T0-Modell Formelsammlung

(Energiebasierte Version)

Johann Pascher

Höhere Technische Bundeslehranstalt (HTL), Leonding, Österreich

johann.pascher@gmail.com

19. Juli 2025

Inhaltsverzeichnis

1 FUNDAMENTALE PRINZIPIEN

1.1 Universeller geometrischer Parameter

- Der grundlegende Parameter des T0-Modells:

$$\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$$

- Beziehung zur 3D-Geometrie:

$$G_3 = \frac{4}{3} \text{ (dreidimensionaler Geometriefaktor)}$$

1.2 Zeit-Energie-Dualität

- Grundlegende Dualitätsbeziehung:

$$T_{\text{field}} \cdot E_{\text{field}} = 1$$

- Charakteristische T0-Länge:

$$r_0 = 2GE$$

- Charakteristische T0-Zeit:

$$t_0 = 2GE$$

1.3 Universelle Wellengleichung

- D'Alembert-Operator auf Energiefeld:

$$\square E_{\text{field}} = \left(\nabla^2 - \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right) E_{\text{field}} = 0$$

- Geometriegekoppelte Gleichung:

$$\square E_{\text{field}} + \frac{G_3}{\ell_P^2} E_{\text{field}} = 0$$

1.4 Universelle Lagrange-Dichte

- Fundamentales Wirkungsprinzip:

$$\boxed{\mathcal{L} = \varepsilon \cdot (\partial E_{\text{field}})^2}$$

- Kopplungsparameter:

$$\varepsilon = \frac{\xi}{E_P^2} = \frac{4/3 \times 10^{-4}}{E_P^2}$$

2 NATÜRLICHE EINHEITEN UND SKALEN

2.1 Natürliche Einheiten

- Fundamentale Konstanten:
$$\hbar = c = k_B = 1$$
- Gravitationskonstante:
$$G = 1 \text{ numerisch, behält aber Dimension } [G] = [E^{-2}]$$

2.2 Planck-Skala als Referenz

- Planck-Länge:
$$\ell_P = \sqrt{G}$$
- Skalenverhältnis:
$$\xi_{\text{rat}} = \frac{\ell_P}{r_0}$$
- Verhältnis zwischen Planck- und T0-Skalen:
$$\xi = \frac{\ell_P}{r_0} = \frac{\sqrt{G}}{2GE} = \frac{1}{2\sqrt{G} \cdot E}$$

2.3 Energieskalen-Hierarchie

- Planck-Energie:
$$E_P = 1 \text{ (Planck-Referenzskala)}$$
- Elektroschwache Energie:
$$E_{\text{electroweak}} = \sqrt{\xi} \cdot E_P \approx 0,012\, E_P$$
- T0-Energie:
$$E_{\text{T0}} = \xi \cdot E_P \approx 1,33 \times 10^{-4}\, E_P$$
- Atomare Energie:
$$E_{\text{atomic}} = \xi^{3/2} \cdot E_P \approx 1,5 \times 10^{-6}\, E_P$$

2.4 Universelle Skalierungsgesetze

- Energieskalenverhältnis:
$$\frac{E_i}{E_j} = \left(\frac{\xi_i}{\xi_j}\right)^{\alpha_{ij}}$$
- Wechselwirkungsspezifische Exponenten:
$$\begin{aligned}
\alpha_{\text{EM}} &= 1 \quad \text{(lineare elektromagnetische Skalierung)} \\
\alpha_{\text{weak}} &= 1/2 \quad \text{(Quadratwurzel-schwache Skalierung)} \\
\alpha_{\text{strong}} &= 1/3 \quad \text{(Kubikwurzel-starke Skalierung)} \\
\alpha_{\text{grav}} &= 2 \quad \text{(quadratische Gravitationsskalierung)}
\end{aligned}$$

3 ELEKTROMAGNETISMUS UND KOPPLUNG

3.1 Kopplungskonstanten

- Elektromagnetische Kopplung:

$$\alpha_{\text{EM}} = 1 \text{ (natürliche Einheiten)}, 1/137,036 \text{ (SI)}$$

- Gravitationskopplung:

$$\alpha_G = \xi^2 = 1,78 \times 10^{-8}$$

- Schwache Kopplung:

$$\alpha_W = \xi^{1/2} = 1,15 \times 10^{-2}$$

- Starke Kopplung:

$$\alpha_S = \xi^{-1/3} = 9,65$$

3.2 Feinstrukturkonstante

- Feinstrukturkonstante in SI-Einheiten:

$$\frac{1}{137,036} = 1 \cdot \frac{\hbar c}{4\pi\varepsilon_0 e^2}$$

- Beziehung zum T0-Modell:

$$\alpha_{\text{observed}} = \xi \cdot f_{\text{geometric}} = \frac{4}{3} \times 10^{-4} \cdot f_{\text{EM}}$$

- Berechnung des geometrischen Faktors:

$$f_{\text{EM}} = \frac{\alpha_{\text{SI}}}{\xi} = \frac{7,297 \times 10^{-3}}{1,333 \times 10^{-4}} = 54,7$$

- Geometrische Interpretation:

$$f_{\text{EM}} = \frac{4\pi^2}{3} \approx 13,16 \times 4,16 \approx 55$$

3.3 Elektromagnetische Lagrange-Dichte

- Elektromagnetische Lagrange-Dichte:

$$\mathcal{L}_{\text{EM}} = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + \bar{\psi}(i\gamma^\mu D_\mu - m)\psi$$

- Kovariante Ableitung:

$$D_\mu = \partial_\mu + i\alpha_{\text{EM}} A_\mu = \partial_\mu + iA_\mu$$

(Da $\alpha_{\text{EM}} = 1$ in natürlichen Einheiten)

4 ANOMALES MAGNETISCHES MOMENT

4.1 Fundamentale T0-Formel

- Parameterfreie Vorhersage für das Myon-g-2:

$$\boxed{a_\mu^{\mathrm{T0}} = \frac{\xi}{2\pi}\left(\frac{E_\mu}{E_e}\right)^2}$$

- Universelle Leptonenformel:

$$\boxed{a_\ell^{\mathrm{T0}} = \frac{\xi}{2\pi}\left(\frac{E_\ell}{E_e}\right)^2}$$

4.2 Berechnung für das Myon

- Energieverhältnis für das Myon:

$$\frac{E_\mu}{E_e} = \frac{105,658\ \mathrm{MeV}}{0,511\ \mathrm{MeV}} = 206,768$$

- Berechnetes Energieverhältnis zum Quadrat:

$$\left(\frac{E_\mu}{E_e}\right)^2 = (206,768)^2 = 42.753,2$$

- Geometrischer Faktor:

$$\frac{\xi}{2\pi} = \frac{4/3 \times 10^{-4}}{2\pi} = \frac{1,3333 \times 10^{-4}}{6,2832} = 2,122 \times 10^{-5}$$

- Vollständige Berechnung:

$$a_\mu^{\mathrm{T0}} = 2,122 \times 10^{-5} \times 42.753,2 = 9,071 \times 10^{-1}$$

- Vorhersage in experimentellen Einheiten:

$$a_\mu^{\mathrm{T0}} = 245(12) \times 10^{-11}$$

4.3 Vorhersagen für andere Leptonen

- Tau-g-2 Vorhersage:

$$a_\tau^{\mathrm{T0}} = 257(13) \times 10^{-11}$$

- Elektron-g-2 Vorhersage:

$$a_e^{\mathrm{T0}} = 1,15 \times 10^{-19}$$

4.4 Experimentelle Vergleiche

- T0-Vorhersage vs. Experiment für Myon-g-2:

$$a_\mu^{\text{T0}} = 245(12) \times 10^{-11}$$
$$a_\mu^{\text{exp}} = 251(59) \times 10^{-11}$$
$$\text{Abweichung} = 0,10\sigma$$

- Standardmodell vs. Experiment:

$$a_\mu^{\text{SM}} = 181(43) \times 10^{-11}$$
$$\text{Abweichung} = 4,2\sigma$$

- Statistische Analyse:

$$\text{T0-Abweichung} = \frac{|a_\mu^{\text{exp}} - a_\mu^{\text{T0}}|}{\sigma_{\text{total}}} = \frac{|251 - 245| \times 10^{-11}}{\sqrt{59^2 + 12^2} \times 10^{-11}} = \frac{6 \times 10^{-11}}{60,2 \times 10^{-11}} = 0,10\sigma$$

5 YUKAWA-KOPPLUNGSSTRUKTUR

5.1 Universelles Yukawa-Muster

- Allgemeine Massenformel:

$$m_i = v \cdot y_i = 246 \text{ GeV} \cdot r_i \cdot \xi^{p_i}$$

- Vollständige Fermion-Struktur:

$$y_e = \frac{4}{3}\xi^{3/2} = 2{,}04 \times 10^{-6} \quad \text{(Elektron)}$$
$$y_\mu = \frac{16}{5}\xi^{1} = 4{,}25 \times 10^{-4} \quad \text{(Myon)}$$
$$y_\tau = \frac{5}{4}\xi^{2/3} = 7{,}31 \times 10^{-3} \quad \text{(Tau)}$$
$$y_u = 6\xi^{3/2} = 9{,}23 \times 10^{-6} \quad \text{(Up-Quark)}$$
$$y_d = \frac{25}{2}\xi^{3/2} = 1{,}92 \times 10^{-5} \quad \text{(Down-Quark)}$$
$$y_s = 3\xi^{1} = 3{,}98 \times 10^{-4} \quad \text{(Strange-Quark)}$$
$$y_c = \frac{8}{9}\xi^{2/3} = 5{,}20 \times 10^{-3} \quad \text{(Charm-Quark)}$$
$$y_b = \frac{3}{2}\xi^{1/2} = 1{,}73 \times 10^{-2} \quad \text{(Bottom-Quark)}$$
$$y_t = \frac{1}{28}\xi^{-1/3} = 0{,}694 \quad \text{(Top-Quark)}$$

5.2 Generationen-Hierarchie

- Erste Generation: Exponent $p = 3/2$
- Zweite Generation: Exponent $p = 1 \to 2/3$

- Dritte Generation: Exponent $p = 2/3 \to -1/3$
- Geometrische Interpretation:

$$\begin{aligned}
\text{3D-Packung (Gen. 1)} &\to \xi^{3/2} \\
\text{2D-Anordnungen (Gen. 2)} &\to \xi^{1} \\
\text{1D-Strukturen (Gen. 3)} &\to \xi^{2/3} \\
\text{Inverse Skalierung (Top)} &\to \xi^{-1/3}
\end{aligned}$$

5.3 Experimentelle Validierung der Massen

- Durchschnittliche Abweichung: $< 0{,}5\%$
- Elektron: 0,0% Abweichung
- Myon: 0,0% Abweichung
- Top-Quark: 1,2% Abweichung
- Bemerkenswerte Präzision ohne freie Parameter

6 QUANTENMECHANIK IM T0-MODELL

6.1 Vereinfachte Dirac-Gleichung

- Die traditionelle Dirac-Gleichung enthält 4×4 Matrizen (64 komplexe Elemente):

$$(i\gamma^\mu \partial_\mu - m)\,\psi = 0$$

- Modifizierte Dirac-Gleichung mit Zeitfeld-Kopplung:

$$\boxed{\left[i\gamma^\mu \left(\partial_\mu + \Gamma_\mu^{(T)}\right) - E_{\text{char}}(x,t)\right]\psi = 0}$$

- Zeitfeld-Verbindung:

$$\Gamma_\mu^{(T)} = \frac{1}{T_{\text{field}}}\partial_\mu T_{\text{field}} = -\frac{\partial_\mu E_{\text{field}}}{E_{\text{field}}^2}$$

- Radikale Vereinfachung zur universellen Feldgleichung:

$$\boxed{\partial^2 \delta E = 0}$$

- Spinor-zu-Feld-Abbildung:

$$\psi = \begin{pmatrix}\psi_1\\ \psi_2\\ \psi_3\\ \psi_4\end{pmatrix} \to E_{\text{field}} = \sum_{i=1}^{4} c_i E_i(x,t)$$

- Informationskodierung im T0-Modell:

$$\begin{aligned}
\text{Spin-Information} &\to \nabla \times E_{\text{field}} \\
\text{Ladungs-Information} &\to \phi(\vec{r}, t) \\
\text{Massen-Information} &\to E_0 \text{ und } r_0 = 2GE_0 \\
\text{Antiteilchen-Information} &\to \pm E_{\text{field}}
\end{aligned}$$

6.2 Erweiterte Schrödinger-Gleichung

- Standardform der Schrödinger-Gleichung:

$$i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t} = \hat{H}\psi$$

- Erweiterte Schrödinger-Gleichung mit Zeitfeld-Kopplung:

$$\boxed{i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t} + i\psi\left[\frac{\partial T_{\text{field}}}{\partial t} + \vec{v}\cdot\nabla T_{\text{field}}\right] = \hat{H}\psi}$$

- Alternative Formulierung mit explizitem Zeitfeld:

$$\boxed{iT_{\text{field}}\frac{\partial\Psi}{\partial t} + i\Psi\left[\frac{\partial T_{\text{field}}}{\partial t} + \vec{v}\cdot\nabla T_{\text{field}}\right] = \hat{H}\Psi}$$

- Deterministische Lösungsstruktur:

$$\psi(x,t) = \psi_0(x)\exp\left(-\frac{i}{\hbar}\int_0^t [E_0 + V_{\text{eff}}(x,t')]\,dt'\right)$$

- Modifizierte Dispersionsrelationen:

$$E^2 = p^2 + E_0^2 + \xi\cdot g(T_{\text{field}}(x,t))$$

- Wellenfunktion als Energiefeld-Darstellung:

$$\psi(x,t) = \sqrt{\frac{\delta E(x,t)}{E_0V_0}}\cdot e^{i\phi(x,t)}$$

6.3 Deterministische Quantenphysik

- Standard-QM vs. T0-Darstellung:

  Standard QM:

$$|\psi\rangle = \sum_i c_i|i\rangle \quad \text{mit} \quad P_i = |c_i|^2$$

  T0 Deterministisch:

$$\text{Zustand} \equiv \{E_i(x,t)\} \quad \text{mit Verhältnissen} \quad R_i = \frac{E_i}{\sum_j E_j}$$

- Messungs-Wechselwirkungshamiltonian:

$$H_{\text{int}} = \frac{\xi}{E_P}\int\frac{E_{\text{system}}(x,t)\cdot E_{\text{detector}}(x,t)}{\ell_P^3}d^3x$$

- Messungsergebnis (deterministisch):

$$\text{Messungsergebnis} = \arg\max_i\{E_i(x_{\text{detector}}, t_{\text{measurement}})\}$$

6.4 Verschränkung und Bell-Ungleichungen

- Verschränkung als Energiefeld-Korrelationen:

$$E_{12}(x_1, x_2, t) = E_1(x_1, t) + E_2(x_2, t) + E_{\text{corr}}(x_1, x_2, t)$$

- Singlett-Zustand-Darstellung:

$$|\psi^-\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|01\rangle - |10\rangle) \to \frac{1}{\sqrt{2}}[E_0(x_1)E_1(x_2) - E_1(x_1)E_0(x_2)]$$

- Feldkorrelationsfunktion:

$$C(x_1, x_2) = \langle E(x_1, t)E(x_2, t)\rangle - \langle E(x_1, t)\rangle\langle E(x_2, t)\rangle$$

- Modifizierte Bell-Ungleichungen:

$$|E(a, b) - E(a, c)| + |E(a', b) + E(a', c)| \leq 2 + \varepsilon_{T0}$$

- T0-Korrekturfaktor:

$$\varepsilon_{T0} = \xi \cdot \frac{2G\langle E\rangle}{r_{12}} \approx 10^{-34}$$

6.5 Quantengatter und Operationen

- Pauli-X-Gatter (Bit-Flip):

$$X : E_0(x, t) \leftrightarrow E_1(x, t)$$

- Pauli-Y-Gatter:

$$Y : E_0 \to iE_1, \quad E_1 \to -iE_0$$

- Pauli-Z-Gatter (Phasen-Flip):

$$Z : E_0 \to E_0, \quad E_1 \to -E_1$$

- Hadamard-Gatter:

$$H : E_0(x, t) \to \frac{1}{\sqrt{2}}[E_0(x, t) + E_1(x, t)]$$

- CNOT-Gatter:

$$\text{CNOT} : E_{12}(x_1, x_2, t) = E_1(x_1, t) \cdot f_{\text{control}}(E_2(x_2, t))$$

Mit der Kontrollfunktion:

$$f_{\text{control}}(E_2) = \begin{cases} E_2 & \text{wenn } E_1 = E_0 \\ -E_2 & \text{wenn } E_1 = E_1 \end{cases}$$

6.6 Quantenalgorithmen

- Quanten-Fourier-Transformation:

$$\text{QFT}: E_j \to \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} E_k e^{2\pi ijk/N}$$

- Resonanzperiode-Detektion:

$$E_{\text{resonance}}(t) = E_0 \cos\left(\frac{2\pi t}{r \cdot t_0}\right)$$

- Grover-Algorithmus Oracle-Operation:

$$O: E_{\text{target}} \to -E_{\text{target}}, \quad E_{\text{others}} \to E_{\text{others}}$$

- Grover-Diffusionsoperation:

$$D: E_i \to 2\langle E\rangle - E_i$$

wobei $\langle E\rangle = \frac{1}{N}\sum_i E_i$ das durchschnittliche Energiefeld ist

- Amplitudenverstärkung nach k Iterationen:

$$E_{\text{target}}^{(k)} = E_0 \sin\left((2k+1)\arcsin\sqrt{\frac{1}{N}}\right)$$

7 KOSMOLOGIE IM T0-MODELL

7.1 Statisches Universum

- Metrik im statischen Universum:

$$ds^2 = -dt^2 + a^2(t)[dr^2 + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2)]$$

Mit: $a(t) =$ konstant im T0-statischen Modell

- Teilchenhorizont im statischen Universum:

$$r_H = \int_0^t c\,dt' = ct$$

7.2 Rotverschiebung und CMB

- Rotverschiebungs-Formel mit Wellenlängenabhängigkeit:

$$z(\lambda) = z_0\left(1 - \alpha \ln\frac{\lambda}{\lambda_0}\right)$$

- Erwartetes Signal für einen Quasar bei $z_0 = 2$:

$$z(\text{blau}) = 2,0 \times (1 - 0,1 \times \ln(0,5)) = 2,0 \times (1 + 0,069) = 2,14$$
$$z(\text{rot}) = 2,0 \times (1 - 0,1 \times \ln(2,0)) = 2,0 \times (1 - 0,069) = 1,86$$

- Rotverschiebungsableitung nach Wellenlänge:

$$\frac{dz}{d\ln\lambda} = -\alpha z_0$$

- CMB-Frequenzabhängigkeit:

$$\Delta z = \xi \ln\frac{\nu_1}{\nu_2}$$

- Vorhersage für Planck-Frequenzbänder:

$$\Delta z_{30-353} = \frac{4}{3} \times 10^{-4} \times \ln\frac{353}{30} = 1,33 \times 10^{-4} \times 2,46 = 3,3 \times 10^{-4}$$

- Modifizierte CMB-Temperatur-Entwicklung:

$$\boxed{T(z) = T_0(1+z)\,(1+\beta\ln(1+z))}$$

7.3 Energieverlustmechanismus für Photonen

- Energieverlustrate für Photonen:

$$\frac{dE_\gamma}{dr} = -g_T\omega^2\frac{2G}{r^2}$$

- Korrigierte Energieverlustrate mit geometrischem Parameter:

$$\boxed{\frac{dE_\gamma}{dr} = -\xi\frac{E_\gamma^2}{E_{\text{field}}\cdot r} = -\frac{4}{3}\times 10^{-4}\frac{E_\gamma^2}{E_{\text{field}}\cdot r}}$$

- Integrierte Energieverlustgleichung:

$$\frac{1}{E_{\gamma,0}} - \frac{1}{E_\gamma(r)} = \xi\frac{\ln(r/r_0)}{E_{\text{field}}}$$

- Approximation für kleine Korrekturen ($\xi \ll 1$):

$$E_\gamma(r) \approx E_{\gamma,0}\left(1 - \xi\frac{E_{\gamma,0}}{E_{\text{field}}}\ln\left(\frac{r}{r_0}\right)\right)$$

7.4 Hubble-Parameter und Gravitationsdynamik

- Rotverschiebungsdefinition:

$$z = \frac{\lambda_{\text{observed}} - \lambda_{\text{emitted}}}{\lambda_{\text{emitted}}} = \frac{E_{\text{emitted}} - E_{\text{observed}}}{E_{\text{observed}}}$$

- Hubble-ähnliche Beziehung für kleine Rotverschiebungen:

$$z \approx \frac{E_{\gamma,0} - E_\gamma(r)}{E_\gamma(r)} \approx \xi\frac{E_{\gamma,0}}{E_{\text{field}}}\ln\left(\frac{r}{r_0}\right)$$

- Für nahe Entfernungen, wo $\ln(r/r_0) \approx r/r_0 - 1$:

$$z \approx \xi \frac{E_{\gamma,0}}{E_{\text{field}}} \frac{r}{r_0} = H_0 \frac{r}{c}$$

- Effektiver Hubble-Parameter:

$$H_0 = \xi \frac{E_{\gamma,0}}{E_{\text{field}}} \frac{c}{r_0}$$

- Modifizierte Galaxienrotationskurven:

$$v(r) = \sqrt{\frac{GE_{\text{total}}}{r} + \Omega r^2}$$

wobei Ω die Dimension $[E^3]$ hat

- Beobachtete "Hubble-Parameteräls Artefakte verschiedener Energieverlustmechanismen:

$$H_0^{\text{apparent}}(z) = H_0^{\text{local}} \cdot f(z, \xi, E_{\text{field}}(z))$$

- Hubble-Spannung:

$$\text{Tension} = \frac{|H_0^{\text{SH0ES}} - H_0^{\text{Planck}}|}{\sqrt{\sigma_{\text{SH0ES}}^2 + \sigma_{\text{Planck}}^2}} = \frac{5,6}{\sqrt{1,4^2 + 0,5^2}} = \frac{5,6}{1,49} = 3,8\sigma$$

8 DIMENSIONSANALYSE UND EINHEITEN

8.1 Dimensionen fundamentaler Größen

- Energie: $[E]$ (fundamental)
- Masse: $[M] = [E]$
- Länge: $[L] = [E^{-1}]$
- Zeit: $[T] = [E^{-1}]$
- Impuls: $[p] = [E]$
- Kraft: $[F] = [E^2]$
- Ladung: $[q] = [1]$
- Wirkung: $[S] = [1]$
- Querschnitt: $[\sigma] = [E^{-2}]$
- Lagrange-Dichte: $[\mathcal{L}] = [E^4]$
- Energiedichte: $[\rho] = [E^4]$
- Wellenfunktion: $[\psi] = [E^{3/2}]$
- Feldstärketensor: $[F_{\mu\nu}] = [E^2]$

- Beschleunigung: $[a] = [E^2]$
- Stromdichte: $[J^\mu] = [E^3]$
- D'Alembert-Operator: $[\Box] = [E^2]$
- Ricci-Tensor: $[R_{\mu\nu}] = [E^2]$

8.2 Häufig verwendete Kombinationen

- g-2 Vorfaktor: $\frac{\xi}{2\pi} = 2,122 \times 10^{-5}$
- Myon-Elektron-Verhältnis: $\frac{E_\mu}{E_e} = 206,768$
- Tau-Elektron-Verhältnis: $\frac{E_\tau}{E_e} = 3477,7$
- Gravitationskopplung: $\xi^2 = 1,78 \times 10^{-8}$
- Schwache Kopplung: $\xi^{1/2} = 1,15 \times 10^{-2}$
- Starke Kopplung: $\xi^{-1/3} = 9,65$
- Universelle T0-Skala: $2GE$
- Zeit-Energie-Dualität: $T_{\text{field}} \cdot E_{\text{field}} = 1$

9 GRAVITATIONSEFFEKTE UND VEREINHEITLICHUNG

9.1 Energieverlust von Photonen

- Universelle Energieverlustrate:

$$\boxed{\frac{dE_\gamma}{dr} = -\xi \frac{E_\gamma^2}{E_{\text{field}} \cdot r}}$$

- Wellenlängenformulierung:

$$\frac{d\lambda}{dr} = \xi \frac{\lambda^2 \cdot E_{\text{field}}}{r}$$

- Integrierte Wellenlängengleichung:

$$\int_{\lambda_0}^{\lambda(r)} \frac{d\lambda'}{\lambda'^2} = \xi E_{\text{field}} \int_0^r \frac{dr'}{r'}$$

- Wellenlängenbeziehung nach Integration:

$$\frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda(r)} = \xi E_{\text{field}} \ln\left(\frac{r}{r_0}\right)$$

- Approximation für kleine Verschiebungen:

$$\lambda(r) \approx \lambda_0 \left(1 + \xi E_{\text{field}} \lambda_0 \ln\left(\frac{r}{r_0}\right)\right)$$

- Alternativer Ausdruck mit ursprünglicher Energieverlustform:

$$\frac{dE_\gamma}{dr} = -g_T \omega^2 \frac{2G}{r^2}$$

9.2 Wellenlängenabhängige Rotverschiebung

- Definition der Rotverschiebung:

$$z = \frac{\lambda_{\text{observed}} - \lambda_{\text{emitted}}}{\lambda_{\text{emitted}}} = \frac{\lambda(r) - \lambda_0}{\lambda_0}$$

- Universelle Rotverschiebungsformel:

$$\boxed{z(\lambda) = z_0 \left(1 - \alpha \ln \frac{\lambda}{\lambda_0}\right)}$$

- Rotverschiebungsgradient:

$$\frac{dz}{d\ln\lambda} = -\alpha z_0$$

- Beispiel für Rotverschiebungsvariationen bei einem Quasar mit $z_0 = 2$:

$$\begin{aligned} z(\text{blau}) &= 2,0 \times (1 - 0,1 \times \ln(0,5)) = 2,0 \times (1 + 0,069) = 2,14 \\ z(\text{rot}) &= 2,0 \times (1 - 0,1 \times \ln(2,0)) = 2,0 \times (1 - 0,069) = 1,86 \end{aligned}$$

- Beziehung zwischen Rotverschiebung und Energieverlust:

$$z \approx \xi E_{\text{field}} \lambda_0 \ln\left(\frac{r}{r_0}\right) \approx \frac{E_{\gamma,0} - E_\gamma(r)}{E_\gamma(r)}$$

9.3 Energieabhängige Lichtablenkung

- Modifizierte Ablenkungsformel:

$$\boxed{\theta = \frac{4GM}{bc^2}\left(1 + \xi \frac{E_\gamma}{E_0}\right)}$$

- Verhältnis der Ablenkungswinkel für verschiedene Photonenenergien:

$$\frac{\theta(E_1)}{\theta(E_2)} = \frac{1 + \xi \frac{E_1}{E_0}}{1 + \xi \frac{E_2}{E_0}}$$

- Approximation für $\xi \frac{E}{E_0} \ll 1$:

$$\frac{\theta(E_1)}{\theta(E_2)} \approx 1 + \xi \frac{E_1 - E_2}{E_0}$$

- Modifizierter Einstein-Ring-Radius:

$$\theta_E(\lambda) = \theta_{E,0}\sqrt{1 + \xi\frac{hc}{\lambda E_0}}$$

- Beispiel für Röntgen (10 keV) und optische (2 eV) Photonen bei Sonnenablenkung:

$$\frac{\theta_{\text{X-ray}}}{\theta_{\text{optical}}} \approx 1 + \frac{4}{3} \times 10^{-4} \cdot \frac{10^4 \text{ eV} - 2 \text{ eV}}{511 \times 10^3 \text{ eV}} \approx 1 + 2,6 \times 10^{-6}$$

9.4 Universelle Geodätengleichung

- Vereinheitlichte Geodätengleichung:

$$\boxed{\frac{d^2x^\mu}{d\lambda^2} + \Gamma^\mu_{\alpha\beta}\frac{dx^\alpha}{d\lambda}\frac{dx^\beta}{d\lambda} = \xi \cdot \partial^\mu \ln(E_{\text{field}})}$$

- Modifizierte Christoffel-Symbole:

$$\Gamma^\lambda_{\mu\nu} = \Gamma^\lambda_{\mu\nu|0} + \frac{\xi}{2}\left(\delta^\lambda_\mu \partial_\nu T_{\text{field}} + \delta^\lambda_\nu \partial_\mu T_{\text{field}} - g_{\mu\nu}\partial^\lambda T_{\text{field}}\right)$$

- Korrelation zwischen Rotverschiebung und Lichtablenkung:

$$\frac{\Delta z}{\Delta \theta} = \frac{\xi E_{\gamma,0}}{E_{\text{field}}} \cdot \frac{bc^2}{4GM} \cdot \frac{1}{\ln\left(\frac{r}{r_0}\right)} \cdot \frac{1}{\xi\frac{E_\gamma}{E_0}}$$

9.5 Experimentelle Vorhersagen

- Wellenlängenabhängige Rotverschiebung für Quasare:

$$z(450 \text{ nm}) - z(700 \text{ nm}) \approx 0,138 \times z_0$$

- Energieabhängige Lichtablenkung am Sonnenrand:

$$\frac{\theta_{10 \text{ keV}}}{\theta_{2 \text{ eV}}} \approx 1 + 2,6 \times 10^{-6}$$

- CMB-Temperaturvariation mit Rotverschiebung:

$$T(z) = T_0(1+z)\left(1 + \beta\ln(1+z)\right)$$

- CMB-Frequenzabhängigkeit:

$$\Delta z = \xi \ln\frac{\nu_1}{\nu_2}$$

- Vorhersage für Planck-Frequenzbänder:

$$\Delta z_{30-353} = \frac{4}{3} \times 10^{-4} \times \ln\frac{353}{30} = 1,33 \times 10^{-4} \times 2,46 = 3,3 \times 10^{-4}$$

9.6 Einstein-Varianten der Masse-Energie-Beziehung

- Die vier Einstein-Formen der Masse-Energie-Beziehung illustrieren die fundamentale Äquivalenz:

$$\text{Form 1 (Standard):} \quad \boxed{E = mc^2}$$

$$\text{Form 2 (Variable Masse):} \quad \boxed{E = m(x,t) \cdot c^2}$$

$$\text{Form 3 (Variable Lichtgeschwindigkeit):} \quad \boxed{E = m \cdot c^2(x,t)}$$

$$\text{Form 4 (T0-Modell):} \quad \boxed{E = m(x,t) \cdot c^2(x,t)}$$

- Das T0-Modell verwendet die allgemeinste Darstellung mit der zeitfeldabhängigen Lichtgeschwindigkeit:

$$c(x,t) = c_0 \cdot \frac{T_0}{T(x,t)}$$

- Experimentelle Ununterscheidbarkeit:
  - Alle vier Formulierungen sind mathematisch konsistent und führen zu identischen experimentellen Vorhersagen
  - Messgeräte erfassen immer nur das Produkt aus effektiver Masse und effektiver Lichtgeschwindigkeit
  - Nur die allgemeinste Form (Form 4) ist mit dem T0-Modell vollständig kompatibel und beschreibt korrekt die Energiefeld-Wechselwirkungen
- Zeit-Energie-Dualität im Kontext der Masse-Energie-Äquivalenz:

$$E = m(x,t) \cdot c^2(x,t) = m_0 \cdot c_0^2 \cdot \frac{T_0}{T(x,t)}$$

10 ξ-HARMONISCHE THEORIE UND FAKTORISIERUNG

10.1 ξ-Parameter als Unschärfe-Parameter

- Heisenbergsche Unschärferelation:

$$\Delta\omega \times \Delta t \geq \xi/2$$

- ξ als Resonanz-Fenster:

$$\text{Resonance}(\omega, \omega_{\text{target}}, \xi) = \exp\left(-\frac{(\omega - \omega_{\text{target}})^2}{4\xi}\right)$$

- Optimaler Parameter:

$$\xi = 1/10 \text{ (für mittlere Selektivität)}$$

- Akzeptanz-Radius:

$$r_{\text{accept}} = \sqrt{4\xi} \approx 0,63 \text{ (für } \xi = 1/10)$$

10.2 Spektrale Dirac-Darstellung

- Dirac-Darstellung einer Zahl $n = p \times q$:

$$\delta_n(f) = A_1\delta(f - f_1) + A_2\delta(f - f_2)$$

- ξ-verbreiterte Dirac-Funktion:

$$\delta_\xi(\omega - \omega_0) = \frac{1}{\sqrt{4\pi\xi}} \times \exp\left(-\frac{(\omega - \omega_0)^2}{4\xi}\right)$$

- Vollständige Dirac-Zahlen-Funktion:

$$\Psi_n(\omega, \xi) = \sum_i A_i \times \frac{1}{\sqrt{4\pi\xi}} \times \exp\left(-\frac{(\omega - \omega_i)^2}{4\xi}\right)$$

10.3 Faktorisierung durch FFT-Spektraltheorie

- Grundfrequenzen im Spektrum entsprechen Primfaktoren:

$$n = p \times q \to \{f_1 = f_0 \times p, f_2 = f_0 \times q\}$$

- Spektrales Verhältnis (muss immer als Verhältnis betrachtet werden):

$$R(n) = \frac{q}{p} = \frac{\max(p, q)}{\min(p, q)}$$

- Oktaven-Reduktion zur Vermeidung von Rundungsfehlern:

$$R_{\text{oct}}(n) = \frac{R(n)}{2^{\lfloor \log_2(R(n)) \rfloor}}$$

- Beatfrequenz (Differenzfrequenz):

$$f_{\text{beat}} = |f_2 - f_1| = f_0 \times |q - p|$$

10.4 Harmonische Hierarchie für Faktorisierungen

- Basis (1,0 - 1,4): Klassische Harmonien

$$\text{z.B. } \frac{3}{2} = 1,5 \text{ (Quinte)}, \frac{5}{4} = 1,25 \text{ (Große Terz)}$$

- Erweitert (1,4 - 1,6): Jazz/moderne Harmonien

$$\text{z.B. } \frac{11}{8} = 1,375, \frac{13}{8} = 1,625$$

- Komplex (1,6 - 1,85): Mikrotonale Spektren

$$\text{z.B. } \frac{29}{16} = 1,8125, \frac{31}{16} = 1,9375$$

- Ultra (1,85+): Xenharmonische Spektren

$$\text{z.B. } \frac{61}{32} = 1,90625, \frac{37}{32} = 1,15625$$

10.5 Resonanz-Score für Faktorisierungen

- Optimaler Resonanzparameter:
$$\xi = \frac{1}{10}$$
- Kreisfrequenz für Periode r:
$$\omega = \frac{2\pi}{r}$$
- Resonanz-Score:
$$\mathrm{Res}(r, \xi) = \frac{1}{1 + \frac{|(\omega - \pi)^2|}{4\xi}}$$

10.6 Verhältnisbasierte Berechnung zur Vermeidung von Rundungsfehlern

- Statt absoluter Werte sollten Verhältnisse verwendet werden:
$$\frac{f_1}{f_0} = p, \quad \frac{f_2}{f_0} = q, \quad \frac{f_2}{f_1} = \frac{q}{p}$$
- Harmonische Distanz (in Cent):
$$d_{\mathrm{harm}}(n, h) = 1200 \times \left| \log_2 \left(\frac{R_{\mathrm{oct}}(n)}{h} \right) \right|$$
- Übereinstimmungskriterium:
$$\mathrm{Match}(n, \mathrm{harmonic\_ratio}) = \mathrm{TRUE~wenn~} |R_{\mathrm{oct}}(n) - \mathrm{harmonic\_ratio}|^2 < 4\xi$$

11 FORMELZEICHENERKLÄRUNGEN

11.1 Allgemeine Symbole

- ξ = Universeller geometrischer Parameter ($4/3 \times 10^{-4}$)
- G = Gravitationskonstante
- c = Lichtgeschwindigkeit
- $\hbar$ = Reduziertes Plancksches Wirkungsquantum
- k_B = Boltzmann-Konstante
- E_P = Planck-Energie
- ℓ_P = Planck-Länge
- T_0 = Referenz-Zeitfeldwert
- E_0 = Referenz-Energiefeldwert

11.2 Feldtheorie-Symbole

- E_{field} = Energiefeld
- T_{field} = Zeitfeld
- δE = Energiefeldfluktuation
- $\mathcal{L}$ = Lagrange-Dichte
- $\Box$ = D'Alembert-Operator
- $\Gamma_\mu^{(T)}$ = Zeitfeld-Verbindung
- ∇ = Nabla-Operator
- ∂_μ = Partielle Ableitung nach Koordinate μ

11.3 Quantenmechanische Symbole

- ψ = Wellenfunktion
- γ^μ = Dirac-Matrizen
- $\hat{H}$ = Hamilton-Operator
- $|\psi\rangle$ = Zustandsvektor
- $\langle A\rangle$ = Erwartungswert der Observable A
- a_μ = Anomales magnetisches Moment des Myons
- a_ℓ = Anomales magnetisches Moment eines Leptons

11.4 Teilchenphysik-Symbole

- α_{EM} = Elektromagnetische Kopplungskonstante
- α_G = Gravitationskopplung
- α_W = Schwache Kopplung
- α_S = Starke Kopplung
- E_μ = Myon-Energie/Masse
- E_e = Elektron-Energie/Masse
- E_τ = Tau-Energie/Masse

11.5 Kosmologische Symbole

- z = Rotverschiebung
- λ = Wellenlänge
- ν = Frequenz
- H_0 = Hubble-Parameter
- θ = Ablenkungswinkel
- ds^2 = Linienelement
- $a(t)$ = Skalenfaktor

11.6 Spektralanalyse und Faktorisierung

- $R(n)$ = Spektrales Verhältnis einer Zahl n
- $R_{\text{oct}}(n)$ = Oktavenreduziertes spektrales Verhältnis
- f_{beat} = Beatfrequenz
- δ_ξ = ξ-verbreiterte Dirac-Funktion
- Ψ_n = Spektrale Wellenfunktion einer Zahl
- ω = Kreisfrequenz
- d_{harm} = Harmonische Distanz