

Systematische Zusammenstellung Natürlicher Einheiten mit Energie als Grundeinheit

Johann Pascher

11. April 2025

Zusammenfassung

Diese Arbeit präsentiert eine umfassende systematische Zusammenstellung natürlicher Einheiten im Rahmen des T0-Modells der Zeit-Masse-Dualität. Ausgehend von Energie als fundamentaler Einheit wird eine hierarchische Struktur physikalischer Konstanten entwickelt, wobei alle grundlegenden Konstanten ($\hbar = c = G = k_B = \alpha_{\text{EM}} = \alpha_W = \beta_T = 1$) auf 1 gesetzt werden. Die daraus abgeleiteten Konstanten und Skalen werden in einem kohärenten Rahmen dargestellt, der Quanten- und relativistische Phänomene vereinheitlicht. Besondere Aufmerksamkeit gilt der Hierarchie von Längenskalen vom subplanckischen bis zum kosmologischen Bereich sowie den Beziehungen zwischen elektromagnetischen, thermodynamischen und quantenmechanischen Konstanten, die alle aus der fundamentalen Energieskala abgeleitet werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Hierarchie der Natürlichen Einheiten	3
2.1	Dreistufige Hierarchie der Konstanten	3
2.2	Fundamentale Konzepte des T0-Modells	4
2.3	Fundamentale Konstanten mit Wert 1	4
2.4	Abgeleitete Elektromagnetische Konstanten	4
2.5	Weitere abgeleitete Konstanten mit Wert 1	5
2.6	Herleitung von $\beta_T = 1$	6
2.7	Herleitung von $\alpha_{\text{EM}} = 1$	7
3	Charakteristische Längenskalen in Natürlichen Einheiten	8
3.1	Fundamentale Längenskalen	8
3.2	Abgeleitete Längenskalenverhältnisse	8
3.3	Verbindung zu Higgs-Parametern	9
4	Umrechnung zwischen Natürlichen und SI-Einheiten	9
4.1	Planck-Einheiten und ihre Werte	9
4.2	Umrechnungsformeln zwischen Natürlichen und SI-Einheiten	9
4.3	Umrechnung Dimensionsloser Parameter	9
4.3.1	Praktische Verwendung Dimensionsloser Parameter	10

5	Feldgleichungen in Natürlichen Einheiten	10
5.1	Maxwell-Gleichungen ($\alpha_{\text{EM}} = 1$)	10
5.2	T0-Modell-Gleichungen ($\beta_{\text{T}} = 1$)	11
5.3	Modifizierte Quantenmechanik	11
6	Fundamentale Beziehungen zwischen Einheiten im T0-Modell	12
6.1	Netzwerk der Verhältnisse zwischen physikalischen Größen	12
6.2	Quantitative Verhältnisse und Skalenhierarchie	12
6.3	Verhältnisse der Fundamentalen Kräfte in Natürlichen Einheiten	13
7	Rolle der Energie als Fundamentale Einheit	13
7.1	Praktische Notationen in natürlichen Einheiten	14
7.2	Philosophische Implikationen	14
8	Zusammenfassung und Ausblick	15

1 Einleitung

Die natürlichen Einheiten in der theoretischen Physik erlauben eine fundamentale Vereinfachung und Vereinheitlichung physikalischer Gesetze, indem sie die Anzahl unabhängiger Dimensionen auf ein Minimum reduzieren und fundamentale Naturkonstanten auf den Wert 1 setzen. Während traditionelle natürliche Einheitensysteme wie die Planck-Einheiten ($\hbar = c = G = 1$) seit langem etabliert sind, geht das T0-Modell der Zeit-Masse-Dualität einen Schritt weiter und schlägt ein vollständig vereinheitlichtes natürliches Einheitensystem vor, in dem zusätzlich dimensionslose Kopplungskonstanten wie die Feinstrukturkonstante α_{EM} , die Wien'sche Konstante α_W und der modellspezifische Parameter β_T auf 1 gesetzt werden.

Diese Arbeit präsentiert eine systematische Zusammenstellung dieses vereinheitlichten Einheitensystems mit Energie als fundamentaler Grundeinheit. Dabei werden nicht nur die Definitionen und Werte der natürlichen Einheiten präsentiert, sondern auch die hierarchischen Beziehungen zwischen verschiedenen physikalischen Größen, Längenskalen und Konstanten aufgezeigt. Besonderes Augenmerk liegt auf der theoretischen Fundierung der Setzung $\alpha_{\text{EM}} = \beta_T = 1$ und deren Implikationen für die Vereinheitlichung der Physik.

Das T0-Modell geht von der Dualität von Zeit und Masse aus, wobei die Zeit als absolut und die Masse als variabel angenommen wird – im Gegensatz zu den üblichen Annahmen der Relativitätstheorie. Diese konzeptionelle Umkehrung wird durch ein intrinsisches Zeitfeld $T(x)$ vermittelt, das Quantenmechanik und Relativitätstheorie in einem kohärenten Rahmen verbindet. Das vereinheitlichte natürliche Einheitensystem ist dabei nicht nur eine mathematische Vereinfachung, sondern ein theoretisches Erfordernis des Modells, das eine tiefere Einheit der Naturgesetze reflektiert.

Die vorliegende Zusammenstellung umfasst:

- Die hierarchische Struktur fundamentaler Konstanten und ihre Werte im vereinheitlichten System
- Die theoretische Herleitung und Fundierung der Setzungen $\alpha_{\text{EM}} = 1$ und $\beta_T = 1$
- Die Charakterisierung physikalischer Längenskalen von subplanckisch bis kosmologisch
- Umrechnungsformeln zwischen natürlichen und SI-Einheiten
- Die vereinfachten Feldgleichungen in natürlichen Einheiten
- Philosophische Implikationen und Ausblick auf experimentelle Tests

Diese systematische Zusammenstellung natürlicher Einheiten mit Energie als Grundeinheit bildet eine solide theoretische Basis für das T0-Modell und könnte den Weg zu einer umfassenderen Vereinheitlichung der Physik ebnen.

2 Hierarchie der Natürlichen Einheiten

Die natürlichen Einheiten im T0-Modell bilden eine klare hierarchische Struktur, die in drei Ebenen organisiert werden kann:

2.1 Dreistufige Hierarchie der Konstanten

Die Hierarchie lässt sich in drei grundlegende Ebenen gliedern:

Hierarchische Ebenen der Konstanten

Ebene 1: Primäre Dimensionskonstanten

- **Planck-Konstante** $\hbar = 1$: Definiert den Quantenmaßstab
- **Lichtgeschwindigkeit** $c = 1$: Definiert den relativistischen Maßstab
- **Gravitationskonstante** $G = 1$: Definiert den Gravitationsmaßstab
- **Boltzmann-Konstante** $k_B = 1$: Definiert den thermodynamischen Maßstab

Ebene 2: Dimensionslose Kopplungskonstanten

- **Feinstrukturkonstante** $\alpha_{\text{EM}} = 1$: Elektromagnetische Wechselwirkungsstärke
- **Wien'sche Konstante** $\alpha_W = 1$: Thermische Strahlungscharakteristik
- **T0-Parameter** $\beta_T = 1$: Kopplungsstärke des intrinsischen Zeitfeldes

Ebene 3: Abgeleitete Verhältnisse

- $\xi = r_0/l_P = 1,33 \times 10^{-4}$: Verhältnis der T0-Länge zur Planck-Länge
- $L_T/l_P = 3,9 \times 10^{62}$: Verhältnis der kosmologischen Korrelationslänge zur Planck-Länge
- $r_0/L_T = 3,41 \times 10^{-67}$: Mikro-zu-Makro-Skalenverhältnis

2.2 Fundamentale Konzepte des T0-Modells

Das T0-Modell basiert auf der Dualität von Zeit und Masse, wobei die Zeit als absolut und die Masse als variabel angenommen wird. Dies steht im Gegensatz zu den üblichen Annahmen der Relativitätstheorie (relative Zeit, konstante Masse) und der Quantenmechanik (Parameter-Zeit). Diese konzeptionelle Umkehrung wird durch ein intrinsisches Zeitfeld $T(x)$ vermittelt, das als skalares Feld definiert ist:

$$T(x) = \frac{\hbar}{\max(mc^2, \omega)} \quad (1)$$

Die Einführung eines vereinheitlichten natürlichen Einheitensystems, in dem alle fundamentalen Konstanten auf 1 gesetzt werden, ist keine arbiträre mathematische Vereinfachung, sondern ein theoretisches Erfordernis des Modells, das eine tiefere Einheit der Naturgesetze reflektiert [17].

2.3 Fundamentale Konstanten mit Wert 1

Im T0-Modell werden die folgenden Konstanten auf 1 gesetzt, basierend auf theoretischer Notwendigkeit:

2.4 Abgeleitete Elektromagnetische Konstanten

Mit den primären und sekundären Konstanten (insbesondere $c = 1$ und $\alpha_{\text{EM}} = 1$) werden die elektromagnetischen Feldkonstanten auf natürliche Weise normiert:

Die Beziehungen zwischen diesen Konstanten sind:

Konstante	Symbol	SI-Wert	Natürlicher Wert	Hierarchieebene
Reduzierte Planck-Konstante	\hbar	$1,055 \times 10^{-34}$ J·s	1	Primär - Ebene 1
Lichtgeschwindigkeit	c	3×10^8 m/s	1	Primär - Ebene 1
Gravitationskonstante	G	$6,674 \times 10^{-11}$ m ³ kg ⁻¹ s ⁻²	1	Primär - Ebene 1
Boltzmann-Konstante	k_B	$1,381 \times 10^{-23}$ J/K	1	Primär - Ebene 1
Feinstrukturkonstante	α_{EM}	1/137,036	1	Sekundär - Ebene 2
Wien'sche Konstante	α_W	2,82	1	Sekundär - Ebene 2
T0-Parameter	β_T	0,008 (SI)	1	Sekundär - Ebene 2

Tabelle 1: Fundamentale Konstanten im T0-Modell

Konstante	Symbol	SI-Wert	Natürlicher Wert	Herleitung	Hierarchieebene
Vakuumpermeabilität	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$ H/m	1	$\mu_0 = 1/\varepsilon_0 c^2 = 1$	Abgeleitet - Ebene 2.5
Vakuumpermittivität	ε_0	$8,85 \times 10^{-12}$ F/m	1	$\varepsilon_0 = 1/\mu_0 c^2 = 1$	Abgeleitet - Ebene 2.5
Vakuumimpedanz	Z_0	376,73 Ω	1	$Z_0 = \sqrt{\mu_0/\varepsilon_0} = 1$	Abgeleitet - Ebene 2.5
Elementarladung	e	$1,602 \times 10^{-19}$ C	1	$e = \sqrt{4\pi\varepsilon_0\hbar c} = 1$	Abgeleitet - Ebene 2.5

Tabelle 2: Abgeleitete elektromagnetische Konstanten

- $\mu_0\varepsilon_0 = 1/c^2 = 1$ (mit $c = 1$)
- $Z_0 = \sqrt{\mu_0/\varepsilon_0} = 1$ (mit $\mu_0 = \varepsilon_0 = 1$)
- $e^2 = 4\pi\varepsilon_0\hbar c$ (mit $\alpha_{EM} = 1$)
- $e = 1$ (mit $\varepsilon_0 = \hbar = c = 1$ und $\alpha_{EM} = 1$)

Diese Normierung der elektromagnetischen Konstanten zeigt, dass elektrische und magnetische Feldstärken in denselben Einheiten gemessen werden können und die Elementarladung dimensionslos wird, was die elektromagnetische Wechselwirkung fundamental vereinfacht [6].

2.5 Weitere abgeleitete Konstanten mit Wert 1

Im vereinheitlichten natürlichen Einheitensystem des T0-Modells können weitere wichtige Konstanten abgeleitet werden, die ebenfalls den natürlichen Wert 1 annehmen oder sich auf einfache Werte reduzieren:

Konstante	Symbol	SI-Wert	Natürlicher Wert	Herleitung	Hierarchieebene
Compton-Wellenlänge des Elektrons	$\lambda_{C,e}$	$2,43 \times 10^{-12}$ m	$1/m_e$	$\hbar/(m_e \cdot c) = 1/m_e$	Abgeleitet - Ebene 3
Rydberg-Konstante	R_∞	$1,097 \times 10^7$ m ⁻¹	$\alpha_{EM}^2 \cdot m_e/2 = 1/2$	$m_e \cdot e^4/(8\varepsilon_0^2\hbar^3c) = 1/2$	Abgeleitet - Ebene 3
Josephson-Konstante	K_J	$4,84 \times 10^{14}$ Hz/V	$2e/h = 1/\pi$	$2e/h = 1/\pi$	Abgeleitet - Ebene 3
Von Klitzing-Konstante	R_K	$2,58 \times 10^4$ Ω	$h/e^2 = 2\pi$	$h/e^2 = 2\pi$	Abgeleitet - Ebene 3
Schwinger-Grenze	E_S	$1,32 \times 10^{18}$ V/m	$m_e^2 c^3/e\hbar = m_e^2$	$m_e^2 c^3/e\hbar = m_e^2$	Abgeleitet - Ebene 3
Stefan-Boltzmann-Konstante	σ	$5,67 \times 10^{-8}$ W/(m ² K ⁴)	$\pi^2 k_B^4/(60\hbar^3 c^2) = \pi^2/60$	$\pi^2 k_B^4/(60\hbar^3 c^2) = \pi^2/60$	Abgeleitet - Ebene 3
Planck-Druck	p_P	$4,63 \times 10^{113}$ Pa	$c^7/(\hbar G^2) = 1$	$c^7/(\hbar G^2) = 1$	Abgeleitet - Ebene 2.5
Planck-Kraft	F_P	$1,21 \times 10^{44}$ N	$c^4/G = 1$	$c^4/G = 1$	Abgeleitet - Ebene 2.5
Hawking-Temperatur	T_H	$\hbar c^3/(8\pi G M k_B)$	$1/(8\pi M)$	$1/(8\pi M)$	Abgeleitet - Ebene 3
Bekenstein-Hawking-Entropie	S_{BH}	$4\pi G M^2/\hbar c$	$4\pi M^2$	$4\pi M^2$	Abgeleitet - Ebene 3
Einstein-Hilbert-Wirkung	S_{EH}	$c^3/(16\pi G) \int R \sqrt{-g} d^4x$	$(1/16\pi) \int R \sqrt{-g} d^4x$	$(1/16\pi) \int R \sqrt{-g} d^4x$	Abgeleitet - Ebene 2.5

Tabelle 3: Weitere abgeleitete Konstanten im T0-Modell

Besonders interessant sind:

1. Quantenmechanische Konstanten:

- Die Compton-Wellenlänge wird direkt proportional zur inversen Masse
- Die Rydberg-Konstante wird $1/2$, was atomare Energieniveaus vereinfacht

2. Quantenmetrologie-Konstanten:

- Die Josephson-Konstante und von Klitzing-Konstante nehmen einfache Werte an ($1/\pi$ bzw. 2π)
- Dies vereinfacht die Definition von elektrischen Maßeinheiten

3. Thermodynamische Konstanten:

- Die Stefan-Boltzmann-Konstante wird $\pi^2/60$, was Strahlungsberechnungen vereinfacht
- Die Verbindung zwischen Wärmestrahlung und Quantenphysik wird unmittelbar ersichtlich

4. Relativistische Konstanten:

- Planck-Druck und Planck-Kraft sind 1, vereinheitlichen mechanische Größen
- Hawking-Temperatur und Bekenstein-Hawking-Entropie nehmen einfache Formen an

Dies zeigt die tiefe Vereinheitlichung, die durch das T0-Modell mit Energie als Grundeinheit erreicht wird, wobei viele Naturkonstanten auf 1 oder einfache mathematische Ausdrücke reduziert werden [4].

2.6 Herleitung von $\beta_T = 1$

Die theoretische Konsistenz von $\beta_T = 1$ im natürlichen Einheitensystem folgt aus der Definition und den Eigenschaften des T0-Modells:

1. **Definition von β_T :** Im natürlichen Einheitensystem ($\hbar = c = G = 1$) wird β_T definiert als:

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

wobei:

- $\lambda_h \approx 0,13$ (Higgs-Selbstkopplung)
- $v \approx 246$ GeV (Higgs-Vakuumerwartungswert)
- $m_h \approx 125$ GeV (Higgs-Masse)
- $\xi = r_0/l_P$ (Verhältnis der charakteristischen T0-Länge zur Planck-Länge)

2. **Setzung $\beta_T^{nat} = 1$:** Diese Bedingung führt zu:

$$\xi = \frac{\lambda_h^2 v^2}{16\pi^3 m_h^2} \approx 1,33 \times 10^{-4} \quad (3)$$

Dies impliziert $r_0 \approx 1,33 \times 10^{-4} \cdot l_P$, etwa $1/7519$ der Planck-Länge.

3. **Konsistenz mit der Standardmodell-Relation:** Mit $m_h^2 = 2\lambda_h v^2$ erhält man:

$$\xi = \frac{\lambda_h}{32\pi^3} \approx \frac{0,13}{32\pi^3} \approx \frac{0,13}{990} \approx 1,31 \times 10^{-4} \quad (4)$$

was nahezu identisch mit dem vorherigen Wert ist und die Robustheit der Beziehung bestätigt [17].

4. **Renormierungsgruppeninterpretation:** β_T kann als Renormierungsgruppen-Fixpunkt im Infrarot-Limit interpretiert werden:

$$\lim_{E \rightarrow 0} \beta_T(E) = 1 \quad (5)$$

wobei der empirische Wert $\beta_T^{SI} \approx 0,008$ als Resultat der Renormierungsgruppen-Evolution bei endlichen Energien zu verstehen ist [17].

Der Parameter $\beta_T = 1$ ist somit theoretisch fundiert und kein empirisch angepasster Wert.

2.7 Herleitung von $\alpha_{EM} = 1$

Die Setzung der Feinstrukturkonstante $\alpha_{EM} = 1$ hat tiefgreifende Bedeutung im T0-Modell und ist theoretisch fundiert:

1. **Definition der Feinstrukturkonstante:**

$$\alpha_{EM} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar c} \approx \frac{1}{137,036} \quad (6)$$

2. **Implikation von $\alpha_{EM} = 1$:**

$$e = \sqrt{4\pi\epsilon_0\hbar c} \quad (7)$$

Dies bedeutet, dass die Elementarladung eine dimensionslose Größe wird, die durch fundamentale Konstanten definiert ist.

3. **Mit $\hbar = c = 1$ vereinfacht sich dies zu:**

$$e = \sqrt{4\pi\epsilon_0} \quad (8)$$

4. **Physikalische Konsequenz:** Elektrische Ladungen werden dimensionslos, und alle elektromagnetischen Größen können auf Energie reduziert werden [6].

5. **Alternative Herleitung über den klassischen Elektronenradius:** Der klassische Elektronenradius $r_e = e^2/(4\pi\epsilon_0 m_e c^2)$ und die Compton-Wellenlänge $\lambda_C = h/(m_e c)$ stehen in Beziehung durch:

$$\alpha_{EM} = \frac{2\pi r_e}{\lambda_C} \quad (9)$$

was zur Standarddefinition führt, wenn man $h = 2\pi\hbar$ einsetzt [6].

6. **Verbindung mit EM-Konstanten:** Die Setzung $\alpha_{EM} = 1$ koppelt die elektromagnetischen Konstanten μ_0 und ϵ_0 durch $\mu_0\epsilon_0 = 1/c^2 = 1$ (in natürlichen Einheiten).

Die Setzung $\alpha_{EM} = 1$ ist somit Teil des konzeptionellen Rahmens, der alle Interaktionen auf energiebasierte Terme reduziert und die intrinsische Einheit der Naturgesetze offenbart [17].

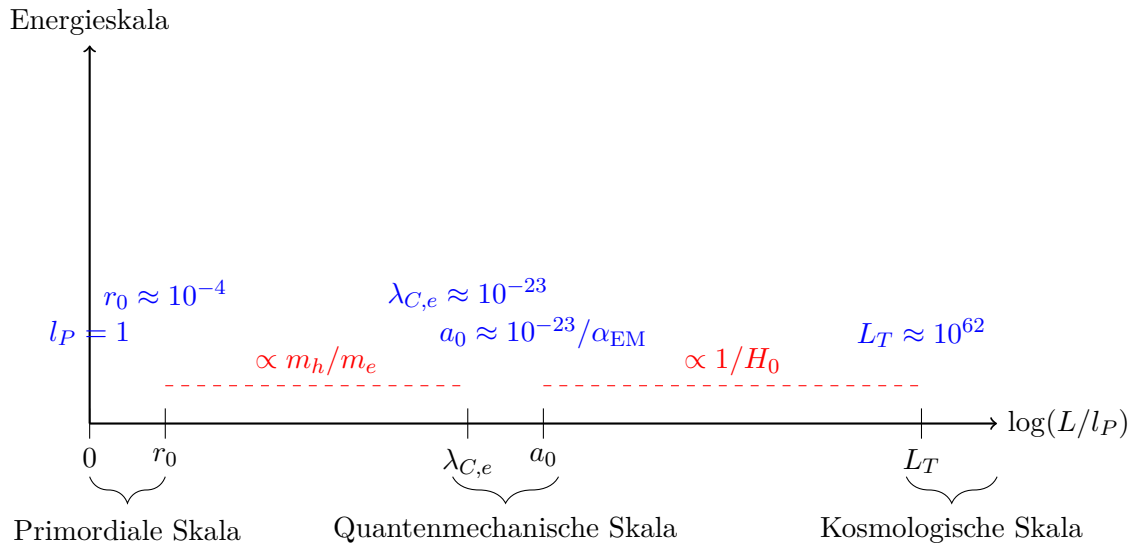


Abbildung 1: Hierarchie der Längenskalen im T0-Modell, mit der Planck-Länge l_P als Referenzeinheit. Die enorme Spannweite von der T0-Charakteristischen Länge r_0 bis zur kosmologischen Korrelationslänge L_T umfasst mehr als 66 Größenordnungen, die durch die Setzung von $\hbar = c = G = \alpha_{\text{EM}} = \beta_T = 1$ in einem einheitlichen Rahmen beschrieben werden können.

Längenskala	SI-Ausdruck	T0 Nat. Einh.	Prakt. Einheit	Physik. Bedeutung	Verh. zur Planck-L.
Planck-Länge (l_P)	$\sqrt{\hbar G/c^3} \approx 1,616 \times 10^{-35} \text{ m}$	1	1 (dimensionslos)	Quantengravitationsskala	1 (Basiseinheit)
T0-Charakt. Länge (r_0)	$\xi \cdot l_P$	$1,33 \times 10^{-4}$	$1,33 \times 10^{-4} l_P$	Higgs-bezogene Skala	$1,33 \times 10^{-4}$
Compton-Wellenlänge des Higgs ($\lambda_{C,h}$)	$\hbar/(m_h \cdot c)$	$1/m_h$	m_h^{-1} in E-Einh.	Quantenwellennatur des Higgs	$\sim 1,6 \times 10^{-20}$
Klassischer Elektronenradius (r_e)	$e^2/(4\pi\epsilon_0 m_e c^2)$	$\alpha_{\text{EM}} \cdot \lambda_{C,e}/(2\pi)$	$1/(2\pi \cdot m_e)$	EM-Selbstenergieskala	$\sim 2,4 \times 10^{-23}$
Compton-Wellenlänge des Elektrons ($\lambda_{C,e}$)	$\hbar/(m_e \cdot c)$	$1/m_e$	m_e^{-1} in E-Einh.	Quantenwellennatur des Elektrons	$\sim 2,1 \times 10^{-23}$
Bohr-Radius (a_0)	$4\pi\epsilon_0 \hbar^2/(m_e e^2)$	$1/(\alpha_{\text{EM}} \cdot m_e)$	$1/m_e$	Atomare Größenskala	$\sim 4,2 \times 10^{-23}$
Kosmologischer Horizont (d_H)	c/H_0	$1/H_0$	H_0^{-1}	Beobachtbares Universum	$\sim 5,4 \times 10^{61}$
Kosmologische Korrelationslänge (L_T)	$(L_T/l_P) \cdot l_P$	$3,9 \times 10^{62}$	$3,9 \times 10^{62} l_P$	Kosmische Strukturskala	$3,9 \times 10^{62}$

Tabelle 4: Fundamentale Längenskalen im T0-Modell

3 Charakteristische Längenskalen in Natürlichen Einheiten

3.1 Fundamentale Längenskalen

Diese Tabelle stellt die Größenskalen in hierarchischer Ordnung dar, wobei jede Skala durch ihr Verhältnis zur fundamentalen Planck-Länge charakterisiert wird. Die Verhältnisse zeigen die enorme Spannweite der physikalischen Skalen – von der subplanckschen T0-Länge (r_0) bis zur kosmologischen Korrelationslänge (L_T), die über 66 Größenordnungen umfasst [10].

3.2 Abgeleitete Längenskalenverhältnisse

Diese Verhältnisse zeigen die hierarchische Struktur der Längenskalen und ihre Beziehungen zu fundamentalen dimensionslosen Konstanten. Sie bilden ein konsistentes Netzwerk von Beziehungen, das die verschiedenen Bereiche der Physik – von der Quantenmechanik über die Elektromagnetik bis zur Kosmologie – miteinander verbindet [18].

Verhältnis	Wert	Formel	Bedeutung	Hierarchie-Ebene
$\xi = r_0/l_P$	$1,33 \times 10^{-4}$	$\lambda_h^2 v^2 / (16\pi^3 m_h^2)$	T0-Planck-Skalen-Verhältnis	3 - Abgeleitetes Verhältnis
L_T/l_P	$3,9 \times 10^{62}$	-	Makro-Quanten-Verhältnis	3 - Abgeleitetes Verhältnis
r_0/L_T	$3,41 \times 10^{-67}$	$\lambda_h^2 v^4 / (16\pi^3 M_{Pl})$	Mikro-Makro-Skalen-Verhältnis	3 - Abgeleitetes Verhältnis
$\lambda_{C,e}/l_P$	$2,1 \times 10^{-23}$	m_P/m_e	Elektron-Planck-Massenverhältnis	3 - Abgeleitetes Verhältnis
$a_0/\lambda_{C,e}$	$1/(\alpha_{EM})$	$1/(\alpha_{EM})$	Inverse Feinstrukturkonstante	2 - Dimensionslose Kopplung
$r_e/\lambda_{C,e}$	$\alpha_{EM}/(2\pi)$	$\alpha_{EM}/(2\pi)$	EM-Selbstenergie-Verhältnis	2 - Dimensionslose Kopplung
$\lambda_{max} \cdot T$	$2\pi/\alpha_W$	2π	Wien'sches Verschiebungsgesetz	2 - Dimensionslose Kopplung

Tabelle 5: Abgeleitete Längenskalenverhältnisse

3.3 Verbindung zu Higgs-Parametern

Die T0-charakteristische Länge r_0 ist mit Standardmodell-Parametern durch folgende Beziehung verbunden:

$$r_0 = \xi \cdot l_P = \frac{\lambda_h^2 v^2}{16\pi^3 m_h^2} \cdot l_P \approx 1,33 \times 10^{-4} \cdot l_P \quad (10)$$

wobei:

- $\lambda_h \approx 0,13$ (Higgs-Selbstkopplung)
- $v \approx 246$ GeV (Higgs-Vakuumerwartungswert)
- $m_h \approx 125$ GeV (Higgs-Masse)

Mit der Standardmodell-Relation $m_h^2 = 2\lambda_h v^2$ vereinfacht sich dies zu:

$$\xi = \frac{\lambda_h}{32\pi^3} \approx 1,31 \times 10^{-4} \quad (11)$$

Diese Verbindung zwischen dem T0-Modell und dem Higgs-Sektor des Standardmodells liefert eine natürliche Brücke zwischen Quantenfeldtheorie und emergenter Gravitation über das intrinsische Zeitfeld $T(x)$ [8].

4 Umrechnung zwischen Natürlichen und SI-Einheiten

4.1 Planck-Einheiten und ihre Werte

Die Planck-Einheiten bilden die Basis des natürlichen Einheitensystems und sind aus den fundamentalen Konstanten \hbar , c und G abgeleitet. Im T0-Modell werden sie als Grundlage für ein vereinheitlichtes Einheitensystem verwendet, in dem alle fundamentalen Konstanten auf 1 gesetzt werden:

Im T0-Modell mit $\hbar = c = G = k_B = \alpha_{EM} = \alpha_W = \beta_T = 1$ sind alle diese Planck-Einheiten auf den Wert 1 normiert und dienen als natürliche Referenzeinheiten, aus denen alle anderen physikalischen Größen abgeleitet werden können [18].

4.2 Umrechnungsformeln zwischen Natürlichen und SI-Einheiten

Die Umrechnung zwischen natürlichen Einheiten und SI-Einheiten erfolgt durch Multiplikation mit den entsprechenden Planck-Einheiten:

4.3 Umrechnung Dimensionsloser Parameter

Für dimensionslose Parameter gelten spezielle Umrechnungen:

Planck-Einheit	Symbol	Definition	Wert in SI-Einheiten	Bedeutung
Planck-Länge	l_P	$\sqrt{\hbar G/c^3}$	$1,616 \times 10^{-35} \text{ m}$	Fundamentale Längeneinheit
Planck-Zeit	t_P	$\sqrt{\hbar G/c^5}$	$5,391 \times 10^{-44} \text{ s}$	Fundamentale Zeiteinheit
Planck-Masse	m_P	$\sqrt{\hbar c/G}$	$2,176 \times 10^{-8} \text{ kg}$	Fundamentale Masseneinheit
Planck-Energie	E_P	$\sqrt{\hbar c^5/G}$	$1,956 \times 10^9 \text{ J}$	Fundamentale Energieeinheit
Planck-Temperatur	T_P	$\sqrt{\hbar c^5/G}/k_B$	$1,417 \times 10^{32} \text{ K}$	Fundamentale Temperatureinheit
Planck-Ladung	q_P	$\sqrt{4\pi\epsilon_0\hbar c}$	$1,875 \times 10^{-18} \text{ C}$	Fundamentale Ladungseinheit
Planck-Kraft	F_P	c^4/G	$1,210 \times 10^{44} \text{ N}$	Fundamentale Krafteinheit
Planck-Druck	p_P	$c^7/(\hbar G^2)$	$4,633 \times 10^{113} \text{ Pa}$	Fundamentale Druckeinheit
Planck-Dichte	ρ_P	$c^5/(\hbar G^2)$	$5,155 \times 10^{96} \text{ kg/m}^3$	Fundamentale Dichteeinheit

Tabelle 6: Planck-Einheiten und ihre Werte

Größe	Natürlich \rightarrow SI Umrechnung	Praktisches Beispiel
Länge	$L_{\text{SI}} = L_{\text{NE}} \cdot l_{P,\text{SI}}$	$1 \rightarrow 1,616 \times 10^{-35} \text{ m}$
Energie	$E_{\text{SI}} = E_{\text{NE}} \cdot E_{P,\text{SI}} = E_{\text{NE}} \cdot \sqrt{\frac{\hbar c^5}{G}}$	$1 \rightarrow 1,956 \times 10^9 \text{ J}$
Masse	$M_{\text{SI}} = M_{\text{NE}} \cdot M_{P,\text{SI}} = M_{\text{NE}} \cdot \sqrt{\frac{\hbar c}{G}}$	$1 \rightarrow 2,176 \times 10^{-8} \text{ kg}$
Zeit	$T_{\text{SI}} = T_{\text{NE}} \cdot t_{P,\text{SI}} = T_{\text{NE}} \cdot \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}}$	$1 \rightarrow 5,391 \times 10^{-44} \text{ s}$
Temperatur	$T_{\text{SI}} = T_{\text{NE}} \cdot T_{P,\text{SI}} = T_{\text{NE}} \cdot \frac{M_{P,\text{SI}} \cdot c^2}{k_B}$	$1 \rightarrow 1,417 \times 10^{32} \text{ K}$
Elektrische Ladung	$Q_{\text{SI}} = Q_{\text{NE}} \cdot \sqrt{4\pi\epsilon_0\hbar c}$	$1 \rightarrow 1,875 \times 10^{-18} \text{ C}$

Tabelle 7: Umrechnungsformeln zwischen Natürlichen und SI-Einheiten

4.3.1 Praktische Verwendung Dimensionsloser Parameter

Obwohl dimensionslose Parameter keine physikalischen Einheiten haben, werden sie in verschiedenen Kontexten unterschiedlich angegeben:

- **Feinstrukturkonstante** α_{EM} : Meist als Bruch ($1/137,036$) oder Dezimalwert ($\approx 0,0073$) angegeben
- **T0-Parameter** β_{T} : In wissenschaftlichen Arbeiten als Dezimalwert ($0,008$ in SI-Kontext, 1 in natürlichen Einheiten)
- **Wien'sche Konstante** α_W : Als Dezimalwert ($\approx 2,82$) in thermodynamischen Berechnungen

Diese Parameter behalten ihre Zahlenwerte unabhängig vom Einheitensystem bei, wenn sie in dimensionslosen Gleichungen verwendet werden. In Gleichungen mit dimensionsbehafteten Größen müssen sie jedoch ggf. angepasst werden, wenn zwischen natürlichen Einheiten und SI-Einheiten gewechselt wird [6, 7].

5 Feldgleichungen in Natürlichen Einheiten

5.1 Maxwell-Gleichungen ($\alpha_{\text{EM}} = 1$)

Mit $\alpha_{\text{EM}} = 1$ und den daraus abgeleiteten elektromagnetischen Konstanten $\mu_0 = \epsilon_0 = 1$ nehmen die Maxwell-Gleichungen eine besonders elegante Form an:

In dieser Form zeigt sich die intrinsische Symmetrie zwischen elektrischen und magnetischen Feldern besonders deutlich. Mit der Elementarladung $e = 1$ werden zudem alle elektromagnetischen Größen dimensionslos oder auf Energiedimensionen reduziert:

Parameter	Natürlich \rightarrow SI Umrechnung	Praktische Notation	Numerisches Beispiel
α_{EMSI}	$\alpha_{\text{EMSI}} = \alpha_{\text{EMNE}}/137,036$	Reiner Zahlenwert	$1 \rightarrow 1/137,036 \approx 0,0073$
β_{TSI}	$\beta_{\text{TSI}} = \beta_{\text{TNE}} \cdot \frac{r_{0,\text{NE}} \cdot l_{\text{P,SI}}}{r_{0,\text{SI}}} \approx 0,008$	Reiner Zahlenwert	$1 \rightarrow 0,008$
$\alpha_{W,\text{SI}}$	$\alpha_{W,\text{SI}} = \alpha_{W,\text{NE}} \cdot 2,82$	Reiner Zahlenwert	$1 \rightarrow 2,82$

Tabelle 8: Umrechnung dimensionsloser Parameter

Gleichung	Klassische Form	Natürliche Form ($\alpha_{\text{EM}} = 1$)	Vereinfachung
Gauss'sches Gesetz	$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	$\nabla \cdot \vec{E} = \rho$	Ladungsdichte direkt als Feldquelle
Ampère'sches Gesetz	$\nabla \times \vec{B} - \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \mu_0 \vec{j}$	$\nabla \times \vec{B} - \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \vec{j}$	Stromdichte direkt als Feldquelle
Gauss für Magnetismus	$\nabla \cdot \vec{B} = 0$	$\nabla \cdot \vec{B} = 0$	Unveränderlich
Faraday'sches Gesetz	$\nabla \times \vec{E} + \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0$	$\nabla \times \vec{E} + \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0$	Unveränderlich

Tabelle 9: Maxwell-Gleichungen in natürlichen Einheiten

Die Vereinheitlichung der Dimensionen verdeutlicht, dass elektromagnetische Felder fundamentale Manifestationen von Energiegradienten sind - eine direkte Konsequenz des Prinzips, Energie als fundamentale Einheit zu betrachten [6].

5.2 T0-Modell-Gleichungen ($\beta_{\text{T}} = 1$)

Im T0-Modell mit $\beta_{\text{T}} = 1$ nehmen die grundlegenden Gleichungen besonders elegante Formen an:

Besonders bemerkenswert ist, dass die Gravitation als emergentes Phänomen aus dem intrinsischen Zeitfeld $T(x)$ hervorgeht, ohne dass eine fundamentale Gravitationswechselwirkung postuliert werden muss. Der lineare Term im modifizierten Gravitationspotential ($+r$) führt zu Effekten, die in der Standardkosmologie der dunklen Energie zugeschrieben werden [10].

5.3 Modifizierte Quantenmechanik

Das T0-Modell modifiziert die Grundgleichungen der Quantenmechanik durch die Einbeziehung des intrinsischen Zeitfeldes $T(x)$:

Die modifizierte Schrödinger-Gleichung verknüpft die Zeitentwicklung des Quantenzustands mit dem intrinsischen Zeitfeld $T(x)$, was zu einer massenabhängigen Zeitentwicklung führt. Dies ermöglicht eine natürliche Erklärung für:

- **Massenabhängige Dekohärenz:** Schwerere Teilchen dekohärieren schneller, im Einklang mit experimentellen Beobachtungen.
- **Quantenkorrelationen:** Die scheinbare Nichtlokalität in verschränkten Systemen kann durch massenspezifische Zeitskalen erklärt werden.
- **Teilchen-Welle-Dualität:** Durch die Formulierung $T(x) = \frac{1}{\max(m,\omega)}$ wird die Dualität von Materie und Strahlung vereinheitlicht.

Für verschränkte Zustände nimmt die Zeitentwicklung die Form an:

$$|\Psi(t)\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|0(t/T_1)\rangle_{m_1} \otimes |1(t/T_2)\rangle_{m_2} + |1(t/T_1)\rangle_{m_1} \otimes |0(t/T_2)\rangle_{m_2}) \quad (12)$$

wobei $T_1 = \frac{1}{m_1}$, $T_2 = \frac{1}{m_2}$ die intrinsischen Zeitskalen der beteiligten Teilchen sind [15, 16].

Größe	SI-Dimension	Natürliche Dimension	Veranschaulichung
Elektrisches Feld	$[V/m] = [ML^2T^{-3}I^{-1}]$	$[E^2]$	Energie pro Länge und Ladung
Magnetisches Feld	$[T] = [MT^{-2}I^{-1}]$	$[E^2]$	Energie pro Fläche und Ladung
Ladungsdichte	$[C/m^3] = [L^{-3}TI]$	$[E^3]$	Ladung pro Volumen
Stromdichte	$[A/m^2] = [L^{-2}I]$	$[E^3]$	Ladung pro Fläche und Zeit

Tabelle 10: Dimensionen elektromagnetischer Größen

Gleichung	Natürliche Form ($\beta_T = 1$)	Physikalische Bedeutung
Temperatur-Rotverschiebungs-Relation	$T(z) = T_0(1+z)(1+\ln(1+z))$	Erweiterte kosmische Temperaturentwicklung
Wellenlängenabhängige Rotverschiebung	$z(\lambda) = z_0(1 + \ln(\lambda/\lambda_0))$	Frequenzabhängige kosmologische Rotverschiebung
Modifiziertes Gravitationspotential	$\Phi(r) = -\frac{M}{r} + r$	Emergente Gravitation mit linearterm
Intrinsisches Zeitfeld (statisch)	$\nabla^2 T(x) \approx -\frac{\rho}{T(x)^2}$	Quellterm für das intrinsische Zeitfeld
Effektives Gravitationspotential	$\Phi(\vec{x}) = -\ln\left(\frac{T(x)}{T(x)_0}\right)$	Verknüpfung von Gravitation und Zeitfeld
Gravitationskraft	$\vec{F} = -\nabla\Phi = -\frac{\nabla T(x)}{T(x)}$	Kraftgesetz aus Zeitfeldgradienten

Tabelle 11: T0-Modell-Gleichungen in natürlichen Einheiten

6 Fundamentale Beziehungen zwischen Einheiten im T0-Modell

6.1 Netzwerk der Verhältnisse zwischen physikalischen Größen

Die Hierarchie und Beziehungen zwischen den physikalischen Größen können durch ein Netzwerk von Verhältnissen dargestellt werden:

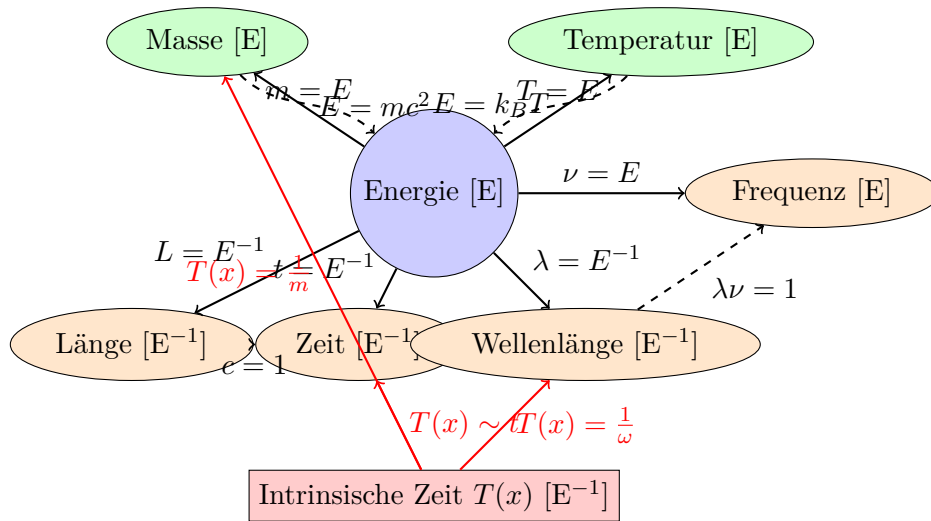


Abbildung 2: Netzwerk der Verhältnisse zwischen physikalischen Größen im T0-Modell. Alle Größen sind auf Energie $[E]$ als fundamentale Einheit zurückführbar. Die durchgezogenen Linien zeigen direkte Dimensionsbeziehungen, die gestrichelten Linien zeigen physikalische Äquivalenzen durch dimensionslose Konstanten ($c = k_B = 1$). Die roten Linien repräsentieren die vermittelnde Rolle des intrinsischen Zeitfeldes $T(x)$.

6.2 Quantitative Verhältnisse und Skalenhierarchie

Die quantitativen Verhältnisse zwischen verschiedenen Skalen ergeben eine hierarchische Struktur:

Gleichung	Natürliche Form	Standardform
Modifizierte Schrödinger-Gleichung	$iT(x)\frac{\partial\Psi}{\partial t} + i\Psi\frac{\partial T(x)}{\partial t} = \hat{H}\Psi$	$i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t} = \hat{H}\Psi$
Dekohärenzrate	$\Gamma_{\text{dec}} = \Gamma_0 \cdot m$	$\Gamma_{\text{dec}} = \Gamma_0 \cdot \frac{mc^2}{\hbar}$
Welle-Teilchen-Relation	$\lambda = \frac{1}{p}$	$\lambda = \frac{h}{p}$
Zeit-Energie-Unschärfe	$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{1}{2}$	$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$

Tabelle 12: Modifizierte quantenmechanische Gleichungen

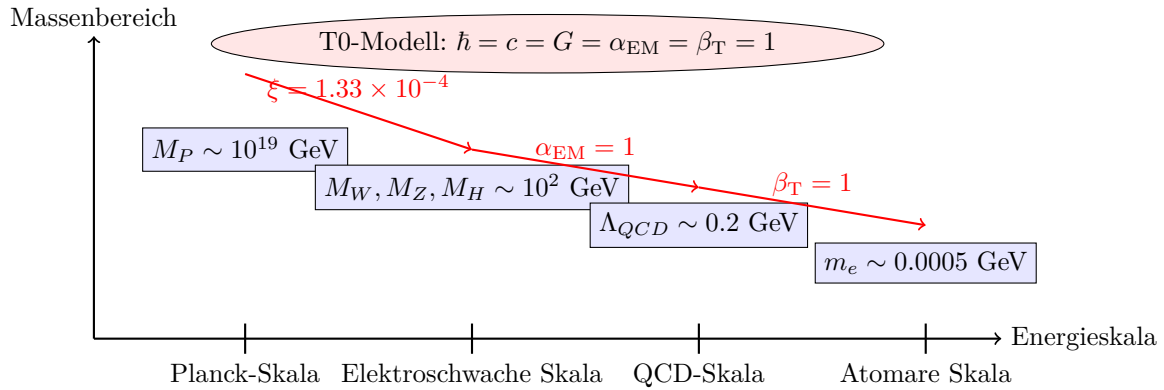


Abbildung 3: Hierarchie der Energieskalen im T0-Modell. Die dimensionslosen Konstanten (ξ , α_{EM} , β_{T}) verbinden die verschiedenen Energieskalen von der Planck-Skala bis zur atomaren Skala. Im T0-Modell mit $\hbar = c = G = \alpha_{\text{EM}} = \beta_{\text{T}} = 1$ werden diese Skalen durch reine Zahlenverhältnisse verbunden, wobei Energie die fundamentale Einheit bildet.

6.3 Verhältnisse der Fundamentalen Kräfte in Natürlichen Einheiten

Im T0-Modell mit vereinheitlichtem natürlichem Einheitensystem können die fundamentalen Wechselwirkungen durch ihre dimensionslosen Kopplungskonstanten charakterisiert werden:

Kraft	Dimensionslose Kopplung	Natürlicher Wert	Reichweite
Elektromagnetisch	α_{EM}	1	∞
Stark	α_s	$\sim 0,118$ bei $Q^2 = M_Z^2$	$\sim 10^{-15}$ m
Schwach	$\alpha_W = g^2/(4\pi)$	$\sim 1/30$	$\sim 10^{-18}$ m
Gravitation	$\alpha_G = Gm^2/\hbar c$	m^2/m_P^2	∞

Tabelle 13: Fundamentale Kräfte in natürlichen Einheiten

Im T0-Modell werden diese Verhältnisse neu interpretiert: Die Gravitation ist keine fundamentale Kraft mehr, sondern eine emergente Eigenschaft des intrinsischen Zeitfeldes $T(x)$, was zu einer natürlichen Vereinheitlichung führt [13].

7 Rolle der Energie als Fundamentale Einheit

Im vereinheitlichten natürlichen Einheitensystem des T0-Modells dient Energie [E] als die fundamentale Einheit, aus der alle anderen physikalischen Größen abgeleitet werden können:

Physikalische Größe	Natürliche Einheit	Praktische Notation
Länge	$[E^{-1}]$	$\text{eV}^{-1}, \text{GeV}^{-1}, \text{TeV}^{-1}$
Zeit	$[E^{-1}]$	$\text{eV}^{-1}, \text{GeV}^{-1}, \text{TeV}^{-1}$
Masse/Energie	$[E]$	$\text{eV}, \text{MeV}, \text{GeV}, \text{TeV}$
Temperatur	$[E]$	eV, MeV
Impuls	$[E]$	eV, GeV
Wirkungsquerschnitt	$[E^{-2}]$	$\text{GeV}^{-2}, \text{mb}, \text{pb}, \text{fb}$
Zerfallsrate	$[E]$	eV, MeV

Tabelle 14: Praktische Notationen physikalischer Größen in natürlichen Einheiten

Praktische Umrechnungen in natürlichen Einheiten

Länge	Zeit	Energie/Masse
$1 \text{ GeV}^{-1} \approx 0,197 \text{ fm}$	$1 \text{ GeV}^{-1} \approx 6,58 \times 10^{-25} \text{ s}$	$1 \text{ eV} \approx 1,78 \times 10^{-36} \text{ kg}$

Typische Teilchenphysikalische Größen

Protonen-Masse	Elektron-Masse	Temperatur
$m_p \approx 0,938 \text{ GeV}$	$m_e \approx 0,511 \text{ MeV}$	$1 \text{ eV} \approx 11.605 \text{ K}$

Fundamentale Einheiten im T0-Modell

Planck-Masse	Planck-Länge	Planck-Zeit
$m_P = 1$	$l_P = 1$	$t_P = 1$

Abbildung 4: Praktische Umrechnungen zwischen SI-Einheiten und natürlichen Einheiten, sowie typische Größen in der Teilchenphysik. Im T0-Modell mit $\hbar = c = G = \alpha_{\text{EM}} = \beta_{\text{T}} = 1$ sind alle Planck-Einheiten auf 1 normiert, und alle physikalischen Größen können in Vielfachen oder Bruchteilen dieser Einheiten ausgedrückt werden.

7.1 Praktische Notationen in natürlichen Einheiten**7.2 Philosophische Implikationen**

Die Verwendung von Energie als fundamentale Einheit im T0-Modell hat tiefgreifende philosophische Implikationen:

1. **Ontologische Vereinfachung:** Energie wird zur fundamentalen Entität, aus der alle anderen physikalischen Größen abgeleitet werden können. Dies steht im Einklang mit der Einsteinäquivalenz von Masse und Energie und erweitert sie auf alle physikalischen Größen.
2. **Einheitliche Beschreibung der Natur:** Die Verwendung natürlicher Einheiten mit $\hbar = c = G = \alpha_{\text{EM}} = \beta_{\text{T}} = 1$ ermöglicht eine vereinheitlichte Beschreibung aller bekannten physikalischen Phänomene ohne willkürliche dimensionsbehaftete Konstanten.
3. **Emergente Raum-Zeit:** Im T0-Modell kann die Raumzeit als emergentes Phänomen betrachtet werden, das aus den Eigenschaften des intrinsischen Zeitfeldes $T(x)$ hervorgeht.

Dies entspricht modernen Ansätzen in der theoretischen Physik, die Raum und Zeit als emergente Eigenschaften eines fundamentalen Substrats betrachten [11, 1].

4. **Überwindung des Leib-Seele-Problems:** Die Einführung einer absoluten Zeit im T0-Modell bei gleichzeitiger Reinterpretation relativistischer Effekte als Massenvariation bietet einen neuen Ansatz zum Verständnis des Bewusstseins und seiner Beziehung zur physikalischen Welt [11].

Die Vereinheitlichung durch Energie als fundamentale Einheit ist nicht nur eine mathematische Vereinfachung, sondern spiegelt die intrinsische Einheit der Naturgesetze wider, wie sie im T0-Modell postuliert wird [12].

8 Zusammenfassung und Ausblick

Das vereinheitlichte natürliche Einheitensystem des T0-Modells mit $\hbar = c = G = k_B = \alpha_{\text{EM}} = \alpha_W = \beta_T = 1$ bietet einen eleganten Rahmen für die Vereinheitlichung aller physikalischen Phänomene mit Energie als fundamentaler Einheit. Die wichtigsten Erkenntnisse sind:

1. **Hierarchische Struktur:** Die physikalischen Konstanten und Skalen bilden eine klare hierarchische Struktur, wobei alle Größen auf Energie [E] als fundamentale Einheit zurückgeführt werden können.
2. **Vereinfachte Feldgleichungen:** Die Grundgleichungen der Physik nehmen in diesem System besonders elegante Formen an, was die intrinsische Einheit der Naturgesetze offenbart.
3. **Brücke zwischen Quantenmechanik und Relativitätstheorie:** Das intrinsische Zeitfeld $T(x)$ dient als Mediator zwischen Quantenmechanik und Relativitätstheorie, indem es eine Brücke zwischen Mikro- und Makroskala schlägt.
4. **Emergente Gravitation:** Die Gravitation wird als emergentes Phänomen aus dem intrinsischen Zeitfeld $T(x)$ neu interpretiert, ohne dass eine fundamentale Gravitationswechselwirkung angenommen werden muss.
5. **Natürliche Erklärung kosmologischer Phänomene:** Das T0-Modell bietet natürliche Erklärungen für Phänomene wie Rotverschiebung, kosmische Expansion und dunkle Energie, ohne Ad-hoc-Annahmen wie die Inflationstheorie oder dunkle Materie zu benötigen.

Zukünftige Forschungsrichtungen könnten folgende Aspekte umfassen:

- **Experimentelle Tests der wellenlängenabhängigen Rotverschiebung:** $z(\lambda) = z_0(1 + \ln(\lambda/\lambda_0))$, was einen direkten Test des Parameters $\beta_T = 1$ ermöglichen würde.
- **Präzisionsmessungen atomarer Energieniveaus:** Die Reinterpretation der Rydberg-Konstante als $R_\infty = 1/2$ in natürlichen Einheiten könnte zu neuen experimentellen Tests führen.
- **Quantenfeldtheoretische Entwicklung des T0-Modells:** Die vollständige Quantisierung des intrinsischen Zeitfeldes $T(x)$ und seine Einbettung in einen quantenfeldtheoretischen Rahmen bleibt eine wichtige Herausforderung.

- **Numerische Simulationen der kosmologischen Entwicklung:** Mit dem modifizierten Gravitationspotential $\Phi(r) = -\frac{M}{r} + r$ könnten Computersimulationen der Galaxiendynamik durchgeführt werden, um Vorhersagen des T0-Modells mit astronomischen Beobachtungen zu vergleichen.

Die vereinheitlichte natürliche Einheitensystematik des T0-Modells mit Energie als fundamentaler Einheit bietet einen vielversprechenden Ansatz zur Überwindung der Trennung zwischen Quantenmechanik und Relativitätstheorie und könnte zu einem tieferen Verständnis der fundamentalen Struktur des Universums führen [20].

Literatur

- [1] J. Pascher, [Time as an Emergent Property in Quantum Mechanics: A Connection Between Relativity, Fine-Structure Constant, and Quantum Dynamics](#), March 23, 2025.
- [2] J. Pascher, [Compensatory and Additive Effects: An Analysis of Measurement Differences Between the T0 Model and the \$\Lambda\$ CDM Standard Model](#), April 2, 2025.
- [3] J. Pascher, [Mass Variation in Galaxies: An Analysis in the T0 Model with Emergent Gravitation](#), March 30, 2025.
- [4] J. Pascher, [Time-Mass Duality Theory \(T0 Model\): Derivation of Parameters \$\kappa\$, \$\alpha\$, and \$\beta\$](#) , March 30, 2025.
- [5] J. Pascher, [Adjustment of Temperature Units in Natural Units and CMB Measurements](#), April 2, 2025.
- [6] J. Pascher, [Energy as a Fundamental Unit: Natural Units with \$\alpha_{\text{EM}} = 1\$ in the T0 Model](#), March 26, 2025.
- [7] J. Pascher, [Dimensionless Parameters in the T0 Model: Setting \$\beta = 1\$ in Natural Units](#), April 4, 2025.
- [8] J. Pascher, [Mathematical Formulation of the Higgs Mechanism in Time-Mass Duality](#), March 28, 2025.
- [9] J. Pascher, [From Time Dilation to Mass Variation: Mathematical Core Formulations of Time-Mass Duality Theory](#), March 29, 2025.
- [10] J. Pascher, [Emergent Gravitation in the T0 Model: A Comprehensive Derivation](#), April 1, 2025.
- [11] J. Pascher, [A New Perspective on Time and Space: Johann Pascher's Revolutionary Ideas](#), March 25, 2025.
- [12] J. Pascher, [In Brief - Complementary Duality in Physics: From Wave-Particle to Time-Mass Concept](#), March 26, 2025.
- [13] J. Pascher, [Simplified Description of the Fundamental Forces with Time-Mass Duality](#), March 27, 2025.
- [14] J. Pascher, [Time and Mass: A New Look at Old Formulas – and Liberation from Traditional Constraints](#), March 22, 2025.

- [15] J. Pascher, [The Necessity of Extending Standard Quantum Mechanics and Quantum Field Theory](#), March 27, 2025.
- [16] J. Pascher, [Dynamic Mass of Photons and Its Implications for Nonlocality in the T0 Model](#), March 25, 2025.
- [17] J. Pascher, [Unified Unit System in the T0 Model: The Consistency of \$\alpha = 1\$ and \$\beta = 1\$](#) , April 5, 2025.
- [18] J. Pascher, [Real Consequences of Reformulating Time and Mass in Physics: Beyond the Planck Scale](#), March 24, 2025.
- [19] J. Pascher, [Dark Energy in the T0 Model: A Mathematical Analysis of Energy Dynamics](#), April 3, 2025.
- [20] J. Pascher, [Unification of the T0 Model: Foundations, Dark Energy, and Galaxy Dynamics](#), April 4, 2025.
- [21] J. Pascher, [From Time Dilation to Mass Variation: Mathematical Core Formulations of Time-Mass Duality Theory](#), April 5, 2025.
- [22] M. Planck, *Über irreversible Strahlungsvorgänge*, Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 5, 440-480 (1899).
- [23] P. A. M. Dirac, *The Quantum Theory of the Electron*, Proceedings of the Royal Society of London A 117, 610-624 (1928).
- [24] A. Einstein, *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, Annalen der Physik 322, 891-921 (1905).
- [25] A. Einstein, *Die Feldgleichungen der Gravitation*, Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften, 844-847 (1915).
- [26] A. Sommerfeld, *Zur Quantentheorie der Spektrallinien*, Annalen der Physik 356, 1-94 (1916).
- [27] W. Heisenberg, *Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik*, Zeitschrift für Physik 43, 172-198 (1927).
- [28] E. Schrödinger, *Quantisierung als Eigenwertproblem*, Annalen der Physik 384, 361-376 (1926).
- [29] R. P. Feynman, *QED: The Strange Theory of Light and Matter*, Princeton University Press (1985).
- [30] M. J. Duff, L. B. Okun & G. Veneziano, *Dialogue on the Number of Fundamental Constants*, Journal of High Energy Physics 3, 023 (2002).
- [31] F. Wilczek, *The Lightness of Being: Mass, Ether, and the Unification of Forces*, Basic Books (2008).
- [32] E. Verlinde, *On the Origin of Gravity and the Laws of Newton*, Journal of High Energy Physics 4, 29 (2011).
- [33] B. Greene, *Until the End of Time: Mind, Matter, and Our Search for Meaning in an Evolving Universe*, Alfred A. Knopf (2020).
- [34] G. 't Hooft, *Dimensional Reduction in Quantum Gravity*, arXiv:gr-qc/9310026 (1993).

- [35] C. M. Will, *The Confrontation between General Relativity and Experiment*, Living Reviews in Relativity 17, 4 (2014).