

# Anpassung der Temperatureinheiten in natürlichen Einheiten und CMB-Messungen

Johann Pascher

2. April 2025

## Zusammenfassung

Diese Arbeit untersucht die Anpassung von Temperatureinheiten in natürlichen Einheitensystemen, insbesondere wenn die Wien'sche Konstante  $\alpha_W = 1$  gesetzt wird, analog zur Behandlung der Feinstrukturkonstante  $\alpha_{EM} = 1$  in der Elektrodynamik. Wir analysieren die Auswirkungen auf die Schwarzkörperstrahlung, CMB-Messungen und diskutieren die Kompatibilität mit dem T0-Modell der Zeit-Masse-Dualität, besonders wenn zusätzlich der T0-Parameter  $\beta_T^{\text{nat}} = 1$  gesetzt wird. Dieser vereinheitlichte Ansatz offenbart grundlegende Beziehungen zwischen Temperatur, Energie und dem intrinsischen Zeitfeld  $T(x)$ , führt jedoch auch zu Diskrepanzen mit Standardmodell-Interpretationen, die kritisch untersucht werden.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Grundlagen natürlicher Einheitensysteme	3
2.1	Konventionen für $\hbar$ und $h$ in natürlichen Einheiten . . . . .	3
2.2	Beziehung zwischen verschiedenen natürlichen Einheitensystemen . . . .	4
3	Anpassung der Temperatureinheit mit $\alpha_W = 1$	4
4	Anpassung der Temperatureinheit mit $\alpha_W = 1$ im Detail	5
4.1	Standardformel . . . . .	5
4.2	Natürliche Einheiten . . . . .	5
4.3	Setzen von $\alpha_W = 1$ . . . . .	5
4.4	Implikationen . . . . .	6
4.5	Warum nicht gebräuchlich? . . . . .	6
4.6	Alternative Perspektiven zum Setzen von $\alpha_W = 1$ . . . . .	6
5	Formale Beziehung zwischen $\alpha_W$ und $\beta_T$	7
5.1	Thermodynamische Interpretation von $\beta_T$ . . . . .	7
5.2	Mathematische Beziehung und gemeinsame Vereinfachung . . . . .	7
6	Temperaturskalierung im T0-Modell mit $\alpha_W = 1$ und $\beta_T^{\text{nat}} = 1$	7
6.1	Herleitung der modifizierten Temperatur-Rotverschiebungs-Beziehung . .	7
6.2	Temperaturberechnung und Umrechnung zwischen Einheitensystemen . .	8
6.3	Herleitung des Energieverlust- und Zeitdilationsmodells . . . . .	9
7	Zukünftige Forschung: Rekalibrierung kosmologischer Parameter im T0-Modell	10

7.1	Die Notwendigkeit einer grundlegenden Rekalibrierung . . . . .	10
7.2	Vorgeschlagener Rahmen für die Parameterrekalibrierung . . . . .	11
7.3	Implikationen für kosmologische Spannungen . . . . .	11
7.4	Experimentelle Ansätze zur Modellunterscheidung . . . . .	12
7.5	Herausforderungen bei der Interpretation physikalischer Theorien . . . .	12
8	Schlussfolgerung und Ausblick . . . . .	13
8.1	Theoretische Bedeutung . . . . .	13
8.2	Verbindung zur Feinstrukturkonstante $\alpha_{\text{EM}}$ . . . . .	13
8.3	Praktische Auswirkungen auf kosmologische Analysen . . . . .	13
8.4	Zukünftige Forschungsrichtungen . . . . .	14

# 1 Einleitung

In der theoretischen Physik ist es üblich, natürliche Einheitensysteme zu verwenden, bei denen fundamentale Konstanten wie  $\hbar$ ,  $c$ ,  $k_B$  und  $G$  auf 1 gesetzt werden. Diese Vereinfachung ermöglicht einen klareren Blick auf die zugrundeliegenden physikalischen Prinzipien, indem künstliche Einheitskonventionen entfernt werden. Frühere Arbeiten haben gezeigt, dass das Setzen dimensionsloser Konstanten wie der Feinstrukturkonstante  $\alpha_{\text{EM}}$  auf 1 konzeptionell vorteilhaft sein kann [3].

Diese Arbeit erweitert diesen Ansatz auf thermodynamische Phänomene, insbesondere auf die Wien'sche Konstante  $\alpha_W$ , die in der Schwarzkörperstrahlung auftritt. Um Verwechslungen zu vermeiden, ist es wichtig, zwischen zwei verschiedenen dimensionslosen Konstanten zu unterscheiden:

## Wichtige dimensionslose Konstanten

- **Feinstrukturkonstante:**  $\alpha_{\text{EM}} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar c} \approx \frac{1}{137.036}$
- **Wien'sche Konstante:**  $\alpha_W \approx 2.821439$  (numerisch bestimmt durch Maximierung der Planck-Verteilung)

Dieses Dokument erklärt, wie Temperaturmessungen und Schwarzkörperstrahlung in einem System mit  $\alpha_W = 1$  angepasst werden könnten. Es behandelt auch, wie CMB-Temperaturmessungen heute durchgeführt werden und ob sie indirekt durch Konstanten oder Kopplungsfaktoren des Standardmodells beeinflusst werden. Anschließend wird die Idee der Anpassung der Temperatureinheit mit  $\alpha_W = 1$  im Kontext des T0-Modells der Zeit-Masse-Dualität [2] diskutiert, insbesondere wenn auch der Parameter  $\beta_T^{\text{nat}} = 1$  gesetzt wird [6].

# 2 Grundlagen natürlicher Einheitensysteme

## 2.1 Konventionen für $\hbar$ und $h$ in natürlichen Einheiten

In der Quantenmechanik erscheinen zwei eng verwandte Konstanten: Die Planck'sche Konstante  $h$  und die reduzierte Planck'sche Konstante  $\hbar = h/2\pi$ . In natürlichen Einheitensystemen ist es üblich,  $\hbar = 1$  zu setzen, was impliziert, dass  $h = 2\pi$ . Diese Konvention hat weitreichende Auswirkungen auf Formeln, die ursprünglich mit  $h$  formuliert wurden, wie zum Beispiel das Wien'sche Verschiebungsgesetz.

Die richtige Behandlung der  $2\pi$ -Faktoren ist entscheidend für die Systemkonsistenz. Wenn  $\hbar = 1$  gesetzt wird, folgt:

## Konventionen in natürlichen Einheiten

$$\hbar = 1 \quad (1)$$

$$h = 2\pi \quad (2)$$

$$c = 1 \quad (3)$$

$$k_B = 1 \quad (4)$$

$$G = 1 \text{ (optional)} \quad (5)$$

Im T0-Modell, in dem die Beziehung zwischen Masse und dem intrinsischen Zeitfeld durch  $m = \frac{\hbar}{T(x)c^2}$  [2] gegeben ist, ist diese Konvention besonders relevant und muss bei allen Umrech-

nungen berücksichtigt werden.

## 2.2 Beziehung zwischen verschiedenen natürlichen Einheitensystemen

Es gibt verschiedene mögliche natürliche Einheitensysteme, je nachdem, welche Konstanten auf 1 gesetzt werden:

Einheitensystem	$\hbar$	$c$	$k_B$	$G$	$\alpha_{\text{EM}}$	$\alpha_{\text{W}}$	$\beta_{\text{T}}$
Geometrisierte Einheiten	variabel	1	variabel	1	variabel	variabel	variabel
Planck-Einheiten	1	1	1	1	variabel	variabel	variabel
Elektrodynamische NE	1	1	variabel	variabel	1	variabel	variabel
Thermodynamische NE	1	1	1	variabel	variabel	1	variabel
T0-Modell NE	1	1	1	1	variabel	variabel	1
Vereinheitlichte NE	1	1	1	1	1	1	1

Diese Arbeit konzentriert sich auf thermodynamische natürliche Einheiten (mit  $\alpha_{\text{W}} = 1$ ) und das vereinheitlichte natürliche Einheitensystem, bei dem sowohl  $\alpha_{\text{W}} = 1$  als auch  $\beta_{\text{T}}^{\text{nat}} = 1$  gesetzt werden. Die Konsistenz und Implikationen der gleichzeitigen Setzung von  $\alpha_{\text{EM}} = 1$ ,  $\alpha_{\text{W}} = 1$  und  $\beta_{\text{T}}^{\text{nat}} = 1$  werden in [7] ausführlich untersucht.

## 3 Anpassung der Temperatureinheit mit $\alpha_{\text{W}} = 1$

Die konsequente Anwendung des Prinzips der maximalen Vereinfachung in natürlichen Einheitensystemen hat tiefgreifende Auswirkungen auf die Interpretation und Skalierung thermodynamischer Größen. Insbesondere muss die Beziehung zwischen Temperatur und Energie neu überdacht werden. Die Planck'sche Strahlungsformel, die die spektrale Energiedichte der Schwarzkörperstrahlung beschreibt:

$$u(\nu, T) = \frac{2\pi h \nu^3}{c^2} \cdot \frac{1}{e^{h\nu/k_B T} - 1} \quad (6)$$

führt zum Wien'schen Verschiebungsgesetz, das die Frequenz des Strahlungsmaximums mit der Temperatur in Beziehung setzt:

$$\nu_{\text{max}} = \alpha_{\text{W}} \cdot \frac{k_B T}{h} \quad (7)$$

wobei  $\alpha_{\text{W}} \approx 2.821439$  eine numerisch bestimmte Konstante ist. Wenn zusätzlich zu  $k_B = 1$ ,  $h = 2\pi$  (da  $\hbar = 1$ ),  $c = 1$  auch  $\alpha_{\text{W}} = 1$  gesetzt wird, ergibt sich eine direkte Proportionalität zwischen der Frequenz des Strahlungsmaximums und der Temperatur:

$$\nu_{\text{max}} = \frac{T}{2\pi} \quad (8)$$

Um diese Beziehung konsistent zu machen, ist eine Anpassung der Temperatureinheit erforderlich. Kelvin wäre als Basiseinheit ungeeignet, da die Temperatur dann direkt in Energieeinheiten gemessen und skaliert werden müsste, um mit der Frequenz des Strahlungsmaximums übereinzustimmen. Diese Anpassung ist analog zur Behandlung von Raum und Zeit in der Relativitätstheorie, wo mit  $c = 1$  beide in Längeneinheiten gemessen werden können. Das Setzen von  $\alpha_{\text{W}} = 1$  ist somit eine konsequente Erweiterung des Prinzips der maximalen Vereinfachung, erfordert jedoch eine Neudefinition der Temperatureinheit. Im Kontext des T0-Modells [2], bei dem die Masse mit dem intrinsischen Zeitfeld  $T(x)$  variiert, könnte diese Neudefinition mit dem Rahmenwerk des Modells übereinstimmen, obwohl Temperaturen aus praktischen Gründen typischerweise in Kelvin angegeben werden [5].

## 4 Anpassung der Temperatureinheit mit $\alpha_W = 1$ im Detail

Das Dokument über die Feinstrukturkonstante [Natürliche Einheiten mit Feinstrukturkonstante  \$\alpha = 1\$](#)  [3] schlägt einen Ansatz vor, der auch auf die Wien'sche Konstante angewendet werden kann: In natürlichen Einheiten mit  $k_B = 1$ ,  $h = 2\pi$  (da  $\hbar = 1$ ),  $c = 1$  und zusätzlich  $\alpha_W = 1$  entspricht die Temperatur direkt der Frequenz des Strahlungsmaximums ( $\nu_{\max} = T$ ), wenn die Temperatureinheit entsprechend skaliert wird. Lassen Sie uns diese Beziehung systematisch herleiten:

### 4.1 Standardformel

Das Wien'sche Verschiebungsgesetz in SI-Einheiten lautet:

$$\nu_{\max} = \alpha_W \cdot \frac{k_B T}{h}, \quad \alpha_W \approx 2.821439,$$

wobei  $\alpha_W$  numerisch durch Maximierung der Planck-Verteilung bestimmt wird, indem die Gleichung  $3(e^x - 1) = xe^x$  gelöst wird.

### 4.2 Natürliche Einheiten

Mit  $k_B = 1$ ,  $h = 2\pi$  (da  $\hbar = 1$ ),  $c = 1$ :

$$\begin{aligned} \nu_{\max} &= \alpha_W \cdot \frac{T}{2\pi}, \\ \nu_{\max} &= \frac{2.821439}{2\pi} T \approx 0.449T. \end{aligned}$$

In natürlichen Einheiten bleibt  $\alpha_W \approx 2.821439$  bestehen, da es sich um eine mathematische Konstante handelt, die unabhängig von  $h$ ,  $c$  oder  $k_B$  ist. Sie stellt ein intrinsisches Merkmal der Schwarzkörperstrahlung dar, ähnlich wie die Feinstrukturkonstante  $\alpha_{\text{EM}}$  ein intrinsisches Merkmal der elektromagnetischen Wechselwirkung ist.

### 4.3 Setzen von $\alpha_W = 1$

Wenn wir  $\alpha_W = 1$  setzen:

$$\nu_{\max} = \frac{T}{2\pi},$$

oder, wenn wir die  $2\pi$ -Faktoren durch entsprechende Skalierung der Temperatur absorbieren:

$$T_{\text{skaliert}} = 2\pi T,$$

sodass:

$$\nu_{\max} = T_{\text{skaliert}}.$$

## 4.4 Implikationen

### Implikationen von $\alpha_W = 1$

- **Neue Einheit:**  $T$  wäre nicht mehr eine Temperatur im klassischen Sinne (Kelvin), sondern eine Energie/Frequenz (z.B. in GeV oder Hz, da  $c = 1$  weggelassen wird). Dies ist konsistent mit der [Analogie zur Relativitätstheorie](#) ( $c = 1$ , Raum und Zeit in Längeneinheiten).
- **CMB-Temperatur:** Die gemessene  $T = 2.725$  K müsste umgerechnet werden. In natürlichen Einheiten mit  $k_B = 1$ :

$$T = 2.725 \text{ K} \cdot k_B = 2.725 \cdot 1.380649 \times 10^{-23} \text{ J} \approx 3.762 \times 10^{-23} \text{ J}.$$

Mit  $h = 2\pi\hbar = 6.62607015 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ :

$$\nu_{\max} = \frac{k_B T}{h} \cdot \alpha_W \approx \frac{3.762 \times 10^{-23}}{6.62607015 \times 10^{-34}} \cdot 2.821439 \approx 1.6 \times 10^{11} \text{ Hz}.$$

Mit  $\alpha_W = 1$ :

$$\nu_{\max} = \frac{T}{2\pi} \approx 6 \times 10^{10} \text{ Hz},$$

und  $T_{\text{skaliert}} = 2\pi \cdot 6 \times 10^{10} \approx 3.77 \times 10^{11} \text{ Hz}$ .

- **Beziehung zur Energie:** In diesem System ist die Temperatur direkt proportional zur Energie, was die grundlegende Beziehung  $E = k_B T$  auf  $E = T_{\text{skaliert}}$  reduziert. Dies stimmt mit der Perspektive des T0-Modells überein, dass Energie die fundamentalste physikalische Größe ist [3].

## 4.5 Warum nicht gebräuchlich?

- **Beobachtungspraxis:** Kosmologen verwenden Kelvin, weil es direkt mit gemessenen Temperaturen (z.B. CMB, Sternoberflächen) zusammenhängt. Natürliche Einheiten mit  $\alpha_W = 1$  würden die Kommunikation mit experimentellen Daten erschweren, weshalb Kelvin in T0-Modellanalysen beibehalten wird [5].

## 4.6 Alternative Perspektiven zum Setzen von $\alpha_W = 1$

- **Mathematische Natur:** Der Wert  $\alpha_W \approx 2.821439$  ergibt sich aus der Lösung der transszendenten Gleichung  $3(e^x - 1) = xe^x$ . Das Setzen von  $\alpha_W = 1$  entspricht konzeptionell dem Setzen von  $c = 1$  oder  $\hbar = 1$ . Es verändert nicht die physikalische Realität, sondern definiert ein alternatives Referenzsystem für thermodynamische Größen, bei dem  $T$  direkt mit der maximalen Frequenz zusammenhängt.
- **Dimensionsbetrachtungen:** Der numerische Wert von  $\alpha_W$  (wie  $\alpha_{EM} \approx 1/137$ ) beeinflusst die Größenordnung abgeleiteter Größen. Mit  $\alpha_W = 1$  würden sich die numerischen Werte thermodynamischer Größen ändern, aber dies hat keine physikalischen Konsequenzen, solange Umrechnungen konsistent angewendet werden. Diese Neuskalierung kann konzeptionelle Vorteile für die theoretische Formulierung des T0-Modells bieten, ähnlich wie andere natürliche Einheiten die theoretische Physik vereinfachen.

## 5 Formale Beziehung zwischen $\alpha_W$ und $\beta_T$

Ein zentraler Aspekt dieser Arbeit ist die Untersuchung der Beziehung zwischen der Wien'schen Konstante  $\alpha_W$  und dem T0-Parameter  $\beta_T$ . Beide sind dimensionslose Konstanten, die in unterschiedlichen Kontexten auftreten, aber konzeptionelle Parallelen aufweisen.

### 5.1 Thermodynamische Interpretation von $\beta_T$

Im T0-Modell beschreibt der Parameter  $\beta_T$  die Kopplung zwischen dem intrinsischen Zeitfeld  $T(x)$  und anderen Feldern. In der Temperatur-Rotverschiebungs-Beziehung erscheint er als:

$$T(z) = T_0(1+z)(1+\beta_T^{\text{SI}} \ln(1+z)) \quad (9)$$

wobei der zweite Term die Abweichung vom Standardmodell darstellt, das  $T(z) = T_0(1+z)$  annimmt.

Die Herleitung von  $\beta_T^{\text{SI}} \approx 0.008$  ist perturbativ und basiert auf fundamentalen Parametern [6]:

$$\beta_T^{\text{nat}} = \frac{\lambda_h^2 v^2}{16\pi^3 m_h^2 \xi} 16\pi^3 m_h^2 \xi \quad (10)$$

wobei  $\lambda_h$  die Higgs-Selbstkopplung,  $v$  der Higgs-Vakuumerwartungswert,  $m_h$  die Higgs-Masse und  $\xi$  ein dimensionsloser Parameter mit  $\xi \approx 1.33 \times 10^{-4}$  ist, der die charakteristische Längenskala  $r_0 = \xi \cdot l_P$  des Modells definiert.

### 5.2 Mathematische Beziehung und gemeinsame Vereinfachung

Während  $\alpha_W$  und  $\beta_T$  unterschiedliche physikalische Phänomene beschreiben, teilen sie eine konzeptionelle Gemeinsamkeit: Beide sind dimensionslose Parameter, die potenziell in einem grundlegenden Einheitensystem auf 1 gesetzt werden könnten.

In natürlichen Einheiten mit  $\hbar = c = k_B = 1$ :

$$\alpha_W \approx 2.821439 \quad (\text{empirisch bestimmt}) \quad (11)$$

$$\beta_T^{\text{SI}} \approx 0.008 \quad (\text{theoretisch abgeleitet}) \quad (12)$$

Das Setzen von  $\alpha_W = 1$  entspricht einer Neuskalierung der Temperatureinheit, während  $\beta_T^{\text{nat}} = 1$  eine Neuskalierung der charakteristischen Längenskala  $r_0$  impliziert [6]:

$$r_0 = \xi \cdot l_P \quad \text{mit} \quad \xi = \frac{\lambda_h^2 v^2}{16\pi^3 m_h^2} \approx 1.33 \times 10^{-4} \quad (13)$$

Eine konsistente Vereinfachung mit  $\alpha_W = 1$  und  $\beta_T^{\text{nat}} = 1$  würde beide Neuskalierungen kombinieren und könnte innerhalb eines vereinheitlichten theoretischen Rahmens dargestellt werden, wie in [7] näher erläutert.

## 6 Temperaturskalierung im T0-Modell mit $\alpha_W = 1$ und $\beta_T^{\text{nat}} = 1$

### 6.1 Herleitung der modifizierten Temperatur-Rotverschiebungs-Beziehung

Im T0-Modell wird die Temperaturentwicklung beschrieben durch:

$$T(z) = T_0(1+z)(1+\beta_T^{\text{SI}} \ln(1+z)) \quad (14)$$

mit  $\beta_T^{\text{SI}} \approx 0.008$  [5], was den Einfluss des intrinsischen Zeitfelds  $T(x)$  widerspiegelt. Die Anwendung von  $\alpha_W = 1$  passt die Basistemperatur  $T_0$  an die Frequenz des Strahlungsmaximums  $\nu_{\text{max}}$  an.

In der Standardpraxis ist  $T_0 = 2.725 \text{ K}$ , aber mit  $\alpha_W = 1$  und natürlichen Einheiten ( $k_B = 1$ ,  $h = 2\pi$ ):

$$\nu_{\text{max}} = \frac{T_0}{2\pi} \approx 6 \times 10^{10} \text{ Hz} \implies T_{0,\text{skaliert}} = 2\pi \cdot 6 \times 10^{10} \approx 3.77 \times 10^{11} \text{ Hz}.$$

Das Setzen von  $\beta_T^{\text{nat}} = 1$  als zusätzliche Vereinfachung in natürlichen Einheiten führt zu einer modifizierten Temperatur-Rotverschiebungs-Beziehung:

$$T(z) = T_0(1+z)(1+\ln(1+z)).$$

Diese Modifikation hat signifikante Auswirkungen auf unser Verständnis des frühen Universums, da sie systematisch höhere Temperaturen bei hohen Rotverschiebungen im Vergleich zum Standardmodell vorhersagt. Diese Vorhersagen können durch Beobachtungen von Produkten der primordialen Nukleosynthese und der kosmischen Mikrowellenhintergrundstrahlung getestet werden.

## 6.2 Temperaturberechnung und Umrechnung zwischen Einheitensystemen

**Grundlegende Prämisse** Wenn  $\beta_T^{\text{SI}} = 0.008$  und  $\beta_T^{\text{nat}} = 1$  äquivalente Darstellungen desselben physikalischen Parameters in verschiedenen Einheitensystemen sind, müssen beide Berechnungen nach entsprechender Umrechnung zum gleichen physikalischen Ergebnis führen.

**Berechnung im SI-System** Ausgehend von der Standard-Hintergrundtemperatur und unter Anwendung der Temperatur-Rotverschiebungs-Beziehung des T0-Modells:

$$T(1101) = 2.725 \text{ K} \times 1101 \times (1 + 0.008 \times \ln(1101)) \quad (15)$$

$$= 2.725 \text{ K} \times 1101 \times 1.056 \quad (16)$$

$$= 3.198 \text{ K} \quad (17)$$

**Umrechnung in Frequenz** Umrechnung dieser Temperatur in Frequenz mit dem Wien'schen Verschiebungsgesetz mit  $\alpha_W^{\text{SI}} \approx 2.821$ :

$$\nu_{\text{max}} = \alpha_W^{\text{SI}} \cdot \frac{k_B T}{h} \quad (18)$$

$$= 2.821 \cdot \frac{1.381 \times 10^{-23} \times 3.198}{6.626 \times 10^{-34}} \quad (19)$$

$$\approx 3 \times 10^{14} \text{ Hz} \quad (20)$$

**Berechnung im natürlichen Einheitensystem** Umrechnung der Basistemperatur in natürliche Einheiten mit  $\alpha_W = 1$ :

$$T_0^{\text{nat}} = T_0^{\text{SI}} \cdot \frac{k_B}{h} \cdot \frac{\alpha_W^{\text{SI}}}{\alpha_W^{\text{nat}}} \quad (21)$$

$$= 2.725 \text{ K} \cdot \frac{1.381 \times 10^{-23}}{2\pi \cdot 1.055 \times 10^{-34}} \cdot \frac{2.821}{1} \quad (22)$$

$$\approx 7.14 \times 10^{10} \text{ Hz} \quad (23)$$



**Temperaturberechnung in natürlichen Einheiten** Im natürlichen Einheitensystem mit  $\beta_T^{\text{nat}} = 1$  berechnen wir die Temperatur bei Rotverschiebung  $z = 1101$ :

$$T(1101)^{\text{nat}} = T_0^{\text{nat}} \times 1101 \times (1 + \ln(1101)) \quad (24)$$

$$= 7.14 \times 10^{10} \text{ Hz} \times 1101 \times (1 + 7.0) \quad (25)$$

$$= 7.14 \times 10^{10} \text{ Hz} \times 1101 \times 8.0 \quad (26)$$

$$\approx 6.29 \times 10^{14} \text{ Hz} \quad (27)$$

**Frequenznormalisierung** Die berechnete Frequenz muss normalisiert werden, um den Unterschied zwischen  $\alpha_W^{\text{SI}} = 2.821$  und  $\alpha_W^{\text{nat}} = 1$  zu berücksichtigen:

$$\nu_{\text{max}}^{\text{normalisiert}} = \frac{\nu_{\text{max}}^{\text{nat}}}{\alpha_W^{\text{SI}}} \times \alpha_W^{\text{nat}} \quad (28)$$

$$= \frac{6.29 \times 10^{14} \text{ Hz}}{2.821} \times 1 \quad (29)$$

$$\approx 2.23 \times 10^{14} \text{ Hz} \quad (30)$$

**Rückumrechnung in SI-Temperatur** Umrechnung dieser Frequenz zurück zur Temperatur im SI-System:

$$T_{\text{final}} = \frac{h \cdot \nu_{\text{max}}^{\text{normalisiert}}}{k_B \cdot \alpha_W^{\text{SI}}} \quad (31)$$

$$= \frac{6.626 \times 10^{-34} \times 2.23 \times 10^{14}}{1.381 \times 10^{-23} \times 2.821} \quad (32)$$

$$\approx 4.36 \text{ K} \quad (33)$$

**Interpretation** Die Berechnung zeigt ein grundlegendes Verhältnis zwischen der Vorhersage des T0-Modells und dem Standardmodellwert:

$$\frac{T_{\text{T0-Modell}}}{T_{\text{Standard}}} = \frac{4.36 \text{ K}}{2.725 \text{ K}} \approx 1.6 \quad (34)$$

**Physikalische Bedeutung** Dieses Verhältnis von 1.6 ist keine willkürliche Korrektur, sondern repräsentiert den fundamentalen Unterschied zwischen:

- Der Interpretation des Standardmodells von expansionsbasierter Rotverschiebung und deren Auswirkung auf die Temperatur
- Der Interpretation des T0-Modells von Rotverschiebung als Energieverlust durch Wechselwirkung mit dem intrinsischen Zeitfeld

### 6.3 Herleitung des Energieverlust- und Zeitdilationsmodells

**Standardmodell-Zeitdilationsgleichung** Im Standardkosmologiemodell wird die Zeitdilatation durch den Lorentz-Faktor beschrieben:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (35)$$

Die Rotverschiebungs-Zeit-Beziehung wird typischerweise ausgedrückt als:

$$t_{\text{beobachtet}} = t_{\text{emittiert}} \cdot \gamma = t_{\text{emittiert}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (36)$$

**T0-Modell-Energieverlustgleichung** Im Gegensatz dazu beschreibt das T0-Modell die Rotverschiebung als Energieverlust durch Wechselwirkung mit dem intrinsischen Zeitfeld:

$$z(\lambda) = z_0 \left( 1 + \beta_T^{\text{nat}} \ln \frac{\lambda}{\lambda_0} \right) \quad (37)$$

Mit  $\beta_T^{\text{nat}} = 1$  in natürlichen Einheiten vereinfacht sich dies zu:

$$z(\lambda) = z_0 \left( 1 + \ln \frac{\lambda}{\lambda_0} \right) \quad (38)$$

**Versöhnung und Herleitung des Korrekturfaktors** Der Faktor von 1.6 ergibt sich aus den unterschiedlichen physikalischen Interpretationen der Rotverschiebung:

1. **Standardmodell:** Interpretiert Rotverschiebung als rein kinematisch, beeinflusst die Temperatur als  $T \propto (1 + z)$
2. **T0-Modell:** Interpretiert Rotverschiebung als Energieverlust, beeinflusst die Temperatur als  $T \propto (1 + z)(1 + \ln(1 + z))$

Für eine Rotverschiebung von  $z = 1101$  (CMB) ist der Korrekturfaktor:

$$\frac{(1 + z)(1 + \ln(1 + z))}{(1 + z)} = (1 + \ln(1 + z)) \approx 8.0 \quad (39)$$

Wenn normalisiert durch das Verhältnis der  $\alpha_W$ -Werte (2.821/1) und unter Berücksichtigung der Umrechnung zwischen Temperatur und Frequenz erhalten wir den endgültigen Faktor von 1.6.

**Physikalische Interpretation** Dieser Korrekturfaktor von 1.6 repräsentiert den systematischen Unterschied zwischen:

- Der Zeitdilationsinterpretation des Standardmodells
- Dem Energieverlustmechanismus des T0-Modells

Er zeigt, dass das T0-Modell bei gleicher beobachteter Rotverschiebung höhere primordiale Temperaturen vorhersagt als das Standardmodell, mit potenziell signifikanten Auswirkungen auf frühe Universumsprozesse und Strukturbildung.

## 7 Zukünftige Forschung: Rekalibrierung kosmologischer Parameter im T0-Modell

### 7.1 Die Notwendigkeit einer grundlegenden Rekalibrierung

Die vergleichenden Berechnungen zwischen dem Standardkosmologiemodell und dem T0-Modell, die in dieser Arbeit präsentiert wurden, haben den konventionell akzeptierten Rotverschiebungswert  $z = 1101$  für die Rekombinationsepoche verwendet. Es ist jedoch wichtig zu erkennen, dass

dieser Wert selbst im Rahmen des  $\Lambda$ CDM-Modells abgeleitet wurde und dessen Annahmen über kosmische Expansion, Dunkle Energie und Dunkle Materie beinhaltet.

Ein fundamentalerer Ansatz würde die direkte Rekalibrierung kosmologischer Parameter innerhalb des T0-Modell-Rahmens erfordern. Dies stellt eine bedeutende zukünftige Forschungsrichtung dar, die Erkenntnisse jenseits des einfachen Vergleichs von Temperatur-Rotverschiebungs-Formeln liefern könnte.

## 7.2 Vorgeschlagener Rahmen für die Parameterrekalibrierung

Während eine umfassende Rekalibrierung den Rahmen der aktuellen Arbeit überschreitet, skizzieren wir hier einen methodischen Rahmen für ein solches Unterfangen:

1. **Neuformulierung kosmologischer Evolutionsgleichungen:** Die Boltzmann-Gleichungen und kosmologischen Evolutionsgleichungen sollten innerhalb des T0-Modells neu formuliert werden, wobei expansionsbasierte Dynamik durch Energieverlustmechanismen ersetzt wird, die durch das intrinsische Zeitfeld  $T(x)$  vermittelt werden.
2. **Neubetrachtung des Rekombinationsprozesses:** Die physikalischen Bedingungen der Rekombination (hauptsächlich Temperatur und Materiedichte) sollten im Kontext des T0-Modells analysiert werden, wobei der Fokus darauf liegt, wie das intrinsische Zeitfeld das Ionisationsgleichgewicht beeinflusst.
3. **Direkte Anpassung an CMB-Daten:** Anstatt abgeleitete Parameter aus dem Standardmodell zu übernehmen, sollten spektrale CMB-Daten direkt mit dem mathematischen Rahmen des T0-Modells angepasst werden, was potenziell zu anderen Werten für fundamentale kosmologische Parameter führen könnte.
4. **Neubestimmung der Rekombinations-Rotverschiebung:** Unter Verwendung der Bedingungen für die Rekombination ( $T \approx 3000$  K) und der Temperatur-Rotverschiebungs-Beziehung des T0-Modells  $T(z) = T_0(1+z)(1 + \beta_T^{\text{SI}} \ln(1+z))$  kann ein revidierter Wert für die Rekombinations-Rotverschiebung abgeleitet werden.

Eine vorläufige Schätzung legt nahe, dass die Rekombinations-Rotverschiebung im T0-Modell näher bei  $z \approx 950$  als bei  $z \approx 1101$  liegen könnte, aber eine rigorose Bestimmung würde die oben skizzierte vollständige Analyse erfordern.

## 7.3 Implikationen für kosmologische Spannungen

Diese Rekalibrierung könnte signifikante Implikationen für aktuelle kosmologische Spannungen haben:

- **Hubble-Spannung:** Die Diskrepanz zwischen Messungen der Hubble-Konstante im frühen und späten Universum könnte durch die Neuinterpretation der Rotverschiebung im T0-Modell adressiert werden.
- **Strukturbildung:** Der Zeitplan für die Strukturbildung könnte im T0-Modell einer Revision bedürfen, was potenziell Spannungen zwischen beobachteten Strukturen und Simulationsvorhersagen mildern könnte.
- **Dunkle Energie und Dunkle Materie:** Das modifizierte Gravitationspotential des T0-Modells  $\Phi(r) = -\frac{GM}{r} + \kappa r$  könnte bei richtiger Kalibrierung der Parameter die Notwendigkeit für dunkle Komponenten reduzieren oder eliminieren.

## 7.4 Experimentelle Ansätze zur Modellunterscheidung

Um empirisch zwischen dem Standard- und dem T0-Modell zu unterscheiden, werden mehrere experimentelle Ansätze vorgeschlagen:

1. **Präzisionsspektroskopie von Quellen mit hoher Rotverschiebung:** Multifrequenz-Beobachtungen zur Detektion der logarithmischen Wellenlängenabhängigkeit der Rotverschiebung, die vom T0-Modell vorhergesagt wird.
2. **Temperatur-Rotverschiebungs-Beziehung bei mehreren Rotverschiebungen:** Messungen von Temperaturindikatoren über verschiedene kosmische Epochen hinweg, um die modifizierte Temperaturskalierung zu testen.
3. **Galaxiendynamik ohne Dunkle Materie:** Testen, ob das modifizierte Gravitationspotential mit Parameter  $\kappa^{\text{SI}} \approx 4.8 \times 10^{-11} \text{ m/s}^2$  die beobachtete Galaxiendynamik ohne Dunkle Materie erklären kann.

Dieses umfassende Rekalibrierungs- und Testprogramm stellt eine ambitionierte, aber notwendige zukünftige Richtung dar, um das T0-Modell als lebensfähige Alternative zum kosmologischen Standardparadigma vollständig zu evaluieren.

## 7.5 Herausforderungen bei der Interpretation physikalischer Theorien

Eine grundlegende Herausforderung in der theoretischen Physik besteht darin, zwischen mathematischer Darstellung und physikalischem Inhalt zu unterscheiden. Die Parameter  $\beta_{\text{T}}^{\text{SI}} = 0.008$  und  $\beta_{\text{T}}^{\text{nat}} = 1$  beschreiben denselben physikalischen Inhalt in verschiedenen Einheitensystemen. Die Wahl des Einheitensystems beeinflusst nicht die beobachtbaren Phänomene, bietet jedoch unterschiedliche konzeptionelle Perspektiven:

- **Konzeptionelle Klarheit:** Das natürliche Einheitensystem mit  $\beta_{\text{T}}^{\text{nat}} = 1$  und  $\alpha_{\text{W}} = 1$  hebt die fundamentale Rolle der Energie als grundlegende physikalische Größe im T0-Modell hervor und offenbart potenzielle tiefere Verbindungen zwischen verschiedenen Wechselwirkungen.
- **Verbindung zur Standardphysik:** Die SI-Formulierung mit  $\beta_{\text{T}}^{\text{SI}} = 0.008$  erleichtert den Vergleich mit etablierten Theorien und die Interpretation experimenteller Daten im Kontext vertrauter physikalischer Größen.
- **Mathematische Eleganz:** Die vereinheitlichte Darstellung mit dimensionslosen Parametern gleich 1 entspricht dem Prinzip maximaler Einfachheit, das oft als Indikator für fundamentale Theorien angesehen wird, wie in [4] betont.

Ob das T0-Modell oder eine andere Theorie die physikalische Realität besser beschreibt, kann letztendlich nur durch experimentelle Überprüfung bestimmt werden, wobei beide Einheitensysteme zu identischen Vorhersagen führen. Die Eleganz des vereinheitlichten Einheitensystems ( $\alpha_{\text{W}} = \beta_{\text{T}}^{\text{nat}} = 1$ ) könnte jedoch einen konzeptionellen Vorteil bieten, indem es fundamentale Beziehungen zwischen verschiedenen physikalischen Phänomenen offenbart, die in anderen Darstellungen verborgen bleiben könnten, wie in [7] diskutiert.

## 8 Schlussfolgerung und Ausblick

### 8.1 Theoretische Bedeutung

Die Vereinheitlichung natürlicher Einheiten durch gleichzeitiges Setzen von  $\alpha_W = 1$  und  $\beta_T^{\text{nat}} = 1$  bleibt ein faszinierendes theoretisches Konzept, das auf tiefere Verbindungen zwischen Thermodynamik, Elektrodynamik und der Dynamik des intrinsischen Zeitfelds hindeuten könnte. Diese Vereinheitlichung entspricht dem fundamentalen Prinzip, dass eine vollständige physikalische Theorie so wenige freie Parameter wie möglich enthalten sollte.

Darüber hinaus entsteht eine konzeptionelle Eleganz aus der Tatsache, dass in diesem vereinheitlichten System thermodynamische, elektromagnetische und gravitative Wechselwirkungen durch einfache Beziehungen beschrieben werden können. Dies deutet auf eine tiefere Einheit der Naturkräfte hin, die im T0-Modell durch das intrinsische Zeitfeld  $T(x)$  vermittelt wird, wie in [8] untersucht.

### 8.2 Verbindung zur Feinstrukturkonstante $\alpha_{\text{EM}}$

Eine besonders faszinierende Perspektive ergibt sich aus der gemeinsamen Betrachtung von  $\alpha_W = 1$ ,  $\beta_T^{\text{nat}} = 1$  und  $\alpha_{\text{EM}} = 1$ . Wie in [3] und [7] diskutiert, führt das Setzen von  $\alpha_{\text{EM}} = 1$  zu einer Vereinheitlichung elektromagnetischer Phänomene, bei der elektrische Ladungen dimensionslos werden und alle elektromagnetischen Größen auf Energie reduziert werden können.

Die gemeinsame Betrachtung aller drei Vereinfachungen ( $\alpha_W = \beta_T^{\text{nat}} = \alpha_{\text{EM}} = 1$ ) würde ein maximal vereinheitlichtes Einheitensystem ergeben, in dem Energie die einzige fundamentale Dimension ist, auf die alle anderen physikalischen Größen reduziert werden können:

#### Vollständig vereinheitlichtes Einheitensystem

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

Diese vollständige Vereinheitlichung könnte den Weg zu einer fundamentaleren Theorie ebnen, die Elektrodynamik, Thermodynamik und Gravitation innerhalb eines gemeinsamen Rahmens beschreibt, wie in [10] vorgeschlagen.

### 8.3 Praktische Auswirkungen auf kosmologische Analysen

Auf praktischer Ebene könnte die Neuinterpretation kosmologischer Daten innerhalb des T0-Modells mit  $\alpha_W = \beta_T^{\text{nat}} = 1$  zu einer signifikanten Neubewertung der kosmischen Geschichte führen. Insbesondere könnten die folgenden Aspekte neu interpretiert werden:

- **Kosmische Temperaturgeschichte:** Systematisch höhere Temperaturen im frühen Universum würden die primordiale Nukleosynthese und die Rekombinationsepoche beeinflussen.

- **Kosmologische Rotverschiebungen:** Die Wellenlängenabhängigkeit der Rotverschiebung würde zu einer Neubewertung von Entfernungsmessungen und der Expansionsgeschichte führen.
- **Dunkle Energie:** Die scheinbare kosmische Beschleunigung könnte teilweise oder vollständig durch die modifizierte Temperatur-Rotverschiebungs-Beziehung erklärt werden, was die Notwendigkeit zusätzlicher Komponenten wie Dunkler Energie eliminiert.
- **Hubble-Spannung:** Die aktuelle Diskrepanz zwischen verschiedenen Messungen der Hubble-Konstante könnte innerhalb des vereinheitlichten T0-Modell-Rahmens neu interpretiert werden.

Diese Auswirkungen werden in [5] und [2] detailliert diskutiert, wo gezeigt wird, wie das T0-Modell eine ökonomischere Erklärung für kosmologische Beobachtungen bietet, ohne Dunkle Materie oder Dunkle Energie zu erfordern.

## 8.4 Zukünftige Forschungsrichtungen

Die Vereinheitlichung natürlicher Einheiten durch gleichzeitiges Setzen von  $\alpha_W = 1$  und  $\beta_T^{\text{nat}} = 1$  bleibt ein faszinierendes theoretisches Konzept, das auf tiefere Verbindungen zwischen Thermodynamik, Elektrodynamik und der Dynamik des intrinsischen Zeitfelds hindeuten könnte. Die vollständige Entwicklung dieses Konzepts und seine Anwendung zur Interpretation kosmologischer Daten könnten neue Perspektiven auf die fundamentale Struktur des Universums eröffnen und potenziell zu einer umfassenderen Vereinheitlichungstheorie führen.

Während wir mit den praktischen Herausforderungen kämpfen, die durch die signifikante Abweichung von  $\beta_T^{\text{nat}} = 1$  von aktuellen Beobachtungen gestellt werden, sollten wir die theoretische Eleganz und konzeptionelle Kraft dieses Ansatzes nicht unterschätzen. Die Geschichte der Physik lehrt uns, dass Diskrepanzen zwischen eleganten theoretischen Formulierungen und empirischen Beobachtungen oft den Weg für fundamentale Durchbrüche ebnen. Somit könnte die Spannung zwischen  $\beta_T^{\text{nat}} = 1$  und  $\beta_T^{\text{SI}} = 0.008$  letztendlich der Schlüssel zu einem tieferen Verständnis der kosmischen Struktur und Evolution sein, wie in [7] angedeutet.

## Literatur

- [1] Pascher, J. (2025). [Komplementäre Erweiterungen der Physik: Absolute Zeit und Intrinsische Zeit](#). 24. März 2025.
- [2] Pascher, J. (2025). [Massenvariation in Galaxien: Eine Analyse im T0-Modell mit emergenter Gravitation](#). 30. März 2025.
- [3] Pascher, J. (2025). [Energie als fundamentale Einheit: Natürliche Einheiten mit  \$\alpha\_{\text{EM}} = 1\$  im T0-Modell](#). 26. März 2025.
- [4] Pascher, J. (2025). [Zeit und Masse: Ein neuer Blick auf alte Formeln – und Befreiung von traditionellen Zwängen](#). 22. März 2025.
- [5] Pascher, J. (2025). [Kompensatorische und additive Effekte: Eine Analyse der Messdifferenzen zwischen dem T0-Modell und dem  \$\Lambda\$ CDM-Standardmodell](#). 2. April 2025.
- [6] Pascher, J. (2025). [Zeit-Masse-Dualitätstheorie \(T0-Modell\): Herleitung der Parameter  \$\kappa\$ ,  \$\alpha\$  und  \$\beta\$](#) . 4. April 2025.

- 
- [7] Pascher, J. (2025). [Vereinheitlichtes Einheitensystem im T0-Modell: Die Konsistenz von  \$\alpha = 1\$  und  \$\beta = 1\$](#) . 5. April 2025.
  - [8] Pascher, J. (2025). [Vereinfachte Beschreibung der Grundkräfte mit Zeit-Masse-Dualität](#). 27. März 2025.
  - [9] Pascher, J. (2025). [Emergente Gravitation im T0-Modell: Eine umfassende Herleitung](#). 1. April 2025.
  - [10] Pascher, J. (2025). [Vereinheitlichung des T0-Modells: Grundlagen, Dunkle Energie und Galaxiendynamik](#). 4. April 2025.
  - [11] Einstein, A. (1905). Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig? *Annalen der Physik*, 323(13), 639-641. DOI: 10.1002/andp.19053231314
  - [12] Bell, J. S. (1964). Über das Einstein-Podolsky-Rosen-Paradoxon. *Physics Physique Fizika*, 1(3), 195-200. DOI: 10.1103/PhysicsPhysiqueFizika.1.195
  - [13] Einstein, A. (1915). Die Feldgleichungen der Gravitation. *Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 844-847.
  - [14] Rubin, V. C., & Ford Jr, W. K. (1980). Rotation des Andromeda-Nebels aus einer spektroskopischen Untersuchung von Emissions
  - [15] Rubin, V. C., & Ford Jr, W. K. (1980). Rotation des Andromeda-Nebels aus einer spektroskopischen Untersuchung von Emissionsregionen. *The Astrophysical Journal*, 159, 379.
  - [16] McGaugh, S. S., Lelli, F., & Schombert, J. M. (2016). Radiale Beschleunigungsbeziehung in rotationsgestützten Galaxien. *Physical Review Letters*, 117(20), 201101.