

Roger Penrose über Entropie und Ernährung

Bei der Entstehung von Lebensmittel und ihrer Zubereitung haben wir es mit ständiger Zufuhr von Energie – beginnend mit dem Sonnenlicht – und ihrer Umwandlung zu tun. Das wird in der Physik vom 2. Hauptsatz der Wärmelehre beschrieben, eines der grundlegendsten Gesetze der Physik.

Der Zweite Hauptsatz der Thermodynamik trifft auf der Basis von Beobachtungen die Aussage, dass Wärme zwischen zwei makroskopischen Systemen stets spontan – also ohne äußeren Antrieb – vom wärmeren zum kälteren System fließt, aber nicht umgekehrt. Um die Ordnung eines Systems aufrecht zu erhalten muss man Energie zuführen. Tut man das nicht wächst die Unordnung, Entropie genannt.

Der Zweite Hauptsatz der Wärmelehre wird auch Entropiesatz. Ludwig Boltzmann bezeichnete den Begriff als Maß für die Unordnung, gemessen als Volumen im sogenannten Phasenraum, das die möglichen Zustände eines Systems beschreibt.

Roger Penrose hat sich intensiv mit genau diesem Thema beschäftigt – dem extrem kleinen Phasenraumvolumen (niedrige Entropie) am Anfang des Universums und der Rolle von **Sonnenlicht** als Quelle niedriger Entropie auf der Erde.

Das winzige Phasenraumvolumen des Urknalls

Penrose betont seit Jahrzehnten (z. B. in *The Emperor's New Mind* und *Cycles of Time*), dass das Universum am Big Bang in einem **außergewöhnlich geordneten, niedrig-entropischen Zustand** war.

- Die Wahrscheinlichkeit dafür, dass ein Universum wie unseres zufällig in diesem Zustand startet, schätzt er auf etwa **1 zu $10^{\{10^{\{123\}}\}}$** – ein absurd kleines Volumen im gesamten Phasenraum möglicher Universen.
- Das entspricht einem winzigen „Zielbereich“, den ein hypothetischer „Schöpfer“ treffen müsste. Ein hochentropisches Universum (z. B. voller Schwarzer Löcher) hätte ein riesiges Phasenraumvolumen und wäre viel wahrscheinlicher.

Dies erklärt den **Zweiten Hauptsatz** (Entropie nimmt zu): Das Universum startet mit extrem kleinem Phasenraumvolumen (niedrige Entropie) und expandiert in größere Volumina. Die glatte Geometrie (niedrige Weyl-Krümmung) am Big Bang ist für Penrose der Schlüssel zu dieser niedrigen Entropie – Gravitation ermöglicht später Klumpung (Sterne, Galaxien), was Ordnung schafft, bevor Entropie durch Schwarze Löcher maximiert wird.

Sonnenlicht und niedrige Entropie (Penrose-Erklärung)

Penrose erklärt in Vorlesungen und Büchern, warum **Sonnenlicht** für das Leben auf der Erde entscheidend ist: Es liefert **niedrig-entropische Energie**.

- Die Sonne strahlt **wenige hochenergetische Photonen** (hohe Frequenz, gelb-grün) aus → kleines Phasenraumvolumen pro Energie (wenige Freiheitsgrade).

- Die Erde strahlt die gleiche Energie als **viele niedrigenergetische Infrarot-Photonen** (niedrige Frequenz) zurück → großes Phasenraumvolumen, hohe Entropie.

Dadurch nimmt die Erde netto **Entropie auf** und kann sie an den Weltraum abgeben. Pflanzen und Leben nutzen diese niedrige Entropie des einfallenden Lichts, um lokale Ordnung (Strukturen, Komplexität) aufzubauen – trotz des globalen Entropieanstiegs. Ohne diesen „Entropie-Export“ wäre Leben unmöglich. Penrose verbindet das mit der kosmischen Entropie: Das Sonnenlicht ist ein „Überbleibsel“ der niedrigen Entropie des frühen Universums, vermittelt durch Gravitation (Sterne bilden sich durch Klumpung). Zusammengefasst sagt Penrose: Das kleinste Phasenraumvolumen (Urknall) ermöglicht alles Weitere – inklusive der niedrig-entropischen Sonnenstrahlung, die das Leben antreibt. Das ist einer der tiefsten Aspekte, warum unser Universum „funktioniert“.

Die relevante Stelle bei Roger Penrose findet sich in seinem Buch [Fashion, Faith, and Fantasy in the New Physics of the Universe](#) (Kapitel 3). Dort erklärt er präzise den Zusammenhang zwischen der niedrigen Entropie des Sonnenlichts, der Ernährung von Pflanzen und Tieren und dem Überleben des Lebens auf der Erde.

Kurze physikalische Erklärung dazu

- **Sonnenlicht** = wenige hochenergetische Photonen (gelb-grün, hohe Frequenz) → **kleines Phasenraumvolumen** pro Energie → **niedrige Entropie**.
- Erde strahlt die gleiche Energie als **viele niederenergetische Infrarot-Photonen** ab → großes Phasenraumvolumen → **hohe Entropie**.
- Pflanzen (Photosynthese) und wir (durch Essen) nutzen diese „Negentropie“ (Ordnung), um lokale Ordnung (Biomasse, Strukturen) aufzubauen, während wir die Entropie an den Weltraum „exportieren“.

Die zentrale Passage (übersetzt und im englischen Original):

Deutsche Übersetzung der relevanten Passage

Kapitel 3, um Figure 3-16:

„Das Leben auf der Erde wird durch das große Temperaturungleichgewicht an unserem Himmel aufrechterhalten. Die einfallende **niedrig-entropische Energie** der Sonne in Form von relativ wenigen höherfrequenten (etwa gelben) Photonen wird von den grünen Pflanzen in sehr viel zahlreichere niederfrequente ausgehende Photonen umgewandelt, wobei die gleiche Energiemenge von der Erde in hoch-entropischer Form abgestrahlt wird. Auf

diese Weise können Pflanzen – und damit das übrige irdische Leben – ihre Struktur aufbauen und erhalten.“

Penrose fährt fort:

„Nach Plancks Formel $E = hv$ (siehe §2.2) hat jedes einfallende Photon deutlich mehr Energie als die zurückgestrahlten Photonen. Deshalb müssen viel weniger Photonen hereinkommen als herausgehen, damit die Energiebilanz stimmt (siehe Abbildung 3-16). Weniger einfallende Photonen bedeuten weniger Freiheitsgrade für die einfallende Energie und mehr für die ausgehende Energie. Daher haben – nach Boltzmanns $S = k \log \Omega$ – die einfallenden Photonen eine **viel niedrigere Entropie** als die ausgehenden. **Die grünen Pflanzen nutzen diesen Vorteil und verwenden die niedrig-entropische einfallende Energie, um ihre Substanz aufzubauen, während sie hoch-entropische Energie abgeben (z. B. Körperwärme). Wir nutzen die niedrig-entropische Energie in den Pflanzen, um unsere eigene Entropie niedrig zu halten, indem wir Pflanzen essen oder Tiere, die Pflanzen gefressen haben. Auf diese Weise kann das Leben auf der Erde überleben und gedeihen.** (Diese Zusammenhänge hat offenbar zuerst Erwin Schrödinger in seinem bahnbrechenden Buch *What Is Life?* von 1944 klar herausgestellt.)“

Diese Stelle verbindet direkt das **kleine Phasenraumvolumen** (wenige hochenergetische Photonen → niedrige Entropie) des Sonnenlichts mit der Ernährung und dem Überleben des Lebens.

Englisches Original:

„Life on Earth is maintained by the great temperature imbalance in our sky. Incoming low-entropy energy from the Sun, in relatively fewer higher-frequency (\sim yellow) incoming photons, is converted by the green plants to far more numerous lower-frequency outgoing photons, removing an equal energy from the Earth in high-entropy form. By this means, plants, and thence other terrestrial life, can build up and maintain their structure.“ Penrose schreibt weiter:

„By Planck's $E = hv$ (see §2.2), the incoming [photons] are individually of much higher energy than those returning to space, so there must be many fewer coming into the Earth than going out for the balance to be achieved (see figure 3-16). Fewer photons coming in mean fewer degrees of freedom for the incoming energy and more for the outgoing energy, and therefore (by Boltzmann's $S = k \log \Omega$) the photons coming in have much lower entropy than those going out. **The green plants take advantage of this and use the low-entropy incoming energy to build up their substance, while emitting high-entropy energy [for example, body heat]. We take advantage of the low-entropy energy in the plants, to keep our own entropy down, as we eat plants, or as we eat animals that eat plants.**

By this means, life on Earth can survive and flourish. (These points were apparently first clearly made by Erwin Schrödinger in his groundbreaking 1944 book, What Is Life?)“

Unsere Arbeit ist spendenfinanziert – wir bitten um [Unterstützung](#).

Folge TKP auf [Telegram](#) oder [GETTR](#) und [abonniere unseren Newsletter](#).
