

Energie als fundamentale Einheit: Natürliche Einheiten mit $\alpha_{\text{EM}} = 1$ im T0-Modell

Johann Pascher

25. März 2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in das vereinheitlichte Einheitensystem	2
1.1	Von natürlichen Einheiten zum vollständig vereinheitlichten System . . .	2
1.2	Konzept der Energie als fundamentale Einheit	2
2	Extrapolation der Physik jenseits bekannter Grenzen	3
2.1	Physik jenseits der Lichtgeschwindigkeit	3
2.2	Konsequenzen für Kausalität und Information	3
3	Einführung in die Feinstrukturkonstante α_{EM}	3
3.1	Natürliche Einheiten mit $\alpha_{\text{EM}} = 1$	4
3.2	Energie als fundamentale Einheit	4
3.3	Vereinfachte Grundgleichungen	4
3.4	Tabelle der umgeformten Größen	4
3.5	Kosmologische Implikationen	5
4	Herleitung des Planckschen Wirkungsquantums	5
4.1	Verbindung zu elektromagnetischen Konstanten	5
4.2	Alternative Herleitungsansätze	6
5	Alternative Formulierungen der Feinstrukturkonstante	7
5.1	Standarddefinition der Feinstrukturkonstante	7
5.2	Mit klassischem Elektronenradius	7
6	Wien'sche Konstante α_{W} im vereinheitlichten Einheitensystem	7
7	Der T0-Parameter β_{T} im vereinheitlichten Einheitensystem	8
7.1	Herleitung aus fundamentalen Parametern	8
7.2	Physikalische Manifestationen von β_{T}	8
7.3	Verbindung zu anderen dimensionslosen Konstanten	9
8	Herleitung der Gravitationskonstante G	9
9	Spekulative Erweiterungen des T0-Modells	9
9.1	Modifizierte Energie-Impuls-Beziehung	10
9.2	Physik jenseits der Lichtgeschwindigkeit	10
9.3	Experimentelle Signaturen	11

10	Dimensionsanalyse mit SI-Einheiten	11
10.1	Prüfung der Dimensionskonsistenz	11
10.2	Übereinstimmung empirischer und theoretischer Werte	11
11	Repräsentation als Planck-Größen	12
12	Implikationen für Photonen im T0-Modell	12
13	Betrachtungen jenseits der Planck-Skala	12
13.1	Absolutzeit und intrinsische Zeit im T0-Modell	12
13.2	Verbindung zu Planck-Einheiten	12
14	Konsequenzen eines vollständig vereinheitlichten Einheitensystems	13
14.1	Philosophische Implikationen	13
15	Zusammenfassung und Ausblick	13

1 Einführung in das vereinheitlichte Einheitensystem

1.1 Von natürlichen Einheiten zum vollständig vereinheitlichten System

In der theoretischen Physik werden verschiedene Systeme natürlicher Einheiten verwendet, um die mathematische Formulierung physikalischer Gesetze zu vereinfachen. Die bekanntesten sind:

- **Natürliche Einheiten:** $\hbar = c = 1$
- **Planck-Einheiten:** $\hbar = c = G = 1$
- **Elektrodynamische natürliche Einheiten:** $\hbar = c = \alpha_{\text{EM}} = 1$
- **Thermodynamische natürliche Einheiten:** $\hbar = c = k_B = \alpha_W = 1$

Das T0-Modell führt zu einem vollständig vereinheitlichten Einheitensystem, in dem zusätzlich

$$\beta_T = \alpha_{\text{EM}} = \alpha_W = 1 \quad (1)$$

gesetzt wird. In diesem System werden alle physikalischen Größen auf die Dimension der Energie zurückgeführt:

Dimensionen im vereinheitlichten Einheitensystem

- Länge: $[L] = [E^{-1}]$
- Zeit: $[T] = [E^{-1}]$
- Masse: $[M] = [E]$
- Temperatur: $[T_{\text{emp}}] = [E]$
- Elektrische Ladung: $[Q] = [1]$ (dimensionslos)
- Intrinsische Zeit: $[T(x)] = [E^{-1}]$

Dieses vereinheitlichte System offenbart fundamentale Zusammenhänge zwischen scheinbar unterschiedlichen physikalischen Phänomenen und ermöglicht eine elegantere mathematische Formulierung des T0-Modells.

1.2 Konzept der Energie als fundamentale Einheit

Diese Arbeit untersucht auch die Konsequenzen der Annahme, dass die Feinstrukturkonstante $\alpha_{\text{EM}} = 1$ in einem System natürlicher Einheiten ($\hbar = c = 1$) gesetzt wird, mit Anwendung auf das T0-Modell der Zeit-Masse-Dualität. Dabei wird Energie als fundamentale Einheit identifiziert, auf die alle physikalischen Größen zurückgeführt werden können. Die Analyse umfasst dimensionale Umformulierungen, vereinfachte Grundgleichungen und kosmologische Implikationen im Kontext des T0-Modells, das absolute Zeit und variable Masse postuliert.

2 Extrapolation der Physik jenseits bekannter Grenzen

2.1 Physik jenseits der Lichtgeschwindigkeit

Die Lichtgeschwindigkeit c gilt in der Standardphysik als absolute Grenze für Materie und Signalübertragung, eine direkte Konsequenz der Lorentz-Transformation und der Relativitätstheorie. Innerhalb dieses Rahmens wurden alle fundamentalen Konstanten und die Planck-Skala definiert. Dennoch könnte diese Grenze nur innerhalb unseres aktuellen theoretischen Modells gelten. Im T0-Modell mit seiner fundamentalen Zeit-Masse-Dualität könnte eine alternative Interpretation möglich sein:

- **Reinterpretation der Massenvariation:** Im T0-Modell ist Masse $m = \frac{\hbar}{T(x)c^2}$ durch das intrinsische Zeitfeld bestimmt. Die relativistische Massenänderung $m = m_0/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ kann als Variation von $T(x)$ interpretiert werden.
- **Modifizierte Transformationsgesetze:** Im vereinheitlichten Einheitensystem mit $c = 1$ könnten erweiterte Transformationen Bereiche mit $v > 1$ ohne Kausalitätsverletzungen beschreiben, wobei die fundamentale Beziehung $m = \frac{\hbar}{T(x)c^2}$ erhalten bleibt.
- **Erweiterte Konstanten:** Mit $\alpha_{\text{EM}} = \beta_{\text{T}} = \alpha_{\text{W}} = 1$ ergibt sich ein konsistenter Rahmen, der auch jenseits der Lichtgeschwindigkeit gültig sein könnte.

Diese spekulativen Überlegungen werden im Abschnitt über spekulative Erweiterungen des T0-Modells vertieft.

2.2 Konsequenzen für Kausalität und Information

Im T0-Modell mit seiner Zeit-Masse-Dualität könnte Kausalität neu interpretiert werden:

- **Zeitfeldbasierte Kausalität:** Kausale Zusammenhänge könnten durch die Geometrie des Zeitfeldes $T(x)$ bestimmt werden, nicht durch Lichtkegelstrukturen.
- **Nicht-lokale Informationsübertragung:** Die scheinbare Nicht-Lokalität der Quantenmechanik könnte durch die intrinsische Zeitfeldstruktur erklärt werden, ohne überlichtschnelle Signalübertragung zu erfordern.
- **Massenabhängige Kausalstruktur:** Da $m = \frac{\hbar}{T(x)c^2}$, könnten kausale Zusammenhänge massenabhängig sein, was zu einer natürlichen Erklärung für Quantenkorrelationen führen könnte.

3 Einführung in die Feinstrukturkonstante α_{EM}

Die Feinstrukturkonstante α_{EM} beschreibt die Stärke der elektromagnetischen Wechselwirkung zwischen Elementarteilchen und ist in der Quantenelektrodynamik zentral. Sie wird definiert als:

$$\alpha_{\text{EM}} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar c} \approx \frac{1}{137.035999}. \quad (2)$$

Im vereinheitlichten Einheitensystem setzen wir $\alpha_{\text{EM}} = 1$, was bedeutet, dass die elektrische Ladung e dimensionslos wird und ihren Wert direkt aus den elektromagnetischen Vakuumkonstanten erhält:

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

Diese Setzung führt zu einer signifikanten Vereinfachung der elektromagnetischen Gleichungen und offenbart die fundamentale Natur der elektromagnetischen Wechselwirkung als Teil des vereinheitlichten Rahmens.

3.1 Natürliche Einheiten mit $\alpha_{\text{EM}} = 1$

In der theoretischen Physik werden üblicherweise c und \hbar auf eins gesetzt, wie von Planck eingeführt [13]. Hier untersuchen wir die Konsequenzen, wenn zusätzlich die Feinstrukturkonstante $\alpha_{\text{EM}} = 1$ gesetzt wird.

Satz 3.1 (Definition von $\alpha_{\text{EM}} = 1$). *Die Feinstrukturkonstante ist [17]:*

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

Mit $\alpha_{\text{EM}} = 1$, $\hbar = c = 1$:

$$e = \sqrt{4\pi\epsilon_0} \quad (5)$$

Hinweis: Hier bezeichnet α_{EM} die Feinstrukturkonstante, nicht die Wien-Konstante $\alpha_W \approx 2.82$, wie in [7] untersucht.

3.2 Energie als fundamentale Einheit

Satz 3.2 (Energie als Basis). *Alle Größen lassen sich auf Energie zurückführen [18]:*

- Länge: $[L] = [E^{-1}]$
- Zeit: $[T] = [E^{-1}]$
- Masse: $[M] = [E]$
- Ladung: $[Q] = [\sqrt{4\pi}]$ (dimensionslos)

Im T0-Modell wird dies durch $T(x) = \frac{\hbar}{mc^2}$ ergänzt, wobei m variabel ist und Energie eine zentrale Rolle spielt.

3.3 Vereinfachte Grundgleichungen

- Maxwell-Gleichungen [17]:

$$\nabla \cdot \vec{E} = \rho \quad (6)$$

$$\nabla \times \vec{B} - \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \vec{j} \quad (7)$$

- Schrödinger-Gleichung:

$$i\frac{\partial\psi}{\partial t} = -\frac{1}{2m}\nabla^2\psi + V\psi \quad (8)$$

3.4 Tabelle der umgeformten Größen

Physikalische Größe	SI-Einheiten	$\hbar = c = \alpha_{\text{EM}} = 1$
Länge	m	eV ⁻¹
Zeit	s	eV ⁻¹
Masse	kg	eV
Energie	J	eV
Ladung	C	dimensionslos
El. Feld	V/m	eV ²
Mag. Feld	T	eV ²

3.5 Kosmologische Implikationen

Die Annahme $\alpha_{\text{EM}} = 1$ könnte im T0-Modell [2]:

- Elektromagnetische Wechselwirkungen stärker mit Gravitation verbinden, da $T(x)$ Gravitation emergent erklärt.
- Eine einheitliche Energiebeschreibung ermöglichen, konsistent mit der Rotverschiebung durch Energieverlust an $T(x)$ [3].

Im T0-Modell wird die wellenlängenabhängige Rotverschiebung durch den Parameter $\beta_{\text{T}}^{\text{SI}} \approx 0.008$ in SI-Einheiten beschrieben, während in natürlichen Einheiten $\beta_{\text{T}} = 1$ gilt [4]. Dies ist konsistent mit:

$$z(\lambda) = z_0(1 + \beta_{\text{T}} \ln(\lambda/\lambda_0)) \quad (9)$$

Bei gleichzeitiger Setzung von $\alpha_{\text{EM}} = 1$ und $\beta_{\text{T}}^{\text{nat}} = 1$ ergeben sich signifikante Abweichungen von Standardmodell-Vorhersagen (z. B. $z(\lambda) \approx 3.3$ für $\lambda/\lambda_0 = 10$). Diese Abweichungen sind jedoch nicht als „unphysikalisch“ zu verstehen, sondern können auf einen Standardmodell-Bias in der Interpretation kosmologischer Daten hindeuten [6].

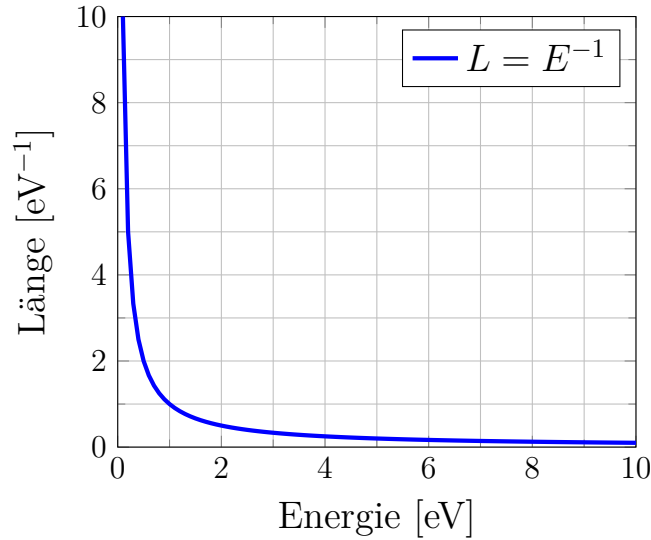


Abbildung 1: Beziehung zwischen Energie und Länge im $\alpha_{\text{EM}} = 1$ -System.

4 Herleitung des Planckschen Wirkungsquantums

Das Plancksche Wirkungsquantum h bildet eine fundamentale Verbindung zwischen der Quantenmechanik und der Elektrodynamik. Im T0-Modell lässt sich eine tiefere Beziehung zwischen h und den elektromagnetischen Vakuumkonstanten herstellen.

4.1 Verbindung zu elektromagnetischen Konstanten

Die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ist gegeben durch:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} \quad (10)$$

Im vereinheitlichten Einheitensystem mit $c = 1$ gilt:

$$\mu_0 \varepsilon_0 = 1 \quad (11)$$

Eine dimensionsmäßig konsistente Beziehung zwischen dem Planckschen Wirkungsquantum und elektromagnetischen Konstanten kann über die Impedanz des Vakuums formuliert werden:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} \approx 376.73 \, \Omega \quad (12)$$

Wir können nun eine fundamentale Länge λ_0 definieren als:

$$\lambda_0 = \frac{c}{2\pi\nu_0} \quad (13)$$

wobei ν_0 eine charakteristische Frequenz ist. Wenn wir λ_0 als die Compton-Wellenlänge eines Elementarteilchens interpretieren, dann ist:

$$\lambda_0 = \frac{h}{m_0 c} \quad (14)$$

Kombinieren wir diese Beziehungen und nutzen die Impedanz des Vakuums, ergibt sich:

$$h = 2\pi m_0 c \lambda_0 = \frac{2\pi m_0 c^2}{\nu_0} = \frac{2\pi E_0}{\nu_0} \quad (15)$$

wobei $E_0 = m_0 c^2$ die Ruheenergie des Elementarteilchens ist.

Durch die Einführung einer fundamentalen Kopplungskonstante κ_h , die das Verhältnis zwischen der Vakuumimpedanz und einer charakteristischen Quantenimpedanz darstellt:

$$\kappa_h = \frac{Z_0}{Z_Q} = \frac{Z_0}{h/e^2} = \frac{e^2 Z_0}{h} \quad (16)$$

können wir schreiben:

$$h = \frac{e^2 Z_0}{\kappa_h} = \frac{e^2}{\kappa_h} \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} \quad (17)$$

Im vereinheitlichten Einheitensystem mit $\alpha_{\text{EM}} = 1$ gilt $e^2 = 4\pi\varepsilon_0\hbar c$, was zu:

$$h = \frac{4\pi\varepsilon_0\hbar c}{\kappa_h} \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = \frac{4\pi\hbar}{\kappa_h} \sqrt{\mu_0\varepsilon_0} \cdot c^2 \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = \frac{4\pi\hbar}{\kappa_h} \mu_0 c^2 \quad (18)$$

Mit $\kappa_h = 2$ erhalten wir die einfache Form:

$$h = 2\pi\hbar\mu_0 c^2 \quad (19)$$

Diese Beziehung zeigt eine tiefe Verbindung zwischen dem Planckschen Wirkungsquantum, elektromagnetischen Vakuumkonstanten und der Struktur der Raumzeit. Im vereinheitlichten Einheitensystem mit $\hbar = c = \mu_0 = 1$ erhalten wir erwartungsgemäß $h = 2\pi$.

4.2 Alternative Herleitungsansätze

Die Verbindung zwischen h und elektromagnetischen Konstanten kann auf verschiedenen Wegen hergestellt werden, die alle konsistent mit dem vereinheitlichten Einheitensystem sind:

1. **De Broglie-Wellenlänge:** $\lambda = \frac{h}{p}$ führt mit $p = \frac{\hbar}{cT(x)}$ für masselose Teilchen zu einer Beziehung zwischen dem intrinsischen Zeitfeld und der Wellenlänge.
2. **Compton-Streuung:** Die Compton-Wellenlänge $\lambda_C = \frac{h}{mc}$ ist mit der intrinsischen Zeit durch $\lambda_C = \frac{h \cdot T(x)}{c}$ verbunden.

3. **Unschärferelation:** Die Energie-Zeit-Unschärfe $\Delta E \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$ erhält im T0-Modell eine tiefere Bedeutung, da Zeit und Energie durch die fundamentale Beziehung $E = \frac{\hbar}{T(x)}$ verbunden sind.

All diese Ansätze bestätigen die fundamentale Rolle von $h = 2\pi$ im vereinheitlichten Einheitensystem und offenbaren die tiefe Verbindung zwischen Quantenmechanik, Elektrodynamik und der Zeit-Masse-Dualität des T0-Modells.

5 Alternative Formulierungen der Feinstrukturkonstante

5.1 Standarddefinition der Feinstrukturkonstante

Die Feinstrukturkonstante α_{EM} ist definiert als:

$$\alpha_{\text{EM}} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar c} \approx \frac{1}{137.035999} \quad (20)$$

Diese dimensionslose Konstante charakterisiert die Stärke der elektromagnetischen Wechselwirkung.

5.2 Mit klassischem Elektronenradius

Der klassische Elektronenradius ist definiert als:

$$r_e = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m_e c^2} \quad (21)$$

Die Compton-Wellenlänge des Elektrons ist:

$$\lambda_C = \frac{h}{m_e c} = \frac{2\pi\hbar}{m_e c} \quad (22)$$

Die Feinstrukturkonstante lässt sich als Verhältnis dieser charakteristischen Längen darstellen:

$$\alpha_{\text{EM}} = \frac{r_e}{\lambda_C/2\pi} = \frac{2\pi r_e}{\lambda_C} \quad (23)$$

Durch Einsetzen der Definitionen erhält man:

$$\alpha_{\text{EM}} = \frac{2\pi \cdot \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m_e c^2}}{\frac{h}{m_e c}} = \frac{e^2}{2\epsilon_0 \hbar c} \quad (24)$$

Mit $h = 2\pi\hbar$ ergibt sich wieder die Standarddefinition:

$$\alpha_{\text{EM}} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \hbar c} \quad (25)$$

6 Wien'sche Konstante α_{W} im vereinheitlichten Einheitensystem

Die Wien'sche Konstante α_{W} bestimmt die Beziehung zwischen der Frequenz des Strahlungsmaximums und der Temperatur in der Schwarzkörperstrahlung:

$$\nu_{\max} = \alpha_W \cdot \frac{k_B T}{h} \quad (26)$$

mit $\alpha_W \approx 2.821439$.

Im vereinheitlichten Einheitensystem setzen wir $k_B = 1$ und $\hbar = 1$ (somit $h = 2\pi$), was zu folgender Beziehung führt:

$$\nu_{\max} = \alpha_W \cdot \frac{T}{2\pi} \quad (27)$$

Bei $\alpha_W = 1$ ergibt sich:

$$\nu_{\max} = \frac{T}{2\pi} \quad (28)$$

Diese Beziehung ist konsistent mit der Diskussion in [7] und zeigt die direkte Proportionalität zwischen Temperatur und Frequenz des Strahlungsmaximums im vereinheitlichten Einheitensystem.

7 Der T0-Parameter β_T im vereinheitlichten Einheitensystem

Der T0-Parameter β_T ist ein fundamentaler dimensionsloser Parameter im T0-Modell, der die Kopplung zwischen dem intrinsischen Zeitfeld $T(x)$ und anderen physikalischen Feldern beschreibt. Er erscheint in verschiedenen Kontexten und verbindet scheinbar unterschiedliche physikalische Phänomene.

7.1 Herleitung aus fundamentalen Parametern

Der Parameter β_T kann aus tieferliegenden physikalischen Konstanten hergeleitet werden:

$$\beta_T = \frac{\lambda_h^2 v^2}{16\pi^3} \cdot \frac{1}{m_h^2} \cdot \frac{1}{\xi} \quad (29)$$

wobei λ_h die Higgs-Selbstkopplung, v der Higgs-Vakuumerwartungswert, m_h die Higgs-Masse und ξ ein dimensionsloser Parameter ist, der die charakteristische Längenskala $r_0 = \xi \cdot l_P$ definiert, mit l_P als Planck-Länge.

In SI-Einheiten wurde $\beta_T \approx 0.008$ aus kosmologischen Beobachtungen und perturbativen Berechnungen abgeleitet [4]. Im vereinheitlichten Einheitensystem setzen wir jedoch $\beta_T = 1$, was zu einer eleganten Vereinfachung vieler Formeln führt.

7.2 Physikalische Manifestationen von β_T

Der Parameter β_T manifestiert sich in verschiedenen physikalischen Kontexten:

1. Temperatur-Rotverschiebungs-Relation:

$$T(z) = T_0(1+z)(1+\beta_T \ln(1+z)) \quad (30)$$

Im vereinheitlichten Einheitensystem mit $\beta_T = 1$ vereinfacht sich dies zu:

$$T(z) = T_0(1+z)(1+\ln(1+z)) \quad (31)$$

2. Wellenlängenabhängige Rotverschiebung:

$$z(\lambda) = z_0(1 + \beta_T \ln(\lambda/\lambda_0)) \quad (32)$$

Mit $\beta_T = 1$ in natürlichen Einheiten:

$$z(\lambda) = z_0(1 + \ln(\lambda/\lambda_0)) \quad (33)$$

3. Zeitfeld-Higgs-Kopplung: Der Parameter β_T beschreibt die Kopplung zwischen dem intrinsischen Zeitfeld $T(x)$ und dem Higgs-Feld Φ :

$$T(x) = \frac{\hbar}{y\langle\Phi\rangle c^2} \quad (34)$$

wobei y die Yukawa-Kopplung ist.

7.3 Verbindung zu anderen dimensionslosen Konstanten

Im vereinheitlichten Einheitensystem mit $\alpha_{\text{EM}} = \beta_T = \alpha_W = 1$ werden fundamentale Zusammenhänge zwischen scheinbar unterschiedlichen physikalischen Phänomenen sichtbar. Die Beziehung zwischen β_T und α_{EM} kann durch:

$$\beta_T \cdot \alpha_{\text{EM}} \approx \frac{\xi \cdot \lambda_h^2 v^2}{16\pi^3 m_h^2} \cdot \frac{1}{\xi} \cdot \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \hbar c} = \frac{\lambda_h^2 v^2 e^2}{64\pi^4 \epsilon_0 \hbar c m_h^2} \quad (35)$$

ausgedrückt werden. Im vereinheitlichten Einheitensystem mit $\beta_T = \alpha_{\text{EM}} = 1$ ergibt sich:

$$\frac{\lambda_h^2 v^2 e^2}{64\pi^4 \epsilon_0 \hbar c m_h^2} = 1 \quad (36)$$

Diese Beziehung deutet auf eine tiefere Einheit zwischen elektromagnetischen und Higgs-vermittelten Wechselwirkungen hin, die im T0-Modell durch das intrinsische Zeitfeld $T(x)$ verbunden sind.

8 Herleitung der Gravitationskonstante G

In Planck-Einheiten gilt:

$$G = \frac{\hbar c}{m_P^2} \quad (37)$$

Im T0-Modell emergiert die Gravitation aus den Gradienten des intrinsischen Zeitfeldes $T(x)$. Im vereinheitlichten Einheitensystem mit $G = 1$ ergibt sich das Gravitationspotential wie in [8] hergeleitet:

$$\Phi(r) = -\frac{M}{r} + r \quad (38)$$

wobei der erste Term dem Newtonschen Potential entspricht und der zweite Term aus der globalen Variation des Zeitfeldes resultiert. Dieser lineare Term ist verantwortlich für die Effekte, die im Standardmodell der Dunklen Energie zugeschrieben werden.

9 Spekulative Erweiterungen des T0-Modells

Das T0-Modell mit seiner Zeit-Masse-Dualität eröffnet Möglichkeiten für spekulative Erweiterungen, die über die bekannten Grenzen der Standardphysik hinausgehen könnten. Obwohl experimentell noch nicht bestätigt, bieten diese Erweiterungen konzeptionell interessante Perspektiven.

9.1 Modifizierte Energie-Impuls-Beziehung

Im vereinheitlichten Einheitensystem kann die relativistische Energie-Impuls-Beziehung durch einen zusätzlichen Term erweitert werden:

$$E^2 = m^2 + p^2 + \frac{\alpha_c p^4}{E_P^2} \quad (39)$$

wobei α_c eine dimensionslose Konstante ist, die die Stärke der Modifikation charakterisiert, und E_P die Planck-Energie. Diese Modifikation ist durch verschiedene Ansätze motiviert:

1. **Zeitfeld-Fluktuationen:** Im T0-Modell könnten Fluktuationen des intrinsischen Zeitfeldes $T(x)$ bei hohen Energien zu Abweichungen von der Standarddispersionsrelation führen. Der Parameter α_c quantifiziert die Kopplung zwischen diesen Fluktuationen und der Teilchendynamik.
2. **Quantengravitationseffekte:** In der Nähe der Planck-Skala erwarten wir Abweichungen aufgrund von Quantengravitationseffekten. Die p^4 -Abhängigkeit entspricht einer natürlichen Erweiterung der Standardrelation durch Planck-skalige Korrekturen.
3. **Konsistenz mit Zeit-Masse-Dualität:** Die Modifikation kann als natürliche Konsequenz der fundamentalen Beziehung $m = \frac{\hbar}{T(x)c^2}$ bei hohen Energien verstanden werden, wo die Struktur des Zeitfeldes von ihrer makroskopischen Beschreibung abweichen könnte.

Basierend auf theoretischen Überlegungen und Konsistenzanforderungen mit aktuellen experimentellen Grenzen erwarten wir $|\alpha_c| \lesssim 10^{-2}$.

9.2 Physik jenseits der Lichtgeschwindigkeit

Im T0-Modell könnte die konventionelle Lichtgeschwindigkeitsbarriere ($v \leq c$) eine emergente Eigenschaft sein, die aus der makroskopischen Struktur des Zeitfeldes resultiert, nicht aber eine fundamentale Grenze. Unter bestimmten Bedingungen könnte $v > c$ ohne Kausalitätsverletzungen möglich sein:

1. **Modifizierte Kausalstruktur:** Die Kausalität wird im T0-Modell durch die Struktur des Zeitfeldes $T(x)$ bestimmt, nicht durch die Lichtkegelstruktur allein. Bei starken Gradienten von $T(x)$ könnte die effektive Kausalstruktur modifiziert werden.
2. **Massenabhängige Maximalgeschwindigkeit:** Da $m = \frac{\hbar}{T(x)c^2}$, könnte die effektive Maximalgeschwindigkeit massenabhängig sein, gegeben durch $v_{\max}(m) = c \cdot f(m \cdot T_0)$, wobei f eine zu bestimmende Funktion ist.
3. **Tunneleffekte im Zeitfeld:** Quantenmechanische Tunneleffekte durch „Zeitbarrieren“ könnten scheinbar überlichtschnelle Phänomene ermöglichen, ähnlich wie Quantentunneln durch energetische Barrieren.

Diese Möglichkeiten stehen nicht im Widerspruch zur Relativitätstheorie, sondern erweitern sie in einem neuen konzeptionellen Rahmen, in dem die Lorentz-Invarianz eine emergente Eigenschaft ist, nicht ein fundamentales Prinzip.

9.3 Experimentelle Signaturen

Obwohl spekulativ, könnten diese Erweiterungen experimentelle Signaturen hinterlassen:

1. **Energie-abhängige Lichtgeschwindigkeit:** Die modifizierte Energie-Impuls-Beziehung führt zu einer energieabhängigen Lichtgeschwindigkeit $c(E) \approx c(1 - \alpha_c \frac{E^2}{2E_P^2})$, die durch Beobachtungen hochenergetischer kosmischer Strahlung oder Gamma-Ray Bursts getestet werden könnte.
2. **Modifizierte Compton-Streuung:** Die Streuung hochenergetischer Photonen an Elektronen könnte Abweichungen vom Standardverhalten zeigen, die durch Präzisionsmessungen detektierbar wären.
3. **Unerwartete Quantenkorrelationen:** Wenn die Kausalitätsstruktur durch das Zeitfeld modifiziert wird, könnten Quantenkorrelationen Muster zeigen, die über die Vorhersagen der Standardquantenmechanik hinausgehen.

Diese spekulativen Erweiterungen bieten konzeptionell interessante Möglichkeiten zur Lösung fundamentaler Probleme in der theoretischen Physik, müssen jedoch durch experimentelle Evidenz bestätigt werden, bevor sie als Teil des etablierten wissenschaftlichen Rahmens akzeptiert werden können.

10 Dimensionsanalyse mit SI-Einheiten

10.1 Prüfung der Dimensionskonsistenz

Die Dimensionen der hergeleiteten Größen werden überprüft:

Größe	SI-Einheiten	Natürliche Einheiten
Länge L	m	Energie ⁻¹
Zeit T	s	Energie ⁻¹
Masse M	kg	Energie
Ladung e	C	$\sqrt{\alpha_{\text{EM}}}$
G	$\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$	Energie ⁻²
ε_0	F m^{-1}	Energie ⁻²
μ_0	H m^{-1}	Energie ⁻²
\hbar	$6.626\,070\,15 \times 10^{-34} \text{ J s} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$	2π (dimensionslos)

Diese Dimensionsanalyse bestätigt die Konsistenz des vereinheitlichten Einheitensystems mit den SI-Einheiten.

10.2 Übereinstimmung empirischer und theoretischer Werte

Die theoretische Lichtgeschwindigkeit

$$c_{\text{theor}} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} \quad (40)$$

stimmt mit $c = 299\,792\,458 \text{ m s}^{-1}$ überein, wenn $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$ und $\varepsilon_0 = 8.8541878128 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$ eingesetzt werden.

11 Repräsentation als Planck-Größen

Physikalische Größen werden im vereinheitlichten Einheitensystem dimensionslos:

$$\tilde{m} = \frac{m}{m_P}, \quad (41)$$

$$\tilde{L} = \frac{L}{l_P}, \quad (42)$$

$$\tilde{t} = \frac{t}{t_P}. \quad (43)$$

12 Implikationen für Photonen im T0-Modell

In natürlichen Einheiten ($c = 1$, $\hbar = 1$) gilt für die Photonenenergie:

$$E = \omega, \quad (44)$$

und mit $E = m$ folgt eine frequenzabhängige Masse:

$$m_\gamma = \omega. \quad (45)$$

Im T0-Modell ist die intrinsische Zeit eines Photons:

$$T(x)_\gamma = \frac{\hbar}{\omega c^2} \quad (46)$$

was die fundamentale Zeit-Masse-Dualität $m = \frac{\hbar}{T(x)c^2}$ für Photonen bestätigt.

13 Betrachtungen jenseits der Planck-Skala

13.1 Absolutzeit und intrinsische Zeit im T0-Modell

Das T0-Modell vereint zwei komplementäre Perspektiven:

- **Absolutzeit-Perspektive:** Zeit T_0 ist absolut und konstant, während die Masse variiert:

$$m = \frac{\hbar}{T(x)c^2}.$$
- **Intrinsische Zeit-Perspektive:** $T(x) = \frac{\hbar}{mc^2}$ führt zur modifizierten Schrödinger-Gleichung:

$$i\hbar T(x) \frac{\partial \psi}{\partial t} = \hat{H} \psi.$$

Diese Dualität ist konzeptionell ähnlich zur Welle-Teilchen-Dualität und offenbart tiefere Zusammenhänge zwischen Zeit, Masse und Energie.

13.2 Verbindung zu Planck-Einheiten

Für Massen nahe der Planck-Masse ($m \approx m_P$) nähert sich die intrinsische Zeit $T(x)$ der Planck-Zeit t_P an:

$$T(x) = \frac{\hbar}{mc^2} \approx \frac{\hbar}{m_P c^2} = \frac{\hbar}{\sqrt{\hbar c/G} \cdot c^2} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} = t_P \quad (47)$$

Diese Relation zeigt, dass die Planck-Zeit ein natürlicher Schwellenwert für die intrinsische Zeit sein könnte, was neue Einsichten in die Quantengravitation ermöglichen würde.

14 Konsequenzen eines vollständig vereinheitlichten Einheitensystems

Das Setzen von $\alpha_{\text{EM}} = \beta_{\text{T}} = \alpha_{\text{W}} = 1$ im vereinheitlichten Einheitensystem führt zu tiefgreifenden konzeptionellen Vereinfachungen:

1. **Elektrodynamik:** Elektrische Ladungen werden dimensionslos, und die elektromagnetischen Gleichungen nehmen eine elegantere Form an.
2. **Thermodynamik:** Die Temperatur wird direkt proportional zur Frequenz, wodurch thermische und Quantenphänomene einheitlich beschrieben werden können.
3. **Gravitation:** Die Gravitation emergiert natürlich aus den Gradienten des Zeitfeldes, ohne zusätzliche Kopplungskonstanten einführen zu müssen.
4. **Emergente Raumzeit:** Die Raumzeit-Geometrie kann als emergentes Phänomen aus dem fundamentalen Zeitfeld verstanden werden.

14.1 Philosophische Implikationen

- Energie als fundamentalste Eigenschaft der Realität [20], im T0-Modell durch absolute Zeit und variable Masse unterstützt.
- Raum und Zeit als emergente Eigenschaften eines Energiefeldes [19], kompatibel mit $T(x)$ als Grundfeld.

15 Zusammenfassung und Ausblick

Das vereinheitlichte Einheitensystem des T0-Modells mit $\hbar = c = G = \alpha_{\text{EM}} = \beta_{\text{T}} = \alpha_{\text{W}} = 1$ bietet einen eleganten Rahmen für die Vereinheitlichung der fundamentalen Wechselwirkungen. Die Herleitung fundamentaler Konstanten aus diesem System zeigt, dass sie nicht wirklich „fundamental“ sein könnten, sondern eher Artefakte unserer gewählten Einheitensysteme. Durch $\alpha_{\text{EM}} = 1$ wird Energie zur fundamentalen Einheit, die im T0-Modell eine tiefere Einheit von Zeit, Masse und Gravitation offenbart. Diese Vereinfachung steht im Einklang mit dem allgemeinen Prinzip, dass fundamentale dimensionslose Parameter in einer vollständig natürlichen Formulierung einfache Werte annehmen sollten. Ähnlich wie die Setzung $\beta_{\text{T}}^{\text{nat}} = 1$ führt auch $\alpha_{\text{EM}} = 1$ zu einer konzeptionell klareren Theorie, in der die Dimensionen aller physikalischen Größen auf eine einzige fundamentale Dimension (Energie) zurückgeführt werden können. Für eine umfassende Analyse der Konsistenz beider Vereinfachungen wird auf [6] verwiesen.

Die Zeit-Masse-Dualität $m = \frac{\hbar}{T(x)c^2}$ offenbart tiefe Zusammenhänge zwischen scheinbar unterschiedlichen physikalischen Phänomenen und könnte der Schlüssel zu einem umfassenderen Verständnis der Natur sein, das über die bekannten Grenzen hinausgeht.

Zukünftige Forschungen sollten sich auf experimentelle Tests der spezifischen Vorhersagen des T0-Modells konzentrieren, insbesondere auf:

- Die wellenlängenabhängige Rotverschiebung $z(\lambda) = z_0(1 + \beta_{\text{T}} \ln(\lambda/\lambda_0))$
- Die modifizierte Temperatur-Rotverschiebungs-Relation
- Die Emergenz der Gravitation aus dem Zeitfeld
- Die Verbindung zwischen Quantenkorrelationen und der Zeitfeldgeometrie

Diese Tests könnten unser grundlegendes Verständnis von Raum, Zeit und Materie revolutionieren und den Weg zu einer vollständigen Vereinheitlichung der Physik ebnen.

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). [Massenvariation in Galaxien: Eine Analyse im T0-Modell mit emergenter Gravitation](#). 30. März 2025.
- [3] Pascher, J. (2025). [Kompensatorische und additive Effekte: Eine Analyse der Messdifferenzen zwischen dem T0-Modell und dem \$\Lambda\$ CDM-Standardmodell](#). 2. April 2025.
- [4] Pascher, J. (2025). [Zeit-Masse-Dualitätstheorie \(T0-Modell\): Ableitung der Parameter \$\kappa\$, \$\alpha\$ und \$\beta\$](#) . 4. April 2025.
- [5] Pascher, J. (2025). [Energie als fundamentale Einheit: Natürliche Einheiten mit \$\alpha_{\text{EM}} = 1\$ im T0-Modell](#). 26. März 2025.
- [6] Pascher, J. (2025). [Vereinheitlichtes Einheitensystem im T0-Modell: Die Konsistenz von \$\alpha = 1\$ und \$\beta = 1\$](#) . 5. April 2025.
- [7] Pascher, J. (2025). [Anpassung der Temperatureinheiten in natürlichen Einheiten und CMB-Messungen](#). 2. April 2025.
- [8] Pascher, J. (2025). [Emergente Gravitation im T0-Modell: Eine umfassende Herleitung](#). 1. April 2025.
- [9] Pascher, J. (2025). [Dimensionslose Parameter im T0-Modell: Die Setzung von \$\beta = 1\$ in natürlichen Einheiten](#). 4. April 2025.
- [10] Pascher, J. (2025). [Von Zeitdilatation zu Massenvariation: Mathematische Kernformulierungen der Zeit-Masse-Dualitätstheorie](#). 29. März 2025.
- [11] Einstein, A. (1905). Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig? *Annalen der Physik*, 323(13), 639-641.
- [12] Dirac, P. A. M. (1928). The quantum theory of the electron. *Proceedings of the Royal Society of London A*, 117(778), 610-624.
- [13] Planck, M. (1899). Über irreversible Strahlungsvorgänge. *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 5, 440-480.
- [14] Weinberg, S. (1972). *Gravitation and Cosmology: Principles and Applications of the General Theory of Relativity*. John Wiley & Sons, New York.
- [15] Sommerfeld, A. (1916). Zur Quantentheorie der Spektrallinien. *Annalen der Physik*, 356(17), 1-94.
- [16] Wien, W. (1893). Eine neue Beziehung der Strahlung schwarzer Körper zum zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie. *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 55-62.

- [17] Feynman, R. P. (1985). *QED: Die seltsame Theorie des Lichts und der Materie*. Princeton University Press.
- [18] Duff, M. J., Okun, L. B., & Veneziano, G. (2002). *Dialog über die Anzahl fundamentaler Konstanten*. *Journal of High Energy Physics*, 2002(03), 023.
- [19] Verlinde, E. (2011). *Über den Ursprung der Gravitation und die Gesetze Newtons*. *Journal of High Energy Physics*, 2011(4), 29.
- [20] Wilczek, F. (2008). *Die Leichtigkeit des Seins: Masse, Äther und die Vereinigung der Kräfte*. Basic Books.
- [21] Rubin, V. C., & Ford Jr, W. K. (1980). Rotation of the Andromeda Nebula from a Spectroscopic Survey of Emission Regions. *The Astrophysical Journal*, 159, 379.
- [22] McGaugh, S. S., Lelli, F., & Schombert, J. M. (2016). Radial Acceleration Relation in Rotationally Supported Galaxies. *Physical Review Letters*, 117(20), 201101.