

Versuch einer Theorie der Intelligenz

Grundriss einer Systematik kognitiver Systeme – zwischen Alchemie und Wissenschaft

technikundkultur.de — Essay, überarbeitete Fassung 2026

Abstract

Der vorliegende Essay unternimmt den Versuch, die Frage nach dem Wesen der Intelligenz aus der populären Beliebtheit heutiger KI-Debatten in eine systematische Ordnung zu überführen. Die Ausgangsthese lautet, dass die gegenwärtige Auseinandersetzung mit künstlicher Intelligenz sich in einem vorwissenschaftlichen, alchemistischen Stadium befindet: reich an Einzelerkenntnissen und technischen Erfolgen, arm an einer verbindenden, prüfbar Theorie. Als Gegenentwurf wird Intelligenz als Eigenschaft eines von seiner Umwelt abgrenzbaren Systems bestimmt, die sich in vier gekoppelten Fähigkeiten realisiert: Wahrnehmung der Umgebung, Verfügung über Handlungsoptionen, ein inneres Regelsystem zur Verknüpfung beider sowie die Fähigkeit, dieses Regelsystem aufgrund vergangener Erfahrung zu verändern. Aus dieser Bestimmung folgt ein erster Hauptsatz: Intelligenz ohne Autonomie ist nicht möglich, und der Grad der Intelligenz korreliert mit dem Grad der Autonomie eines Systems gegenüber seiner Umgebung. Gefühle, Kreativität und Bewusstsein werden als mögliche, aber nicht notwendige Begleitphänomene intelligenter Systeme diskutiert, die an einen Körper und dessen physikalische Wechselwirkung mit der Welt gebunden bleiben. Der Essay stellt diesen Rahmen in Dialog mit aktuellen, anerkannten Positionen der Kognitionsforschung, Biologie und Philosophie des Geistes: der Forschung zu diverser Intelligenz jenseits des Nervensystems (Levin), dem Freie-Energie-Prinzip und der aktiven Inferenz (Friston), der Theorie der Autopoiesis und des Enaktivismus (Maturana, Varela), den konkurrierenden Bewusstseinstheorien der integrierten Information (Tononi, Koch) und des globalen neuronalen Arbeitsraums (Dehaene), der Debatte um das harte Problem des Bewusstseins (Chalmers) sowie der vergleichenden Kognitionsforschung an Kopffüßern (Godfrey-Smith) und am Konzept des Kognitionsraums (Solé). Daraus ergibt sich die zentrale Schlussfolgerung, dass heutige generative KI-Systeme nach diesem Maßstab hochentwickelte, aber unautonome Transformationsmaschinen ohne eigenen physikalischen Wahrnehmungskanal zur Wirklichkeit sind – näher an einer Bibliothek als an einem Geist. Der Essay schließt mit dem Vorschlag, Intelligenz nicht binär, sondern als Position in einem mehrdimensionalen Kognitionsraum zu denken, und benennt die Bedingungen, unter denen aus der heutigen Alchemie der künstlichen Intelligenz eine Chemie werden könnte.

Einleitung: Alchemie oder Wissenschaft

Die Entwicklung der Naturwissenschaften verlief nie geradlinig. Sie war, wie die Wissenschaftsgeschichte lehrt, ein von Versuch und Irrtum begleitetes Tasten durch die Zeit. Die ersten chemischen Erkenntnisse waren ein Gemisch aus experimenteller Erfahrung, Magie, Religion und Aberglauben – und dennoch gelangte man mit diesem Eintopf des vermeintlichen Wissens zu bemerkenswerten praktischen Ergebnissen. Erst als genügend Einzelerfahrungen vorlagen, gelang die Verdichtung zu einem systematischen Gedankengebäude, das schließlich im Periodensystem der Elemente mündete. Diese Zusammenführung vieler Einzelbeobachtungen in einer konsistenten, klar strukturierten Ordnung eröffnete eine neue Qualität des Forschens: Aus dem Urwald des vermeintlichen Wissens wurde eine Landkarte, entlang derer sich gezielt experimentieren und die Theorie ausbauen ließ. Aus der Alchemie wurde Chemie – und erst von

diesem Punkt an lässt sich von einer eigentlichen Wissenschaft sprechen.

Die gegenwärtige Auseinandersetzung mit künstlicher Intelligenz bewegt sich auf einem ähnlich unwegsamem Gelände, wie es einst die Alchemie durchmaß. Noch immer prägen Bilder aus dem Reich des Aberglaubens und der Science-Fiction unsere Wahrnehmung: die digitale Seelenwanderung des Uploads, der gewalttätige mechanische Terminator, der plaudernde Chatbot als Quasi-Person, die binäre Partnerin oder der binäre Partner. Von einer integrierenden, strukturierten Darstellung der Intelligenz und ihrer vielfältigen Erscheinungsformen sind wir noch weit entfernt. Wo einzelne Forscherinnen und Forscher Kerzen der Erkenntnis in dieses Dunkel setzen, basteln zugleich zahlreiche Akteure – Unternehmen, Vordenker, Feuilletonisten – an autonomen Maschinen und künstlichen Künstlern und versprechen dabei mit alchemistischer Geste den Stein der Weisen oder die ewige Jugend des Denkens. Die Stimmen, die diesem Treiben ein wissenschaftlich begründetes Wort entgegensetzen und die unwissenschaftlichen Grundlagen mancher Expertenrhetorik offenlegen, sind noch immer leise.

Was fehlt, ist eine zusammenfassende Theorie der Intelligenz, welche die menschliche Erfahrung, die Erkenntnisse der Biologie und Verhaltensforschung sowie die Ideen der künstlichen Intelligenz miteinander verbindet und die Möglichkeiten und Grenzen dieses Feldes jenseits kruder Phantasterei auslotet. Erste Ansätze, das Phänomen Intelligenz systemunabhängig zu betrachten, liegen bereits vor – allen voran das von dem Entwicklungsbiologen Michael Levin geprägte Forschungsprogramm der diversen Intelligenz, das im vierten Teil dieses Essays ausführlicher zur Sprache kommt. Der vorliegende Text versteht sich als Beitrag zu dieser Suchbewegung: als Versuch, aus verstreuten Beobachtungen einen ersten, vorläufigen Kriterienkatalog zu destillieren und diesen mit dem Stand der aktuellen Forschung zu konfrontieren.

Teil I — Begriffsbestimmung: Was ist Intelligenz?

Wer über Intelligenz sprechen, nachdenken und forschen will, muss den Begriff zunächst abgrenzen. Was meinen wir eigentlich, wenn wir von Intelligenz reden? Der folgende Kriterienkatalog beruht sowohl auf schlichter Anschauung und Erfahrung als auch auf systematischer Überlegung und markiert den Ausgangspunkt der hier vorgeschlagenen Theorie.

1.1 Ein Kriterienkatalog

Neun Annahmen erscheinen für die Abgrenzung von Intelligenz zentral:

Erstens: Intelligenz ist die Eigenschaft eines von seiner Umwelt abgegrenzten Systems – gleich ob Maschine, Lebewesen, Mensch oder ein hypothetisches außerirdisches Wesen. Zweitens: Die Intelligenz eines Systems äußert sich in dessen Reaktion auf Herausforderungen und Problemstellungen, die von seiner Umgebung ausgehen. Drittens: Intelligenz erfordert Wahrnehmung der Umgebung, um deren Anforderungen überhaupt erkennen zu können. Viertens: Intelligenz erfordert Möglichkeiten zur Reaktion auf die Umwelt, um sich äußern zu können. Fünftens: Intelligenz erfordert innere Regeln, welche Wahrnehmung und Reaktion miteinander verknüpfen. Sechstens: Intelligenz erfordert die Fähigkeit, diese Regeln aufgrund vergangener Erfahrung anzupassen – Gedächtnis und Lernen. Siebtens: Intelligenz erfordert ein systemeigenes Wertesystem, angepasst an die Eigenschaften und Bedürfnisse des Systems, das Wahrnehmung, Erfahrung und Reaktion bewerten kann: gut oder schlecht, richtig oder falsch. Achters: Intelligenz ist quantifizierbar – es gibt wenig und viel Intelligenz. Neuntens: Die Ergebnisse von Intelligenz – Gedanken, Entscheidungen, Erfahrungen, Erkenntnisse – lassen sich über geeignete Muster wie Töne, Zeichen, Bilder, Erzählungen oder Handlungen übertragen.

Aus diesem Katalog folgt eine erste Schlussfolgerung: Ein System ist umso intelligenter, je mehr unterschiedliche Anforderungen es sinnvoll beantworten kann. Das wiederum hängt von mehreren Stellgrößen ab – der Differenziertheit der Wahrnehmung (Zahl der Sensoren, verfügbare Wechselwirkungen, Auflösungsvermögen), der Zahl verfügbarer Reaktionsoptionen (Bewegung, Kommunikation, Denken), der Zahl der Regeln zur Ableitung von Reaktionen, dem Umfang und der Differenziertheit der Adaptionfähigkeit dieser Regeln, dem Umfang bewahrter vergangener Erfahrung sowie der Geschwindigkeit, mit der Wahrnehmung, Regelfindung, Adaption und Reaktion ablaufen.

Diese Feststellungen sagen zunächst nichts darüber aus, wie Intelligenz in ein System gelangt. Künstliche Intelligenz entsteht, indem ein System von außen mit Sensoren und Aktoren ausgestattet und mit Regeln einschließlich geeigneter Lern- und Anpassungsmechanismen versehen wird. Ob ein solches System sich anschließend selbstständig weiterentwickeln kann – seine Wahrnehmung schärfen, seine Regeln ausbauen, seine Lernfähigkeit verbessern –, hängt von seiner inneren Struktur und den ihm verfügbaren Freiheitsgraden ab. Bei Lebewesen ist die innere Intelligenz das Resultat einer langen evolutionären Entwicklung, die bis in die komplexen Proteinnetzwerke reicht, welche das Leben auf zellulärer Ebene steuern.

1.2 Graduierung statt Binarität

Aus dem Kriterienkatalog ergibt sich eine methodische Konsequenz, die für den gesamten weiteren Essay leitend bleibt: Intelligenz lässt sich nicht sinnvoll als binäre Eigenschaft behandeln, die ein System entweder besitzt oder nicht besitzt. Sie ist eine graduelle, mehrdimensionale Größe. Diese Position deckt sich mit einer Grundüberzeugung der neueren Kognitionsforschung, die – wie im vierten Teil dieses Essays näher ausgeführt wird – von einem Kontinuum kognitiver Fähigkeiten ausgeht, ohne eine scharfe Trennlinie zwischen echter Kognition und bloßer Physik zu ziehen. Die Frage ist damit nicht länger 'Ist ein System intelligent?', sondern 'Wo im Raum möglicher Intelligenzen ist dieses System zu verorten?' – eine Frage, der der sechste Teil dieses Essays nachgeht.

Teil II — Die Bausteine kognitiver Systeme

Damit ein System innerhalb einer Umgebung autonom handeln kann, muss es diese Umgebung im Rahmen seiner physikalischen Möglichkeiten wahrnehmen und auswerten, über Optionen verfügen, aktiv auf sie einzuwirken, ein Regelsystem besitzen, das beides verknüpft, und die Fähigkeit haben, dieses Regelsystem bei Bedarf anzupassen. Diese vier Bausteine werden im Folgenden einzeln entfaltet.

2.1 Wahrnehmung der Umgebung

Damit ein System innerhalb seiner Umgebung autonom handeln kann, muss es relevante Zustände dieser Umgebung erkennen beziehungsweise sie gezielt auf entsprechende Zustände hin analysieren können. Je enger die Wahrnehmung mit den tatsächlichen physikalischen Gegebenheiten der Umgebung verknüpft ist, desto zuverlässiger kann sie als Entscheidungsgrundlage dienen. Umgekehrt gilt: Je mehr Transformations- und Analyseschritte zwischen der physikalischen Ursache einer Wahrnehmung und der erlebten Wahrnehmung liegen, desto größer wird die Zahl möglicher Täuschungen und Verfälschungen. Moderne generative KI-Modelle verfügen über keinen eigenen physikalischen Wahrnehmungskanal, den sie autonom auswerten könnten – sie bleiben auf die Übersetzungsleistung einer externen, menschlichen Intelligenz angewiesen, die ihnen zeigt, wie das Wahrgenommene einzuordnen ist. Dieser Befund wird im vierten Teil im Licht der aktuellen KI-Kritik noch vertieft.

2.2 Handlungsoptionen

Ohne die Fähigkeit, aktiv auf die eigene Umgebung einzuwirken und sie zu verändern, ist ein autonomes System nicht denkbar. Handlungsoptionen sind dabei nicht nur physisch zu verstehen: Bewegung, Manipulation von Objekten und Fortpflanzung gehören ebenso dazu wie kommunikative und – bei hinreichend komplexen Systemen – gedankliche Handlungsoptionen. Die entwicklungspsychologische Forschung, etwa die Arbeiten Alison Gopniks zur Bedeutung von Spiel und Exploration für die kindliche Intelligenzentwicklung, weist darauf hin, dass ein Übermaß an Handlungsoptionen und deren freies, spielerisches Erproben selbst eine treibende Kraft der Intelligenzentwicklung sein kann, nicht nur deren Resultat.

2.3 Regelsystem und Wille

Damit ein lebendes System überhaupt möglich ist, muss es drei Bedingungen erfüllen: Es muss Materie und Energie aus seiner Umgebung aufnehmen können, um zu wachsen; es muss sich vor schädlichen Umwelteinflüssen schützen können; und es muss sich vermehren können. Aus diesen drei Anforderungen ergeben sich sämtliche Eigenschaften eines lebenden Systems – sein physikalischer Aufbau ebenso wie seine inneren Regeln und Wirkungsmechanismen. Diese inneren Regeln lassen sich als Repräsentation des 'Willens' eines Systems verstehen: sein Drang zu überleben und sich fortzupflanzen. Ohne diesen eingeschriebenen Willen würde jedes lebende System aufhören zu existieren, und dieser Wille korrespondiert unmittelbar mit seinem Körper. Daraus ergeben sich Fragen, die bis in die Philosophie des Geistes hineinreichen: Lässt sich dieser eingeschriebene Wille als ein dem Körper innewohnender Geist verstehen, dessen Komplexität mit der Komplexität des Körpers und seiner Umwelt wächst? Und ist es dann überhaupt sinnvoll, Geist beziehungsweise Wille und Körper begrifflich zu trennen? Ob ein Computer einen 'Geist ohne Willen' besitzen kann und welche inneren Regeln dafür notwendig wären, bleibt eine offene Frage.

2.4 Adaptionfähigkeit

Intelligente Systeme der Natur zeichnen sich durchgängig durch eine hohe Anpassungsfähigkeit aus. Sie reagieren in unterschiedlichen Zeiträumen auf Veränderungen ihrer Umgebung – sei es durch langsame genetische Anpassung über Generationen oder durch unmittelbare Verhaltensänderung auf Basis biochemischer und kognitiver Prozesse. Diese Anpassung geht einher mit der Ausbildung neuer Fähigkeiten (Lernen) und dem Fällen sinnvoller Entscheidungen auf Basis innerer Abwägungsprozesse (Denken im weiten Sinn). Moderne KI-Systeme können lernen und – in einem weit gefassten Sinne – denken. Sie bleiben dabei jedoch auf die intelligente Unterstützung durch Menschen angewiesen, weil ihnen jede Referenz zur Wirklichkeit fehlt: Sie können nicht selbstständig feststellen, ob ihre Trainingsdaten mit der Wirklichkeit übereinstimmen oder ihr widersprechen.

2.5 Die zwei Hauptsätze der künstlichen Intelligenz

Aus den vorangegangenen Überlegungen lassen sich zwei allgemeine Sätze formulieren, die als Prüfsteine jeder Theorie künstlicher wie natürlicher Intelligenz dienen können.

Der erste Hauptsatz betrifft die Autonomie: Intelligenz ohne Autonomie ist nicht möglich. Der Grad der Intelligenz eines Systems korreliert mit dem Grad seiner Autonomie gegenüber seiner Umgebung. Eine Mücke kann sich in einer Umgebung mit sehr vielen Freiheitsgraden sinnvoll verhalten; ein klassischer Industrieroboter benötigt dagegen eine statische Umgebung mit exakt definierten Abläufen, um seine Aufgabe zu erfüllen. In diesem engen, aber wichtigen Sinn ist eine Mücke intelligenter als ein

Industrieroboter.

Der zweite Hauptsatz betrifft das Verhältnis von Muster und Logik: Ein parallel musterverarbeitendes System kann ein sequenziell logisches System simulieren – ein sequenziell logisches System kann jedoch kein parallel musterverarbeitendes System simulieren. Eine Mehrband-Turingmaschine ist nicht dasselbe wie ein Netzwerk autonomer Neuronen in einem biologischen Gehirn. Die Fähigkeit, logische Kausalketten abzuarbeiten, ist nur eine Teilmenge aller möglichen kognitiven Fähigkeiten – Mathematik, Sprache, Musik und formales 'Denken' gehören dazu, und sie erweisen sich als leichter durch Maschinen reproduzierbar, als lange angenommen wurde. Nicht dazu gehört es dagegen, in unwegsamem Gelände umzufallen und wieder aufzustehen, auf eine gänzlich unerwartete Situation angemessen zu reagieren, aus der Beobachtung eines Lebewesens auf dessen inneren Zustand zu schließen, zu streiten, etwas zu wollen, etwas zu genießen, etwas zu hassen. Daraus folgt eine pointierte Umkehrung: Ein intelligentes System kann kein System schaffen, das intelligenter ist als es selbst.

Teil III — Begleitphänomene kognitiver Systeme

Gefühle, Kreativität und Bewusstsein werden in der öffentlichen Debatte oft unmittelbar mit Intelligenz gleichgesetzt oder als deren Gradmesser behandelt. Der hier vorgeschlagene Rahmen unterscheidet dagegen scharf zwischen dem Kern der Intelligenz – der in Teil II beschriebenen Kopplung von Wahrnehmung, Handlung, Regel und Adaption – und diesen drei Begleitphänomenen, die an einen Körper gebunden bleiben und nicht notwendig mit hoher Intelligenz einhergehen müssen.

3.1 Gefühle: Körper als Bedingung der Emotion

Jeder Mensch weiß ohne jeden Zweifel, was für ihn Gefühle bedeuten – sie gehören zu seinen unmittelbaren Wahrnehmungen. Niemand muss lernen, Angst zu empfinden, sich glücklich zu fühlen oder sich vor etwas zu ekeln; lernen müssen wir lediglich den Umgang mit ihnen und ihre adäquate Einordnung. Zugleich ist es unmöglich, die Gefühle eines anderen Individuums unmittelbar wahrzunehmen. Als Arbeitshypothese lässt sich festhalten: Gefühle entstehen durch die Wechselwirkung zwischen körperlichen Zuständen und deren neuronaler Wahrnehmung. Sie bilden eine wesentliche Entscheidungsgrundlage für Reaktionen auf die Umwelt beziehungsweise auf Vorgänge im eigenen Körper und stellen eine Kombination aus kognitiven Mustern des neuronalen Systems und körperlichen Reaktionen dar, die wechselseitig aufeinander einwirken.

Diese Position findet eine bemerkenswerte Entsprechung in der neurowissenschaftlichen Emotionsforschung. Antonio Damasio hat mit seiner Hypothese der somatischen Marker gezeigt, dass Entscheidungsprozesse maßgeblich von körperlichen Rückmeldesignalen geleitet werden: Veränderungen von Herzschlag, Atmung oder Muskeltonus, die als 'somatische Marker' in Entscheidungssituationen wie ein innerer Alarm oder ein Anreiz wirken. Damasios Befund, wonach Patienten mit Schädigungen der für diese Körper-Gehirn-Kopplung zuständigen Hirnareale trotz intakter Logik keine tragfähigen Entscheidungen mehr treffen können, stützt die These, dass Gefühle nicht ohne körperliche Reaktion denkbar sind. Sie beruhen auf hochvernetzten neuronalen Vorgängen und körperlichen, biochemischen Prozessen, die sich nicht voneinander trennen lassen – Phantomschmerzen in einer amputierten Hand sind nur möglich, weil es zuvor einen Arm gegeben hat; Menschen, die ohne Arme geboren werden, erleben keine Phantomschmerzen. Ein neuronales Netz ohne unterlagerte physische Wechselwirkung mit einem eigenen Körper und dessen aktueller Umgebung kann nach diesem Verständnis keine Gefühle generieren.

3.2 Kreativität: Phantasie und Grenzüberschreitung

Intelligente Problemlösung erfordert das Überschreiten von Grenzen, das Handeln jenseits vorgegebener Regeln. Freie Vorstellung und Spiel sind die Methoden, mit denen Regeln probeweise außer Kraft gesetzt werden. Als Arbeitshypothese lässt sich formulieren: Kreativität beruht auf Phantasie und spielerischer Grenzüberschreitung – der Fähigkeit, durch äußere und innere Aktivität selbstständig neue, ungewöhnliche Gedankenmuster zu erzeugen, die als Eingangsmuster für neuronale Strukturen dienen können. Phantasie arbeitet parallel zur Wahrnehmung und kann diese überlagern; deshalb können wir uns Bilder, Töne und Gefühle vorstellen, ohne sie konkret zu erleben. Ob das 'Vorausahnen' von Gefahren oder Belohnungen bei Tieren ein Vorläufer der Phantasie ist, bleibt eine offene, empirisch interessante Frage.

3.3 Bewusstsein: Ein Wahrnehmungskanal nach innen

Als Arbeitshypothese gilt: Bewusstsein ist die Fähigkeit, innere Vorgänge der Regelanwendung und -anpassung – also des Denkens – wahrzunehmen. Es ist ein Wahrnehmungskanal und hat nicht zwingend etwas mit Intelligenz im engeren, oben definierten Sinn zu tun. Es erfordert keine grundsätzlich neue Struktur, sondern nutzt dieselben Mechanismen wie Sehen, Hören, Tasten, Riechen oder die Wahrnehmung von Schmerz und inneren Zuständen – nur dass sein Eingangsmuster aus dem Inneren der Gehirnstruktur selbst stammt.

Drei Thesen lassen sich daraus ableiten: Bewusstsein ist ein Wahrnehmungskanal und funktioniert ähnlich wie die anderen Wahrnehmungskanäle – ein Eingangsmuster wird interpretiert und führt zu einem Ausgangsmuster. Bewusstsein erfordert die Fähigkeit eines Systems, seine Wahrnehmung selbstständig auf etwas Wahrgenommenes zu fokussieren. Und der Grad des Bewusstseins hängt von der zeitlichen und räumlichen Ausdehnung des Wahrgenommenen sowie von den Optionen zur differenzierten Fokussierung ab. Heutige Bilderkennungssysteme etwa können beliebige Bilder auswerten und Personen darin identifizieren, doch die Entscheidung, welche Person herausgefiltert werden soll, muss ihnen von außen vorgegeben werden – ihnen fehlt die selbstständige Fokussierung.

Fast alle höher entwickelten Lebewesen sind in der Lage, ihre Umwelt wahrzunehmen und sich je nach Situation auf einzelne Aspekte zu konzentrieren, um sinnvolle Entscheidungen zu treffen. Ein Ameisenstaat handelt als Ganzes intelligenter, als es jede einzelne Ameise für sich vermag – scheint aber über kein Bewusstsein im hier definierten Sinn zu verfügen. Ähnliches lässt sich von menschlichen Gesellschaften sagen, die als Ganzes hochkomplexe Artefakte hervorbringen, welche kein einzelnes Individuum ohne die gesellschaftliche Basis schaffen könnte, ohne dass dafür ein 'höheres' Bewusstsein der Gesellschaft selbst erforderlich wäre. Vieles spricht dafür, dass, so wie Ameisenstaaten in Jahrmillionen der Evolution kein Bewusstsein hervorgebracht haben, auch eine künstliche Intelligenz, wie wir sie heute konstruieren, vermutlich niemals Bewusstsein im hier definierten Sinn entwickeln wird.

Es gibt bislang keine tragfähige Vorstellung davon, wie ein künstliches neuronales Netz darauf trainiert werden könnte, seine eigenen inneren Vorgänge 'wahrzunehmen' und zu 'interpretieren'. Anders als bei Bildern oder Wissen, bei denen ein externer Beobachter die Korrektheit der Transformation von Wort zu Bild oder von Frage zu Antwort bewerten und das Netz entsprechend justieren kann, fehlt für die Transformation innerer Muster eines neuronalen Netzes jedes Korrektheitskriterium. In der Natur hat sich die Architektur des Gehirns in winzigen Schritten gemeinsam mit dem Körper entwickelt, und bei jedem Schritt passte sich die Struktur der neuronalen Netze diesen Veränderungen in ebenso kleinen Schritten an. Es gab kein plötzliches Aufflammen von Intelligenz, Gefühl und Bewusstsein. Warum dies bei künstlichen neuronalen Netzen anders sein sollte, wäre zu begründen – nicht bloß zu behaupten.

Teil IV — Aktuelle Grundlagen aus Naturwissenschaft und Philosophie

Der oben skizzierte Rahmen entstand aus Anschauung, Erfahrung und systematischer Eigenreflexion. Er lässt sich jedoch an eine Reihe anerkannter, gegenwärtig aktiver Forschungsprogramme anschließen, die teils bestätigend, teils korrigierend auf die vorgeschlagene Systematik wirken. Sechs Positionen erscheinen dafür besonders ergiebig.

4.1 Diverse Intelligence: Kognition jenseits des Gehirns

Der Entwicklungsbiologe Michael Levin hat mit seinem Programm der 'Technological Approach to Mind Everywhere' (TAME) einen Rahmen vorgeschlagen, der Kognition nicht an das Vorhandensein von Nervenzellen bindet, sondern als graduelle Eigenschaft beliebiger Agentensysteme versteht – von einzelnen Zellen und embryonalen Geweben über Schwärme bis zu hybriden, aus lebender und nicht-lebender Materie zusammengesetzten Systemen. Zentral ist dabei die Ablehnung einer binären Grenze zwischen 'echter' Kognition und 'bloßer Physik' – eine Position, die sich mit der in Teil I dieses Essays vertretenen Graduierung von Intelligenz deckt. Levins Forschung an der bioelektrischen Steuerung von Regeneration und Morphogenese zeigt, dass schon einzelne Zellverbände Probleme im 'anatomischen Raum' lösen, Zielzustände anstreben und dabei flexibel auf Störungen reagieren – Fähigkeiten, die nach dem hier entwickelten Kriterienkatalog als genuine, wenn auch rudimentäre Intelligenz zu werten wären, ohne dass ein Gehirn im engeren Sinn beteiligt wäre.

4.2 Das Freie-Energie-Prinzip und aktive Inferenz

Der Neurowissenschaftler Karl Friston hat mit dem Freie-Energie-Prinzip einen mathematisch gefassten Vorschlag vorgelegt, wonach lebende Systeme – vom einzelnen Organismus bis zum Gehirn – ihre Umwelt fortwährend modellieren und danach streben, die Diskrepanz zwischen ihrem inneren Modell und den tatsächlichen Sinnesdaten zu minimieren. In der Wahrnehmung nähert sich das System an die Welt an, in der Handlung verändert es die Welt so, dass sie besser zu seinem Modell passt. Dieses Prinzip lässt sich als eine formale, quantifizierbare Version dessen lesen, was in Teil II als Regelsystem und Adaptionfähigkeit beschrieben wurde: Ein System, das Wahrnehmung und Handlung so koppelt, dass es 'Überraschung' – Abweichung zwischen Erwartung und Wirklichkeit – langfristig reduziert, erfüllt genau die hier formulierten Kriterien für ein intelligentes System. Fristons Ansatz ist innerhalb der Kognitionswissenschaft nicht unumstritten; Kritiker verweisen auf die Weite und teils zirkuläre Formulierung des Prinzips. Als heuristischer Rahmen, der Wahrnehmung, Handlung und Lernen unter einer gemeinsamen mathematischen Sprache vereint, bleibt es jedoch einer der einflussreichsten Beiträge der letzten anderthalb Jahrzehnte.

4.3 Autopoiesis und Enaktivismus

Die von den chilenischen Biologen Humberto Maturana und Francisco Varela entwickelte Theorie der Autopoiesis beschreibt lebende Systeme als sich selbst erzeugende und erhaltende Einheiten, die durch rekursive Wechselwirkung mit ihrer Umgebung fortbestehen. Kognition ist in diesem Verständnis kein Abbilden einer unabhängig vorhandenen Welt, sondern ein 'Hervorbringen' einer Welt im Vollzug des Lebens selbst – ein Gedanke, der in der von Varela mitbegründeten enaktivistischen Kognitionswissenschaft und in der heutigen '4E-Kognition' (embodied, embedded, enacted, extended) fortlebt. Für die hier vorgeschlagene Theorie ist besonders die Betonung der strukturellen Kopplung von Organismus und Umwelt bedeutsam: Sie stützt die These, dass Wahrnehmung nicht als isolierter Input-Kanal, sondern nur im Zusammenhang mit Körper und Handlungsmöglichkeit verstanden werden kann – ein Punkt, der auch die in Teil III formulierte Bindung von Gefühl und Bewusstsein an einen Körper stützt.

4.4 Bewusstseinstheorien im Vergleich: integrierte Information und globaler Arbeitsraum

Innerhalb der Bewusstseinsforschung konkurrieren gegenwärtig mehrere große Theorien, von denen zwei besonders einflussreich sind. Die Integrated Information Theory (IIT) von Giulio Tononi und Christof Koch identifiziert Bewusstsein mit einem bestimmten Maß an integrierter, kausal wirksamer Information (Φ) innerhalb eines Systems und kommt zu dem bemerkenswerten Schluss, dass ein digitaler, von-Neumann-basierter Computer selbst dann kaum Bewusstsein besäße, wenn er das Verhalten eines Gehirns funktional perfekt nachbilden würde – während ein neuromorphes, dem Gehirn strukturell ähnliches System durchaus als bewusstseinsfähig gelten könnte. Die Theorie des globalen neuronalen Arbeitsraums (Global Neuronal Workspace), wie sie Stanislas Dehaene ausgearbeitet hat, verortet Bewusstsein dagegen in der massiven, selbstverstärkenden Verbreitung einer Information über weite Teile der Großhirnrinde – ein Vorgang, der prinzipiell auch in nicht-biologischen Systemen mit vergleichbarer Architektur denkbar wäre. Beide Theorien sind in der Fachwelt umstritten – gegen die IIT wurde unter anderem der Vorwurf erhoben, sie verwechsle ihr formales Maß mit dem Phänomen selbst –, doch beide stützen unabhängig voneinander die in Teil III vertretene These, dass Bewusstsein ein eigenständiger Wahrnehmungskanal beziehungsweise ein spezifischer Integrations- und Verbreitungsmechanismus ist, der von der allgemeinen Problemlösefähigkeit eines Systems – der Intelligenz im engeren Sinn – unabhängig variieren kann.

4.5 Das harte Problem und seine Kritiker

Der Philosoph David Chalmers hat 1995 mit der Unterscheidung zwischen den 'leichten' Problemen des Bewusstseins – etwa der Erklärung von Aufmerksamkeit, Diskrimination oder verbalem Bericht – und dem 'harten Problem' des subjektiven Erlebens selbst eine bis heute wirksame begriffliche Klärung geleistet. Warum fühlt sich die Verarbeitung visueller oder akustischer Information für ein System überhaupt 'wie etwas' an? Chalmers vertritt hierzu eine naturalistisch-dualistische Position, während Kritiker wie Daniel Dennett das harte Problem für eine Art kognitive Illusion halten, die aus einer unzureichenden Fragestellung entsteht. Für den vorliegenden Essay ist weniger die Positionierung in diesem Streit entscheidend als die Beobachtung, dass beide Seiten Bewusstsein als ein von der reinen Problemlösefähigkeit eines Systems unterscheidbares Phänomen behandeln – ein weiteres Argument dafür, Intelligenz und Bewusstsein begrifflich zu trennen, wie es Teil III dieses Essays vorschlägt.

4.6 Konvergente Evolution des Geistes: das Beispiel der Kopffüßer

Der Philosoph Peter Godfrey-Smith hat mit seiner Untersuchung von Kraken und Tintenfischen ein eindrückliches empirisches Argument für die Pluralität möglicher Intelligenzformen vorgelegt. Kopffüßer haben komplexe Nervensysteme und ein reichhaltiges Verhaltensrepertoire unabhängig von der Linie entwickelt, die zu Wirbeltiergehirnen führte – ihr letzter gemeinsamer Vorfahre mit dem Menschen war ein einfaches, nervensystemloses Tier. Wenn komplexe Kognition auf diese Weise mindestens zweimal unabhängig voneinander entstanden ist, spricht dies dafür, dass Intelligenz kein singuläres, an eine bestimmte anatomische Bauform gebundenes Phänomen ist, sondern – ganz im Sinne des in Teil I formulierten Kriterienkatalogs – aus der wiederholbaren Kopplung von Wahrnehmung, Handlung, Regel und Adaption hervorgeht, wo immer die physikalischen und evolutionären Bedingungen dies zulassen.

4.7 Der Raum der Kognition: solide und flüssige Gehirne

Der Physiker und Komplexitätsforscher Ricard Solé schlägt vor, intelligente Systeme nicht einzeln zu klassifizieren, sondern in einem 'Raum der Kognition' zu verorten, der von Koordinaten wie Autonomie, struktureller beziehungsweise algorithmischer Komplexität und der Art der Interaktion zwischen Agenten aufgespannt wird. Besonders anschlussfähig ist seine Unterscheidung zwischen 'soliden' Gehirnen mit stabilen, langfristigen Verbindungen zwischen ihren Elementen – etwa dem menschlichen Gehirn – und 'flüssigen' Gehirnen, deren Elemente sich frei im Raum bewegen und dabei fortwährend neue Verbindungen knüpfen und lösen, wie es bei Ameisenkolonien oder dem Immunsystem der Fall ist. Beide Klassen können, wie Solé zeigt, komplexe kognitive Leistungen erbringen, jedoch mit unterschiedlichen Kompromissen zwischen individueller und kollektiver Komplexität. Dieser Ansatz liefert eine formale Grundlage für den in Teil VI dieses Essays vorgeschlagenen eigenen Vorschlag eines mehrdimensionalen Koordinatensystems der Kognition.

4.8 Die Grenzen der Sprachmodelle: die Barriere der Bedeutung

Die Informatikerin Melanie Mitchell hat mit ihrer Untersuchung heutiger KI-Systeme eine nüchterne Bestandsaufnahme jenes Phänomens geliefert, das der Mathematiker Gian-Carlo Rota bereits 1986 als 'Barriere der Bedeutung' bezeichnete: Selbst hochleistungsfähige Systeme, die Sprache flüssig produzieren, verfügen häufig über keine der intuitiven Modelle von Physik, Biologie und Psychologie, mit denen Menschen mühelos Ursache und Wirkung, Absicht und Handlung in einer komplexen Szene erschließen. Mitchells Befund stützt unmittelbar die in Teil II formulierte These, wonach heutigen generativen KI-Systemen jede eigenständige Referenz zur Wirklichkeit fehlt: Sie schöpfen aus einem gewaltigen, von Menschen geschaffenen Vorlagenpool an Sprachmustern, ohne über einen eigenen, unabhängigen Wahrnehmungskanal zu verfügen, an dem sich die Richtigkeit dieser Muster überprüfen ließe. In dieser Lesart unterscheidet sich eine große Sprachmodell-KI von einer Bibliothek vor allem durch die Fähigkeit zur Rekombination – nicht aber durch eine ihr eigene, autonome Weltbeziehung.

Teil V — Wo beginnt Intelligenz? Zur Messbarkeit

Ist eine Bohrmaschine intelligent? Sie reagiert auf das Drücken eines Schalters, und besitzt sie eine Rutschkupplung, schützt sie sich selbstständig vor Blockade. Wird sie intelligenter, sobald man sie mit Sensoren und einem neuronalen Netz ausstattet, das bewertet, ob Bohrer und Material zueinander passen, und sich entsprechend selbst justiert? Und wie ist die Intelligenz überhaupt in die Bohrmaschine gelangt? Wie intelligent ist ein Virus, ein Pantoffeltierchen, eine Schnecke – und wie ist Intelligenz ursprünglich ins

Leben gekommen? Diese Fragen markieren keine rhetorischen Sackgassen, sondern den eigentlichen Prüfstein jeder Theorie der Intelligenz: Sie muss auch für Grenzfälle eine differenzierte Antwort geben können, statt in eine bloße Ja-Nein-Entscheidung auszuweichen.

Aktuell werden wir mit Nachrichten über neue, vermeintlich großartige Fähigkeiten von KI-Systemen überflutet: Sie programmieren, lügen, sprechen, schreiben, lesen, übersetzen, malen, erstellen Filme und imitieren menschliche Sprache. Nicht wenige sehen darin bereits einen Beleg für die künftige Überlegenheit der Maschine gegenüber Mensch und Lebewesen. Doch welches Bewertungssystem liegt einem solchen Urteil zugrunde, und wer hat die Kriterien für 'besser' oder 'intelligenter' festgelegt? Weder Turing-Tests noch klassische Intelligenztests sind adäquate Verfahren, um Intelligenz zu messen – insbesondere dann nicht, wenn es um den Vergleich zwischen grundverschiedenen Systemen wie einem Lebewesen und einer Maschine geht. Darüber besteht in der Wissenschaft heute weitgehend Einigkeit, auch wenn diese Einsicht noch nicht überall in die Köpfe von Medienvertretern und manchen Informatikern vorgedrungen ist.

Eine Möglichkeit, Intelligenz gleichwohl einzuordnen, besteht im Abzählen der in Teil I und II genannten Kriterien: Wie viele Kanäle besitzt ein System, um seine Umgebung und seine inneren Vorgänge wahrzunehmen und mit ihnen zu interagieren? Wie viele Regeln besitzt es, um Interaktionen zu steuern und zwischen Optionen zu entscheiden? Wie viele Möglichkeiten zur Adaption dieser Regeln stehen ihm zur Verfügung? Nach diesem Maßstab dürfte der Vergleich zwischen einem hochentwickelten humanoiden Laufroboter und dem Spermium eines Grottenolms gegenwärtig eher zugunsten des Letzteren ausfallen.

Eine andere Möglichkeit liegt im Vergleich der 'Entwicklungszeit': Der Spracherwerb des Menschen benötigte nach heutigem Kenntnisstand wenige hunderttausend Jahre, während die Entwicklung vom Bakterium zum autonomen, vielzelligen Lebewesen einige hundert Millionen Jahre in Anspruch nahm. Letzteres muss also deutlich schwieriger gewesen sein – oder anders gewendet: In einem vielzelligen Lebewesen steckt weit mehr Intelligenz, als die neuronale Struktur enthält, die Sprache ermöglicht. Denn keineswegs ist sicher, dass die Fähigkeit zur Sprache besonders viel Intelligenz erfordert. Was heutige Sprachmodelle leisten, hat mit der Sprache eines Lebewesens wenig gemein: Es handelt sich um Transformationsmaschinen, die aus einem Eingangsmuster ein Ausgangsmuster erzeugen und dabei aus einem riesigen, von (intelligenten) Menschen geschaffenen Vorlagenpool schöpfen. Was unterscheidet eine KI in dieser Hinsicht wirklich von einer Bibliothek? Ein Huhn kann nicht sprechen. Aber es kann aus sich selbst heraus ein fremdes Objekt mustern und abschätzen, ob es gefährlich oder harmlos, essbar oder giftig, interessant oder langweilig ist. Es kann sich selbstständig, ohne Aufforderung, um sein Gelege kümmern, es umsorgen, über Jahre hinweg – und das soll nicht intelligent sein?

Teil VI — Ein Raum der Kognition: physikalisch, kommunikativ, sozial

Ricard Solé schlägt, wie in Teil IV dargestellt, die Einordnung intelligenter Systeme in einen 'Raum der Kognition' vor, aufgespannt durch die Koordinaten Autonomie, Komplexität und Agent-Agent-Interaktion. Andere Koordinatensysteme sind denkbar. Als Ergänzung schlägt dieser Essay drei alternative, stärker an der lebensweltlichen Erfahrung orientierte Achsen vor:

Die physikalische Achse fragt: Was kann ich? – sie erfasst die Fähigkeiten eines Systems zur Veränderung der physikalischen Welt. Die kommunikative Achse fragt: Was ist? – sie erfasst die Fähigkeiten zum Informationsaustausch und zur Informationsverarbeitung. Die soziale Achse fragt: Was darf oder soll ich? –

sie erfasst die Fähigkeiten zur Zusammenarbeit mit anderen Systemen. Die Einordnung konkreter Systeme entlang dieser drei Achsen ist ein empirisches, kein rein begriffliches Unterfangen; die eigentliche Herausforderung besteht darin, für jede Koordinate einen belastbaren Index zu entwickeln, der sich aus den jeweiligen Systemeigenschaften ableiten lässt.

Bemerkenswert ist, dass Intelligenz sich in der Naturgeschichte durch fortschreitende Aggregation von Agentensystemen zu entwickeln scheint: Proteine bilden komplexe Proteine, komplexe Proteine bilden Zellen, Zellen bilden Organe, Organe bilden Körper, Körper bilden Gemeinschaften, Gemeinschaften bilden komplexe Gesellschaften. Die offene Frage, die sich an diese Reihe anschließt, lautet: Was bilden komplexe Gesellschaften? Ob und wie sich aus vernetzten menschlichen Gesellschaften und ihren technischen Erweiterungen – einschließlich künstlicher Intelligenz – eine neue Stufe dieser Aggregationskette ergeben könnte, ist eine der offenen Fragen, an denen sich die künftige Theorie der Intelligenz zu bewähren haben wird.

Schluss: Auf dem Weg von der Alchemie zur Chemie der Intelligenz

Der vorliegende Essay hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder letzte Gültigkeit erhoben. Er hat vielmehr versucht, aus Anschauung, Erfahrung und der Konfrontation mit aktueller Forschung einen ersten Kriterienkatalog zu destillieren, der es erlaubt, über Intelligenz jenseits der Alternative von naiver Techniqueuphorie und ebenso naiver Technikangst zu sprechen. Die zentrale Unterscheidung dieses Rahmens – zwischen dem Kern der Intelligenz als gekoppelter Wahrnehmungs-, Handlungs-, Regel- und Adaptionfähigkeit einerseits und den Begleitphänomenen Gefühl, Kreativität und Bewusstsein andererseits – erlaubt eine nüchterne Einordnung heutiger KI-Systeme: hochentwickelt in der Mustererkennung und -erzeugung, aber unautonom, körperlos und ohne eigenständigen Wahrnehmungskanal zur Wirklichkeit.

Die Bewegung von der Alchemie zur Chemie vollzog sich nicht durch einen einzelnen genialen Einfall, sondern durch die geduldige Verdichtung tausender Einzelbeobachtungen zu einer prüfbaren, konsistenten Struktur. Für eine Theorie der Intelligenz steht diese Verdichtung noch aus. Die in Teil IV versammelten Forschungsprogramme – von der diversen Intelligenz über das Freie-Energie-Prinzip und den Enaktivismus bis zu den konkurrierenden Bewusstseinstheorien und dem Kognitionsraum – liefern dafür wichtige Bausteine, ohne dass bereits ein Periodensystem der Intelligenz in Sicht wäre. Bis dahin bleibt es die Aufgabe einer kritischen technikphilosophischen Auseinandersetzung, die Unterscheidung zwischen begründeter Theorie und alchemistischem Versprechen wachzuhalten – und die leisen Stimmen der Wissenschaft gegen den lauten Lärm der Verheißungen zu stärken.

Quellenregister

Das folgende Register gliedert sich in zwei Teile: Zunächst die im ursprünglichen Werkstattentwurf herangezogenen Vorträge, Gespräche und Weblinks, sodann die für die vorliegende Überarbeitung recherchierte und validierte wissenschaftliche und philosophische Literatur.

A. Vorträge, Gespräche und Weblinks des Ausgangsentwurfs

- Levin, Michael: Vortrag zur Bandbreite intelligenter Strukturen und Systeme. <https://youtu.be/L5bQnyq4OtQ>
- Levin, Michael: Kanal mit weiteren Vorträgen. <https://www.youtube.com/@drmichaellevin>

- Krakauer, David: Vortrag über Intelligenz. <https://youtu.be/rpa7lv4FXkI>
- Solé, Ricard: Vortrag über kognitive Erscheinungsformen in Natur und Technik, „Flüssige Gehirne und die Kartierung des kognitiven Raums“.
- Gespräch über die Verbindungen lebender Wesen und Ideen zu Fragen des Bewusstseins. <https://youtu.be/6hHRTu8Y2sM>
- Levin, Michael: Erläuterung zur Frage, wie Bewusstsein nachgewiesen werden kann. <https://youtu.be/ISq5z1TS0BU>
- Gespräch über Theorien des Bewusstseins. https://youtu.be/h5G6Oc_V3Lw
- Gómez-Marín, Alex: Gespräch über die Entwertung des Lebens durch eine rein materialistische Herangehensweise an Fragen des Bewusstseins.
- Seth, Anil: Vortrag über Bewusstsein und KI. <https://youtu.be/BzvsYe60epQ>
- Gopnik, Alison: Vortrag über die Notwendigkeit des Spiels und der Entdeckung für die Entwicklung menschlicher Intelligenz. <https://www.youtube.com/live/PNE5pfQBxM>
- l-iz.de: Rezension „Degenerierte Vernunft. Schwache KI verengung menschlichen Denkens“. <https://www.l-iz.de/bildung/buecher/2023/06/degenerierte-vernunft-schwache-ki-verengung-menschlichen-denkens-541374>
- Universität Würzburg, WueCampus: Materialien zu menschlicher Intelligenz. <https://wuecampus.uni-wuerzburg.de/moodle/mod/book/tool/print/index.php?id=322100>
- Europäische Union: Definition Künstlicher Intelligenz. https://elektro.at/wp-content/uploads/2019/10/EU_Definition-KI.pdf
- Verhaltenswissenschaft.de: Übersicht zu Definitionen der Intelligenz. <http://www.verhaltenswissenschaft.de/Psychologie/Personlichkeit/Intelligenz/intelligenz.htm>
- Beltz Verlag: Leseprobe zum Thema Intelligenz. <https://www.beltz.de/fileadmin/beltz/leseproben/978-3-621-28044-0.pdf>
- Fraunhofer IAO: „Was künstliche Intelligenz nicht ist“. <https://blog.iao.fraunhofer.de/was-ist-kuenstliche-intelligenz-eine-definition-jenseits-von-mythen-und-moden/>

B. Wissenschaftliche und philosophische Literatur (Ergänzung der Überarbeitung)

- Chalmers, David J.: Facing Up to the Problem of Consciousness. In: Journal of Consciousness Studies, 2 (3), 1995, S. 200–219.
- Damasio, Antonio R.: Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain. New York: Putnam, 1994.
- Damasio, Antonio R.: The Feeling of What Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness. New York: Harcourt Brace, 1999.
- Dehaene, Stanislas: Consciousness and the Brain: Deciphering How the Brain Codes Our Thoughts. New York: Viking, 2014.
- Dehaene, Stanislas / Naccache, Lionel: Towards a Cognitive Neuroscience of Consciousness: Basic Evidence and a Workspace Framework. In: Cognition, 79 (1–2), 2001, S. 1–37.
- Friston, Karl: The Free-Energy Principle: A Unified Brain Theory? In: Nature Reviews Neuroscience, 11 (2), 2010, S. 127–138.
- Godfrey-Smith, Peter: Other Minds: The Octopus, the Sea, and the Deep Origins of Consciousness. London: William Collins, 2016.
- Gopnik, Alison: The Gardener and the Carpenter: What the New Science of Child Development Tells Us About the Relationship Between Parents and Children. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2016.
- Levin, Michael: Technological Approach to Mind Everywhere: An Experimentally-Grounded Framework for Understanding Diverse Bodies and Minds. In: Frontiers in Systems Neuroscience, 16, Art. 768201, 2022.
- Maturana, Humberto R. / Varela, Francisco J.: Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living. Dordrecht: Reidel, 1980.

- Maturana, Humberto R. / Varela, Francisco J.: The Tree of Knowledge: The Biological Roots of Human Understanding. Boston: New Science Library / Shambhala, 1987 (rev. Ausgabe 1992).
- Mitchell, Melanie: Artificial Intelligence: A Guide for Thinking Humans. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2019.
- Mitchell, Melanie: Artificial Intelligence Hits the Barrier of Meaning. In: Information, 10 (2), Art. 51, 2019.
- Piñero, Jordi / Solé, Ricard: Statistical Physics of Liquid Brains. In: Philosophical Transactions of the Royal Society B, 374 (1774), Art. 20180376, 2019.
- Solé, Ricard / Seoane, Luis F. / Pla-Mauri, Jordi / Bennett, Michael Timothy / Hochberg, Michael E. / Levin, Michael: Cognition Spaces: Natural, Artificial, and Hybrid. arXiv:2601.12837, 2026.
- Tononi, Giulio / Boly, Melanie / Massimini, Marcello / Koch, Christof: Integrated Information Theory: From Consciousness to Its Physical Substrate. In: Nature Reviews Neuroscience, 17, 2016, S. 450–461.
- Tononi, Giulio / Boly, Melanie / Grasso, Matteo / Hendren, Jeremiah / Juel, Bjorn E. / Mayner, William G. P. / Marshall, William / Koch, Christof: The Integrated Information Theory of Consciousness: A Case of Mistaken Identity. In: Behavioral and Brain Sciences, 45, 2022 (mit Kommentaren, u. a. zur kritischen Rezeption der IIT).

C. Personen (Kurzprofile aus dem Ausgangsentwurf)

- Bernardo Kastrup, Computeringenieur und Philosoph: kritisiert die Annahme, dass computerbasierte KI Bewusstsein entwickeln könne.
- Michael Levin, Entwicklungsbiologe: verortet kognitive Prozesse nicht nur in neuronalen Netzen, sondern in einer Vielzahl biologischer und hybrider Systeme.

Hinweis: Die unter A. aufgeführten Weblinks entstammen dem ursprünglichen Werkstattentwurf und wurden für diese Fassung nicht erneut geprüft; sie werden aus Gründen der Nachvollziehbarkeit des Entstehungsprozesses dokumentiert. Die unter B. aufgeführte Literatur wurde für die vorliegende Überarbeitung recherchiert und anhand bibliografischer Angaben validiert.