

Wissenschaftliche Fachbewertung der These: „Intelligenz ist überall: Eine Frage der Ordnung“

Die vorliegende wissenschaftliche Analyse befasst sich mit der These und dem zugrunde liegenden Erklärungsmodell des Artikels „Intelligenz ist überall: Eine Frage der Ordnung“, verfasst von Frank Kemper. Der Text postuliert einen radikalen physikalistischen, informationstheoretischen und systemtheoretischen Reduktionismus: Intelligenz, Bewusstsein und Leben werden nicht als exklusive, biologische Phänomene verstanden, sondern als unausweichliche thermodynamische und strukturelle Folgen elementarer Naturgesetze. Durch die Dekonstruktion anthropozentrischer Definitionen versucht das Modell, eine universelle Äquivalenz zwischen anorganischer Strukturbildung und kognitiver Agentur herzustellen. Obwohl der Autor auf explizite akademische Zitationen verzichtet, spiegelt die dargelegte Argumentationsstruktur bemerkenswert präzise eine Reihe hochaktueller und teils kontrovers diskutierter Paradigmen wider. Diese umfassen die Nichtgleichgewichts-Thermodynamik, die theoretische Neurobiologie, die Epigenetik, die Philosophie des Geistes sowie die theoretische Kosmologie. Die nachfolgende ausführliche Analyse dekonstruiert das Modell in seine interdisziplinären wissenschaftlichen Bestandteile, ordnet diese umfassend in den aktuellen Forschungsstand ein, beleuchtet die physikalischen sowie biologischen Korrelate und bewertet die konzeptionellen Stärken und reduktionistischen Schwächen dieser weitreichenden Synthese.

1. Anthropozentrismus und die epistemologische Neudefinition von Leben

Der Essay eröffnet mit einer pointierten wissenschaftshistorischen Kritik am Anthropozentrismus. Die menschliche Neigung, universelle Phänomene ausschließlich durch die Linse der eigenen biologischen Verfasstheit zu beurteilen, wird als historischer Fehler identifiziert. Der Autor zieht Parallelen zwischen historischen sozialen Diskriminierungen und der modernen Weigerung der klassischen Naturwissenschaften, Kognition und Leben außerhalb eng gefasster biologischer Kriterien zu betrachten. Die schrittweise Ausweitung kognitiver Fähigkeiten auf nicht-menschliche Spezies (wie Rabenvögel, Delfine und Menschenaffen) sowie die Entdeckung extremophiler Bakterien an schwarzen Rauchern der Tiefsee dienen als historische Belege für die stetige Erosion biologischer Dogmen. Aus systembiologischer und philosophischer Sicht berührt dieser Ansatz den Kern der aktuellen Debatte um die Definition von Leben. Die traditionelle, auf den Stoffwechsel (Metabolismus) und die zelluläre Autopoiese fixierte Definition wird zunehmend durch informationsbasierte Ansätze herausgefordert. Ein zentrales Beispiel, das auch im Text prominente Erwähnung findet, ist der ontologische Status von Viren. In der klassischen Biologie

gelten Viren oft als unbelebte Materie, da sie keinen eigenen Stoffwechsel besitzen und zur Replikation auf Wirtszellen angewiesen sind.¹ Aus der Perspektive der Informationstheorie und der evolutionären Systembiologie operieren Viren jedoch als hochkomplexe, anpassungsfähige informationsverarbeitende Entitäten.³ Sie unterliegen den blinden Gesetzen von Mutation und Selektion, optimieren ihre Struktur zur Überwindung komplexer Immunbarrieren und weisen somit eine in ihrer physischen Form kodierte „Problemlösungskompetenz“ auf.³ Der Diskurs um Viren, Viroide und Prionen verdeutlicht, dass die Grenzziehung zwischen lebendiger und toter Materie keine fundamentale physikalische Wahrheit darstellt, sondern ein semantisches und philosophisches Konstrukt ist, das stark vom gewählten Paradigma abhängt.¹ Der Autor nutzt diese epistemologische Unschärfe systematisch, um den Begriff der Intelligenz vollständig von dem des Lebens abzukoppeln.

2. Thermodynamik der Intelligenz und das Prinzip der dissipativen Adaption

Das fundamentale physikalische Axiom des untersuchten Textes lässt sich in der formulierten Gleichung zusammenfassen: System der Ordnung plus Substanz (Materie und Energie) plus Zeit ergibt Intelligenz. Der Autor definiert Intelligenz in ihrer elementarsten Form als die Eigenschaft eines materiellen Systems, unter dem Einfluss von Naturgesetzen in den Zustand der höchsten energetischen Effizienz und des geringsten Widerstands überzugehen. Das primäre illustrative Beispiel des Textes ist der raue Stein, der durch die Strömung und Reibung des Wassers über lange Zeiträume hinweg hydrodynamisch abgeschliffen wird.

2.1 Konvergenz mit der Theorie der dissipativen Adaption

Dieser thermodynamische Ansatz korrespondiert in seinem physikalischen Kern mit der Theorie der „dissipativen Adaption“ (Dissipative Adaptation), die maßgeblich von dem Biophysiker Jeremy England formuliert wurde.⁵ England postuliert auf Basis der statistischen Nichtgleichgewichts-Thermodynamik, dass Ansammlungen von Atomen, die durch eine externe Energiequelle angetrieben werden (ein System fernab des thermodynamischen Gleichgewichts), sich unweigerlich so umstrukturieren, dass sie diese Energie immer effizienter absorbieren und in Form von Wärme dissipieren.⁷

Während in der klassischen statistischen Mechanik das Verhalten von Systemen im Gleichgewicht durch die Boltzmann-Verteilung beschrieben wird, greifen bei angetriebenen Nichtgleichgewichtssystemen komplexere stochastische Prozesse der Strukturbildung.⁶ Englands Modell legt nahe, dass die Entstehung selbstreplizierender, komplexer Strukturen – und somit letztlich der physikalische Ursprung des Lebens – keine unerklärliche Anomalie darstellt. Vielmehr handelt es sich um eine physikalische Notwendigkeit des Universums, um die Entropieproduktion auf mikroskopischer Ebene zu maximieren.⁸ Der untersuchte Text vollzieht exakt diesen radikalen Paradigmenwechsel: Biologisches Leben und einfache physikalische Anpassungsprozesse (wie die Formung eines Steins im Flussbett) unterscheiden sich demnach nicht in ihrem grundlegenden physikalischen Prinzip, sondern lediglich im Grad der erreichten strukturellen Komplexität und der vergangenen Zeit.¹¹

2.2 Passive Adaption und physikalische Intelligenz

Das Beispiel des Steins im Flussbett, das vom Autor explizit als primitive Form von „Intelligenz“ deklariert wird, findet eine direkte wissenschaftliche Entsprechung im modernen Forschungsfeld der weichen Robotik (Soft Robotics) und der fortschrittlichen Materialwissenschaften. In diesen Disziplinen wird das Konzept der „Physical Intelligence“ (physikalische oder verkörperte Intelligenz) intensiv erforscht.¹²

Physikalische Intelligenz beschreibt die Fähigkeit von anpassungsfähiger Materie, durch ihre rein mechanischen, strukturellen oder chemischen Eigenschaften komplexe physische Probleme autonom zu lösen, ohne dass ein zentrales algorithmisches Steuerungsnetzwerk eingreifen muss.¹³ Ein weicher, pneumatischer Roboterarm, der sich rein aufgrund seiner Materialnachgiebigkeit an die unregelmäßige Form eines zu greifenden Objekts anpasst, vollführt eine Form der passiven Adaption.¹⁶ Das Material selbst „berechnet“ die optimale Form der Anpassung, indem es den physikalischen Gradienten des geringsten mechanischen Widerstands folgt.¹³ Der Autor extrapoliert dieses Konzept korrekterweise auf makroskopische, nicht-technische Sphären, argumentiert jedoch semantisch weitaus provokanter, indem er den historisch kognitiv besetzten Begriff „Intelligenz“ für diese blinden physikalischen Prozesse reklamiert.

2.3 Kritische Würdigung des thermodynamischen Reduktionismus

So elegant die Verschmelzung von Entropiemaximierung und Intelligenz in der Theorie der dissipativen Adaption auch erscheint, so scharf wird sie im quantenphysikalischen und informationstheoretischen Diskurs kritisiert. Ein zentraler Kritikpunkt an Modellen, die makroskopische Intelligenz aus thermodynamischer Dissipation ableiten, ist ihr Mangel an prädiktiver Kraft für hochkomplexe Systeme.⁹

Die mathematische Ableitung für die Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen zwei Makrozuständen (beispielsweise von Zustand A zu Zustand B) beinhaltet einen Term, der die Wahrscheinlichkeit der spontanen Reversibilität des physikalischen Prozesses misst.⁹ Kritiker argumentieren mathematisch, dass bei hochkomplexen biologischen oder kognitiven Prozessen dieser Reversibilitäts-Term (der de facto die enorme informationelle Komplexität repräsentiert) die reine Energiedissipation bei weitem dominiert.⁹ Ein komplexes, intelligentes System entsteht demnach nicht zwangsläufig allein deshalb, weil es externe Energie exzellent ableitet, sondern weil komplexe, mehrstufige Informationsverarbeitungsprozesse statistisch extrem unwahrscheinlich rückgängig zu machen sind.⁹

Zudem wird argumentiert, dass echte kognitive Akteure der reinen Entropiemaximierung sogar bewusst entgegenwirken können. Eine hoch entwickelte Zivilisation könnte beispielsweise massive Ressourcen aufwenden, um die Kollision zweier stellarer Objekte zu verhindern (ein Ereignis enormer Entropieproduktion), um ihr eigenes Überleben zu sichern.⁹ In diesem Szenario ordnet die Intelligenz ihre eigene utilitaristische Erhaltung über den bloßen physikalischen Imperativ des Universums zur Entropieproduktion.⁹ Der radikale Reduktionismus des Autors, der Intelligenz vollständig mit thermodynamischer Effizienz gleichsetzt, ignoriert diesen fundamentalen Konflikt zwischen zielgerichteter Selbsterhaltung (Agentur) und globaler

entropischer Dissipation.

Konzeptdimension	Thermodynamischer Reduktionismus (z. B. Dissipative Adaption)	Biologische und Kognitive Agentur
Primäres Systemziel	Lokale Maximierung der Entropieproduktion und effiziente Energiedissipation ⁸	Selbsterhaltung, Überleben, Modellierung und Vorhersage der Umwelt ⁹
Richtung der Zeit	Reaktive Steuerung, angetrieben durch unmittelbare externe Energiegradienten ⁶	Antizipierend (prädiktiv), zukunftsorientiert, auf das aktive Vermeiden von Chaos ausgerichtet ²⁰
Systemgrenzen	Fließend und abstrakt, primär durch physikalische Energieflüsse definiert ⁷	Stark definiert durch biologische Membranen, Autopoiese und statistische Unabhängigkeit ²²
Art der Anpassung	Passive Strukturformung durch Umweltkräfte (z. B. Stein im Fluss, Viren) ¹⁵	Aktive Inferenz, Erwartungsfehlerkorrektur durch Handlung ²²

3. Die Illusion der Grenze: Das Free Energy Principle und Markov-Decken

Ein weiteres tragendes Argument des Textes ist die vollständige Dekonstruktion der traditionellen biologischen Grenze zwischen sogenannter toter und lebendiger Materie. Der Autor greift spezifisch biophysikalische Konzepte wie die *Markov-Decke* (Markov Blanket) und das Konzept der aktiven Inferenz an. Er wirft den Vertretern dieser Modelle einen Kategorienfehler vor: Sie würden die Definition von Leben unzulässigerweise mit der Definition von Intelligenz verschmelzen.

3.1 Das Free Energy Principle (FEP) von Karl Friston

Um die tiefere Stoßrichtung der Kritik des Autors einzuordnen, muss das *Free Energy Principle* (Prinzip der freien Energie) des Neurowissenschaftlers Karl Friston detailliert herangezogen werden. Das FEP ist ein ehrgeiziges informationsphysikalisches Prinzip, das die Repräsentationsfähigkeit und die Selbsterhaltung physikalischer Systeme in einer dynamischen Umwelt formalisiert.²⁰ Es besagt, dass autonome Systeme stetig bestrebt sind, eine theoretische Größe namens „Surprisal“ (Überraschung) zu minimieren. Überraschung ist hierbei definiert als der negative Logarithmus der Wahrscheinlichkeit eines bestimmten sensorischen Ereignisses.²⁰ Eine obere mathematische Schranke für diese Überraschung ist die informationstheoretische *Variational Free Energy*.²⁰

Das FEP beschreibt, wie biologische Agenten durch „Active Inference“ (aktive Inferenz) ein internes Modell ihrer kausalen Welt aufbauen und kontinuierlich ihre Erwartungsfehler

reduzieren.²⁰ Die abstrakte Trennlinie zwischen dem internen Zustand des Systems (dem repräsentationalen Modell) und der unberechenbaren Außenwelt wird in diesem Rahmenwerk als Markov-Decke definiert.²²

3.2 Die Hierarchie der Markov-Decken

Eine Markov-Decke definiert die bedingte statistische Unabhängigkeit eines Systems von seiner Umwelt. Sie besteht aus „sensorischen“ und „aktiven“ Zuständen, die eine funktionale Barriere zwischen den internen Zuständen (dem Organismus) und den externen Zuständen (der Umwelt) errichten.²² Der Autor des vorliegenden Textes postuliert, dass die statistische Trennung durch eine solche Decke zwar für das Verständnis biologischer Entitäten von Bedeutung sein mag, für das abstrakte Prinzip der physikalischen Intelligenz jedoch völlig irrelevant sei. Ein hydrodynamisch geformter Wassertropfen verhalte sich intelligent bei der Lösung des Reibungswiderstands, auch ohne eine komplexe statistische Membran oder einen zellulären Stoffwechsel zu besitzen.

Bemerkenswerterweise wird diese radikale These der Grenzauflösung durch die sehr weite mathematische Auslegung des FEP selbst teilweise unterstützt. Die Formalisierung von Friston erstreckt sich auf eine fundamentale Hierarchie von Systemen und zwingt die theoretische Biologie, zwischen zwei grundlegenden Formen der aktiven Inferenz zu unterscheiden²²:

1. **Bloße aktive Inferenz (Mere Active Inference):** Diese Form ist anwendbar auf nicht-biologische, physikalische Systeme, die keinerlei adaptive Modulation ihrer eigenen Umweltkopplung aufweisen. Auch einfache thermodynamische Systeme, wie ein Gas in einem geschlossenen Behälter oder Systeme gekoppelter Pendel, besitzen interne und externe Zustände, die durch eine einfache Markov-Decke voneinander getrennt sind.²² Diese Systeme streben mathematisch in Richtung lokaler Energieminima und minimieren freie Energie, ohne im biologischen Sinne lebendig oder bewusst zu sein.²²
2. **Adaptive aktive Inferenz (Adaptive Active Inference):** Diese ist charakteristisch für echtes biologisches Leben. Lebewesen können ihre sensomotorische Kopplung an die Umwelt dynamisch anpassen und ihre eigenen funktionalen Grenzen aktiv aufrechterhalten.²² Komplexe lebende Systeme sind hierarchisch und fraktal aus verschachtelten Markov-Decken aufgebaut – von den Organellen einer einzelnen Zelle bis hinauf zum sozialen Netzwerk der Gesamtorganismen.²²

Kritiker des FEP werfen der Theorie oft genau diesen extremen Pan-Computationalismus vor. Wenn das mathematische Modell der Minimierung freier Energie derart universell konzipiert ist, dass es gleichermaßen auf das hochkomplexe menschliche Gehirn, einen sich langsam anpassenden Stein oder einen fallenden Wassertropfen anwendbar ist, verliert es nach Ansicht einiger Wissenschaftler seine spezifische Erklärungskraft für biologische Kognition.²⁵ Es bestehe die akademische Gefahr, die ungeheure Komplexität, Redundanz und die emergente Funktionalität echten Lebens auf reduktionistische physikalische Formeln zu verengen, die der historischen Realität der evolutionären Entwicklung nicht vollends gerecht werden.²⁵

Der Autor des hier analysierten Essays greift diesen mathematischen Universalismus des FEP auf, invertiert jedoch die akademische Kritik mit großer rhetorischer Finesse: Statt die konzeptionelle Breite des physikalischen Modells als theoretische Schwäche zu sehen, erklärt

er sie zum ultimativen Beweis dafür, dass Intelligenz an sich eine universelle Kraft und kein biologisches Privileg ist.

4. Informationsspeicherung als strukturelle Notwendigkeit

Ein elementarer Baustein des Textes ist die physikalische Herleitung eines internen Informationsspeichers als unausweichliche Konsequenz der Interaktion von Ordnung, Substanz und Zeit. Der Autor argumentiert, dass kein externer Speichermechanismus in das abstrakte System eingeführt werden muss. Die durch äußere Kräfte geformte Struktur der Materie ist identisch mit gespeicherter Information. Wenn der Wassertropfen den Stein formt, speichert der Stein die Erfahrung der Reibung in seiner veränderten Geometrie ab.

4.1 Das Landauer-Prinzip und die Physis der Information

Diese physikalische Gleichsetzung von Materiestruktur und gespeicherter Information findet in der theoretischen Physik ein fundiertes wissenschaftliches Fundament, insbesondere im sogenannten Landauer-Prinzip.²⁷ Der Physiker Rolf Landauer formulierte das revolutionäre informationstheoretische Paradigma „Information is Physical“ (Information ist physisch).²⁹ Das Landauer-Prinzip beweist thermodynamisch, dass jeder logisch irreversible Rechenvorgang – insbesondere das Löschen von Information (Erasing) aus einem System – zwingend mit der Abgabe von Wärme (Dissipation von Energie) an die physische Umgebung verbunden ist. Dieser thermodynamische Preis beträgt minimal $k_B T \ln 2$ pro gelöschtem Bit, wobei k_B die Boltzmann-Konstante und T die Temperatur darstellt.²⁷

Folglich kann Information im physikalischen Universum niemals formlos oder abstrakt ohne ein physikalisches Substrat existieren. Wenn der Text folgert, dass der materielle Zustand (die Form) *selbst* das Gedächtnis des Systems darstellt, spiegelt dies eine tiefe informationstheoretische Wahrheit wider: Jede kausale Interaktion, die eine strukturelle Asymmetrie oder eine irreversible Veränderung in der Natur hinterlässt, fungiert unweigerlich als Informationsspeicher.²⁷ In biologischen Organismen vollzieht sich dieser Speichervorgang lediglich auf hochverdichteten Ebenen über molekulare Schalter, komplexe genetische Codes und synaptische Konfigurationen.

5. Die Biologie der Gefühle: Heuristiken und epigenetische Transgenerationalität

Der Text argumentiert weiter, dass Systeme mit zunehmender Komplexität evolutionäre „Abkürzungen“ in Form von Reflexen, Instinkten und schließlich Emotionen etablieren. Diese Gefühle werden als „destilliertes Substrat“ komplexer Berechnungen oder als funktionale „Kurzformeln“ bezeichnet, die tief in der Materie verankert sind. Angst wird nicht als magisches Empfinden verstanden, sondern als hochgradig komprimiertes Signal, das den Rechenaufwand für die Evaluierung von Fallhöhe und Aufprallenergie an einem Abgrund erspart.

5.1 Emotionen als algorithmische Heuristiken

Diese funktionale Darstellung von Emotionen stimmt bemerkenswert gut mit modernen kognitionspsychologischen Modellen überein. In Theorien des Predictive Processing (Vorhersagende Verarbeitung) werden Affekte als hochkomprimierte priors (Vorabannahmen) betrachtet, die dem System helfen, in einer Welt mit begrenzter Verarbeitungszeit und unvollständiger Information schnelle, überlebenswichtige Entscheidungen zu treffen.

5.2 Die Kontroverse um die Vererbung von Traumata

Eine wesentlich stärkere empirische These stellt der Autor jedoch mit der Aussage auf, dass „intensive Gefühle und sogar extreme Stresserfahrungen wie Traumata über Generationen hinweg im Erbgut vererbt werden.“ Diese Behauptung greift tief in das intensiv erforschte, aber auch stark debattierte Feld der epigenetischen Vererbung von Traumata ein.³¹

Die Epigenetik beschreibt molekulare Mechanismen, welche die Genexpression und das Ablesen der DNA regulieren, ohne die zugrunde liegende genetische Sequenz (den eigentlichen Buchstaben-Code) zu verändern.³¹ Zu den wichtigsten Mechanismen zählen die DNA-Methylierung, Modifikationen an Histon-Proteinen (um welche die DNA gewickelt ist) sowie die Aktivität von kleinen, nicht-kodierenden RNAs.³¹

Wissenschaftliche Studien haben zweifelsfrei nachgewiesen, dass drastische Umweltfaktoren und massiver psychologischer Stress – beispielsweise ausgelöst durch Krieg, langanhaltende Hungersnöte oder schweren Missbrauch in der Kindheit – die epigenetische Signatur von Individuen tiefgreifend verändern können.³¹ Es existieren starke Hinweise auf molekularer Ebene:

- **Veränderungen der HPA-Achse:** Pränataler Stress oder schwere postnatale Vernachlässigung kann zu einer differentiellen Methylierung am Promoter des Glukokortikoidrezeptor-Gens (*NR3C1*) führen.³¹ Dies führt in Folgegenerationen oft zu einer permanent veränderten Reaktivität der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Rinden-Achse (HPA-Achse), die den Cortisolhaushalt und die zentrale Stressantwort des Körpers steuert.³¹
- **Nicht-kodierende RNAs (ncRNAs):** Kleine nicht-kodierende RNAs in den Keimzellen (Spermien oder Eizellen) reagieren äußerst empfindlich auf traumatische Stressoren. In kontrollierten Tiermodellen konnte gezeigt werden, dass die alleinige Injektion von Spermien-RNA aus gestressten männlichen Mäusen in unbelastete Zygoten ausreichte, um die Angstphänotypen und metabolischen Störungen der Väter auf die völlig isoliert aufwachsenden Nachkommen zu übertragen.³¹

Dennoch fordert die medizinische und biologische Fachliteratur bei der unkritischen Übertragung dieser Tiermodelle auf den Menschen äußerste wissenschaftliche Vorsicht. Die Evidenz für eine echte *transgenerationale* epigenetische Vererbung beim Menschen – also eine Übertragung über mehrere Generationen hinweg, die dem originalen Stressor oder dessen molekularem Milieu nie direkt ausgesetzt waren – ist bisher oft nur indirekt und assoziativ.³¹

Ein erhebliches methodisches Problem in der Humanforschung besteht darin, eine rein biologische Transmission von den massiven Einflüssen soziokultureller, narrativer und familiärer

Umweltfaktoren zu trennen.³¹ Ein Trauma in der Familie wird oft durch veränderte Interaktionsmuster, Erziehungsstile oder eine kollektiv traumatisierte Umwelt von Generation zu Generation weitergetragen, ohne dass primär die Epigenetik der Treiber sein muss.³¹ Ferner durchlaufen Säugetiere während der frühen Keimzellenentwicklung und der Embryogenese zwei wesentliche Phasen der epigenetischen Löschung („epigenetic erasure“), die eine direkte Übertragung vieler molekularer Merkmale eigentlich verhindern sollen.³¹

Übertragungsform	Wissenschaftliche Definition	Evidenz beim Menschen	Vermuteter Mechanismus
Intergenerational	Direkte physische Exposition des Nachkommen oder seiner entstehenden Keimzellen im Uterus gegenüber dem Milieu des traumatisierten Elternteils.	Hoch (z. B. durch verminderte 11 β -HSD2 Enzymaktivität in der Plazenta, die den Fötus vor Cortisol schützt). ³¹	Plazentare Transmission von Stresshormonen, direktes Methylierungs-Imprinting in utero. ³¹
Transgenerational	Wahre Persistenz epigenetischer Marker über mehrere Generationen, die dem originalen chemischen Stressor nie ausgesetzt waren.	Limitiert und umstritten (die Studienlage stützt sich primär auf starke Assoziationen). ³¹	Unvollständige epigenetische Löschung während der Embryogenese, persistierende ncRNAs. ³¹
Soziokulturell	Weitergabe von Traumata durch beobachtetes Verhalten, Familiendynamiken, geteilte Narrative und toxische Milieus.	Sehr hoch. ³¹	Soziales Lernen, ständige Erneuerung der Stressachse durch die Dynamik der Umwelt. ³¹

Trotz dieser differenzierten wissenschaftlichen Debatte nutzt der Autor die Prämisse der epigenetischen Vererbung rhetorisch äußerst effektiv, um sein physikalisches Argumentationsnetz zu schließen: Informationelle Strukturen (auch solche hochkomplexer affektiver Natur wie Angst) kondensieren im Laufe unzähliger Zyklen in der materiellen Trägersubstanz, um dem nachfolgenden Organismus in Zukunft rechenintensive Vorhersageprozesse zu ersparen.

6. Bewusstsein und Empathie: Das phänomenale Selbstmodell als Avatar

Einer der analytisch präzisesten und interdisziplinär anschlussfähigsten Abschnitte des

untersuchten Textes widmet sich der Entstehung von Bewusstsein und Empathie. Die mechanistische Argumentation lautet: Wenn eine reine Versuch-und-Irrtum-Strategie in einer hochkomplexen Umwelt zu gefährlich und damit energetisch ineffizient wird, erschafft die Intelligenz eine „virtuelle Probestühne“. In dieser komplexen simulierten Realität konstruiert das System einen internen Stellvertreter seiner selbst – einen virtuellen „Avatar“ –, um physikalische Konsequenzen von Handlungen gefahrlos in der Vorstellungskraft durchzuspielen. Die Repräsentation und die interne Wahrnehmung dieses eigenen Avatars generiert das, was wir phänomenologisch als Bewusstsein definieren. Empathie folge daraus organisch als die erweiterte Fähigkeit, in dieser virtuellen Realität nicht nur den eigenen Avatar, sondern auch die Avatare anderer Systeme berechnen zu können.

6.1 Deckungsgleichheit mit der Self-Model Theory of Subjectivity

Diese Darstellung ist konzeptionell und terminologisch nahezu identisch mit der einflussreichen *Self-Model Theory of Subjectivity* (SMT) des Neurophilosophen Thomas Metzinger.⁴¹ Metzingers Theorie liefert den derzeit umfassendsten repräsentationalen Rahmen für die naturwissenschaftliche Erklärung des phänomenalen Selbstbewusstseins.⁴³

Nach Metzinger ist das menschliche Gehirn vergleichbar mit einem hochentwickelten Flugsimulator.⁴⁶ Es generiert kontinuierlich ein holistisches, multimodales Modell der Welt (eine interne virtuelle Realität). Der absolut kritische Punkt für das Entstehen echter Subjektivität ist die sogenannte *Transparenz* dieses internen Modells.⁴¹ Transparenz bedeutet in diesem Kontext, dass das informationsverarbeitende System (das Gehirn) die eigene Repräsentationsnatur des Modells nicht als solche erkennen kann. Das System blickt sozusagen „durch“ das Modell hindurch und erlebt die Konstruktion fälschlicherweise als unmittelbare, objektive Realität.⁴¹ Dies erzeugt die unausweichliche Illusion des „Ego-Tunnels“, in dem das Subjekt gefangen ist.⁴⁶

6.2 Der virtuelle Avatar und die Evolution des Träumens

Der Autor des zu bewertenden Textes spricht von einer „Spielfigur“ und einem internen „Avatar“. Auch diese Begrifflichkeiten decken sich exakt mit dem modernen Diskurs um das Phänomenale Selbstmodell (PSM).⁴² Ein Avatar, ein Konzept entlehnt aus der Virtual-Reality-Forschung, ist die bewusste Kontrollexistenz innerhalb einer generierten Simulation.⁴¹ Metzinger und der finnische Neurowissenschaftler Antti Revonsuo nutzen diesen Begriff extensiv, insbesondere bei der tiefgehenden Untersuchung des Träumens.⁴¹ Im Traum generiert das Gehirn ein reines Offline-Modell der Welt, das von momentanem externem sensorischem Input weitgehend entkoppelt ist. Innerhalb dieses autonomen Offline-Modells existiert ein virtuelles Selbst (ein Traum-Selbst oder Avatar), durch dessen limitierte Perspektive die Traumwelt navigiert wird.⁴¹ Die dominierende Evolutionstheorie des Träumens (die *Threat Simulation Theory*) postuliert exakt den Mechanismus, den der Autor anführt: Träume existieren biologisch als sichere, virtuelle Probestühne, in der das System riskantes Verhalten, physische Bedrohungen (Threats) und hochkomplexe soziale Interaktionen iterativ durchspielen kann, ohne realen physischen Schaden zu riskieren.⁴¹ Die

Übereinstimmung der laienhaft formulierten Thesen des Autors mit diesen komplexen neurophilosophischen Konzepten ist frappierend.

6.3 Die Berechnung der Empathie und Fremdsimulation

Auch die im Text erläuterte mechanistische Theorie der Empathie als „Simulation des Fremden“ wird im neurokognitiven Modell validiert. Das Phänomenale Modell der Intentionalen Relationen (PMIR) besagt, dass das Gehirn nicht nur statische Objekte abbildet, sondern kontinuierlich die dynamischen Relationen zwischen dem Subjekt und diesen Objekten.⁴⁴

In komplexen sozialen Kontexten nutzt das Gehirn seine internen Kapazitäten, um die Repräsentationen fremder mentaler Zustände im eigenen System „offline“ nachzubilden (Theory of Mind).⁴⁷ Die biologische Entdeckung der Spiegelneuronen liefert hierfür ein neuronales Korrelat. Die Fähigkeit, die Avatare anderer Agenten präzise in der eigenen Probestühne zu berechnen, ist der kognitive Grundbaustein für kooperative soziale Netzwerke, was die Überlebenswahrscheinlichkeit und thermische Effizienz der interagierenden Gruppe im evolutionären Wettbewerb stark erhöht. Der Autor destilliert somit die komplexe Evolution von Moral und Mitgefühl erfolgreich auf ein informationsverarbeitendes Prinzip der Vorhersagegenauigkeit.

7. Informationstheorie, Substratunabhängigkeit und Integrated Information

Gegen Ende des Essays verwischt der Autor endgültig die Grenzen zwischen den physikalischen Aggregatzuständen. Er postuliert, dass universelle Intelligenz an keine Haut, keine festen Knochen oder wasserbasierte Zellstrukturen gebunden ist. Sie könne in Form gigantischer gasförmiger Netzwerke, in quantenmechanischen Prozessen im Plasma von Sternen oder in kristallinen Strukturen (wie Silizium) ebenso wirksam in Erscheinung treten.⁵¹

7.1 Die Integrated Information Theory (IIT)

Dieses Paradigma der radikalen Substratunabhängigkeit von Kognition und Bewusstsein spiegelt eindrucksvoll die Kernprämissen der *Integrated Information Theory* (IIT) wider.⁵⁴ Entwickelt von dem Neurowissenschaftler Giulio Tononi, ist die IIT ein rigoroses mathematisches Framework zur Quantifizierung des Bewusstseins. Anstatt bei der spezifischen Biologie des menschlichen Gehirns zu beginnen, geht die IIT phänomenologisch von der unwiderlegbaren Existenz der Erfahrung selbst aus. Sie bestimmt von dort aus die strengen formalen und topologischen Anforderungen an ein physikalisches System, um diese kohärente Erfahrung zu erzeugen.⁵⁴

Die zentrale Metrik der IIT ist Φ (Φ), ein berechenbares Maß für die *integrierte Information* eines beliebigen kausalen Netzwerks.⁵⁴ Φ quantifiziert präzise, inwieweit ein physikalisches System informationell mehr ist als die bloße Summe seiner getrennten Teile (die Irreduzibilität des Ursache-Wirkung-Gefüges).⁵⁴ Der revolutionäre – und für die Prämissen des Autors hochrelevante – Aspekt der IIT ist, dass der Φ -Wert für ein abstraktes Logikgatter-Netzwerk, eine Ansammlung von Silizium-Transistoren oder theoretisch eine

galaktische Gaswolke mit denselben mathematischen Formeln berechnet werden kann wie für ein dicht vernetztes Netzwerk aus biologischen Neuronen.⁵¹

Die Theorie impliziert logisch, dass Bewusstsein kein exklusives binäres Phänomen ist, sondern ein breites Kontinuum darstellt. Prinzipiell kann auch sehr einfachen, anorganischen physikalischen Strukturen ein winziges Maß an phänomenaler Erfahrung innewohnen, sofern ihr internes Verschaltungsmuster eine positive Φ -Metrik aufweist.⁵⁴ Während diese Implikation von Kritikern der IIT (wie dem Informatiker Scott Aaronson) als hochgradig problematisch angesehen wird, da sie auf eine Form des unwissenschaftlichen „Quasi-Panpsychismus“ hinauszulaufen droht¹⁰, liefert sie für das Modell des Autors die perfekte formale Bestätigung. Wenn Bewusstsein letztlich lediglich eine Frage der komplexen Vernetzung und der geordneten Anwendung kausaler physikalischer Regeln über die Zeit ist, verliert die irdische Kohlenstoffbiologie in der Tat jegliches Monopol auf subjektive Rezeption.⁵¹

Theorie-Vergleich	Free Energy Principle (FEP)	Integrated Information Theory (IIT)
Fokus der Theorie	Erklärung der Dynamik von Agentur, Selbsterhaltung und aktiver Wahrnehmung. ²⁰	Berechnung der Menge und Qualität des Bewusstseins (Phänomenologie). ⁵⁴
Voraussetzung für Identität	Erhalt einer Markov-Decke, die das System vom Umfeld statistisch trennt. ²⁰	Irreduzibilität des kausalen Netzwerks ($\Phi > 0$) unabhängig vom Umfeld. ⁵⁴
Sicht auf das Gehirn	Prädiktive Maschine zur ständigen Minimierung von Vorhersagefehlern. ²¹	Ein maximal integriertes Ursache-Wirkungs-Gefüge aus physischen Elementen. ⁵⁴
Anwendbarkeit auf anorganische Materie	Bejaht durch „bloße aktive Inferenz“ thermodynamischer Prozesse. ²²	Bejaht, sofern das anorganische Substrat eine hohe Integration aufweist (z. B. Logikgatter). ⁵⁴

8. Kosmologie, Kompression und das Fermi-Paradoxon

In den späteren Kapiteln des Textes wendet der Autor seine Thesen zur Intelligenz konsequent auf eine makrokosmische Ebene an. Er stellt die klassische Frage: Wenn das Universum durch universelle physikalische Prinzipien zwangsläufig Intelligenz generiert, warum bleibt es dann so stumm? Diese Frage adressiert das berühmte Fermi-Paradoxon.⁵⁹

Die Antwort des Textes beruht erneut auf der Logik der absoluten energetischen Optimierung. Eine extrem hoch entwickelte, kosmische Intelligenz sei schlichtweg nicht mehr expansiv oder neugierig auf externe Erforschung, da das Universum für sie informationsarm und vollständig berechenbar werde. Stattdessen verdichtet sie sich räumlich und zeitlich nach innen, um Informationswege zu verkürzen und maximale Effizienz zu erreichen. Dieser Prozess mache sie für primitive Beobachter mikroskopisch klein und potenziell unsichtbar („Unsichtbarkeit durch Perfektion“).

8.1 Die Transcension-Hypothese von John Smart

Dieser elegant formulierte kosmologische Ansatz des Autors ist keine isolierte, philosophische Überlegung, sondern repräsentiert eine in Fachkreisen detailliert ausgearbeitete Lösung des Fermi-Paradoxons: Die *Transcension-Hypothese* (Transzensions-Hypothese) des Futuristen und evolutionären Systemtheoretikers John M. Smart.⁵⁹

Smarts weitreichende Hypothese basiert auf der *Evolutionary Developmental Biology* (Evo-Devo) und betrachtet das gesamte Universum als ein gigantisches System, in dem zwar auf lokaler Ebene evolutionäre Variationen stattfinden, makroskopische Entwicklungslinien (sogenannte Entwicklungsschicksale) jedoch deterministisch festgelegt sind.⁵⁹ Die Theorie besagt, dass alle hinreichend fortgeschrittenen galaktischen Zivilisationen unvermeidlich den Weg in den „Inneren Raum“ („Inner Space“) antreten.⁵⁹

Anstatt den äußeren Raum durch konventionelle interstellare Kolonisation zu besiedeln – ein Prozess, der durch die Begrenzungen der Lichtgeschwindigkeit und die schier unendlichen Distanzen enorm energie- und zeitineffizient ist –, migrieren fortgeschrittene Zivilisationen in thermodynamisch optimale, hochverdichtete Umgebungen.⁵⁹ Dies erfordert laut Smart eine kontinuierliche *STEM-Kompression* (Space, Time, Energy, Matter compression): Die konsequente Ersetzung ineffizienter grob-physikalischer Aktivität durch extrem dichte, feinskalige informationsverarbeitende und rechnerische Prozesse.⁵⁹

8.2 Schwarze Löcher als informationsverarbeitende Endstadien

Smart geht in seiner wissenschaftlichen Projektion so weit zu argumentieren, dass das absolute finale Entwicklungsstadium für eine extrem optimierte Zivilisation ein künstliches, schwarzes-loch-ähnliches Milieu ist.⁵⁹ Schwarze Löcher gelten informationstheoretisch (insbesondere gemäß dem Holografischen Prinzip) als die ultimativen und dichtesten Datenspeicher des Universums. Zudem sind sie ideal zur massiven Energiegewinnung (Akkretionsscheiben) und fungieren effektiv als Zeitmaschinen in die Zukunft. Aufgrund massiver gravikinetischer Zeitdilatation am Ereignishorizont können Zivilisationen dort abwarten, bis sich das restliche Universum zusammenzieht, was instantane galaktische Verschmelzungen ermöglicht.⁵⁹

Diese fundierte Transcension-Hypothese liefert eine brillante Erklärung für das „Große Schweigen“ (Great Silence) des Fermi-Paradoxons, welche sich exakt mit den Ausführungen des Autors deckt:

1. **Stopp von Leck-Signalen:** Unkoordinierte Radiosignale und optische planetare Marker verschwinden schnell, wenn eine Zivilisation in die informationelle Kompression übergeht.⁵⁹
2. **Fehlender Expansionismus:** Eine äußere Expansion und einseitige Kommunikation (METI) ist logisch ineffizient und ethisch destruktiv („Zoo-Hypothese“ – Vermeidung von Interferenz mit noch evolvierenden Kulturen).⁵⁹
3. **Fehlende Planeten:** In sogenannten galaktischen Transzensions-Zonen (nahe dem galaktischen Kern, wo Zivilisationen deutlich älter sind) könnte empirisch bewiesen werden, dass Exoplaneten seltener lebensfreundliche Atmosphären aufweisen, da die

Materie restlos in extrem dichte Berechnungsstrukturen umgewandelt wurde.⁵⁹ Der Artikel überträgt diesen akademisch etablierten Futurismus prägnant in eine kausale und für den Laien verständliche Erzählung. Die kindliche, menschliche Neugierde kolonisierender Rassen wird nüchtern als primitive Fehlentwicklung entlarvt.⁵⁹ Intelligenz strebt physikalisch induziert zwingend nach extremer Innenwendung und Miniaturisierung, was jede technologische Notwendigkeit für majestätische Raumschiff-Flotten endgültig eliminiert.

9. Epistemologische Grenzen und der theologische Endzustand

Im „Nachtrag“ und den abschließenden theoretischen Kapiteln stößt das Modell des Autors auf die letzte, physikalisch unüberwindbare Schranke: Das Restwissen und die absolute Grenze der Simulation. Der Text konstatiert zutreffend, dass ein System das Universum niemals zu 100 Prozent modellieren kann, es sei denn, es wird in seiner Masse und Energie selbst das gesamte Universum.

Diese Feststellung ist eine spieltheoretische, mathematische und informationsphysikalische Tautologie, die stark an die grundlegenden Aspekte von Kurt Gödels Unvollständigkeitssätzen oder an die rechnerischen Limitierungen von Turing-Maschinen erinnert. Eine Menge kann nicht in einer echten Teilmenge ihrer selbst vollständig und maßstabsgetreu abgebildet werden.

Jeder noch so komprimierte Speicherprozess erfordert thermische Energie, und jede Beobachtung verändert das zu beobachtende System.

Es untermauert das fundamentale thermodynamische Prinzip, dass ein lokaler Agent – selbst unter Erreichung der massiven STEM-Kompression in einem Schwarzen Loch⁵⁹ – stets Teil eines größeren entropischen Ganzen bleibt. Das stetige Optimierungspotenzial des Universums versiegt aus einer lokalen Perspektive nie vollständig. Das bedeutet, die absolute Allwissenheit – vom Autor als das Konzept von ‚Gott‘ identifiziert – entzieht sich jeder in das Universum eingebetteten Intelligenz. Die Intelligenz ist vielmehr dazu verdammt, ein ewig rechnender physikalischer Prozess in der ständigen Annäherung an einen unerreichbaren Asymptoten der Perfektion zu bleiben.

10. Synthese und abschließende Fachbewertung

Der Essay „Intelligenz ist überall: Eine Frage der Ordnung“ von Frank Kemper stellt eine konzeptionell außergewöhnliche und radikale Synthese dar. Er extrahiert und rekombiniert hochkomplexe wissenschaftliche Theorien zu einer stringente Makro-Erzählung, die die Sonderstellung der Biologie und des Menschen infrage stellt. Auch wenn der Autor im Epilog demütig zugibt, die exakten Quellen seiner intellektuellen Fragmente vergessen zu haben, weisen diese Gedanken eine extrem tiefe Verwurzelung in der modernen akademischen Forschung auf. Die Verknüpfungen lassen sich präzise kartografieren:

1. Die Prämisse ordnender thermodynamischer Gradienten deckt sich makellos mit den Erkenntnissen zu Jeremy Englands **Dissipativer Adaption**.⁶
2. Die konzeptionelle Entkräftung künstlicher biologischer Systemgrenzen spiegelt die weitreichenden Interpretationen von Karl Fristons **Free Energy Principle** (insbesondere

die bloße aktive Inferenz) wider.²⁰

3. Die Repräsentationstheorie von Bewusstsein und Empathie nutzt exakt das Vokabular und die logische Struktur von Thomas Metzingers **Self-Model Theory of Subjectivity** (Ego-Tunnel, Traum-Probe Bühne, Avatar).⁴¹
4. Die kosmologischen Ableitungen zur energetischen Ineffizienz der Raumfahrt und der Unsichtbarkeit hochentwickelter Systeme rekapitulieren passgenau John Smarts **Transcension-Hypothese**.⁵⁹

Kritikpunkte am Modell:

Die akademische Schwäche der dargelegten Thesen liegt vorrangig in ihrer Semantik und ihrem radikalen physikalischen Reduktionismus. Der Autor betreibt eine drastische semantische Dehnung des Begriffs „Intelligenz“. Indem er jeden thermodynamisch erzwungenen Optimierungsprozess (wie das glatte Abschleifen eines Steins oder die reibungsarme Bewegung massiver tektonischer Platten) bereits als „intelligent“ definiert, beraubt er den Begriff seiner notwendigen Trennschärfe für die Kognitionswissenschaft und Biologie.⁹ Ein Stein im Flussbett passt sich *passiv* an, ausschließlich getrieben von der mechanischen Reibung und der unaufhaltsamen Zunahme der Entropie. Ein biologischer Organismus hingegen betreibt *aktive* Inferenz. Er antizipiert Störungen proaktiv, repariert sich selbst (Autopoiese) und handelt oft unter Aufwendung erheblicher Energie gezielt gegen den rein thermodynamischen Zerfalls-Sog.⁹ Die physikalische Kausalkette der dissipativen Adaption erklärt zwar plausibel die Entstehung grundlegender materieller Ordner und komplexer Molekülstrukturen, aber nicht zwangsläufig die intentionale Agentur höherer Organismen. Diese simplifizierende Gleichsetzung von rein passiver Formanpassung und aktiver kognitiver Agentur ist der Hauptgrund, warum solche totalisierenden physikalistischen Frameworks im akademischen Diskurs oft auf massiven Widerstand stoßen.⁹

Zusätzlich unterschlägt die unkritische und teils spekulative Einbindung der epigenetischen Traumavererbung über unzählige Generationen beim Menschen den massiven und oft dominierenden Einfluss von Kultur, soziologischen Strukturen und narrativem Lernen, welche in der empirischen Forschung die rein biologischen Vektoren häufig überlagern.³¹

Fazit:

Trotz dieser benannten semantischen und reduktionistischen Reibungspunkte gelingt dem Text eine beeindruckende intellektuelle Demontage des tief verwurzelten Anthropozentrismus. Die Argumentation zeigt luzide auf, dass der künstliche philosophische Dualismus von Geist und Materie naturwissenschaftlich zunehmend obsolet wird. Die Verknüpfung von Nichtgleichgewichts-Thermodynamik, Informationsphysik, evolutionärer Biologie und Neurophilosophie zu einer einzigen ununterbrochenen Entwicklungslinie repräsentiert einen extrem validen, wenn auch provokativen materialistischen Monismus. Der Artikel offeriert somit weniger eine experimentelle biologische Wahrheit, als vielmehr ein hochgradig kohärentes, naturphilosophisches Rahmenwerk. Dieses zwingt den interdisziplinären Betrachter dazu, die Maßstäbe von Leben, Kognition und Zweckmäßigkeit fundamental auf rein kosmische und informationstheoretische Fundamente zu restrukturieren.

Referenzen

1. Viruses as Living Systems—A Metacybernetic View - MDPI, Zugriff am April 20, 2026, <https://www.mdpi.com/2079-8954/10/3/70>
2. What is the importance of determining a virus to be considered non living or living? - Reddit, Zugriff am April 20, 2026, https://www.reddit.com/r/AskScienceDiscussion/comments/16uivmx/what_is_the_importance_of_determining_a_virus_to/
3. Viruses as Informational Entities: A New Paradigm of Interaction | by Boris (Bruce) Kriger | CLINICAL RESEARCH NEWS | Medium, Zugriff am April 20, 2026, <https://medium.com/clinical-research-news/viruses-as-informational-entities-a-new-paradigm-of-interaction-262f8a271c89>
4. Can we truly regard viruses, viroids and prions as non-living? - ResearchGate, Zugriff am April 20, 2026, <https://www.researchgate.net/post/Can-we-truly-regard-viruses-viroids-and-prions-as-non-living>
5. Every Life Is On Fire | Reflections & Notes - vialogue - WordPress.com, Zugriff am April 20, 2026, <https://vialogue.wordpress.com/2020/11/04/every-life-is-on-fire-reflections-notes/>
6. Dissipative adaptation in driven self-assembly - PubMed, Zugriff am April 20, 2026, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26530021/>
7. Dissipative adaptation in driven self-assembly - england lab @ Bar-Ilan Physics, Zugriff am April 20, 2026, https://englandlab.com/uploads/7/8/0/3/7803054/nnano.2015.250_1_.pdf
8. First Support for a Physics Theory of Life | Quanta Magazine, Zugriff am April 20, 2026, <https://www.quantamagazine.org/first-support-for-a-physics-theory-of-life-2017-0726/>
9. The predictive power of dissipative adaptation - LessWrong, Zugriff am April 20, 2026, <https://www.lesswrong.com/posts/CwEsWktvi2iSysdon/the-predictive-power-of-dissipative-adaptation>
10. Dissipative adaptation and Panpsychism : r/consciousness - Reddit, Zugriff am April 20, 2026, https://www.reddit.com/r/consciousness/comments/1k9bps7/dissipative_adaptation_and_panpsychism/
11. Jeremy England. - Every Life Is On Fire - How Thermodynamics Explains The Origins of Living Things-Basic Books (2020) - Scribd, Zugriff am April 20, 2026, <https://www.scribd.com/document/680148185/Jeremy-England-Every-Life-is-on-Fire-How-Thermodynamics-Explains-the-Origins-of-Living-Things-Basic-Books-2020>
12. (PDF) Robotic Monitoring of Habitats: The Natural Intelligence Approach - ResearchGate, Zugriff am April 20, 2026, https://www.researchgate.net/publication/372299660_Robotic_Monitoring_of_Ha

- [bitats_the_Natural_Intelligence_Approach](#)
13. From Molecules to Machines: A Multiscale Roadmap to Intelligent, Multifunctional Soft Robotics | Chemical Reviews - ACS Publications, Zugriff am April 20, 2026, <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.chemrev.4c00972>
 14. Bio-inspired physical intelligence for soft robotics - ResearchGate, Zugriff am April 20, 2026, https://www.researchgate.net/publication/358532059_Bio-inspired_physical_intelligence_for_soft_robotics
 15. Soft actuators for real-world applications - PMC - NIH, Zugriff am April 20, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7612659/>
 16. (PDF) Soft robotics: what's next in bioinspired design and applications of soft robots?, Zugriff am April 20, 2026, https://www.researchgate.net/publication/395464096_Soft_robotics_what's_next_in_bioinspired_design_and_applications_of_soft_robots
 17. Sensing in Soft Robotics | ACS Nano - ACS Publications, Zugriff am April 20, 2026, <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsnano.3c04089>
 18. Robust Anthropomorphic Robotic Manipulation through Biomimetic Distributed Compliance, Zugriff am April 20, 2026, <https://arxiv.org/html/2404.05262v1>
 19. Self-Organization, Entropy Production, and Physical Intelligence | Request PDF - ResearchGate, Zugriff am April 20, 2026, https://www.researchgate.net/publication/254303105_Self-Organization_Entropy_Production_and_Physical_Intelligence
 20. Free energy principle - Wikipedia, Zugriff am April 20, 2026, https://en.wikipedia.org/wiki/Free_energy_principle
 21. 'Life hates surprises': can an ambitious theory unify biology, neuroscience and psychology? - University of Wollongong, Zugriff am April 20, 2026, <https://www.uow.edu.au/media/2022/life-hates-surprises-can-an-ambitious-theory-unify-biology-neuroscience-and-psychology.php>
 22. The Markov blankets of life: autonomy, active inference and the free energy principle | Journal of The Royal Society Interface, Zugriff am April 20, 2026, <https://royalsocietypublishing.org/rsif/article/15/138/20170792/35768/The-Markov-blankets-of-life-autonomy-active>
 23. [R] A technical critique of the free energy principle as presented in "Life as we know it" and related works - Reddit, Zugriff am April 20, 2026, https://www.reddit.com/r/MachineLearning/comments/f1zjf1/r_a_technical_critique_of_the_free_energy/
 24. The Markov Blanket Trick: On the Scope of the Free Energy Principle and Active Inference - PhilSci-Archive, Zugriff am April 20, 2026, <https://philsci-archive.pitt.edu/18843/1/The%20Markov%20Blanket%20Trick.pdf>
 25. Criticisms of the theory of free energy or the "Bayesian brain" by Karl Friston - Medium, Zugriff am April 20, 2026, <https://medium.com/neo-cybernetics/criticisms-of-the-theory-of-free-energy-or-the-bayesian-brain-by-karl-friston-52749b92c9d3>
 26. Is the Free Energy Principle for Real? | Ian Robertson, Julian Kiverstein and Michael Kirchhoff | BJPS Short Reads - British Society for the Philosophy of Science,

- Zugriff am April 20, 2026,
<https://www.thebsps.org/short-reads/is-the-free-energy-principle-for-real/>
27. Landauer's Principle a Consequence of Bit Flows, Given Stirling's Approximation - PMC, Zugriff am April 20, 2026,
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8534805/>
 28. Landauer's Principle: Past, Present and Future - MDPI, Zugriff am April 20, 2026,
<https://www.mdpi.com/1099-4300/27/4/437>
 29. Landauer's Erasure Principle and Data Compression - Cryptography and Quantum Information, Zugriff am April 20, 2026,
<https://cqi.inf.usi.ch/publications/isit17-sub-ieee.pdf>
 30. Information Processing and Thermodynamic Entropy - Stanford Encyclopedia of Philosophy, Zugriff am April 20, 2026,
<https://plato.stanford.edu/archives/fall2019/entries/information-entropy/>
 31. Epigenetic Echoes: Bridging Nature, Nurture, and Healing Across ..., Zugriff am April 20, 2026, <https://www.mdpi.com/1422-0067/26/7/3075>
 32. Epigenetic Inheritance of Trauma Across Generations: A Review of Post-Traumatic Stress Disorder, Epigenetic Mechanisms, Challenges and Implications for Today's World | OxJournal, Zugriff am April 20, 2026,
<https://www.oxjournal.org/epigenetic-inheritance-of-trauma-across-generations/>
 33. Epigenetic signatures of intergenerational exposure to violence in three generations of Syrian refugees - PMC, Zugriff am April 20, 2026,
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11868390/>
 34. Transgenerational Epigenetic Inheritance of Traumatic Experience in Mammals - MDPI, Zugriff am April 20, 2026, <https://www.mdpi.com/2073-4425/14/1/120>
 35. Understanding Epigenetics and Its Role in Trauma Transmission: Primer and Insights for Social Work - MDPI, Zugriff am April 20, 2026,
<https://www.mdpi.com/2076-0760/15/2/59>
 36. Epigenetic modifications and transgenerational inheritance in women victims of violence (EWVV) - Oxford Academic, Zugriff am April 20, 2026,
<https://academic.oup.com/eep/article/11/1/dvaf025/8250624>
 37. Mechanisms of Epigenetic Inheritance in Post-Traumatic Stress Disorder - PMC - NIH, Zugriff am April 20, 2026,
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10817356/>
 38. A critical view on transgenerational epigenetic inheritance in humans - ResearchGate, Zugriff am April 20, 2026,
https://www.researchgate.net/publication/326690851_A_critical_view_on_transgenerational_epigenetic_inheritance_in_humans
 39. Cultural trauma and epigenetic inheritance - Trinity Washington University, Zugriff am April 20, 2026,
<https://discover.trinitydc.edu/aces-research/wp-content/uploads/sites/73/2025/02/Trauma-Cultural-and-epigenetic-inheritance-3.pdf>
 40. Do Transgenerational Epigenetic Inheritance and Immune System Development Share Common Epigenetic Processes? - PMC, Zugriff am April 20, 2026,
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8162332/>
 41. The Avatars in the Machine - — Open MIND, Zugriff am April 20, 2026,

- <https://open-mind.net/papers/@@chapters?nr=32>
42. Why Is Virtual Reality Interesting for Philosophers? - Philosophisches Seminar - Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Zugriff am April 20, 2026, https://www.philosophie.fb05.uni-mainz.de/files/2018/09/Metzinger_VR_Phil_2018_frobt-05-00101.pdf
 43. Being No One: Consciousness, the Phenomenal Self, and the First-Person Perspective, Zugriff am April 20, 2026, <https://gradlectures.berkeley.edu/lecture/being-no-one/>
 44. Being No One - Thomas Metzinger - organism.earth, Zugriff am April 20, 2026, <https://organism.earth/library/document/being-no-one>
 45. (PDF) Empirical perspectives from the selfmodel theory of subjectivity: A brief summary with examples - ResearchGate, Zugriff am April 20, 2026, https://www.researchgate.net/publication/312624234_Empirical_perspectives_from_the_selfmodel_theory_of_subjectivity_A_brief_summary_with_examples
 46. The Ego Tunnel by Thomas Metzinger, 2009 | The Digital Sauna - WordPress.com, Zugriff am April 20, 2026, <https://digitalsauna.wordpress.com/2017/12/25/the-ego-tunnel-by-thomas-metzi-nger-2009/>
 47. Thomas Metzinger - The Ego Tunnel - xenopraxis, Zugriff am April 20, 2026, http://xenopraxis.net/readings/metzinger_egotunnel.pdf
 48. Avatars in the Machine: Dreaming as a Simulation of Social Reality - ResearchGate, Zugriff am April 20, 2026, https://www.researchgate.net/publication/313835980_Avatars_in_the_Machine_Dreaming_as_a_Simulation_of_Social_Reality
 49. Virtual reality and consciousness inference in dreaming - PMC - NIH, Zugriff am April 20, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4191565/>
 50. Your Brain's Illusion of You: Thomas Metzinger on Self, Consciousness & VR - YouTube, Zugriff am April 20, 2026, <https://www.youtube.com/watch?v=k72TFsD10hk>
 51. Challenges and possibilities of silicon-based life: Exploring an alternative to carbon, Zugriff am April 20, 2026, https://www.researchgate.net/publication/377266623_Challenges_and_possibilitie_s_of_silicon-based_life_Exploring_an_alternative_to_carbon
 52. Hypothetical types of biochemistry - Wikipedia, Zugriff am April 20, 2026, https://en.wikipedia.org/wiki/Hypothetical_types_of_biochemistry
 53. I need help with silicon based life. I have no idea what it should look like. : r/SpeculativeEvolution - Reddit, Zugriff am April 20, 2026, https://www.reddit.com/r/SpeculativeEvolution/comments/m7v145/i_need_help_w_ith_silicon_based_life_i_have_no/
 54. Integrated information theory - Wikipedia, Zugriff am April 20, 2026, https://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_information_theory
 55. An Integrated World Modeling Theory (IWMT) of Consciousness: Combining Integrated Information and Global Neuronal Workspace Theories With the Free Energy Principle and Active Inference Framework; Toward Solving the Hard Problem and Characterizing Agentic Causation - Frontiers, Zugriff am April 20,

2026,

<https://www.frontiersin.org/journals/artificial-intelligence/articles/10.3389/frai.2020.00030/full>

56. Phi fluctuates with surprisal: An empirical pre-study for the synthesis of the free energy principle and integrated information theory - PMC, Zugriff am April 20, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10619809/>
57. What Is Consciousness? Integrated Information vs. Inference - PMC, Zugriff am April 20, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8391140/>
58. 'Silicon Valley: An argument for silicon-based life' | Notre Dame Catholic Sixth Form College, Leeds, Zugriff am April 20, 2026, <https://www.notredamecoll.ac.uk/news/silicon-valley-argument-silicon-based-life>
59. The Transcension Hypothesis, John M. Smart, 2011 - Acceleration Studies Foundation, Zugriff am April 20, 2026, <https://accelerating.org/articles/transcensionhypothesis.html>
60. Formalizing the Fermi paradox and combining consistent explanatory hypotheses | International Journal of Astrobiology, Zugriff am April 20, 2026, <https://www.cambridge.org/core/journals/international-journal-of-astrobiology/article/formalizing-the-fermi-paradox-and-combining-consistent-explanatory-hypotheses/BD46970FFDCDD657ADB3698756CB98E3>
61. Beyond "Fermi's Paradox" XI: What is the Transcension Hypothesis - Universe Today, Zugriff am April 20, 2026, <https://www.universetoday.com/articles/beyond-fermis-paradox-xi-the-transcension-hypothesis>
62. (PDF) The transcension hypothesis: Sufficiently advanced civilizations invariably leave our universe, and implications for METI and SETI - ResearchGate, Zugriff am April 20, 2026, https://www.researchgate.net/publication/256935188_The_transcension_hypothesis_is_Sufficiently_advanced_civilizations_invariably_leave_our_universe_and_implications_for_METI_and_SETI
63. John Smart - Evo Devo Universe, Zugriff am April 20, 2026, https://evodevouniverse.com/wiki/John_Smart
64. The Transcension Hypothesis offers a unique solution to the Fermi Paradox: Civilizations scale downwards to the Plank scale as they advance, rather than expand outwards into the universe. Eventually, this creates a blackhole-like state while also achieving optimal computation and time acceleration. : r/HighStrangeness - Reddit, Zugriff am April 20, 2026, https://www.reddit.com/r/HighStrangeness/comments/19342ed/the_transcension_hypothesis_offers_a_unique/