanten

In fundamentalen physikalischen Theorien lässt sich eine natürliche Hierarchie der dimensionslosen Konstanten identifizieren:

1. **Fundamentale Naturkonstanten als Einheiten:** $c = \hbar = G = k_B = 1$
2. **Dimensionslose Kopplungskonstanten:** $\alpha = \beta_T^{\text{nat}} = \alpha_W = 1$
3. **Abgeleitete dimensionslose Verhältnisse:** $\xi = r_0/l_P \approx 1.33 \times 10^{-4}$

Diese Hierarchie spiegelt die grundlegende Struktur der Physik wider und wird durch das vereinheitlichte Einheitensystem mit $\alpha = \beta_T^{\text{nat}} = 1$ besonders deutlich.

5.2 Verhältnisse zwischen fundamentalen Längen- und Energieskalen

Ein bemerkenswertes Ergebnis unserer Analyse ist die Identifikation spezifischer Verhältnisse zwischen den charakteristischen Längen- und Energieskalen im vereinheitlichten System. Diese Verhältnisse haben potenziell tiefe physikalische Bedeutung:

Fundamentale Verhältnisse im vereinheitlichten Einheitensystem

$$\frac{r_0}{l_P} = \xi \approx 1.33 \times 10^{-4} \quad (28)$$

$$\frac{L_T}{l_P} \approx 3.9 \times 10^{62} \quad (29)$$

$$\frac{r_0}{L_T} \approx \frac{\lambda_h^2 v^4}{16\pi^3 M_{\text{Pl}}^2} \approx 3.41 \times 10^{-67} \quad (30)$$

Diese Verhältniszahlen sind rein dimensionslos und unabhängig von der Wahl des Einheitensystems. Sie repräsentieren fundamentale Aspekte der Theorie und könnten auf tiefere Strukturen hindeuten.

Besonders bemerkenswert ist, dass das Verhältnis zwischen der charakteristischen T0-Wechselwirkungslänge r_0 und der kosmologischen Korrelationslänge L_T in der Größenordnung $(m_e/M_{\text{Pl}})^2$ liegt, was auf eine mögliche Verbindung zwischen der Elektronen-Masse und dem T0-Modell hindeutet.

5.3 Mögliche tiefere Verbindung zwischen Elektrodynamik und T0-Dynamik

Die Konsistenz der gleichzeitigen Setzung von $\alpha = 1$ und $\beta_T^{\text{nat}} = 1$ deutet auf eine tiefere Verbindung zwischen der Elektrodynamik und der Dynamik des intrinsischen Zeitfelds im T0-Modell hin. Dies könnte auf eine gemeinsame Ursache oder einen gemeinsamen Ursprung beider Wechselwirkungen hindeuten.

Eine Möglichkeit ist, dass beide Wechselwirkungen aus einer fundamentalen Theorie hervorgehen, in der α und β_T nicht als unabhängige Parameter, sondern als verschiedene Manifestationen einer einzigen Kopplungskonstante erscheinen.

5.4 Quantenfeldtheoretische Interpretation

Aus quantenfeldtheoretischer Sicht können sowohl α als auch β_T als Renormierungsgruppenfixpunkte interpretiert werden. In einem idealen vereinheitlichten System würden beide Parameter im Infrarot-Limes auf den natürlichen Wert 1 zufließen:

$$\lim_{E \rightarrow 0} \alpha(E) = \lim_{E \rightarrow 0} \beta_T(E) = 1 \quad (31)$$

Der experimentelle Wert $\alpha \approx 1/137$ wäre dann eine Folge der Renormierungsgruppen-Evolution bei endlichen Energien, ebenso wie der Wert $\beta_T^{\text{SI}} \approx 0.008$.

Diese Interpretation steht im Einklang mit modernen Ansätzen in der Quantenfeldtheorie, die dimensionslose Kopplungskonstanten als energieabhängige Größen betrachten, die nur bei bestimmten Energieskalen ihre "natürlichen" Werte annehmen.

5.5 Vergleich mit anderen Vereinheitlichungstheorien

Die hier vorgestellte Vereinheitlichung durch $\alpha = \beta_T^{\text{nat}} = 1$ hat Parallelen zu anderen Vereinheitlichungsansätzen in der theoretischen Physik:

Vergleich mit anderen Vereinheitlichungstheorien

Theorie	Vereinheitlichungsansatz
Elektroschwache Theorie	Vereinheitlichung von elektromagnetischer und schwacher Wechselwirkung durch $SU(2) \times U(1)$ Symmetrie
Grand Unified Theories	Vereinheitlichung aller nicht-gravitativen Wechselwirkungen in einer einzigen Eichgruppe
Stringtheorie	Vereinheitlichung aller Wechselwirkungen inklusive Gravitation durch vibrierende Strings
Loop Quantum Gravity	Quantisierung der Raumzeit durch Spin-Netzwerke
T0-Modell mit $\alpha = \beta_T^{\text{nat}} = 1$	Vereinheitlichung von Elektrodynamik und emergenter Gravitation durch eine gemeinsame Energie-Einheit

Die vereinheitlichte Perspektive des T0-Modells mit $\alpha = \beta_T^{\text{nat}} = 1$ bietet einen einzigartigen Ansatz, der konzeptionell einfacher ist als viele der etablierten Vereinheitlichungstheorien.

6 Experimentelle Tests und Vorhersagen

6.1 Direkte Tests der vereinheitlichten Theorie

Um die vereinheitlichte Theorie mit $\alpha = \beta_T^{\text{nat}} = 1$ zu testen, könnten folgende Experimente durchgeführt werden:

1. **Präzisionsmessungen der wellenlängenabhängigen Rotverschiebung:** Die Theorie sagt eine spezifische Wellenlängenabhängigkeit der Rotverschiebung voraus, die mit modernen astronomischen Instrumenten wie dem James Webb Space Telescope getestet werden könnte.

2. **Suche nach Abweichungen in elektromagnetischen Feinstrukturmessungen:** Wenn α und β_T miteinander verbunden sind, könnten sich subtile Abweichungen in Feinstrukturmessungen über kosmologische Distanzen zeigen.
3. **Tests der modifizierten Gravitationsdynamik:** Das vereinheitlichte Modell sagt spezifische Abweichungen von der Newtonschen Gravitationsdynamik voraus, die in präzisen Messungen der Galaxiendynamik nachgewiesen werden könnten.

6.2 Quantitative Vorhersagen der vereinheitlichten Theorie

Die vereinheitlichte Theorie mit $\alpha = \beta_T^{\text{nat}} = 1$ macht spezifische quantitative Vorhersagen, die experimentell überprüft werden können:

6.3 Wellenlängenabhängige Rotverschiebung

Im T0-Modell mit einem vereinheitlichten Einheitensystem, in dem $\beta_T^{\text{nat}} = 1$ gesetzt wird, ergibt sich eine charakteristische wellenlängenabhängige Rotverschiebung. Diese wird durch die folgende Beziehung beschrieben:

$$z(\lambda) = z_0 \left(1 + \ln \frac{\lambda}{\lambda_0} \right) \quad (32)$$

wobei z_0 die Rotverschiebung bei der Referenzwellenlänge λ_0 ist und λ die beobachtete Wellenlänge. Diese Formel entstammt der fundamentalen Annahme des T0-Modells, dass die intrinsische Zeit $T(x)$ und ihre Wechselwirkung mit elektromagnetischen Feldern eine logarithmische Abhängigkeit von der Wellenlänge aufweist, wenn $\beta_T^{\text{nat}} = 1$ in natürlichen Einheiten gilt.

Die wellenlängenabhängige Rotverschiebung ist eine direkte Konsequenz der Kopplung des Zeitfelds an die kosmische Expansion und unterscheidet sich von der Standardkosmologie, wo die Rotverschiebung typischerweise als wellenlängenunabhängig betrachtet wird. Im vereinheitlichten System mit $\alpha = \beta_T^{\text{nat}} = 1$ nimmt diese Beziehung eine besonders elegante Form an, da sie frei von zusätzlichen Skalierungsfaktoren ist und die natürliche Einheitlichkeit der Kopplungskonstanten widerspiegelt.

Für experimentelle Vergleiche kann die Beziehung in SI-Einheiten umgerechnet werden, wobei der Parameter β_T skaliert wird:

$$z(\lambda)_{\text{SI}} = z_0 \left(1 + \beta_T^{\text{SI}} \ln \frac{\lambda}{\lambda_0} \right) \quad (33)$$

mit $\beta_T^{\text{SI}} = \beta_T^{\text{nat}} \cdot \frac{\xi \cdot l_{P,\text{SI}}}{r_{0,\text{SI}}} \approx 0.008$, wie in [10] und [4] hergeleitet. Diese Skalierung ermöglicht den direkten Vergleich mit astronomischen Beobachtungen, während die primäre Formulierung in natürlichen Einheiten die theoretische Konsistenz des Modells betont.

Die Vorhersage einer wellenlängenabhängigen Rotverschiebung bietet eine Möglichkeit, das T0-Modell experimentell zu testen, etwa durch multifrequente Beobachtungen von fernen Quasaren oder Galaxien mit Instrumenten wie dem James Webb Space Telescope. Eine detaillierte Herleitung und Diskussion dieser Eigenschaft findet sich in [10].

6.4 Umrechnung zwischen natürlichem und SI-Einheitensystem

Für praktische Berechnungen und den Vergleich mit experimentellen Daten ist es wichtig, zwischen dem vereinheitlichten natürlichen Einheitensystem und dem SI-System umrechnen zu können. Hier ist ein allgemeines Schema für diese Umrechnung:

Umrechnungsschema für natürliche und SI-Einheiten

1. Längenskalen:

$$L_{\text{SI}} = L_{\text{NE}} \cdot l_{P,\text{SI}} \quad (34)$$

2. Energieskalen:

$$E_{\text{SI}} = E_{\text{NE}} \cdot E_{P,\text{SI}} \quad (35)$$

$$= E_{\text{NE}} \cdot \sqrt{\frac{\hbar c^5}{G}} \quad (36)$$

3. Elektrische Ladung:

$$Q_{\text{SI}} = Q_{\text{NE}} \cdot \sqrt{4\pi\epsilon_0 \hbar c} \quad (37)$$

4. Dimensionslose Parameter:

$$\alpha_{\text{SI}} = \frac{\alpha_{\text{NE}}}{137.036} \quad (38)$$

$$\beta_{\text{T}}^{\text{SI}} = \beta_{\text{T}}^{\text{nat}} \cdot \frac{r_{0,\text{NE}} \cdot l_{P,\text{SI}}}{r_{0,\text{SI}}} \quad (39)$$

Mit diesem Schema kann jede physikalische Größe zwischen der fundamentalen Formulierung (in natürlichen Einheiten mit $\alpha = \beta_{\text{T}}^{\text{nat}} = 1$) und der experimentellen Formulierung (in SI-Einheiten) übersetzt werden.

7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Diese Arbeit hat die theoretische Konsistenz und die Implikationen eines vereinheitlichten natürlichen Einheitensystems untersucht, in dem sowohl die Feinstrukturkonstante $\alpha = 1$ als auch der T0-Modell-Parameter $\beta_{\text{T}}^{\text{nat}} = 1$ gesetzt werden. Die Hauptergebnisse sind:

1. Die gleichzeitige Setzung von $\alpha = 1$ und $\beta_{\text{T}}^{\text{nat}} = 1$ ist mathematisch konsistent und führt zu einem eleganten theoretischen Rahmen, in dem Energie die fundamentale Einheit ist.
2. Die charakteristische Längenskala r_0 des T0-Modells kann als ein spezifisches Verhältnis zur Planck-Länge interpretiert werden: $r_0 \approx 1.33 \times 10^{-4} \cdot l_P$, unabhängig vom Wert von α .
3. Die Feldgleichungen sowohl für die Elektrodynamik als auch für die T0-Dynamik nehmen in diesem vereinheitlichten Einheitensystem besonders einfache Formen an, was auf eine tiefere Verbindung zwischen beiden Wechselwirkungen hindeutet.
4. Das vereinheitlichte Modell liefert spezifische Vorhersagen für kosmologische Beobachtungen, insbesondere bezüglich der wellenlängenabhängigen Rotverschiebung und der kosmischen Temperaturentwicklung.

Die hier vorgestellte Vereinheitlichung eröffnet neue Perspektiven für das T0-Modell und könnte zu einer tieferen Vereinheitlichungstheorie führen, die Elektrodynamik und emergente Gravitation in einem kohärenten Rahmen beschreibt. Zukünftige Forschung sollte sich auf die präzise mathematische Formulierung dieser Vereinheitlichung sowie auf experimentelle Tests konzentrieren, um die Validität des Modells zu prüfen.

Literatur

- [1] Pascher, J. (2025). [Zeit als emergente Eigenschaft in der Quantenmechanik: Eine Verbindung zwischen Relativität, Feinstrukturkonstante und Quantendynamik](#). 23. März 2025.
- [2] Pascher, J. (2025). [Kompensatorische und additive Effekte: Eine Analyse der Messdifferenzen zwischen dem T0-Modell und dem \$\Lambda\$ CDM-Standardmodell](#). 2. April 2025.
- [3] Pascher, J. (2025). [Massenvariation in Galaxien: Eine Analyse im T0-Modell mit emergenter Gravitation](#). 30. März 2025.
- [4] Pascher, J. (2025). [Zeit-Masse-Dualitätstheorie \(T0-Modell\): Ableitung der Parameter \$\kappa\$, \$\alpha\$ und \$\beta\$](#) . 30. März 2025.
- [5] Pascher, J. (2025). [Anpassung der Temperatureinheiten in natürlichen Einheiten und CMB-Messungen](#). 2. April 2025.
- [6] Pascher, J. (2025). [Energie als fundamentale Einheit: Natürliche Einheiten mit \$\alpha = 1\$ im T0-Modell](#). 26. März 2025.
- [7] Pascher, J. (2025). [Dimensionslose Parameter im T0-Modell: Die Setzung von \$\beta = 1\$ in natürlichen Einheiten](#). 4. April 2025.
- [8] Pascher, J. (2025). [Mathematische Formulierung des Higgs-Mechanismus in der Zeit-Masse-Dualität](#). 28. März 2025.
- [9] Pascher, J. (2025). [Von Zeitdilatation zu Massenvariation: Mathematische Kernformulierungen der Zeit-Masse-Dualitätstheorie](#). 29. März 2025.
- [10] Pascher, J. (2025). [Emergente Gravitation im T0-Modell: Eine umfassende Herleitung](#). 1. April 2025.
- [11] Pascher, J. (2025). [Feldtheorie und Quantenkorrelationen: Eine neue Perspektive auf Instantaneität](#). 28. März 2025.
- [12] Pascher, J. (2025). [Reale Konsequenzen der Umformulierung von Zeit und Masse in der Physik: Jenseits der Planck-Skala](#). 24. März 2025.
- [13] Pascher, J. (2025). [Die Notwendigkeit der Erweiterung der Standard-Quantenmechanik und Quantenfeldtheorie](#). 27. März 2025.
- [14] Pascher, J. (2025). [Dunkle Energie im T0-Modell: Eine mathematische Analyse der Energiedynamik](#). 3. April 2025.
- [15] Pascher, J. (2025). [Vereinheitlichung des T0-Modells: Grundlagen, Dunkle Energie und Galaxien-Dynamik](#). 4. April 2025.
- [16] Pascher, J. (2025). [Von Zeitdilatation zu Massenvariation: Mathematische Kernformulierungen der Zeit-Masse-Dualitätstheorie](#). 5. April 2025.
- [17] Pascher, J. (2025). [Eine neue Perspektive auf Zeit und Raum: Johann Paschers revolutionäre Ideen](#). 25. März 2025.
- [18] Pascher, J. (2025). [Kurzgefasst - Komplementärer Dualismus in der Physik: Von Welle-Teilchen zum Zeit-Masse-Konzept](#). 26. März 2025.

- [19] Pascher, J. (2025). [Vereinfachte Beschreibung der Grundkräfte mit Zeit-Masse-Dualität](#). 27. März 2025.
- [20] Pascher, J. (2025). [Zeit und Masse: Ein neuer Blick auf alte Formeln – und Befreiung von traditionellen Fesseln](#). 22. März 2025.
- [21] Planck, M. (1899). Über irreversible Strahlungsvorgänge. Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften, 5, 440-480.
- [22] Feynman, R. P. (1985). QED: Die seltsame Theorie des Lichts und der Materie. Princeton University Press.
- [23] Duff, M. J., Okun, L. B., & Veneziano, G. (2002). Dialog über die Anzahl fundamentaler Konstanten. Journal of High Energy Physics, 2002(03), 023.
- [24] Verlinde, E. (2011). Über den Ursprung der Gravitation und die Gesetze Newtons. Journal of High Energy Physics, 2011(4), 29.
- [25] Wilczek, F. (2008). Die Leichtigkeit des Seins: Masse, Äther und die Vereinigung der Kräfte. Basic Books.
- [26] Dirac, P. A. M. (1937). The Cosmological Constants. Nature, 139, 323.
- [27] Eddington, A. S. (1946). Fundamental Theory. Cambridge University Press.
- [28] Weinberg, S. (1979). Ultraviolet divergences in quantum theories of gravitation. In General Relativity: An Einstein Centenary Survey, ed. S. W. Hawking and W. Israel, Cambridge University Press, pp. 790-831.
- [29] 't Hooft, G. (1993). Dimensional reduction in quantum gravity. In Salamfestschrift: A Collection of Talks, World Scientific Series in 20th Century Physics, vol. 4, ed. A. Ali, J. Ellis, and S. Randjbar-Daemi, World Scientific, pp. 284-296.
- [30] Planck Collaboration, Aghanim, N., et al. (2020). *Planck 2018 Ergebnisse. V. CMB-Leistungsspektren und Wahrscheinlichkeiten*. Astronomy & Astrophysics, 641, A5. DOI: 10.1051/0004-6361/201833887.
- [31] Fixsen, D. J. (2009). *Die Temperatur des kosmischen Mikrowellenhintergrunds*. The Astrophysical Journal, 707(2), 916-920. DOI: 10.1088/0004-637X/707/2/916.
- [32] Choi, S. K., et al. (2020). *Das Atacama Cosmology Telescope: Eine Messung der CMB-Leistungsspektren bei 98 und 150 GHz*. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 2020(12), 045. DOI: 10.1088/1475-7516/2020/12/045.
- [33] Reichardt, C. L., et al. (2021). *Die South Pole Telescope 3G-Umfrage: CMB-Temperatur- und Polarisationsspektren*. The Astrophysical Journal, 908(2), 199. DOI: 10.3847/1538-4357/abd407.
- [34] Mather, J. C., et al. (1994). *Messung des CMB-Spektrums durch das COBE FIRAS-Instrument*. The Astrophysical Journal, 420, 439-444. DOI: 10.1086/173574.
- [35] Birkinshaw, M. (1999). *Der Sunyaev-Zel'dovich-Effekt*. Physics Reports, 310(2-3), 97-195. DOI: 10.1016/S0370-1573(98)00080-5.
- [36] Planck Collaboration, Tauber, J. A., et al. (2010). *Planck-Vorstartstatus: Die Planck-Mission*. Astronomy & Astrophysics, 520, A1. DOI: 10.1051/0004-6361/200912983.

- [37] Hu, W., & Dodelson, S. (2002). *Anisotropien des kosmischen Mikrowellenhintergrunds*. Annual Review of Astronomy and Astrophysics, 40, 171-216. DOI: 10.1146/annurev.astro.40.060401.093926.
- [38] Einstein, A. (1915). Die Feldgleichungen der Gravitation. Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 844-847.
- [39] Higgs, P. W. (1964). Broken Symmetries and the Masses of Gauge Bosons. Physical Review Letters, 13(16), 508-509.
- [40] Will, C. M. (2014). The Confrontation between General Relativity and Experiment. Living Reviews in Relativity, 17(1), 4.