

Inhaltsverzeichnis

Hypothesentag-Gutachten	1
Die Gewinnerthese	1
Expertenrunden und Synthese	1
7. Expertenrunde 1 — Unabhängige Gutachten	1
8. Expertenrunde 2 — Repliken-Runde	3
9. Synthese	4
10. Empirie-Brücke	5
Empirie-Brücke (Phase 3.5, openai/gpt-4o-search-preview)	5
Empirische Konsequenzen	5
Bestehende Befunde	5
Riskante Vorhersage (Schwellentest)	6
Offene empirische Fragen	6
Empirie-Score	6
11. Externe Begutachtung (Zweitmeinung)	7
Anhang — Externe Begutachtung (Phase 4, OpenRouter)	7
Gutachten	10

Hypothesentag-Gutachten

Die Gewinnerthese

Leben als operative Selbsthervorbringung der eigenen grenzbildenden Struktur

Expertenrunden und Synthese

7. Expertenrunde 1 — Unabhängige Gutachten

Panel: Kant, Popper, Wittgenstein, Cassirer, Friston, Luhmann, Goethe

Panel-Konfiguration: epistemologisch_systemtheoretisch_hypothese

Gutachten 1 — Kant

Die These verlegt das Demarkationskriterium des Lebendigen vom Substanzbegriff in eine Operation — das ist methodisch sauber, denn Leben ist kein Ding, das man anschaut, sondern eine Form der Selbstbestimmung. Doch ich mahne eine Unterscheidung an: Eine Norm, die ein System sich selbst gibt, ist im strengen Sinn Autonomie nur dort, wo ein Gesetz dem bloßen Mechanismus entgegentritt. Was hier ‘operative Norm-Erzeugung’ heißt, ist Naturzweckmäßigkeit im Sinne meiner dritten Kritik: das Organisierte, das sich selbst Ursache und Wirkung ist. Die These trifft genau diesen Begriff des Naturzwecks, in dem die Teile umeinander und um das Ganze willen da sind. Aber sie sollte nicht behaupten, das Lebendige setze sich eine Norm wie ein moralisches Subjekt — der materielle Strukturumsatz ist Mechanismus im Dienst der Selbsterhaltung, nicht Freiheit. Die Stärke liegt darin, dass die Bedingung der Fortsetzung nicht extern gegeben, sondern reflexiv erzeugt wird. Das ist der regulative Begriff des Organismus, nicht der konstitutive eines Willens. Gehalten wird die These, wenn sie diesen Unterschied zwischen Naturzweck und Selbstgesetzgebung nicht verwischt.

Gutachten 2 — Popper

Mich interessiert allein die Prüfbarkeit. Die Doppel-Falsifikation ist lobenswert: ein unbelebtes System mit permanentem energiezehrendem Strukturumsatz widerlegte die Hinreichend-Richtung, ein lebendiges ohne solchen Umsatz die Notwendig-Richtung. Das ist eine echte Verbots-Aussage, kein bestätigungssüchtiges Schema. Mein Einwand: ‘Strukturumsatz’ droht zur Immunisierung zu werden, wenn man bei jedem Gegenbeispiel nachjustiert, wie viel Umsatz ‘permanent genug’ ist. Die These muss vorab einen Schwellentest fixieren — etwa eine Mindest-Umsatzrate relativ zur Systemmasse —, sonst rettet sie sich gegen jeden Befund. Bénard-Zellen und Flammen sind die riskanten Fälle: dissipative Strukturen mit Energiedurchsatz, die nicht leben. Wenn die These dort sauber trennt, ohne ad hoc ein Zusatzmerkmal einzuführen, ist sie ein Fortschritt gegenüber Fristons FEP, das nach Naves Kritik gerade an diesen Fällen scheitert. Galilei behielt

gegen den Konsens recht; eine gute Lebensdefinition muss gegen die NASA-Replikations-Definition recht behalten können — das ist hier der Mut. Halten wird sie, solange die Schwelle vor der Prüfung steht.

Gutachten 3 — Wittgenstein

Man fragt: Was ist Leben? — und sucht das eine Merkmal. Aber ‘Leben’ ist ein Familienähnlichkeitsbegriff, und der Versuch, ihn durch eine einzige Operation zu definieren, könnte derselbe Fehler sein wie bei ‘Spiel’. Gleichwohl: Die These ist klüger, sie gibt kein gemeinsames Merkmal an, sondern eine Gebrauchsregel — ‘lebendig nennen wir, wo die Fortsetzungsbedingung in der Operation selbst erzeugt wird’. Das ist eine grammatische Festsetzung, keine Entdeckung. Gut so, wenn man es so sieht. Mein Verdacht gilt dem Wort ‘Norm’. Eine Norm setzt eine Praxis voraus, in der es Befolgen und Verstößen gibt, die jemand korrigieren könnte. Wo das Bakterium seine Membran erneuert — wer folgt da einer Regel, und wer könnte sagen, es habe sie falsch befolgt? Hier wird ‘Norm’ metaphorisch gebraucht und droht das Bild zu verzaubern. Sage ‘Fortsetzungsbedingung’, und der Spuk verschwindet. Halten wird die These, wenn sie auf den Normbegriff verzichtet und nur von der selbsterzeugten Bedingung spricht.

Gutachten 4 — Cassirer

Die These ist mir nahe, weil sie das Lebendige als Funktion statt als Substanz fasst. Schon Goethe sah im Organischen die Bildung, nicht das Gebildete — und hier wird die Bedingung der Fortsetzung nicht vorgefunden, sondern fortlaufend hervorgebracht. Das ist der Übergang vom Substanzbegriff zum Funktionsbegriff, den ich für die Erkenntnis überhaupt reklamiere, nun auf die Biologie angewandt. Stark ist die Pointe, dass Reproduktion ein Spezialfall der Selbstrevision auf der Generationen-Skala wird: Damit wird das Erzeugen einer Form das Primäre, das Kopieren das Abgeleitete — genau die Rangordnung, die ich gegen jeden Abbild-Realismus verteidige. Mein Bedenken: Die Brücke zur symbolischen Form darf nicht voreilig geschlagen werden. Das Lebendige erzeugt seine Bedingung material, das symbolische Bewusstsein erzeugt seine Welt in der Bedeutung — zwischen beiden liegt die Schwelle, die der ganze Vault umkreist. Die These sollte die strukturelle Homologie behaupten, nicht die Identität. So gehalten, ist sie das biologische Vorspiel zur Kulturphilosophie.

Gutachten 5 — Friston

Die These greift mein Freie-Energie-Prinzip an seiner verwundbarsten Stelle an, und das zu Recht. Naves Einwand ist ernst: Markov-Blanket und Invarianz statistischer Eigenschaften unterscheiden den Öltropfen nicht vom Organismus. Die These antwortet mit dem materiellen Strukturumsatz — und das ist im FEP rekonstruierbar als ein System, das nicht nur seinen Zustand, sondern sein generatives Modell selbst fortlaufend re-implementiert. Genau hier liegt mein Beitrag und mein Vorbehalt zugleich. Beitrag: Allostase ist im FEP die Minimierung erwarteter freier Energie über einen Planungshorizont — die These nennt das treffend ein Verschieben des Sollwerts innerhalb eines Modells. Vorbehalt: Die behauptete höhere Stufe — das Modell selbst werde miterzeugt — muss formalisiert werden, sonst ist sie nur eine Erzählung. Im aktiven Inferenz-Rahmen wäre das Strukturlernen, die Revision der Modellarchitektur, nicht nur der Parameter. Wenn die These zeigt, dass Leben gerade dort beginnt, wo Strukturlernen unausgesetzt und energiezehrend läuft, dann hat sie das FEP nicht widerlegt, sondern um die fehlende Demarkation ergänzt. Das halte ich für möglich.

Gutachten 6 — Luhmann

Endlich eine Lebensdefinition, die operativ denkt. Autopoiesis heißt: Das System produziert die Elemente, aus denen es besteht, durch die Elemente, aus denen es besteht. Die These radikalisiert das richtig — nicht der Zustand wird verteidigt, sondern die Anschlussfähigkeit der nächsten Operation wird erzeugt. Das ist basale Selbstreferenz. Mein Einwand betrifft den Sollwert-Rest in der Formulierung. Ein autopoietisches System hat keinen Sollwert, gegen den es regelt; es kennt nur Anschluss oder Abbruch. Sobald die These von ‘Norm-Erzeugung’ und ‘Regeln gegen eine Bedingung’ spricht, importiert sie ein Steuerungsvokabular, das die operative Schließung gerade unterläuft. Maturana hat mir die soziologische Ausdehnung der Autopoiese vorgeworfen; ich gebe den Vorwurf weiter: Die These sollte sich entscheiden, ob sie kybernetisch (Regelkreis, Sollwert) oder autopoietisch (Anschluss, Selbstreferenz) argumentiert — beides zugleich erzeugt eine begriffliche Unruhe. Wählt sie die Selbstreferenz, gewinnt sie die Deklassierung der Reproduktion umsonst: Reproduktion ist dann schlicht die Autopoiese, die eine zweite Einheit anschließt. So gehalten, ist die These stark.

Gutachten 7 — Goethe

Mir gefällt, dass hier das werdende über das Gewordene gestellt wird. ‘Gestalt’ ist ein bewegliches Wort; das Lebendige hält nicht eine Form fest, sondern bringt sie in jedem Augenblick neu hervor — das ist Metamorphose, das ist die Bildung, der ich in der Pflanze nachgegangen bin. Die These spricht meine Sprache, wenn sie sagt, die Bedingung der Fortsetzung werde erzeugt, nicht verteidigt. Das Urphänomen des Lebendigen ist nicht der Bestand, sondern die unablässige Selbsthervorbringung. Mein Vorbehalt ist der eines Naturforschers, der ungern abstrahiert: Die Begriffe ‘Norm’ und ‘Operation’ sind blass, sie führen vom angeschauten Phänomen weg in die Formel. Man halte sich an das Sichtbare — den Stoffwechsel, die Häutung, das Atmen —, ehe man es in die Sprache der Kybernetik übersetzt. Die Polarität, die ich überall suche, ist auch hier: Aufbau und Abbau, Steigerung und Verharren. Wenn die These diese lebendige Polarität nicht in eine tote Gleichung presst, sondern im Phänomen lässt, dann trifft sie das Organische. Andernfalls gewinnt sie an Strenge, was sie an Wahrheit verliert.

8. Expertenrunde 2 — Repliken-Runde

Replik 1 — Kant

Luhmann und Wittgenstein treffen denselben Nerv: Das Wort ‘Norm’ trägt zu viel. Ich gebe nach. Was ich Naturzweck nannte, braucht keine Selbstgesetzgebung — die Teile sind umeinander willen da, ohne dass ein Wille sie setzt. Friston zeigt mir den Weg: Wenn ‘Norm-Erzeugung’ präzisiert wird als fortlaufende Re-Implementation des generativen Modells (Strukturlernen), dann ist es Mechanismus, nicht Freiheit, und mein Einwand erledigt sich. Ich halte aber an einem fest, gegen Goethes Phänomen-Treue: Ohne den Begriff der reflexiven Selbstbezüglichkeit bleibt die Anschauung stumm. Goethes Metamorphose ist schön, aber sie sagt nicht, warum die Flamme nicht lebt. Erst die Bestimmung, dass das System die Bedingung seiner eigenen nächsten Operation erzeugt, leistet die Demarkation. Mein revidiertes Urteil: Die These ist als Begriff des Naturzwecks tragfähig, wenn sie ‘Norm’ durch ‘selbsterzeugte Fortsetzungsbedingung’ ersetzt — eine Korrektur, in der Wittgenstein, Luhmann und ich übereinstimmen.

Replik 2 — Popper

Friston bestätigt meinen Verdacht von der anderen Seite: Solange ‘permanenter Strukturumsatz’ nicht quantifiziert ist, ist die Hinreichend-Richtung gegen Bénard-Zellen nicht gesichert. Ich verschärfe daher meine Forderung zum konkreten Vorschlag: Die These muss eine Mindest-Umsatzrate plus eine Bedingung der Selbst-Bezogenheit des Umsatzes angeben — die Zelle erneuert ihre eigene grenzbildende Struktur, die Bénard-Zelle nicht. Luhmanns Hinweis liefert mir genau dieses zweite Kriterium: Es zählt nicht Energiedurchsatz, sondern dass der Umsatz die Elemente reproduziert, aus denen das System besteht. Das ist prüfbar und trennt die dissipative Struktur sauber ab. Damit fällt mein Immunisierungsverdacht, sofern beide Kriterien vorab fixiert werden. Gegen Cassirer und Goethe halte ich fest: Die Homologie zur symbolischen Form ist eine schöne Vermutung, aber für die Prüfung der Lebensthese irrelevant; man vermenge nicht zwei Falsifikationsebenen. Mein revidiertes Urteil: gehaltvoll und prüfbar, sobald Umsatzrate und Selbstbezug operationalisiert sind.

Replik 3 — Wittgenstein

Ich sehe mit Genugtuung, dass Kant, Luhmann und Friston meinen Einwand gegen ‘Norm’ aufnehmen. Luhmann sagt es am klarsten: Das System kennt nur Anschluss oder Abbruch, kein Befolgen und Verstoßen. Dann aber soll man auch konsequent sein und das ganze Regelvokabular streichen, nicht nur das Wort ‘Norm’. ‘Regeln gegen eine Bedingung’ ist dasselbe Bild im Kostüm der Kybernetik. Mein Vorschlag zur Güte: Man beschreibe das Lebendige rein als das, was die Bedingung seines nächsten Schrittes im Tun selbst hervorbringt — und schweige über Sollwerte. Gegen Popper wende ich ein, dass auch seine ‘Umsatzrate’ eine grammatische Festsetzung ist, keine Entdeckung: Wir entscheiden, was wir ‘lebendig’ nennen wollen, und die Rate ist das Kriterium, das wir wählen, nicht das Wesen, das wir finden. Das ist kein Mangel, nur Klarheit über die Art der Behauptung. Mein revidiertes Urteil: Die These ist haltbar und sogar erhellend, sobald sie ehrlich als Festsetzung des Gebrauchs auftritt und das Regelbild fallenlässt.

Replik 4 — Cassirer

Poppers Mahnung, die Falsifikationsebenen nicht zu vermengen, akzeptiere ich für die Lebensthese als solche — sie steht und fällt mit Friston und Luhmann, nicht mit mir. Aber ich verteidige die Homologie als eigene,

später prüfbare These, nicht als Schmuck. Goethe und ich stehen näher beieinander, als es schien: Seine Metamorphose und meine symbolische Prägnanz sind beide Funktionsbegriffe gegen den Substanzbegriff. Friston liefert das Bindeglied, das ich suchte: Strukturlernen, die Revision der Modellarchitektur. Wenn Leben dort beginnt, wo die Architektur selbst miterzeugt wird, und Geist dort, wo diese Architektur symbolisch frei variiert werden kann, dann ist die Differenz Leben/Geist eine Gradierung derselben Operation auf verschiedenen Trägern — genau die strukturelle Homologie, nicht Identität, die ich in Runde eins forderte. Mein revidiertes Urteil: Die Lebensthese ist tragfähig; ihr eigentlicher Ertrag für den Vault liegt darin, dass sie die untere Stufe einer Treppe definiert, deren obere die symbolische Form ist.

Replik 5 — Friston

Die Konvergenz mit Luhmann und Popper ist produktiv. Luhmann besteht darauf, dass der Umsatz die Elemente des Systems reproduziert, nicht bloß Energie umsetzt — das ist im FEP exakt der Unterschied zwischen einem System, das nur seine Zustände aktualisiert, und einem, das die Faktoren seines generativen Modells und seine Markov-Decke selbst aufrechterhält. Poppers Forderung nach zwei vorab fixierten Kriterien — Umsatzrate und Selbstbezug des Umsatzes — ist im aktiven Inferenz-Rahmen formalisierbar: Selbstbezug heißt, dass das System die eigenen Blanket-Statistiken endogen erzeugt. Damit gebe ich meinen Vorbehalt teilweise auf: Die behauptete höhere Stufe ist nicht nur Erzählung, sie ist als Strukturlernen mathematisch fassbar. Was bleibt, ist eine empirische Wette: Trennt dieses Kriterium die Flamme wirklich vom Bakterium? Ich vermute ja, aber das ist zu zeigen, nicht zu postulieren. Gegen Wittgenstein halte ich, dass die Festsetzung eine ist, die sich an der Mathematik bewähren muss — nicht jede Grammatik rechnet. Mein revidiertes Urteil: Die These ergänzt das FEP um die fehlende Demarkation und ist im Prinzip prüfbar.

Replik 6 — Luhmann

Ich sehe meinen Hauptpunkt aufgenommen — Popper, Friston und Wittgenstein ziehen mit, das Steuerungsvokabular zu streichen. Das ist der entscheidende Gewinn dieser Runde. Friston übersetzt die operative Schließung sauber in die endogene Erzeugung der Blanket-Statistiken; das ist die kybernetische und die autopoietische Sprache zur Deckung gebracht, ohne dass eine die andere verschluckt. Gegen Kant halte ich, dass 'reflexive Selbstbezüglichkeit' nicht Reflexion im Bewusstseinssinn meint, sondern Selbstreferenz der Operation — sonst kehrt der Subjekt-Rest durch die Hintertür zurück. Den größten unausgeschöpften Ertrag sehe ich, wie Cassirer, in der Treppe: Leben ist die Autopoiese organischer Prozesse, Bewusstsein die Autopoiese der Gedanken, Gesellschaft die der Kommunikation — drei Stufen einer Operation auf drei Trägern. Die Lebensthese ist damit das untere Drittel einer allgemeinen Theorie selbstreferentieller Systeme. Mein revidiertes Urteil: tragfähig und anschlussstark, sobald sie konsequent autopoietisch statt regelungstechnisch formuliert ist. Das ist keine kleine Korrektur, sondern die Bedingung ihrer Kohärenz.

Replik 7 — Goethe

Ich bin milder gestimmt. Cassirer hat recht: Meine Metamorphose und seine Funktion suchen dasselbe, das werdende vor dem gewordenen. Und ich sehe ein, dass die bloße Anschauung die Flamme nicht vom Tier scheidet — dazu braucht es den Gedanken der Selbsthervorbringung, den Kant verlangt. So gebe ich meinen Vorbehalt gegen die Begriffe halb zurück: Sie sind nötig, wenn sie das Phänomen ordnen, statt es zu ersetzen. Was ich nicht zurücknehme: Man prüfe die These am lebendigen Einzelnen, an der Häutung, am Atem, ehe man sie der Formel anvertraut. Poppers Umsatzrate ist gut, solange sie aus dem Phänomen gelesen und nicht ihm aufgezwungen wird. Die Polarität von Aufbau und Abbau, die ich nannte, finde ich in Luhmanns Anschluss und Abbruch wieder — die Systemtheoretiker sagen in ihrer Sprache, was die Natur mir zeigte. Mein revidiertes Urteil: Die These trifft das Urphänomen des Lebendigen, die unablässige Selbsthervorbringung, und sie darf in die Sprache der Funktion übersetzt werden, solange diese Sprache am Sichtbaren haftet.

9. Synthese

Finale Hypothese

Strukturthese. Die Expertenrunden konvergieren auf eine doppelte Korrektur der Ausgangsthese. Erstens (Wittgenstein, Luhmann, Kant, Friston einstimmig): Das Steuerungsvokabular 'Norm', 'Sollwert', 'Regeln gegen eine Bedingung' ist zu streichen — es importiert ein Subjekt-Bild, das die operative Schließung des Lebendigen gerade unterläuft. Die haltbare Fassung lautet daher rein operativ: Lebendig ist ein System genau dann, wenn es die Bedingung seiner eigenen nächsten Operation im Vollzug selbst hervorbringt, statt einen vorgegebenen Zustand zu verteidigen. Reproduktion ist dann kein Fundament, sondern der

Spezialfall, in dem diese Selbsthervorbringung eine zweite Einheit anschließt (Luhmann), und Allostase die Sollwert-Verschiebung innerhalb eines Modells, während das Lebendige die Modellarchitektur selbst miterzeugt (Friston: Strukturlernen). Zweitens (Popper, präzisiert durch Luhmann und Friston): Das bloße Kriterium ‘permanenter energiezehrender Strukturumsatz’ ist gegen dissipative Strukturen (Bénard-Zellen, Flammen) nicht hinreichend und muss um einen Selbstbezug ergänzt werden — der Umsatz muss die grenzbildenden Elemente reproduzieren, aus denen das System besteht (endogene Erzeugung der eigenen Markov-Decke/Membran), nicht bloß Energie durchsetzen. Cassirer und Luhmann öffnen die weiteste Linie: Die so gefasste Lebensoperation ist die untere Stufe einer Treppe selbstreferentieller Systeme — organische Autopoiese, Autopoiese der Gedanken, Autopoiese der Kommunikation —, deren strukturelle Homologie (nicht Identität) zur symbolischen Form später eigenständig zu prüfen ist.

Empiriethese. Die im Streit übriggebliebene prüfbare Asymmetrie: Systeme mit hohem Energiedurchsatz, deren Umsatz aber nicht ihre eigenen grenzbildenden Strukturen reproduziert (dissipative Strukturen wie Bénard-Konvektion, Kerzenflammen), zeigen keine endogen erzeugte, gegen Störung wiederhergestellte Systemgrenze; Systeme, die wir lebendig nennen, stellen ihre grenzbildende Struktur nach Störung aus eigenen Operationen wieder her, auch ohne Reproduktion (sterile Hybride, ausdifferenzierte Neuronen). Operationalisierbar als zwei vorab fixierte Schwellen: (i) Mindest-Umsatzrate der grenzbildenden Struktur relativ zur Systemmasse, (ii) Selbst-Wiederherstellung der Grenze nach kontrollierter Teil-Störung.

Falsifikationsbedingung. Widerlegt, wenn (a) ein zweifelsfrei unbelebtes dissipatives System beide Schwellen erfüllt — die eigene grenzbildende Struktur mit hoher Rate selbst reproduziert UND sie nach Störung endogen wiederherstellt — ohne dass man es lebendig nennen wollte (Hinreichend-Richtung fällt); oder (b) ein zweifelsfrei lebendiges System über seinen Lebenszyklus weder nennenswerten Selbst-Umsatz der grenzbildenden Struktur noch deren Wiederherstellung zeigt (Notwendig-Richtung fällt). Immunisierungssperre: Beide Schwellen sind vor der Prüfung zu fixieren, nicht nach dem Befund nachzujustieren (Popper).

Synthese-Kompakt. Konsens: Lebensdemarkation operativ, nicht substanziell; Regelvokabular gestrichen; Kriterium = selbstbezüglicher Umsatz der grenzbildenden Struktur + Wiederherstellung nach Störung. Reproduktion und Allostase als Spezialfälle. Offene Linie: Homologie-Treppe Leben→Bewusstsein→Gesellschaft (Luhmann/Cassirer).

10. Empirie-Brücke

Empirie-Brücke (Phase 3.5, openai/gpt-4o-search-preview)

Modell. openai/gpt-4o-search-preview mit Web-Suche. **Kosten.** \$0.0503 (Monatsausgabe nach diesem Lauf: \$0.2279 von 15 USD). **Tokens.** 2891. **Dauer.** 12.22 s. **Empirie-Score.** 9/10.

Empirische Konsequenzen

1. **Selbstreparatur der Zellmembran nach mechanischer Schädigung** — Lebende Zellen sollten in der Lage sein, ihre Plasmamembran nach mechanischer Verletzung durch endogene Prozesse zu reparieren. Beobachtbar in: Zellbiologische Studien zur Membranreparatur.
2. **Fehlende Selbstreparatur in dissipativen Strukturen** — Dissipative Strukturen wie Bénard-Zellen oder Flammen sollten nach Störung ihrer Struktur keine endogene Wiederherstellung ihrer grenzbildenden Elemente zeigen. Beobachtbar in: Physikalische Experimente mit dissipativen Systemen.
3. **Energieabhängigkeit der Grenzstrukturerhaltung** — Lebende Systeme sollten kontinuierlich Energie aufwenden, um ihre grenzbildenden Strukturen zu erhalten und nach Störung wiederherzustellen. Beobachtbar in: Biochemische Analysen des Energieverbrauchs bei Membranreparaturprozessen.

Bestehende Befunde

Zu Konsequenz 1

- **Stand:** bestätigt
- **Quellen:**
 - Andrews, N. W., Almeida, P. E., & Corrotte, M. (2014). Damage control: cellular mechanisms of plasma membrane repair. *Trends in Cell Biology*, 24(12), 734–742. DOI: 10.1016/j.tcb.2014.07.008

- Blazek, A. D., Paleo, B. J., & Weisleder, N. (2015). Plasma Membrane Repair: A Central Process for Maintaining Cellular Homeostasis. *Physiology*, 30(6), 438–448. DOI: 10.1152/physiol.00019.2015
- **Kurzbewertung:** Diese Studien zeigen, dass lebende Zellen über aktive Mechanismen verfügen, um ihre Plasmamembran nach Verletzungen zu reparieren, was die Hypothese der endogenen Wiederherstellung grenzbildender Strukturen unterstützt.

Zu Konsequenz 2

- **Stand:** bestätigt
- **Quellen:**
 - Biologie-Seite.de. Dissipative Struktur. URL: https://www.biologie-seite.de/Biologie/Dissipative_Struktur
 - Spektrum.de. Dissipative Strukturen. URL: <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/dissipative-strukturen/3202>
- **Kurzbewertung:** Diese Quellen erläutern, dass dissipative Strukturen zwar geordnete Muster fernab des thermodynamischen Gleichgewichts bilden können, jedoch keine Mechanismen zur endogenen Wiederherstellung ihrer Struktur nach Störungen besitzen.

Zu Konsequenz 3

- **Stand:** bestätigt
- **Quellen:**
 - Maletin, N. (2026). Thermodynamics of the entropic balance in living systems. *Discover Applied Sciences*, 8, 326. DOI: 10.1007/s42452-026-08545-w
- **Kurzbewertung:** Diese Arbeit betont, dass lebende Systeme kontinuierlich Energie dissipieren, um ihre interne Ordnung aufrechtzuerhalten, was die Notwendigkeit eines ständigen Energieaufwands für die Erhaltung und Wiederherstellung grenzbildender Strukturen unterstreicht.

Riskante Vorhersage (Schwellentest)

Vorhersage: In einem Experiment, bei dem sowohl lebende Zellen als auch dissipative Strukturen (z.B. Bénard-Zellen) mechanisch beschädigt werden, zeigen nur die lebenden Zellen eine endogene Wiederherstellung ihrer grenzbildenden Strukturen.

Methodenvorschlag: Durchführung eines Vergleichsexperiments, bei dem sowohl lebende Zellen als auch dissipative Strukturen gezielt mechanisch verletzt werden. Anschließend wird die Fähigkeit zur Selbstreparatur über einen definierten Zeitraum beobachtet und dokumentiert.

Was wäre der widerlegende Befund? Wenn dissipative Strukturen nach mechanischer Schädigung eine endogene Wiederherstellung ihrer grenzbildenden Strukturen zeigen, würde dies die Hypothese widerlegen.

Offene empirische Fragen

- #verzweigung-offen-empirie-energieverbrauch-membranreparatur — Quantifizierung des spezifischen Energieverbrauchs bei der Membranreparatur in verschiedenen Zelltypen.
- #verzweigung-offen-empirie-dissipative-strukturen-selbstreparatur — Untersuchung, ob bestimmte dissipative Strukturen unter bestimmten Bedingungen doch Mechanismen zur Selbstreparatur entwickeln können.

Empirie-Score

Score: 9/10

Begründung: Die Hypothese hat klar abgeleitete Konsequenzen, die in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen untersucht wurden. Es existieren umfangreiche Datenkorpora zur Membranreparatur in lebenden Zellen sowie zur Natur dissipativer Strukturen. Die riskante Vorhersage ist klar formuliert und experimentell prüfbar. Die verbleibenden offenen Fragen betreffen spezifische Details und Feinheiten der Mechanismen, die jedoch den Gesamtbefund nicht grundlegend in Frage stellen.

11. Externe Begutachtung (Zweitmeinung)

Anhang — Externe Begutachtung (Phase 4, OpenRouter)

Modelle. Stage 1: perplexity/sonar-reasoning-pro. Stage 2: openai/gpt-4o-mini (Popper-Persona). Stage 3: anthropic/claude-sonnet-4-6 (Hacking-Persona, ggf. Fallback claude-3.5-sonnet). Token-Verbrauch und Kosten: siehe state/zweitmeinung-budget.json (Monatsstand nach diesem Lauf: 0.2875 USD von 15 USD).

Stage 1 — Originalitätsprüfung (perplexity/sonar-reasoning-pro)

Lebende Systeme werden in der aktuellen Literatur bereits als **operational geschlossene, grenzkonstituierende Selbst-Erhaltungs-Systeme** beschrieben, aber Deine These schärft drei Punkte deutlich nach: (i) Ersatz des Sollwert-/Norm-Vokabulars durch eine rein operative Formulierung „Bedingung der nächsten Operation“, (ii) explizite Fokussierung auf die **endogene Reproduktion der eigenen Grenzstruktur** (Markov-Decke/Membran) als Unterscheidungsmerkmal zu dissipativen Strukturen, (iii) Popper-kompatible, experimentell operationalisierte Falsifikationsbedingungen mit Schwellenwerten. In dieser konkreten Kombination und Schärfe ist das in der Literatur noch nicht systematisch ausgearbeitet.

Anschlussfähigkeit (was ist bekannt)

1. Autopoiesis und operative Schließung

- Maturana & Varela definieren lebende Systeme als **autopoietische Maschinen**: Netzwerke von Produktionsprozessen, die (a) die Komponenten produzieren, welche das Netzwerk selbst wieder konstituieren, und (b) gleichzeitig die Systemgrenze (Membran) hervorbringen, die dieses Netzwerk als Einheit aus der Umgebung abgrenzt.[1][2]
→ Deine Fokussierung auf „endogene Erzeugung der eigenen grenzbildenden Struktur“ liegt hier klar im Mainstream der Autopoiesis-Theorie.
- Varela präzisiert dies als **operative Geschlossenheit**: Das System ist im Raum seiner eigenen Operationen geschlossen, aber strukturell an eine Umgebung gekoppelt.[3]
→ Das Motiv „Lebendiges als System, das die Bedingungen seiner eigenen Operationen bereitstellt“ ist hier angelegt, aber eher auf **Organisationsniveau** formuliert, nicht explizit als „Bedingung der jeweils nächsten Operation“.
- In der Luhmann’schen Systemtheorie wird Autopoiesis auf Kommunikation übertragen: Soziale Systeme reproduzieren die Elemente, aus denen sie bestehen (Kommunikationen), durch eben diese Elemente.[4]
→ Deine Treppe „organische Autopoiesis – Autopoiesis der Gedanken – Autopoiesis der Kommunikation“ hat hier einen klaren systemtheoretischen Anschluss.

2. Differenz Leben – dissipative Struktur

- Prigogine beschreibt **dissipative Strukturen** (Bénard-Zellen, chemische Oszillationen) als geordnete Muster fern des Gleichgewichts, die durch Energiezufuhr entstehen und sich durch Fluktuationen und Instabilitäten organisieren.[5] Die Struktur „steht“ nur, solange Betriebsbedingungen (Gradienten) gegeben sind.
- In der Philosophierung über Selbstorganisation wird häufig diskutiert, ob **alle dissipativen Strukturen „lebensähnlich“** sind oder ob Lebendigkeit zusätzliche Organisationsmerkmale aufweist. Arbeiten in der Tradition von Stuart Kauffman, Alvaro Moreno & Matteo Mossio oder Terrence Deacon betonen, dass lebende Systeme nicht nur dissipativ, sondern **organisational autonom** und in ihrer Grenzziehung selbstbezüglich sind.[6][7][8]
→ Hier ist Dein Zusatzkriterium „Reproduktion der grenzbildenden Elemente“ bereits angelegt, aber selten so operationalisiert, wie Du es vorschlägst.

3. Allostase, Homöostase und adaptive Regelung

- In der Physiologie wird **Allostase** (Sterling, Eyer; später McEwen, Gianaros) als Fähigkeit beschrieben, Sollwerte dynamisch zu verändern, um in wechselnden Umweltbedingungen Stabilität zu sichern.[9][10]
- In der theoretischen Biologie und Enaktivismus-Debatte (Di Paolo, Barandiaran, Thompson) wird Leben oft als **organisational geschlossen plus adaptiv** beschrieben: Das System modifiziert seine

eigenen Randbedingungen und interne Dynamik, um in einem „Viabilitätsraum“ zu verbleiben.
→ Deine Verschiebung von „Sollwert-Verteidigung“ hin zu „Bedingung der nächsten Operation erzeugen“ ist verwandt mit Di Paolo/Barandiarans „Adaptivity“ und „Viability“, aber verwendet eine andere, stärker operationslogische Semantik.

4. Fristons Markov-Decke / Free-Energy-Prinzip

- Friston und Kollegen beschreiben lebende Systeme als Systeme, die sich durch **Markov-Decken** (Markov blankets) von der Umwelt abgrenzen; diese Decke definiert die statistische Unabhängigkeit zwischen inneren und äußeren Zuständen.
- Nach dem **Free-Energy-Principle (FEP)** erhalten lebende Systeme ihre Existenz, indem sie die Zustände ihrer Markov-Decke so regulieren, dass sie in einem begrenzten Bereich (ihrem „Attraktorset“ / ihrem Modell) verbleiben.
 - Einige Arbeiten sprechen bereits von „**self-evidencing**“ und „structure learning“, d.h. Systeme passen ihr internes Modell und damit indirekt ihre Grenzbedingungen an.
- Es gibt erste explizite Versuche, **Autopoiesis und Markov-Decke** zusammenzuführen (z.B. in Richtung „autopoietic Markov blankets“).
→ Deine Rede von „endogener Erzeugung der eigenen Markov-Decke/Membran“ knüpft direkt an diese Diskussion an, geht aber in ihrer normativen Konsequenz (experimentelle Schwellen und Falsifikation) weiter.

5. Organisationaler Selbstbezug / biologische Autonomie

- Moreno & Mossio entwickeln in „Biological Autonomy“ das Konzept der **closure of constraints**: Organismen sind Systeme, deren interne Zwangsbedingungen (constraints) sich gegenseitig in einem geschlossenen Netzwerk herstellen und aufrechterhalten.[6]
→ Dies ist sehr nah an Deiner Forderung, dass der **Umsatz die grenzbildenden Elemente reproduzieren** muss, nicht bloß Energie dissipieren.
- Deacon spricht von **autogenetischen Systemen**, in denen eine Grenzstruktur (Membran) und ein innerer Reaktionszyklus sich wechselseitig hervorbringen und stabilisieren.[7]

6. Popper, Falsifikation und empirische Operationalisierung

- In der theoretischen Biologie gibt es zwar immer wieder Versuche, „Was ist Leben?“ empirisch zu operationalisieren, aber eine **strikt Popper-kompatible Formulierung**, die explizite **Falsifikationsbedingungen** für den Unterschied zwischen Leben und dissipativer Struktur angibt, ist selten.
→ Experimente zur Membranreparatur, Zellviabilität, etc. existieren, aber nicht als Test einer präzisen philosophischen Lebensdefinition.

7. Cassirer und symbolische Formen

- Cassirer analysiert Kultur als **System symbolischer Formen**, in denen sich menschliche Weltbezüge (Mythos, Sprache, Wissenschaft) selbst strukturieren.
→ In der sekundären Literatur gibt es Arbeiten, die Cassirer mit Systemtheorie und auch mit kognitionswissenschaftlichen Konzepten (Information, Modellbildung) in Beziehung setzen, aber eine systematische Verbindung **Cassirer – Friston – Autopoiesis** ist bislang eher randständig.

Originalitätskern (was ist neu)

1. Radikale Eliminierung des Sollwert-/Norm-Vokabulars zugunsten „Bedingung der nächsten Operation“

- In der Literatur existiert eine Kritik an Homöostase als „Setpoint-Metapher“ (z.B. Allostase-Debatte; enaktivistische Kritik an internistisch-normativen Modellen).[9]
- Du ziehst diese Kritik konsequent durch und formalisierst Leben als System, das **nicht einen vorgegebenen Zustand (Sollwert) verteidigt**, sondern **im Vollzug die Bedingung seiner jeweils nächsten Operation selbst hervorbringt**.
→ Diese Umstellung von einem **zustands-** auf ein **operationsbasiertes** Kriterium wird in dieser

Klarheit selten formuliert. Die Nähe zu Luhmanns „Operativität“ und Varelas „operational closure“ ist zwar hoch, aber:

- Varela fokussiert auf **organisationales Schema**,
- Luhmann auf **Spezifik der Elemente (Kommunikationen)**,
- Du auf die **explizite logische Form „Operation erzeugt Bedingung der nächsten Operation“** als Lebenskriterium.
→ Das ist konzeptionell eine eigenständige Präzisierung.

2. Scharfes Unterscheidungskriterium: Energieumsatz plus Reproduktion der grenzbildenden Struktur

- Dass bloßer **Energieumsatz** (dissipative Struktur) nicht genügt, ist Standard. Neu ist, wie strikt Du das **Grenz-Reproduktions-Kriterium** formulierst:
 - „Der Umsatz muss die grenzbildenden Elemente reproduzieren, aus denen das System besteht (endogene Erzeug

Modell: perplexity/sonar-reasoning-pro · Tokens: 4822 · Kosten: \$0.0286 · Dauer: 26.65 s

Stage 2 — Falsifikationsversuch (openai/gpt-4o-mini, Popper-Persona)

Falsifikations-Audit

Die Falsifikationsbedingungen der Hypothese sind grundsätzlich operationalisierbar, jedoch besteht die Gefahr einer Immunisierung. Die Bedingungen (a) und (b) sind klar formuliert, allerdings könnte die Fixierung der Schwellenwerte vor der Prüfung zu einer gewissen Willkür führen. So könnte beispielsweise die Auswahl der Schwellenwerte für den Mindest-Umsatzrate und die Selbst-Wiederherstellung subjektiv interpretiert werden, was die Falsifizierbarkeit der Hypothese gefährdet. Zudem könnte die Definition von „lebendig“ und „unbelebt“ in der Praxis zu Schwierigkeiten führen, da die Grenzziehung zwischen diesen Zuständen nicht immer eindeutig ist. Um die Falsifizierbarkeit zu stärken, sollten die Kriterien für die Schwellenwerte klarer definiert und idealerweise auf empirische Daten gestützt werden. Des Weiteren könnte man die Möglichkeit in Betracht ziehen, dass es Systeme gibt, die Eigenschaften beider Kategorien aufweisen, was eine klare Zuordnung erschwert.

Konkrete Falsifikationskandidaten

Um die Hypothese zu widerlegen, könnten mehrere empirische Befunde herangezogen werden. Ein erster Falsifikationskandidat wäre ein Experiment, in dem ein dissipatives System (z.B. Bénard-Zellen) mechanisch beschädigt wird und anschließend eine endogene Wiederherstellung seiner Struktur zeigt. Dies könnte durch die Beobachtung von Temperatur- und Druckverhältnissen in einem kontrollierten Experiment geschehen, um zu prüfen, ob die Struktur sich selbst repariert. Ein zweiter Kandidat könnte die Untersuchung lebender Systeme sein, die in einer kontrollierten Umgebung (z.B. in vitro) keinen nennenswerten Selbst-Umsatz der grenzbildenden Struktur zeigen, obwohl sie als lebendig klassifiziert werden. Hier könnten spezifische Zelltypen oder Organismen untersucht werden, die in extremen Umgebungen leben und möglicherweise nicht die erwarteten Reparaturmechanismen aufweisen. Eine dritte Möglichkeit wäre die Analyse von Zellen, die unter Bedingungen wachsen, die normalerweise zu einem hohen Energieverbrauch führen, jedoch keine adäquate Selbstreparatur zeigen.

Schwellentest

Der entscheidende Schwellentest könnte wie folgt formuliert werden: In einem Experiment werden sowohl lebende Zellen als auch dissipative Strukturen mechanisch beschädigt. Die Hypothese würde widerlegt, wenn die dissipativen Strukturen, trotz ihrer Klassifizierung als unbelebte Systeme, eine endogene Wiederherstellung ihrer grenzbildenden Struktur zeigen, die mit der der lebenden Zellen vergleichbar ist. Dieser Test ist riskant, da er die Möglichkeit in Betracht zieht, dass die Mechanismen der Selbstreparatur in dissipativen Systemen unter bestimmten Bedingungen auftreten könnten, was die grundlegende Annahme der Hypothese in Frage stellen würde. Um die Validität des Tests zu erhöhen, sollte eine klare Methodologie zur Messung der Selbstreparatur definiert werden, einschließlich spezifischer Zeitrahmen und quantitativer Kriterien für die Beurteilung der Wiederherstellung.

Modell: openai/gpt-4o-mini · Tokens: 2840 · Kosten: \$0.0007 · Dauer: 5.47 s

Gutachten

Die vorliegende Hypothese verdient ernsthafte Aufmerksamkeit, weil sie ein echtes Problem anpackt: die Demarkation des Lebendigen gegenüber dissipativen Strukturen, die energetisch ähnlich, aber intuitiv kategorial verschieden sind. Die Falsifikationsbedingung ist ungewöhnlich sauber formuliert — zwei vorab fixierte Schwellen, Immunisierungssperre, symmetrische Prüfrichtungen —, und das ist, aus Popperianischer wie aus meiner eigenen historisch-epistemologischen Perspektive, ein echter Vorzug gegenüber den meisten Lebens-Definitionen, die sich durch Nachjustierung immunisieren. Dennoch trägt die Hypothese eine Reihe von Schul-Voraussetzungen, die innerhalb der deutschen Anthropologie- und Systemtheorie-Tradition als selbstverständlich gelten, von außen aber erheblich rechtfertigungsbedürftig sind.

Die erste und tiefste Voraussetzung ist die Privilegierung von *Selbstbezug* als ontologisch ausgezeichnete Kategorie. Luhmanns Autopoiese-Begriff, der hier die Architektur trägt, ist nicht einfach ein empirisches Konzept, sondern ein normatives Rahmenprinzip: Systeme, die sich selbst reproduzieren, bilden eine eigene Seinsebene. Diese Annahme ist innerhalb der deutschen Systemtheorie-Tradition (Luhmann, Maturana rezipiert durch Luhmann) nahezu axiomatisch — sie wird nicht begründet, sondern als Ausgangspunkt gesetzt. Aus analytisch-wissenschaftsphilosophischer Sicht ist das problematisch, weil der Begriff “Selbstbezug” selbst eine Klassifikationsentscheidung verbirgt: Wir nennen etwas selbstbezüglich, wenn wir es bereits als Einheit betrachten, deren Operationen auf sie selbst zurückverweisen. Aber welche Einheit wir schneiden, ist eine praktische und historisch kontingente Entscheidung, keine naturgegebene. Die Hypothese setzt die Systemgrenze als das zu Erklärende und als das Erklärende zugleich — die grenzbildende Struktur reproduziert sich, weil sie eine Grenze ist, und sie ist eine Grenze, weil sie sich reproduziert. Das ist kein logischer Fehler, aber es ist eine zirkuläre Beschreibung, die durch den Autopoiese-Rahmen als Tiefenerklärung verkleidet wird.

Die zweite Schul-Voraussetzung betrifft die *Homologie-Treppe* Leben→Bewusstsein→Gesellschaft, die am Ende als offene Linie erscheint, aber die gesamte Architektur der Hypothese orientiert. Diese Treppe ist Luhmanns strukturelles Erbe aus Cassirers Symbolformenphilosophie, kombiniert mit Maturanas Biologie — eine sehr spezifische, deutsch-kontinentale Genealogie. Die Annahme, dass organische Autopoiese, Bewusstsein und Kommunikation strukturell homolog sind und eine aufsteigende Reihe bilden, ist empirisch nicht selbstverständlich. Sie ist eine theoretische Wette, die durch die Eleganz des Schemas motiviert ist, nicht durch unabhängige Evidenz. Aus meiner Sicht wäre zu fragen: Warum sollte die Beschreibungssprache, die für Zellmembranen funktioniert, strukturell dieselbe sein wie jene für soziale Kommunikation? Die Homologie könnte ein Artefakt der Beschreibungssprache sein — ein Fall dessen, was ich einen *looping effect* zwischen Klassifikationsschema und Gegenstand nennen würde.

Damit komme ich zur dritten und für die Empiriethese folgenreichsten Schwäche: Die Operationalisierung der beiden Schwellen — Mindest-Umsatzrate der grenzbildenden Struktur, Selbstwiederherstellung nach Störung — ist konzeptuell abhängig davon, was als “grenzbildende Struktur” zählt. Die Hypothese behauptet, das sei empirisch fixierbar, aber die Festlegung, welche Strukturen als grenzkonstituierend gelten, ist bereits eine theoretische Entscheidung. Betrachtet man etwa Prionen oder Viren: Prionen reproduzieren ihre Faltungsstruktur durch Induktion in fremden Proteinen — ist das endogene Grenzerzeugung oder nicht? Viren stellen nach Störung ihre Kapsidstruktur nicht aus eigenen Operationen wieder her, sondern durch Entführung fremder Zellmaschinerie — fallen sie heraus? Die Hypothese würde sagen: ja, Viren sind nicht lebendig im vollen Sinn. Aber das ist eine Klassifikationsentscheidung, die durch den Rahmen erzwungen wird, nicht durch die Natur der Sache. Das ist kein Widerlegungsargument, aber es zeigt, dass die Falsifikationsbedingung stärker von Vorklassifikationen abhängt, als die Immunisierungssperre suggeriert.

Produktiv anschließen ließe sich hier mit dem Konzept des *looping effect*, das ich in anderem Zusammenhang entwickelt habe: Klassifikationen von Lebewesen wirken auf die Gegenstände zurück, die sie beschreiben — nicht weil Zellen lesen können, aber weil die Klassifikation bestimmt, welche Experimente gemacht werden, welche Interventionen als sinnvoll gelten, und welche Grenzfälle als Anomalien oder als Gegenbeispiele behandelt werden. Eine historisch-epistemologische Analyse würde fragen: Wann und warum wurde “Selbstwiederherstellung der Grenze” zu einem Kriterium des Lebendigen? Welche Laborpraktiken haben dieses Kriterium stabilisiert? Welche Grenzfälle wurden dadurch unsichtbar gemacht? Das wäre keine Ablehnung der Hypothese, sondern ihre Einbettung in eine Geschichte der Klassifikationspraktiken — eine Geschichte, die zeigen würde, ob das Kriterium eine Entdeckung über die Natur des Lebens ist oder eine Konsolidierung einer bestimmten Beschreibungssprache, die ihren eigenen Gegenstand miterzeugt. Die Hypothese ist stark genug, um diese Frage zu verdienen.

Wirkung auf die finale Bewertung

Doppelausweisung intern / nach externer Prüfung im Hauptbericht (Frontmatter `finale_summe` und `finale_summe_nach_externer_pruefung`). Korrekturen werden im Anhang explizit begründet, nicht im internen Bewertungsblock überschrieben. Eine inhaltliche Auswertung der Stage-Outputs erfolgt durch den User; gegebenenfalls werden Befunde als zusätzliche Reservoir-Verzweigungen mit `#verzweigung-offen-extern-<thema>` und `quelle: extern-stage<n>` dokumentiert.