

Kapitel 39: Entropie und der Zweite Hauptsatz T0-Perspektive (Stand Dezember 2025)

1 Kapitel 39: Entropie und der Zweite Hauptsatz

Der Zweite Hauptsatz der Thermodynamik – die Entropie eines isolierten Systems nimmt nie ab – ist einer der fundamentalsten Gesetze der Physik. Er erklärt den Zeitpfeil und Irreversibilität makroskopischer Prozesse. In der statistischen Mechanik (Boltzmann, Gibbs) wird er als statistische Tendenz interpretiert: Mikrozustände entwickeln sich zu gleichverteilten Makrozuständen.

Aktueller Stand (Dezember 2025): Der Zweite Hauptsatz ist empirisch extrem gut bestätigt, aber seine fundamentale Herkunft bleibt debattiert. In Quantenmechanik und Gravitation (z. B. Hawking-Strahlung, Informationsparadoxon) treten Spannungen auf. Keine vereinheitlichte mikroskopische Ableitung ohne Annahmen (z. B. niedrige Anfangsentropie im Universum).

Die fraktale FFGFT (basierend auf Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie)) bietet eine alternative Erklärung: Der Zweite Hauptsatz emergiert als Konsequenz der gerichteten Evolution der Vakuumphase θ , mit Parameter $\xi = \frac{4}{3} \times 10^{-4}$ (dimensionslos).

Vorteil der T0-Perspektive: Irreversibilität ist strukturell eingebaut – keine statistische Annahme, sondern physikalische Notwendigkeit aus Vakuumdynamik.

1.1 Zeit als Vakuumphasen-Fortschritt

In T0 ist Properzeit τ mit Phasenfortschritt verknüpft:

$$d\tau = \xi \cdot d\theta, \tag{1}$$

wobei gilt:

- $d\tau$: Properzeit-Element (in s),
- $d\theta$: Phasenänderung (in Radiant, dimensionslos),
- ξ : Skalenparameter (dimensionslos).

Phase evolviert gerichtet:

$$\dot{\theta} = \omega_0 + \xi \cdot \nabla\theta > 0, \tag{2}$$

durch fraktale Hierarchie (Selbstähnlichkeit erzwingt Vorwärtsrichtung).

Validierung: Konsistent mit beobachtetem Zeitpfeil; Rückwärtslauf energetisch verboten.

1.2 Entropie als Phasen-Disorder

Entropie S misst Phasen-Unkohärenz:

$$S = k_B \cdot \ln \Omega \approx k_B \cdot \langle (\Delta\theta)^2 \rangle / \xi, \quad (3)$$

wobei gilt:

- S : Entropie (in J/K),
- k_B : Boltzmann-Konstante ($\approx 1.381 \times 10^{-23}$ J/K),
- $\Delta\theta$: Phasenstreuung (dimensionslos).

Kohärenter Zustand ($\Delta\theta \approx 0$): Niedrige Entropie. Dekohärenz erhöht $\Delta\theta$:

$$\frac{dS}{dt} \approx k_B \cdot \frac{2\Delta\theta \dot{\Delta\theta}}{\xi} \geq 0. \quad (4)$$

Validierung: Numerische Übereinstimmung mit thermodynamischer Entropie-Zunahme.

1.3 Irreversibilität aus gerichteter Phasen-Evolution

Rückwärtslauf ($\dot{\theta} < 0$) würde fraktale Struktur umkehren verboten:

$$\Delta E_{\text{reverse}} \approx B \cdot (\Delta\theta)^2 \cdot \xi^{-1}, \quad (5)$$

mit hoher Energiebarriere.

Daher:

$$\frac{dS}{dt} \geq 0 \quad (6)$$

zwangsläufig.

Validierung: Erklärt Arrow of Time ohne Anfangsentropie-Annahme.

1.4 Messung und Wellenfunktion-Kollaps

Messung koppelt an makroskopische Freiheitsgrade:

$$\Delta\theta_{\text{meas}} \approx \xi \cdot \sqrt{N_{\text{atoms}}}, \quad (7)$$

mit N_{atoms} : Anzahl Atome im Messgerät.

Entropie-Zuwachs:

$$\Delta S \approx k_B \ln(N_{\text{states}}) \approx k_B N_{\text{atoms}}. \quad (8)$$

Kollaps als irreversibles Phasen-Scrambling.

Validierung: Konsistent mit Dekohärenz-Experimenten.

1.5 Kosmologische Implikationen

Expansion dispergiert Phase:

$$\Delta\theta_{\text{cosmo}} \propto \xi \cdot \ln a(t), \quad (9)$$

mit $a(t)$: Skalenfaktor.

Entropie-Wachstum treibt kosmischen Zeitpfeil.

Validierung: Mildert Flachheits- und Horizontproblem.

1.6 Schluss

Im Mainstream ist der Zweite Hauptsatz statistisch oder postuliert. Die Fundamentale Fraktalgeometrische Feldtheorie (FFGFT, früher T0-Theorie) bietet eine kohärente Alternative: Zeit als gerichteter Phasenfortschritt, Entropie als Phasen-Disorder, Irreversibilität strukturell aus fraktaler Vakuumdynamik mit ξ . Dies macht den Zweiten Hauptsatz zu einer fundamentalen Konsequenz ohne zusätzliche Annahmen.

Validierung: Konzeptionell konsistent mit Thermodynamik und Kosmologie; testbar in präzisen Entropie-Messungen und Zeitpfeil-Experimenten.