

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:

$$d\tau = \xi \cdot d\theta, \quad (1)$$

wobei gilt:

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

Phase evolviert gerichtet:

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

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

Rückwärtsslauf ($\dot{\theta} < 0$) 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.