

Wissenschaftsphilosophie der chemischen Evolution: Interdisziplinärer Diskussionsstand zur präbiotischen Nuklein- und Proteinsynthese

Paul Natterer

2014 [2011]

(1) Wissenschaftsgeschichtlicher Hintergrund

Unter chemischer Evolution werden mögliche Schritte zum Leben ausgehend von nichtbelebter Materie verstanden. Wissenschaftliche Untersuchungen richten sich hier auf die Möglichkeit präbiotischer oder abiogener Entstehung von Biomolekülen. Es geht m.a.W. um die physikalisch-chemische Synthese von (Makro-)Molekülen lebender Organismen und mittelbar auch um die vorgängige Synthese hierfür geeigneter chemischer Elemente (Kosmochemie).

In der Wissenschaftsgeschichte standen sich hierzu zwei Positionen gegenüber: Die Theorie des Aristoteles von der Möglichkeit und Tatsächlichkeit der Urzeugung aus nichtbelebter Materie. Und die von den ersten experimentellen Biologen F. Redi und W. Harvey im 17. Jh. aufgestellte These *omne vivum ex ovo*, also Leben kommt nur von Leben: Es gibt keine abiotische spontane Entstehung von Leben. Diese These galt noch 150 Jahre lang als kühne, weniger gut begründete Hypothese gegenüber der Urzeugungstheorie. Erst im 19. Jh., unter dem Einfluss der Arbeit L. Pasteurs, wurde die Theorie der andauernden Urzeugung aufgegeben. Im Rahmen der darwinistischen Evolutionstheorie wurde sie ab den 20er Jahren des 20. Jh. neuerdings aufgegriffen. So von Aleksandr Oparin (1894–1980), seit 1935 Leiter des Biochemischen Instituts der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, der gelegentlich der „Darwin des 20. Jahrhunderts“ genannt wurde. Außerdem von John B. S. Haldane (1892–1964) und Stanley L. Miller (1930–2007). Vgl. dazu Ulrich Kutschera: *Evolutionsbiologie*, 3. Auflage Stuttgart 2008, 133–134.

Drei Einzelfragen stellen sich der präbiotischen Chemie entsprechend den Minimalbedingungen des uns bekannten Lebens: (1) Die Frage nach der Entstehung der Proteine als Strukturmaterial und Stoffwechselmaschinen (Enzyme) des Lebens – (2) Die Frage nach der Entstehung der Nukleinsäuren als Träger des Lebensbauplans (genetische Information) – (3) Die Frage nach der Integration und Selbstreplikation von (1) und (2)

Die drei verbreitetsten Hypothesen zu diesen Fragen sind: (1) Ursuppenhypothese: Ausgangspunkt sind hier die geschätzten 10 Mrd. kg organische Moleküle / Jahr im Urozean (vgl. Kutschera 2008, 134). (2) Impakthypothese: Ausgangspunkt ist hier der archaische extraterrestrische Materieeintrag von 10^8 kg / Jahr (mit 14 % organischen Verbindungen in Kometen) (vgl. Kutschera 2008, 135). (3) Vulkanschlotheypothese: Ausgangspunkt ist hier die anaerobe Reaktion von Schwefelwasserstoff (H_2S) mit Eisensulfid (FeS) an Unterwasservulkanen, welche zu Aminosäuren führen soll. (Eine Variante ist eine photoautotrophe Biogenese an der Erdoberfläche, vgl. Kutschera 2008, 135–137.)

(2) Der empirische Forschungsstand zur präbiotischen Nuklein- und Proteinsynthese

Der derzeitige empirische Forschungsstand zu diesen elementareren Einheiten sei wie folgt zusammengefasst. Zunächst zur Biogenese der Nukleinsäuren (DNS/RNS): Nukleobasen /

Nukleotide als Grundbausteine der Nukleinsäuren umfassen

- (a) (Desoxy-)Ribose (Zucker), welche sich präbiotisch synthetisieren lässt, aber nicht unvermischt und unaufbereitet und stabil genug,
- (b) Phosphorsäure und
- (c) Stickstoffbase, welche sich präbiotisch synthetisieren lässt (Cyanwasserstoffkomplexe).
- Die nächste Stufe auf dem Weg zu Nukleinsäuren sind Polynukleotide, Ketten von Nukleotiden. Sie lassen sich nur synthetisieren, wenn fertige Nukleotide oder sogar Oligonukleotiden (kleine Ketten) als Ausgangssubstrat gewählt werden und dann nur zusammen mit blockierenden / zerstörerischen Nebenverbindungen.
- Nukleinsäuren (DNS/RNS) konnten *a fortiori* präbiotisch nicht erzeugt werden.

Ergänzend der Forschungsstand zur Protein-Biosynthese:

- Aminosäuren als Grundbausteine der Proteine lassen sich präbiotisch synthetisieren (Kutschera 2008, 140): Kritische Standpunkte betonen hier gerne, dass die Synthese nicht unvermischt und unaufbereitet und stabil genug gelingt (vgl. Junker/Scherer: *Evolution*, Gießen 2006, Kap. 7).
- Die nächste Stufe auf dem Weg zu Proteinen sind Polypeptide, d.h. Ketten von Aminosäuren: Polymerisationsreaktionen / Kettenbildungen konnten präbiotisch nicht erzeugt werden.
- Proteine konnten *a fortiori* präbiotisch nicht erzeugt werden. Proteine haben nicht nur eine Primärstruktur (Reihenfolge von Aminosäuren), sondern auch eine Sekundärstruktur (lokale räumliche Struktur: Helix, Faltblätter, Schleifen), eine Tertiärstruktur (globale Raumstruktur) und eine Quartärstruktur (mehrere Proteine mit einer Funktion). Die Faltung und Raumstruktur bestimmt die Funktion des Proteins, so dass die geringste Änderung eine Fehlfunktion oder Krankheit verursachen kann. Dabei liegt das sog. Levinthal-Paradox vor, insofern einerseits die zufallsstatistisch benötigte Zeit zum Durchlaufen aller möglichen Faltungen eines Proteins Quadrillarden Jahre beträgt, tatsächlich aber in Sekundenbruchteilen eine exakt definierte räumliche Struktur entsteht. Man hat hierfür intelligente Proteinmaschinen (Faltungshelfer-Proteine oder Chaperone) ausfindig machen können, welche wie ein Navigationsgerät den Pfad zur endgültigen Proteinstruktur zeigen und bahnen. Dazu später mehr.

Dabei ergibt sich folgendes präbiotisches Henne-Ei-Dilemma: Was war zuerst? Die Henne (Proteine) oder das Ei (Nukleinsäuren DNS/RNS)? Konkret:

- In einzelligen Organismen werden zur Synthese von Nukleinsäuren mindestens 100 Proteine (Enzyme) benötigt.
- Umgekehrt wird zur Herstellung von Proteinen (Proteinbiosynthese) die hochkomplexe DNS benötigt.
- Das heißt: Proteine und Nukleinsäuren werden gleichzeitig benötigt.
- Die einfachsten bekannten selbstreplikativen Organismen sind sodann *Zellen*, also Replikationseinheiten mit Biomembranen (Aggregate von Phospholipiden mit differenzierten Transportmechanismen).
- Das Minimum an Genen für solche selbstreplikative Organismen (Bakterium *Mycoplasma genitalium*) ist 470 Gene bzw. beim *Archaeobakterium* 1738 Gene.

Zur Beantwortung der Frage nach der ersten Replikationseinheit, d.h. einem molekularen Modell aus einem Protein und einer RNS, das sich selbst verdoppeln kann, ist ein Lösungsansatz das Modell einer RNS-Welt:

- Man hat Nukleinsäuren mit enzymatischer Aktivität entdeckt (RNS, Ribozyme).
- Ein mathematisches Modell der Stabilisierung und Optimierung (nicht der Entstehung) eines Replikationssystem (Hyperzyklus) für Replikaseproteine und Ribozyme mit Replikaseaktivität wurde entwickelt (Manfred Eigen und Mitarbeiter, vgl. Kutschera: *Evolutionsbiologie*, Stuttgart 2008, 226–228).
- Es sind jedoch keine präbiotischen Synthesewege der RNS-Welt bekannt.
- Es besteht zwar eine sog. stereochemische Hypothese zur Entstehung des Codes. Gemeint ist damit die Entstehung *via* einer primitiven Vorform von RNS-Sequenzen (RNS-Oligonukleotide, Aptamere), die sich räumlich falten können und je nach Faltungssart spezifische Bindungsoptionen für Liganden (organische Moleküle) bieten.

- Der Hypothese steht eine transastronomisch kleine Wahrscheinlichkeit zufälliger protein-codierender Aptamerfolgen (Gene) und eine außerordentlich hohe Fehlerquote entgegen.
- Dazu treten katastrophale Destabilisierungsszenarios (Funktionsstörungen) bei späteren Umprogrammierungsprozessen zu den mindestens acht unterschiedlichen genetischen Codes der heutigen Organismen (so Junker/Scherer 2006, 123).
- Experimentell sollen solche Versuche durchgängig selektionsnegativ sein (ebd. 125). Der genetische Code und seine Übersetzungsvorgänge tragen für Evolutionskritiker Kennzeichen einer „irreduzibel komplexen Struktur“ (ebd. 125).

Ähnliche skeptische Überlegungen finden sich angesichts Hypothesen zur Entstehung der Information für funktionale Proteine (Enzyme – Regulationsproteine – Strukturproteine):

- „Eine Aminosäurekette von n Positionen kann bei 20 verschiedenen Aminosäuren insgesamt 20^n unterschiedliche Sequenzen annehmen. Diese Zahl wird als Sequenzraum R bezeichnet. Bei 100 Positionen umfasst der Sequenzraum $R = 20^{100} = 10^{130}$ Sequenzen. Da das Universum auf etwa 10^{80} Atome geschätzt wird, ist der Sequenzraum transastronomisch groß“ (Junker/Scherer 2008, 125–126).
- Oder: „Für eine bestimmte [biologische] Funktion kann man heute zumindest grobe Abschätzungen vornehmen, wie viele [aktive] Sequenzen im Sequenzraum diese Funktion ausüben könnten [...] Folgendes Zahlenbeispiel soll das veranschaulichen: Der in der Biomasse der Erde enthaltene Kohlenstoff wiegt etwa 280 Milliarden Tonnen. Wenn man diesen Kohlenstoff verwenden würde, um damit Proteine einer Länge von 92 Aminosäuren [die durchschnittliche Länge liegt um ein Vielfaches höher, bei 200–500 Aminosäuren] ... herzustellen, dann könnte man insgesamt etwa 10^{37} Proteinmoleküle herstellen. Die rechnerische Chance, dass sich darunter ... ein funktionales [Protein wie ein Enzym] befindet, wäre mit ... 10^{-7} [bis] 10^{-26} [und 10^{-40}] nahezu Null.“ (Junker/Scherer 2006, 126–127).
- Kritikern erscheint die hypothetische Urzelle und insbesondere ihre biologische Information nach dem derzeitigen Kenntnisstand ebenfalls als ein irreduzibel komplexes System. Man weist darauf hin, dass eine parasitär lebende Zelle (Einzeller) mindestens 200 Proteine und damit 200–300 proteincodierende Gene benötigt. Dies ist mithin die minimale Größe von Zell-Genomen (vgl. Junker/Scherer 2006, 129).

(3) Aktuelle Grundsatzdebatte zu Selektion versus Selbstorganisation: Synthetische Evolutionstheorie – Neutrale Theorie – Konstruktivistische Evolutionstheorie

Die Alternative: Information primär durch (i) Arbeit am System (von außen) z.B. durch Sortierung etc. (Selektion) *versus* (ii) (innere) Bevorzugung bestimmter Anordnungen (Selbstorganisation), ist derzeit Gegenstand einer Grundsatzdebatte in den Lebenswissenschaften.

Für die erstere Position steht die Standardmeinung des Neodarwinismus *resp.* der Synthetischen Evolutionstheorie. Vgl. für einen aktuellen Überblick Ulrich Kutschera: *Evolutionstheorie*, 3. Aufl. Stuttgart 2008, 34. Evolutionsursache ist Selektion oder Kampf ums Dasein. Es steht der Begriff des „Darwinismus als Kurzform für das Selektionsprinzip“ (Kutschera 2008, 59). Auch der Neodarwinismus *alias* die Synthetische Evolutionstheorie hat bei aller Weiterdifferenzierung diesen Fokus.

Die synthetische Evolutionstheorie ist bis heute die vorherrschende Lehrmeinung. Sie wurde aber bereits von dem japanischen Biologen Motoo Kimura (1924–1994), dem führenden Evolutionsgenetiker und großen alten Mann der Populationsgenetik nach dem Zweiten Weltkrieg, durch die sog. neutrale Theorie der molekularen Evolution in Frage gestellt. Das Grundbuch der Theorie ist Motoo Kimura: *The Neutral Theory of Molecular Evolution*, Cambridge 1983. Die in der Evolutionsbiologie anerkannte und ernsthaft diskutierte Theorie geht von dem Befund aus, dass die meisten Mutationen neutral sind in dem Sinne, dass sie keinen Angriffspunkt für die natürliche Auslese bieten. Der Akzent liegt also auf den Auswirkungen der Mutationen für die Tauglichkeit. Kimuras Schüler modifizierten die Theorie später, da sich immer stärker zeigte, dass Mutationen für das Lebewesen keinesfalls neutral oder

harmlos sind, sondern nahezu alle Mutationen für den Organismus schädlich sind, und wenige relativ vorteilhaft, auch wenn sich das meist in einem unauffälligen Spektrum bewegt. Die neutrale Theorie vertritt insofern keine globale Theorie der Evolution, als sie keine Erklärung der Zunahme von Komplexität und von Anpassungen bietet, sondern der Schwerpunkt auf der Falsifikation der neodarwinistischen Mechanismen der Evolution (Mutation und Selektion) liegt. Es ist daher nicht überraschend, dass Ernst Mayr, der große alte Mann der neodarwinistischen Synthese der Evolutionsbiologie, als Gegner der neutralen Theorie *par excellence* in Erscheinung getreten ist.

Die zweite Position wird seit Mitte / Ende 20. Jh. vertreten in der konstruktionistischen oder auch konstruktivistischen Evolutionstheorie, deren Ansatz sich auf epigenetische selbstorganisatorische Prozesse konzentriert. Siehe nächster Abschnitt.

(4) *Konstruktivistische Evolutionstheorie als Theorie der Eigendynamik des vorhandenen Strukturmaterials, das sich eigengesetzlich immer weiter differenziert*

Ein Ausgangspunkt der konstruktivistischen Evolutionstheorie ist der von Maturana und Varela entwickelte Begriff autopoietischer, energetisch offener und funktional, informationell geschlossener Systeme. Vgl. H. Maturana: *Die Organisation und Verkörperung von Wirklichkeit: Ausgewählte Arbeiten zur biologischen Epistemologie*, 2. Aufl. Braunschweig 1985. Diese „operationale Geschlossenheit lebender Systeme“ ist „das Organisationsprinzip, das [Leben und] Kognition zu einem konstruktiven Prozeß macht.“ (von Förster et al.: *Einführung in den Konstruktivismus*, 2. Aufl. München/Zürich 1995, 116)

Ein weiterer Ausgangspunkt ist hier die Kognitionswissenschaft: Kognitionswissenschaftlich stützt sich der Konstruktivismus auf die Theorie nichttrivialer Systeme, deren Ursache [Reiz]-Wirkung [Reaktions]-Funktion von einer Zustandsfunktion abhängt, d.h., dass alle Reiz-Reaktions-Operationen von den inneren Zuständen abhängig sind und diese selbst wieder von vorangegangenen Operationen beeinflusst werden.

Die Theorie selbstreferentieller Systeme sieht als leitendes Prinzip der ontogenetischen wie phylogenetischen Evolution die Eigendynamik der vorhandenen Struktur: Kognitive Systeme wie auch biologische und soziale Systeme bilden ihre Strukturen nicht erststellig wegen des Kampfes ums Dasein aus, um die Informationen aus der Umwelt sinnvoll zu verarbeiten, oder umweltbeeinflussende Informationen abzugeben, sondern leitendes Prinzip der ontogenetischen wie phylogenetischen Evolution ist die Eigendynamik des vorhandenen Strukturmaterials, das sich eigengesetzlich immer weiter differenziert, ausfaltet und komplexer wird. Die Umwelt ist also nur notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung der Systembildung.

(5) *Leben und die Organismen und schon die physikalisch-chemische Natur zeigen objektive Intelligenz*

Massive Unterstützung und Bestätigung erfährt der konstruktionistische Ansatz durch das seit einem Jahrzehnt explosionsartig gewachsene Wissen um Bau und Arbeitsweise der Gene und des Genoms (Human Genome Project u.a.). Joachim Bauer (Universität Freiburg), bekannter Genforscher und Psychiater, hat die einschlägige Forschungsliteratur und ihre Ergebnisse in *Das kooperative Gen*, Hamburg 2008, zusammengefasst. Vielleicht ist der beste Einstieg in Bauers Darstellung die zentrale Einsicht des Kognitionswissenschaftlers Daniel Dennett, dass das Leben und die Organismen und schon die physikalisch-chemische Natur aus objektiver Intelligenz bestehen. Dennetts Hauptwerk ist wohl nach wie vor das seinerzeit sehr gefeierte *Consciousness Explained*, Boston 1991; dt: *Philosophie des menschlichen Bewusstseins* (übers. von Franz M. Wuketits), Hamburg 1994, 635 S. Eine neue Zusammenfassung seiner Sicht hat er vorgelegt in *Spielarten des Geistes. Wie erkennen wir die Welt? Ein neues Verständnis des Bewusstseins*, München 2001 [engl.: *Kinds of Minds*, New York 1996]. Dennetts Naturalismus und uneingeschränkt physikalistische oder materialistische Erklärung von unten nach oben wird an dem von ihm oft wiederholten Satz deutlich: „Jeder von uns ist eine Ansammlung von Billionen Makromolekülmaschinen, die letztlich alle von den ursprünglichen, selbstverdoppelnden Mak-

romolekülen [biologischen Robotern] abstammen.“ (2001, 37) Auf der anderen Seite arbeitet Dennett so überzeugend wie kaum ein anderer heraus, dass das Leben, die Organismen, aber auch bereits die physikalische Natur und die Welt der Chemie aus objektiver Intelligenz bestehen. Höhere biochemische Maschinen oder Lebensformen sind intelligente Systeme (wie Organismen) oder Subsysteme (wie das Stoffwechsel- und Immunsystem). Sie sind „Systeme, die von Informationen gelenkt werden und nach Zielen streben“ (2001, 40). Auch Aristoteles – so Dennett – lässt z.B. das Stoffwechsel- und Immunsystem von einer vegetativen Seele aufgebaut und gesteuert werden. Diese ist aber genau ein **Informationsprinzip** oder innere **Formursache** (*eidos*) oder Entelechie (*entelecheia*). Unter diesem Organisationsprinzip oder Formprinzip versteht Aristoteles eine „sich selbst steuernde und selbst schützende Organisation“ (2001, 38–39). Lebensformen sind mithin Akteure, die Dennett intentionale [zweckgerichtete] Systeme nennt. Als solche benötigen sie Repräsentationen der intentionalen äußeren Zielobjekte sowie der Antriebsmotive. Repräsentationen bestehen aber aus semiotischen, sprachlichen Zeichensystemen und den darin kodierten Bedeutungen (intensionalen Gehalten), Überzeugungen und Wünschen. Biologische Systeme sind also intentionale Systeme, denen geistige Zustände zugeordnet werden müssen. Sie haben – fachtechnisch gesprochen – propositionale Einstellungen mit der logischen Struktur: x weiß, dass $Pt \dots$; y glaubt, dass Qt ; z will, dass $\varphi \dots$ etc. (2001, 62). Zum besseren Verständnis sollten wir uns, so Dennett, von der chauvinistischen Absolutsetzung der menschlichen Größenmaßstäbe in der Raum- und Zeiterfahrung frei machen: „Wer [im Zeitraffer] zusieht, wie Blumen in wenigen Sekunden heranwachsen, knospen und aufblühen, wird fast unwiderstehlich zum intentionalen Standpunkt hingezogen [...] Hätten Stechmücken die Ausmaße von Möwen, wären mehr Menschen überzeugt, daß die Insekten einen Geist besitzen“ (2001, 78–79).

In einem gewissen Widerspruch dazu steht, dass Daniel Dennett mit *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life*, New York 1995 [deutsch: *Darwins gefährliches Erbe. Die Evolution und der Sinn des Lebens*, Hamburg 1997] zugleich der weitgehendste und kämpferischste Vertreter des Neodarwinismus bzw. der Synthetischen Evolutionstheorie ist. Das Buch ist ein Manifest *pro* globalen Adaptionismus, d.h. es geht ihm ganz besonders und sogar vorrangig darum, die adaptionistische These nicht nur für die Biologie als zentral und universell darzutun (was sie nach heutigem Erkenntnisstand auch dort nicht ist), sondern auch für die Psychologie, Pädagogik, Ethik, Politik. Selektion erklärt alles. Diese Ausweitung hat natürlich noch einmal ihre besonderen Tücken und Fragezeichen, auf die wir nicht weiter eingehen können.

(6) *Gene bzw. Genome folgen drei biologischen Grundprinzipien: Kooperativität, Kommunikation und Kreativität*

Bauers Überblick zur genetischen Grundlagenforschung zeigt nun, dass – in einem Wort – in der Genetik dasselbe gilt: „Gene bzw. Genome folgen drei biologischen Grundprinzipien ...: Kooperativität, Kommunikation und Kreativität [...] Den Anfang des Lebens markiert ... das **Prinzip der Kommunikation**, das heißt des Erkennens und der Übermittlung von **Information**.“ (2008, 17, 33) Die Pionierin der Genforschung Barbara McClintock prägte daher das Wort: „The genome is a highly sensitive organ“ und ihr jüngerer Kollege James Shapiro nennt die DNS ein „communication molecule“, wodurch Zellen zu „cognitive entities“, kognitiven Trägersubjekten, werden (vgl. Bauer 2008, 89).

Und hier, so Bauer, „zeigen sich die Unzulänglichkeiten der darwinistischen Dogmen. Zufällige Variation (des biologischen Substrats) und Selektion ... sind nicht einmal ansatzweise hinreichende Voraussetzungen für eine Erklärung der Kommunikationsphänomene und der Zuwächse an Komplexität [...] Wir sollten ... beginnen, unser Denken über das, was ist, an die beobachtbaren Realitäten anzupassen, und uns von den Scheuklappen des Darwinismus zu befreien.“ (2008, 47–48)

(7) Organismen benötigen einen inneren Bauplan nach einem zeitlich und räumlich geordneten Verfahren

Der genetische Ansatz der konstruktionistischen Theorie der Entwicklung des Lebens ist sich bewusst, dass er in Konkurrenz zum darwinistischen Ansatz steht und folgerichtig einen evolutionsbiologischen Paradigmenwechsel fordern muss: „Das darwinistische Universaldogma, bei jedem noch so erstaunlichen biologischen Phänomen handle es sich um die Folge einer zufälligen Variation, die dann evolutionär selektiert worden sei, bietet keine rationale Erklärung. Der Glaube an den Zufall [...der] als Säulenheiliger der Gemeinde waltet und schaltet, die sich dem Darwinismus verschrieben hat“, besteche allenfalls durch „Schlichtheit“. Insbesondere „mehrzellige Lebewesen benötigen ... einen Körperbauplan“ und damit „ein koordiniertes genetisches Programm, das zum einen Teilungsprozesse steuert, zum anderen für die orts- und zeitgerechte Synthese von Proteinen sorgt, die Zellen aneinander binden [...] Organismen mit einem definierten Körperbau benötigen ... zusätzlich einen inneren Bauplan, der nach einem zeitlich und räumlich geordneten Verfahren für eine Spezialisierung unterschiedlicher Zellen an unterschiedlichen Orten des Körpers sorgt und zugleich die Wachstumsprozesse begrenzt, sobald die jeweilige Zielgröße eines Gewebes erreicht ist“ (2008, 59–60).

(8) Kreatives Potential lebender Systeme: Genome agieren, indem sie ihre Architektur nach eigenen inneren Gesetzen modifizieren

Die Genetik bringt in der Tat erdrückendes Material herbei, das diese neue Sicht stützt. So bestehen nur 1, 2 % des menschlichen Erbgutes aus klassischen Genen, aber 43 % des Genoms bestehen aus kreativen Modulen im Dienst der binnen- und zwischenzellulären Wahrnehmung, Kommunikation und kreativen, aktiven (autopoietischen) Konstruktion, aber auch Kontrolle und Überwachung. Bauer nennt sie Transpositionselemente (v.a. sog. Mikro-RNS aus der genetischen Gattung der sog. Repeat-Sequenzen). Diese können von den Zellen selbst hergestellt und anschließend aktiv in das Genom des Zellkerns eingefügt werden = sog. reverse, umgekehrte Transkription! (vgl. 2008, 40–45, 91–99, 112–119): „Die Analyse zahlreicher Genome zeigt: Was neue Arten entstehen ließ, waren vom Genom selbst ausgehende Umbauprozesse innerhalb der genomischen Architektur, die sich gemäß inhärenten (im Genom selbst verankerten) Prinzipien abspielten. Genomische Umbauprozesse, die der Evolution zugrunde liegen, sind ... nicht völlig zufällig, sondern folgen **biologischen Regeln** [...] Ein erstes Prinzip der Evolution der Gene betrifft die aktiv bewahrte Stabilität [...] Die Stabilität von Genen über Dutzende, ja Hunderte von Millionen Jahren widerspricht dem darwinistischen Dogma kontinuierlicher – noch dazu dem Zufallsprinzip unterworfenener – Mutationen des Genoms. Gleiches gilt für die sich über Millionen von Jahren ... erstreckende erstaunliche Stabilität lebender Arten, ein als Stasis oder Robustheit bezeichnetes Phänomen [...] Ein zweites, für die Entwicklung neuer Arten zentrales und entscheidendes Evolutionsprinzip ist Duplikation, Ortswechsel und Rekombination von Genen. Auch dieser Prozess ist – entgegen dem darwinistischen Dogma – alles andere als ungerichtet bzw. dem reinen Zufall unterlassen, vielmehr wird er vom Genom selbst organisiert.“ (2008, 72, 81) Auslöser scheinen meist umweltbedingte Stressoren zu sein, worauf „Genome ... reagieren, indem sie ihre Architektur nach eigenen inneren Gesetzen modifizieren.“ (2008, 108) Der genetische Konstruktionismus beansprucht, zum ersten Mal eine sehr weitgehende Erklärung der Komplexität der Lebensformen zu bieten: „Die erst in den letzten Jahren gelungene Aufdeckung dieses **kreativen evolutionären Potentials** lebender Systeme macht jetzt erstmals verständlich, wie und warum die Evolution von einem Komplexitätszuwachs lebender Organismen begleitet war und ist. Mittels der (neo)darwinistischen Prinzipien der Evolution, nämlich Zufallsmutationen und natürliche Auslese, ließ sich das Phänomen des Komplexitätszuwachses nie erklären. Die Annahme, Zufallsmutationen hätten aus einem einzelligen Lebewesen einen vielzelligen, vermehrungsfähigen Organismus mit Körperbauplan entstehen lassen, gleicht der Erwartung, es bilde sich – nach dem Zufallsprinzip – schließlich ein Wolkenkratzer, wenn man die dazu nötigen Komponenten nur oft genug auf einen Haufen schütte.“ (2008, 125–126)

(9) *Biologische Funktionen und Lebensformen insgesamt folgen apriorischen geometrischen und physikalisch-chemischen Formgesetzen, Randbedingungen und Möglichkeitsräumen*

Eine aktuelle wissenschaftsphilosophische Aufarbeitung dieses selbstorganisatorischen Modells bieten die bekannten Molekularbiologen und Kognitionswissenschaftler Fodor, Jerry / Piattelli-Palmarini, Massimo: *What Darwin Got Wrong*, New York 2010. Die Autoren verweisen auf den Sachverhalt **apriorischer Formatierung und Optimierung durch geometrische und physikalisch-chemische Formgesetze**: Biologische Funktionen und Lebensformen insgesamt folgen geometrischen und physikalisch-chemischen Formgesetzen, welche quer und fremd zur Anpassung und natürlichen Auslese stehen. Ein bekanntes Beispiel sind die Fibonaccizahlen und -spiralen als mathematisches Formgesetz von Galaxien, Muschelgehäusen, Blütenständen, Blattanordnungen sowie der Ausrichtung frei beweglicher magnetisierter Objekte. Diese mathematischen und physikalischen Gesetze sind allgemeingültig und *a priori* und werden weder durch genetische Varianz ‚erfunden‘ noch ist es denkbar, dass sie – ohne jede innere Bahnung oder Vorgaben – durch Versuch und Irrtum in natürlicher Auslese tausendmal und in millionenfachen Anwendungsbereichen in der Naturgeschichte ‚gefunden‘ wurden:

„Evolution seems to have achieved near **optimal answers** to questions which, if pursued by the application of exogenous filters to solutions generated at random, as the neo-Darwinist model requires, would have imposed searching implausibly large of spaces of candidate solutions. This seems an **intractable enigma, unless prior filtering by endogenous constraints is assumed.**“ (81)

„Biochemical pathways, the genetic code, developmental pathways and (yes) natural selection cannot possibly have shaped these geometries. **They had no ‚choice‘ (so to speak) but to exploit these constraints and be channelled by them.** The same kind of lesson comes from calculations, and data, in the domain of brain connectivity.“ (79–80)

Es handelt sich um apriorische Möglichkeitsräume und apriorische Maximierungsprinzipien. Die Autoren verweisen hier u.a. auf die Forschungen von Ilya Prigogine (1917–2003, 1977 Nobelpreis) zur spontanen Morphogenese dissipativer Strukturen (72–78). Zu diesen Formgesetzen gehört auch die Möglichkeit des Erfassens oszillierender Gleichgewichtszustände (Fluktuationen) durch Differentialgleichungen, z.B. zwischen Raubtieren und Beutetieren in Ökosystemen, oder zwischen Geburts- und Todesraten (Wachstumszyklen), oder in biochemischen Zyklen, oder bei Finanzmärkten. Dazu gehört ferner das Gesetz der biologischen Skalierung durch fraktale Vielfache von $\frac{1}{4}$. Oder die optimale fraktale Verkabelung von 100.000 km Kreislaufsystem (Arterien, Venen, Kapillare) des menschlichen Körpers und überhaupt die Kosten-Nutzen-Maximierung der biologischen Baupläne, Logistik- und Kommunikationslösungen, welche nach Computermodellen perfekt sind. Und zwar ist das Phänomen in allen Bereichen zu finden, in der Gestaltung von Blättern der Pflanzen (83) wie auch und gerade die Neuroanatomie des Gehirns, die komplexeste Struktur des Universums, am physikalischen Optimum angesiedelt ist. Plan und Verdrahtung des Kortex sind besser konstruiert als die leistungsfähigsten industriellen Mikrochips (80).

Hierfür wurde in der gegenwärtigen Forschung von Christopher Cherniak und anderen der Begriff „non-genomic nativism“ vorgeschlagen (Cherniak, C. / Mokhtazada, Z. / Rodriguez-Esteban, R. / Changizi, K: Global Optimization of Cerebral Cortex Layout. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 101 (2004), 1081–1086) (80). Unter diesem Begriff wird verstanden, dass es angeborene innere **abstrakt-ideelle Strukturen** gibt:

„The neural optimization paradigm is a **structuralist position, postulating innate abstract internal structure** – as opposed to an empty-organism blank-slate account, without structure built into the hardware“ (Cherniak, C.: Brain Wiring Optimization and non-genomic Nativism. In: Piattelli-Palmarini, M. / Uriagereka, J. / Salaburu, P. (eds.): *Of Minds and Language: a Dialogue with Noam Chomsky in the Basque Country*, Oxford 2009, 108–119) (81).

Der Darwinismus sieht nun bekanntlich in der natürlichen Auslese prinzipiell nur lokal befriedigende Lösungen, keine globalen Optimierungen: Füchse im Bayern des 21. Jh. optimieren ihre Beutestrategien für Hühner nicht unter systematischer Einbeziehung und Reflexion auf die geographischen Gegebenheiten, die klimatischen Umweltbedingungen und die wechselnden Hühnervogelarten und -mengen im Eozän, Pleistozän, der Epoche der frühen Industrialisierung und in der Zukunft des 24. Jh. und zwar in allen deutschen Bundesländern, in Frankreich, Russland und China. Also muss etwas anderes für optimale Lösungen

verantwortlich sein: Physik, Chemie, autokatalytische Reaktionen (wo ein oder mehrere Produkte zugleich Reagentien sind), dissipative Strukturen, Prinzipien der Selbstorganisation (2010, 92). Dazu kommt: Fossile und aktuelle Lebensformen besetzen nur eine winzige Teilmenge des theoretisch möglichen Formenraums des Lebens. Wieso sind die Lebensformen nicht blind und gleichmäßig und zufällig über den gesamten Möglichkeitsraum verteilt? Wieder also das Phänomen offensichtlich gebahnter und bestimmten Vorgaben folgender Entwicklungslinien (92).

(10) *Apriorische Prozessoptimierung und biochemische Navigation*

Ebenfalls in diese Kategorie fällt die optimale Ortsbewegung (*locomotion*) aller biologischen Spezies oder Lebensformen hinsichtlich Maximierung des Kosten [Energie]-Nutzen [Fortbewegungs]-Quotienten (Fodor/Piattelli-Palmarini 2010, 82): „Physical principles of optimization ... govern the phenomena of animal locomotion.“ (2010, 82) Dasselbe gilt von der oft diskutierten perfekten Aerodynamik von Vogelflügeln (89).

Ebenfalls einschlägig sind die Such- und Sammelstrategien von Bienenvölkern. Der hier zentrale, dynamisch fluktuierende Quotient zwischen proaktiven und reaktiven Bienensammlerinnen wird fortlaufend der wechselnden ökologischen Situation angepasst und immer sind es optimale Lösungen: „Once again, nobody today really has a clue to a solution of these problems [...] The space of possible solutions to be explored seems too gigantic to have been explored by blind trial and error. The inference appears to be that a highly constrained search must have taken place. Accordingly, the role of natural selection may have been mostly just fine-tuning.“ (2010, 86)

Die Autoren Fodor/Piattelli-Palmarini verweisen natürlich auch auf die schon angesprochenen sog. Chaperone (2010, 35): Proteine als wichtigste Bausteine des Lebens haben nicht nur eine Primärstruktur (Reihenfolge von Aminosäuren), sondern auch eine Sekundärstruktur (lokale räumliche Struktur: Helix, Faltblätter, Schleifen), eine Tertiärstruktur (globale Raumstruktur) und eine Quartärstruktur (mehrere Proteine mit einer Funktion). Die Faltung und Raumstruktur bestimmt die Funktion des Proteins, so dass die geringste Änderung eine Fehlfunktion oder Krankheit verursachen kann. Dabei liegt das sog. Levinthal-Paradox vor, insofern einerseits die zufallsstatistisch benötigte Zeit zum Durchlaufen aller möglichen Faltungen eines Proteins Quadrillarden Jahre beträgt, tatsächlich aber in Sekundenbruchteilen eine exakt definierte räumliche Struktur entsteht. Man hat hierfür intelligente Proteinmaschinen (Faltungshelfer-Proteine oder Chaperone) ausfindig machen können, welche wie ein Navigationsgerät den Pfad zur endgültigen Proteinstruktur zeigen und bahnen.

Hinsichtlich all dieser Formgesetze und Optimierungen stellen die Autoren fest: „Niemand hat gegenwärtig eine Idee, wie diese physikalischen **Optimierungsfaktoren**, über evolutionäre Zeiträume und über ontogenetische Zeitphasen, mit der genetischen und epigenetischen Maschinerie der Organismen interagieren.“ (83)

(11) *Entstehungsbedingungen einer interessanten Chemie mit stabilen chemischen Elementen als entfernter physikalisch-chemischer Voraussetzung von Leben*

Dasselbe gilt für die ebenso unwahrscheinliche Entstehung einer interessanten Chemie mit stabilen chemischen Elementen als entfernter physikalisch-chemischer Voraussetzung von Leben. Unsere Chemie und damit das Leben hängt an präziser **Feinstabstimmung** von grundlegenden **Naturgesetzen und Naturkonstanten** (v.a. 6 Zahlen; vgl. Rees: *Just six numbers*, London 1999, und *Our Cosmic Habitat*, London 2001). Siehe dazu Smolin: *The Life of the Cosmos*, London 1997; Barrow: *Theorien für Alles*, Heidelberg/Berlin/New York 1992 [neubearb. als *New Theories of Everything*, Oxford 2007]. Um aus der Todeszone statistischer Unmöglichkeit herauszukommen, ziehen nicht wenige hier die z.Zt. vielerörterte Multiversumtheorie heran. Die extravagante und spekulative Multiversumtheorie ist freilich für den Naturalismus ähnlich herausfordernd wie die Annahme Gottes, wie Kritiker einwenden. Das Multiversum wäre als unendliche Totalität, Komplexität und zugleich Einheit jenseits von Raum und Zeit in der Tat qua-

si ein Modell des Absoluten oder Gottes. Darüber hinaus wird der Multiversumtheorie m.E. zu Recht entgegengehalten, dass sie speziell quantenmechanisch keine kausalen Erklärungen der Phänomene liefert, sondern lediglich deren deskriptive statistische Extrapolation. Dazu kommt, dass auch die Multiversumtheorie auf der obersten Ebene von einer **platonischen Ideenwelt** als eigentlicher ultimativer Realität ausgeht. Die Multiversumtheorie nimmt bekanntlich ein unendliches Universum an und unterscheidet 4 Stufen von Paralleluniversen: (1) unendlich viele Kopien unseres Universums: andere Anfangsbedingungen, identische kosmologische Eigenschaften und Naturgesetze; (2) unendlich viele Universen mit anderen Anfangsbedingungen und Eigenschaften, aber identischen Naturgesetzen; (3) Unendlich-dimensionaler abstrakter, zeitloser quantenmechanischer Zustandsraum (= quantenmechanische Darstellung von (1) und (2)); (4) unendlich viele Universen mit anderen Anfangsbedingungen und Eigenschaften und Naturgesetzen = absolute Summe aller **begrifflich-mathematisch möglichen Strukturen** oder Weltformeln (= platonische Ideenwelt als eigentliche ultimative Realität)

(12) Aposteriorische, willkürliche, positive biochemische Gesetze und Festlegungen

Voraussetzung für Leben ist ferner genaue räumliche Gestalt lebensnotwendiger Moleküle wie Aminosäuren und Nukleotide: In der Natur herrscht eine molekulare Asymmetrie, d.h. Moleküle weisen Chiralität, Händigkeit auf. Sie existieren in spiegelbildlichen Versionen, oder Enantiomeren, die nicht kongruent zueinander sind. In der nichtorganischen Natur entstehen bei Reaktionen und Kristallisationen nur Razemate (1:1-Gemische von Enantiomeren), da beide spiegelbildliche Formen gleich wahrscheinlich sind. Für die Existenz, Organisation und Physiologie biologischer Organismen ist jeweils nur eine von zwei nicht kongruenten (spiegelbildlichen) Formen oder Enantiomeren lebensnotwendig (Homochiralität). Die Frage, woher die enantiomerenreinen Substanzen stammen, ist experimentell und theoretisch nicht beantwortet. Es geht hier nicht um apriorische notwendige Formgesetze, sondern um aposteriorische, willkürliche positive Festlegungen.

(13) Die Biogenese hat weitreichende Systemeigenschaften mit Gesetzescharakter zur Voraussetzung

Kutschera (a.a.O.) 2008, 141–142 bietet zwar eine Spekulation, die auf Zeit und Quantität setzt, sowie auf die spontane Selbstorganisation von Biomolekülen unter bestimmten Voraussetzungen verweist (ebd. 138–140): Spontane Lipid-Doppelschichten in Wasser – Spontane Ausbildung von DNS-Doppelsträngen in Form geordneter Schrauben – Spontane 3-dimensionale Strukturen von Polypeptiden in Wasser – Spontan sich ausbildende DNS-Vesikel im biotechnologischen Gen-Transfer. Kutschera ist überzeugt (ebd. 142): „Die Urozeane trugen die ‚Keime‘ der ersten Zellen in sich, d.h., Leben war eine im System der Erde vorprogrammierte Erscheinung“. Vgl. ebd.143: „Die bekannten Gesetze [!] der Physik und Chemie ... sowie die Systemeigenschaften [!] der Biomoleküle ... sind somit ausreichend, um *im Prinzip* die Entstehung der ersten Protozellen erklären zu können“. Die Frage wäre dann mithin jene Kants (siehe in Folge), ob nämlich die physikalisch-chemische Natur in ihren Gesetzen und Systemeigenschaften das Potenzial zur Biogenese enthält. Die Biogenese hätte aber dann diese weitreichenden Gesetze und Eigenschaften zur Voraussetzung. Und drittens sind die von Kutschera favorisierten immanenten Ordnungsprinzipien in der Materie unter entsprechenden Randbedingungen (organische Doppelhelix, Lipidbläschen, Viren, aber auch anorganische Strukturen wie die wabenförmige Kieselhäute-Anordnung von SiO₂) bereits kein blinder Zufall mehr, sondern zeigen **Systemeigenschaften mit Gesetzescharakter**.

In diesem Zusammenhang ist der Chemiker und Nobelpreisträger Ilya Prigogine als Befürworter ontologischer Emergenz [s.u.] in der Chemie bekannt geworden. Er bezog diese auf dissipative Strukturen thermodynamischer Nichtgleichgewichtszustände, welche **Eigenschaften** und dynamische **Prinzipien** zeigten, die **nicht auf physikalische Basisgesetze rückführbar**

sind.¹ Ähnlich der Physiker und ebenfalls Nobelpreisträger R. B. Laughlin mit dem Hinweis auf zahlreiche „geschützte“ Eigenschaften makroskopischer Materie wie Kristallstrukturen – **Eigenschaften**, die **nicht ansprechbar sind für mikroskopische Gesetze**. Das Verhalten dieser Eigenschaften ist problemlos mit hochstufigen Prinzipien und Gesetzen beschreibbar, aber nicht mit fundamentalen physikalischen Termen.² Dasselbe gelte vom Quanten-Hall-Effekt³ und der Josephson Konstante⁴:

„Neither of these things can be deduced from microscopics, and both are **transcendent**, in that they would continue to be true and to lead to exact results even if the Theory of Everything were changed. Thus the existence of these effects is profoundly important, for it shows us that for at least some fundamental things in nature the Theory of Everything is irrelevant.“ (Laughlin/Pines, a.a.O. 28–29)

(14) *Spontane Selbstorganisation komplexer Systeme alias biologischer Ordnungsstrukturen erfordert offene Systeme und Zufuhr von Energie und Information*

Die Physik ihrerseits hat Folgendes zum Thema zu sagen: Nach dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik tendieren abgeschlossene Systeme zu maximaler Entropie oder Unordnung, d.h. zum Abbau von Ordnung und Komplexität. Komplexe lebende Systeme, also biologische Ordnungsstrukturen, müssen daher offene Systeme sein, fernab des thermischen Gleichgewichts. Erhalt und Aufbau von Ordnung in der Physik und Biologie hängt erstens von ständiger Zufuhr von Energie von außen ab. Zweitens zeigt die positive empirische Datenbasis der Naturwissenschaften, dass spontane Selbstorganisation (Erzeugung qualitativ neuer Strukturen und Phänomene) in Form von Mikroevolution begrenzter Reichweite eine extreme Leistungsfähigkeit aufweist. Dies scheint jedoch nicht ohne weiteres auf eine Selbstorganisation in makroevolutiver Reichweite ausweitbar, d.h. auf die Hervorbringung ontologisch eigengesetzlicher neuer Ebenen angefangen mit der Schnittstelle Chemie / Biologie: „Es gibt keinen theoretischen Grund, der erwarten lassen würde, daß evolutive Linien mit der Zeit an Komplexität zunehmen; es gibt auch keine empirischen Belege, daß dies geschieht“ (Szathmáry, E. / Maynard Smith, J. (1995) The major evolutionary transitions. In: *Nature* 374, 227–223). Hier müssen entweder spekulative Faktoren wie bisher unbekannte Mechanismen postuliert werden (so heute die – meist implizite – Mehrheitsmeinung), oder aber zusätzliche Organisationsprinzipien (Informationsursachen) komplexer Systeme angenommen werden (Aristoteles, Leibniz, Kant, Heisenberg, Dürr, Barrow, Kutschera, in etwa auch Hawking). Letzteres bedeutet: Zur Erklärung der **qualitativen Komplexität organischer, biologischer Systeme** sind erfordert (a) **spezielle Organisationsprinzipien** der Entwicklung der Komplexität und (b) **zusätzliche Energie**, da der 2. Hauptsatz der Thermodynamik (Entropiesatz) universell gilt, auch in der Quantenmechanik und Relativitätstheorie (wie S. Hawking zeigen konnte): „Eine Theorie für Alles allein kann uns nicht sagen, welche Formen organisierter Komplexität es in der Natur gibt. Solche Zustände sind stark durch ihre Zusammensetzung und ihre Entstehungsgeschichte bedingt. Sie können durch unentdeckte Regeln für die Evolution bestimmt sein, die die Entwicklung aller Formen der Komplexität beherrschen. Eine Theorie für Alles wird auf solche Probleme wie den Ursprung des Lebens und des Bewußtseins wenig oder gar keinen Einfluß haben.“ (Barrow: *Theorien für Alles*, Reinbek 1994, 205)

Ein dynamisches System ist ganz allgemein eine strukturierte Menge von Elementen mit internen + externen Relationen materieller, energetischer und informationeller Flüsse. Ein

¹ Siehe Prigogine, Ilya/Stengers, Isabelle: *Order Out of Chaos*, New York 1984.

² Siehe Laughlin, R. B./Pines, D.: The Theory of Everything. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97 (1), 2000, 28–31: „The generic low-energy properties [of the crystalline state] are determined by a higher organizing principle and nothing else“ (ebd. 29).

³ Der Quanten-Hall-Effekt (kurz: QHE), den Klaus von Klitzing vom Max-Planck-Institut für Festkörperforschung in Stuttgart entdeckte (Physik-Nobelpreis 1985) ist dadurch als besonders charakterisiert, dass bei tiefen Temperaturen und starken Magnetfeldern die senkrecht zu einem Strom auftretende Spannung nicht wie beim klassischen Hall-Effekt *linear* mit dem Magnetfeld anwächst, sondern in Stufen.

⁴ Diese spielt eine Rolle bei magnetischen Flussquanten und erlaubt die bisher präziseste Bestimmung der Planck'schen Konstante oder des Wirkungsquantums h als der vielleicht wichtigsten fundamentalen Naturkonstante der Quantenphysik, und zwar handelt es sich um eine Bestimmung von einer komplexen, höherstufigen physikalischen Ebene aus. Die Planck'sche Konstante tritt bei Quantenphänomenen auf, bei welchen physikalische Eigenschaften nicht jeden beliebigen kontinuierlichen Wert, sondern nur präzise diskrete Werte annehmen. Sie ist das Verhältnis von Energie und Frequenz eines Lichtquants oder Teilchens und verknüpft Teilchen- und Welleneigenschaften.

System der klassischen deterministischen Physik wie auch ein einfaches probabilistisches System der Chaostheorie lässt sich analytisch-geometrisch durch 3 Ortskoordinaten und eine Kraftkomponente darstellen (Hamilton-System): als Zustand / Phase zum Zeitpunkt t plus der Menge Z der möglichen Phasen (= Phasenraum). Die Zustandsentwicklung eines Systems ist seine Bahnlinie (Trajektorie) im Phasenraum. Qualitative Phasenübergänge in offenen Systemen können zu hierarchisch organisierten, emergenten Strukturen führen. Das heißt: Mikroskopische lokale Wechselwirkungen eines komplexen Systems erzeugen in Phasenübergängen makroskopische Ordnungsstrukturen. Einfache Systeme führen relativ unabhängig vom Anfangszustand zu einem konstanten oder periodischen Endzustand. Komplexe Systeme sind extrem abhängig vom Anfangszustand, gehorchen also einer nichtlinearen Dynamik, und führen zu lokalen und globalen Gleichgewichtszuständen oder Attraktoren als Endzuständen (Fixpunkte, geschlossene Kurven, beschränkte Flächen, Grenzyklen und seltsame fraktale, d.h. iterative Attraktoren).

Die Entwicklung von Ordnungsstrukturen in dynamischen Systemen kann durch sog. Zelluläre Automaten (die ursprüngliche Idee stammt von v. Neumann) simuliert werden, bestehend aus einer Zustandsmenge Z , einem Grundalgorithmus, einer Eingabemenge mit Eingangsvektoren $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ und einer Ausgabemenge mit Ausgabevektoren $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$. Man unterscheidet Automaten der Klasse 1 mit einfachen Attraktoren (1 Fixpunkt), der Klasse 2 mit Grenzyklen (Oszillationen), der Klasse 3 mit seltsamen Attraktoren (chaotische, fraktale Muster), der Klasse 4 mit komplexen Strukturen (nicht vorhersagbares Entstehen neuer Ordnungsstrukturen). Zelluläre Automaten bewältigen auch die in der Physik zentralen Differentialgleichungen und vermögen universelle serielle Rechenmaschinen (Standardcomputer) zu simulieren.

Die Synergetik (Haken) ist ein konzeptgeleiteter (*top-down*) Ansatz der Theorie komplexer dynamischer Systeme und neuronaler Netzwerke. Er untersucht die allgemeinen Gesetze von Selbstorganisation: Anfangsfluktuationen – Nichtlinearität – Symmetriebrechungen – Ordnungsstrukturen.

(15) *Der wissenschaftsphilosophische Diskussionsstand zur Möglichkeit der Entstehung von Ordnung von unten nach oben (bottom-up) per Emergenz: Emergente Eigenschaften, Gesetze und Objekte*

Den gegenwärtigen Forschungs- bzw. Diskussionsstand zum Thema Emergenz höherstufiger Eigenschaften und Objekte aus basalen Elementen bilanzieren O'Connor, Timothy/Yu Wong, Hong: Emergent Properties. In: *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (SEP) (2006). In der Hauptsache geht es um epistemologisch (= für unser Erkennen) und/oder ontologisch (= in sich) emergente *Eigenschaften*; aber in der neueren Diskussion werden auch Ansätze zu epistemologisch und/oder ontologisch emergenten *Substanzen* vertreten.

Die epistemologische Emergenz, d.h. als bedingt durch Grenzen der begrifflichen und wissenschaftlichen Erfassung komplexer Systeme, ist gegenwärtig der beliebteste Ansatz zum Phänomen der Emergenz. Die beiden häufigsten Fassungen sind diese:

- *Nichtvorhersagbarkeit*: „Emergent properties are systemic features of complex systems which could not be predicted (practically speaking; or for any finite knower; or for even an ideal knower) from the standpoint of a pre-emergent stage, despite a thorough knowledge of the features of, and laws governing, their parts.“⁵
- *Nichtreduzierbarkeit*: „Emergent properties and laws are systemic features of complex systems governed by true, lawlike generalizations within a special science that is irreducible to fundamental physical theory for conceptual reasons. The macroscopic patterns in question cannot be captured in terms of the concepts and dynamics of physics.“⁶

⁵ Bekannte Vertreter sind Popper, bei welchem der Indeterminismus der modernen Physik mit ins Spiel kommt, z.B.: Popper, K. R./Eccles, J. C.: *The Self and Its Brain*, New York 1977, 16–35 [dt.: *Das Ich und sein Gehirn*, München/Zürich ¹⁰1991, 21–43 und überhaupt Kapitel P1 bis 60; sowie Bedau, Mark: Weak Emergence. In: In James Tomberlin (ed.): *Philosophical Perspectives: Mind, Causation, and World*, vol. 11, Oxford 1997, 375–399.

⁶ Jerry Fodor ist der bekannteste Verfechter einer solchen irreduziblen Eigenständigkeit spezieller Wissenschaften wie Biologie, Psychologie, Ökonomie etc. Bekannt ist seine Rede vom ‚immortal economist‘, der vergebens versucht, ökonomische Prinzipien aus der Physik und der Verteilung physikalischer Eigenschaften in der Raumzeit abzuleiten. Andere Vertreter sind Nagel,

Die Standardtheorie ontologischer Emergenz ist superveniente Emergenz:

„Ontological emergentists see the physical world as entirely constituted by physical structures, simple or composite. But composites are not (always) mere aggregates of the simples. There are layered strata, or levels, of objects, based on increasing complexity. Each new layer is a consequence of the appearance of an interacting range of ‚novel qualities‘. Their novelty is not merely temporal (such as the first instance of a particular geometric configuration), nor the first instance of a particular determinate of a familiar determinable (such as the first instance of mass 1576819 kg in a contiguous hunk of matter). Instead, it is a **novel, fundamental type of property** altogether [...] **Emergent laws are fundamental; they are irreducible to laws characterizing properties at lower levels of complexity**, even given ideal information as to boundary conditions. Since emergent features have not only same-level effects, but also effects in lower levels, some speak of the view’s commitment to ‚downward causation‘“ (O’Connor/Yu Wong 2006).⁷

Der Ansatz ist in vielem ähnlich dem des aristotelischen Hylemorphismus mit physikalischer Materialursache und **ideell-dynamischer Formursache** oder Entelechie (formgebendes und aufbauendes Lebensprinzip).⁸ Die ihrerseits bereits auf einer niedrigeren physikalischen Stufe vorgeformte Materialursache ist bei Aristoteles die notwendige Bedingung höherstufiger Bereiche wie des Mentalen – als Funktion und Form. Aber anders als im zeitgenössischen Funktionalismus. In Letzterem haben „mentale qua funktionale Zustände ... nicht bereits für sich genommen Wirklichkeit. Vielmehr bedarf es des Materiellen, um sie zu realisieren [...] Dieses Materielle wird hier jedenfalls als die grundlegende primäre Wirklichkeit betrachtet.“ (Liske a.a.O. 2003, 38).

Anders bei Aristoteles: „In Aristoteles’ Konzeption der Seele als Form oder Verwirklichung liegt eine völlig andere Aussage. Hiernach ist das Seelisch-Mentale die eigentliche Wirklichkeit.“ (ebd. 2003, 38) Und: „Da die seelische Tätigkeit als Ziel und Verwirklichung das ontologisch Höherwertige ist, ist auch eine angemessen strukturierte Materie nicht hinreichend, sie zu konstituieren“ (ebd. 2003, 39). Außerdem ergibt sich daraus, dass „manche [seelische Tätigkeit] autark ... und unabhängig vom Körper“ ist (ebd. 2003, 39). Das Physische ist dagegen die stoffliche Grundlage oder Materie (*hyle*) und die Bedingung (*conditio sine qua non*) des Mentalen (ebd. 2003, 40).

(16) *Der wissenschaftsphilosophische Diskussionsstand zur Möglichkeit der Entstehung von Ordnung von oben nach unten (top-down) per Abwärtsverursachung (downward causation)*

Einen repräsentativen Überblick zur Diskussion der Abwärtsverursachung von höherstufigen Ebenen auf elementare Stufen bieten Emmeche, Claus/Køppe, Simo/Stjernfelt, Frederik: Levels, Emergence, and Three Versions of Downward Causation. In: Peter Bøgh Andersen/Claus Emmeche/Niels Ole Finnemann/Peder Voetmann Christiansen (eds.): *Downward Causation. Minds, Bodies and Matter*, Århus 2000, 13–24. Sie legen selbst auch einen ausbalancierten Neuanatz vor: Abwärtsverursachung als komplexe **Organisationsmuster** oder Attraktoren alias aristotelische **Form- und Zweckursachen**.

Die Autoren unterscheiden drei Ansätze zur Abwärtsverursachung und erörtern diese an den besonders klassischen Emergenzstufen, nämlich an der (i) biochemisch-zellbiologischen Schnittstelle (*physics / biology*) und an der (ii) neuronal-psychischen Schnittstelle (*brain / psyche*). Die Diskussion wird darüber hinaus an Hand zweier Postulate oder Hypothesen und ihrer jeweiligen Umkehrungen strukturiert sowie anhand der aristotelischen Vierursachentheorie. Die epistemischen und / oder ontologischen Stufen (*levels*) der Wirklichkeit werden dabei wie sonst üblich durch eine für die jeweilige Stufe typische, emergente konstitutive Objekteinheit be-

Ernst: *The Structure of Science*, New York 1961, und Teller, Paul: A Contemporary Look at Emergence. In: Ansgar Beckermann/Hans Flohr/Jaegwon Kim (eds.): *Emergence or Reduction? Essays on the Prospects of Nonreductive Physicalism*, Berlin/New York 1992, 139–153.

⁷ O’Connor, T.: *Persons and Causes* (Chapter 6), Oxford 2000, kritisiert diese Standardversion der ontologischen Emergenz *qua* synchronische Supervenienz und vertritt eine nichtsuperveniente, nichtsynchronische dynamische Auffassung der Emergenz. Paul Humphreys (Emergence, Not Supervenience. In: *Philosophy of Science* 64 (1997), 337–345) kritisiert ebenfalls die Supervenienzversion zugunsten einer metaphysischen Fusionsrelation: „[Emergent properties] ‚result from an essential interaction [i.e. fusion] between their constituent properties, an interaction that is nomologically necessary for the existence of the emergent property.‘ Fused entities lose certain of their causal powers and cease to exist as separate entities, and the emergents generated by fusion are characterized by novel causal powers.“ (O’Connor/Yu Wong 2006)

⁸ Vgl. Liske, M.-Th.: Aristoteles’ Philosophie des Geistes. Weder Materialismus noch Dualismus. In: U. Meixner/A. Newen (Hrsg.): *Seele, Denken, Bewusstsein. Zur Geschichte der Philosophie des Geistes*, Berlin/New York 2003, 20–56.

stimmt: „A level is thus characterized by a certain primary entity possessing the emergent property defining the level.“ (Emmeche/Køppe/Stjernfelt 2000, 16)

Der aristotelische Rahmen der Kausaltheorie wird herangezogen, weil die Erörterung des Konzeptes der Abwärtsverursachung die Einbeziehung aller Typen von Kausalerklärungen erforderlich macht, wie sie Aristoteles in ziemlicher Vollständigkeit bietet. Die moderne Diskussion konzentriert sich dagegen bekanntlich meist auf die Wirkursache (*efficient causality*) und vernachlässigt andere Typen von Kausalität.

Die Autoren diskutieren sodann einmal die *starke* Abwärtsverursachung (*strong downward causation*). Sie kann wie folgt definiert werden: „A given entity or process on a given level [*qua* creative or formative power outside the range of scientific description] may causally inflict changes or effects on entities or processes on a lower level“ (Emmeche / Køppe / Stjernfelt 2000, 18). Die Autoren lehnen diese ab, und führen zwei Argumente gegen die Position an. Erstens sind Lebensprinzipien oder **vitale Kräfte** oder Potenzen methodisch nicht von den empirischen Naturwissenschaften her in den Griff zu bekommen. Sie liegen außerhalb des naturwissenschaftlichen Bereichs. Es liegt auf der Hand, dass dieses Argument nur sinnvoll ist, wenn man die Weltanschauung des Materialismus oder Physikalismus teilt. Wenn nicht, ist durch die Tatsache, dass empirische Naturwissenschaften methodisch keine nichtsinnlichen Lebensprinzipien oder Entelechien erfassen können, überhaupt nichts über die Möglichkeit und Wirklichkeit solcher nichtphysikalischer Prinzipien abzuleiten. Siehe dazu auch in Folge.

Der zweite Einwand der Autoren besagt, dass die basalen physikalischen Gesetze immer und überall gelten, also keine Beeinflussung durch andere höhere vitale oder psychische Gesetze erfahren. Nun, dies gilt sicherlich normalerweise so lange wie wir auf der basalen Ebene der Teilchen und Kräfte bleiben. Aber es ist gegenwärtig sehr umstritten, ob das nicht bereits in der makrophysikalischen Schicht der Wirklichkeit nicht mehr gültig ist. Erst recht natürlich auf noch höheren Stufen der Komplexität (vgl. 2000, 19).

Die Autoren meinen aber, dass hinter der sehr starken und immer wieder in der Wissenschaftsgeschichte nach oben drängenden Intuition einer *starken* Abwärtsverursachung etwas Ernst zu Nehmendes liegt. Falsch sei nur und auf jeden Fall, wenn der Übergang von basaler zu emergenter Ebene als *zeitliche*, prozessuale Abfolge und die ‚*spätere*‘ Kausalität entstandener emergenter Entitäten als wirkursächliche, energetische Beeinflussung der basalen Ebene gedeutet würde. Man müsse mit Kant und Aristoteles sehen, dass es bei systemischen Ganzheiten keine temporale Differenz zwischen den konstituierenden Teilen und dem emergenten Ganzen gäbe:

„Given this situation, the same phenomena are at the same time cause and effect for each other (which, it will be recalled, is Kant’s definition of the organism in *Kritik der Urteilskraft* [This principle, which is at the same time a definition, is as follows: *An organized product of nature is one in which every part is reciprocally purpose [end] and means.* In it nothing is vain, without purpose, or to be ascribed to a blind mechanism of nature.’ One can easily interpret this as an instance of our modified Aristotelian concept of functional causality.) It is not easy (within the restricted framework of efficient causality) to understand how this should be possible except in cases where the interchangeable causes and effects do in fact belong to the same level – unless one tries to wrap the problem up in pseudo-explanations like ‚dialectics‘ [...] The biological system is not ‚first‘ realized physically-chemically, causing in turn the appearance of the biological system. The biological system *is constituted* by a certain constellation of the physical-chemical level. Of course, the coming into being of this constellation, arrangement, organisation, or whatever is the reason why the physical system is now also biological. But since the system remains physical *at the same time* as being biological (it is not *first* physical and *then* biological ...) [...] We may say that *when* we have a physical-chemical system in a certain arrangement, *then* it is also biological, but the words ‚when‘ and ‚then‘ in this context refer to a logical sequence, not a temporal one.“ (Emmeche/Køppe/Stjernfelt 2000, 21–22)

Eine Definition von mittlerer oder gemäßiger Abwärtsverursachung (*medium downward causation*) ist sodann: „An entity on a higher level comes into being through a realization of one amongst several possible states on the lower level – with the previous states of the higher level as the factor of selection. This idea can be made more precise with the aid of an interpretation of the concept of ‚boundary condition.‘“ (Emmeche/Køppe/Stjernfelt 2000, 24). Diese mittlere oder gemäßigte Fassung der Abwärtsverursachung akzeptiert somit und definiert sich über einschränkende und lenkende **Randbedingungen für physikalische Prozesse** seitens emergenter Schichten. Anders formuliert: Die höherstufige Ebene schränkt die basale Ebene ein und zwingt sie – auch ohne wirkursächliche physikalische Einflussnahme in eine bestimmte Richtung (2000, 25): „The entities at various levels may enter part-whole relations (e.g., mental phenom-

ena control their component neural and biophysical sub-elements), in which the control of the part by the whole can be seen as a kind of functional (teleological) causation, which is based on efficient, material as well as formal causation in a multined system of constraints.“ (2000, 25)

Die Autoren beschreiben schließlich die dritte, von ihnen bevorzugten Version der schwachen Abwärtsverursachung (*weak downward causation*) mit Hilfe des begrifflichen Instrumentariums von Phasenräumen (v. a. nichtlinearer) dynamischer Systeme und der Entwicklung der Bewegungen des Systems (Trajektorien) am Leitstrahl von Attraktoren:

„Phase space maps all the possible states of a system into a space defined by a set of dimensions, each of them corresponding to a parameter of the system. Through a continuous change in these parameters, any change in the system will be modelled by a trajectory in the phase space. Classical conservative mechanical systems will result in one distinct trajectory through the phase space, but various damped, thermodynamic systems lose energy all along and may approach the same behaviour as systems with other initial conditions. An *attractor* is the name of a set of points in the phase space in which trajectories with many different initial conditions end. Attractors may vary in kind from points (corresponding to no change in the system), to orbits (corresponding to cyclically recurrent states), to pseudo-cycles (corresponding to overall but not precisely recurrent behaviour), and the strange attractors of chaos theory (with unpredictable behaviour due to exponentially divergent trajectories from nearby points – but still with pattern properties). Attractors are of course not unique to emergent behaviour (unless all thermodynamic micro-macro distinctions involve emergent behaviour), but it seems to be the case that emergent higher levels are regulated by **stable and complicated attractors** for the dynamics of the lower level, often characterized by cyclical mechanisms of regulation.“ (Emmeche / K ppe / Stjernfelt 2000, 26–27)

Auch in der Biologie können Organismen betrachtet werden als bestehend aus hochkomplexen Attraktoren (mit stabilen Teilzyklen wie Stoffwechsel und Reproduktion) f r das Verhalten organischer Moleküle in einem biochemischen Zustandsraum:

„Given the relevant organic molecules, these **attractors exist in a certain (Platonic) sense before the particular living organism**. As argued in detail by the theoretical biologists Kauffman and Goodwin, the fact that a biological species consists of stable organisms is neither a wonder nor solely a product of selection, as traditionally held by neo-Darwinism.⁹ The stability is the result of **internal, formal properties** in the organisation of the organism, and the job of natural selection is only to sort the possible stable organisms and find those most fit for the given milieu; in this sense, the genes selected by natural selection set the parameters that specify the initial conditions for emergent development.“ (Emmeche/K ppe/Stjernfelt 2000, 26–27)

Diese **Attraktorthorie** hochstufiger Schichten im Sinne **aristotelischer Formursachen** der Selbstorganisation ist noch keine Erklärung, sondern eine allerdings erhellende Beschreibung der Situation. Die Autoren glauben nun, dass solche Attraktoren zur Ausstattung oder zum Potenzial der physikalischen Natur gehören und bei entsprechenden, extrem seltenen, chemischen Voraussetzungen aktiviert werden oder ‚losgehen‘. Etablierte stabile Attraktoren wirken dann wie ein holistisches, formendes, regulierendes und kausal aktives Prinzip, als ein Gestalt-Ganzes, das auf die Teile des Systems in einer Weise wirkt, die als Abwärtsverursachung interpretiert werden kann (2000, 28).

Der Attraktor funktioniert auch in einem anderen Sinne als Ganzes insofern er die basalen Zustände unter seine Dynamik subsumiert und auf diese Weise wie eine **Allgemeinstruktur** (*general type*) auftritt, deren einzelne Phasenraumpunkte als individuelle Instanzen (*tokens*) dieser Allgemeinstruktur angesprochen werden können.

Folgerichtig hat der Attraktor oder das **Organisationsmuster** den Charakter einer *Potentialität* oder Fähigkeit oder Kraft, welche gewissermaßen **vor der empirischen Realisierung existiert**. Starke Versionen von Abwärtsverursachung neigen dagegen dazu, diese Potenzen durch noch unbekannte oder physikalisch nicht greifbare *Aktualitäten* zu ersetzen und diese bei jedem Organismus als jeweils neue transzendente Schöpfungen zu deuten.

Dennoch ist andererseits festzuhalten, dass solche emergenten dynamischen Strukturen oder Potenzen nicht nur an den vieler rterten klassischen Schnittstellen auftreten, sondern bereits in der Makrophysik allgegenwärtig sind, in der Festkörperphysik, Hydrodynamik, Kosmologie und in jedem thermodynamischen System. Wenn solche Organisationsmuster und Attraktoren nun notwendig sind für die Beschreibung von schwacher Abwärtsverursachung, stellt sich die Frage nach der hinreichenden Bedingung für die Konstituierung einer emergenten Schicht. Die Autoren vermuten nun in der Linie Leibniz‘ und Heisenbergs, dass es einerseits keine scharfen

⁹ Goodwin, B.: *How the Leopard Changed its Spots. The Evolution of Complexity*, New York 1994; Kauffman, S.: *The Origins of Order. Self-organization and Selection in Evolution*, Oxford 1993.

Grenzen zwischen großen Emergenzübergängen (Physik/Biologie etc.) und binnenphysikalischen oder binnenbiologischen (z.B. Einzelzelle/Mehrzeller) Emergenzübergängen gibt. Die verschiedenen Schichten sind andererseits dennoch *ontologisch real* und sind nicht nur epistemologische Konstrukte, sondern „levels have a gestalt quality, ... since the gestalts governing them are objective.“ (2000, 30) In der schwachen Abwärtsverursachung sind Emergenz und Abwärtsverursachung durchaus *formalontologische* Begriffe in einer komplexen Mereologie (2000, 31). Und Emergenz und Abwärtsverursachung sind hier nicht als epiphänomenal misszuverstehen, sondern die implizierten **Formprinzipien haben eine eigene Realität** (etwa in der begrifflich-mathematischen Welt 3 Poppers) und **Kausalität** (etwa als aristotelische Formursachen, nicht als Wirkursachen)

„In contrast to Jaegwon Kim, who holds that ‚if emergent properties have no downward causal powers, they can have no causal powers at all,‘ we have argued that the attractor description could count as a good case for the existence of an emergent property (i.e. belonging to an attractor in state space) without the very notion of ‚causal power‘ having to be relevant at all. To us it seems that the ontology of abstract objects – forms, shapes, mathematical and topological relations – indicates that entities do not have to have causal powers in order to exist.“ (Emmeche/Køppe/Stjernfelt 2000, 31)

Im Fazit: „To sum up the position of weak downward causation: downward causation cannot be interpreted as any kind of efficient causation. Downward causation must be interpreted as a case of **formal causation**, an **organizing principle**. A prominent forerunner of such a position is Ernst Cassirer, who attacked the latter-day vitalists of his age and instead invoked a ‚nicht-stoffliche Ordnung‘ as crucial in biology¹⁰.“ (Emmeche/Køppe/Stjernfelt 2000, 29–31).

(17) Künstliche Intelligenz, alias programmgesteuerte spontane Selbstorganisation hat eingebaute Algorithmen und gesteuerte Lern- bzw. Trainingsphasen zur Voraussetzung

Die Simulation von Selbstorganisation in der Kognitionswissenschaft zeigt: Anspruchsvollere mehrschichtige Netzwerkhierarchien sind nach entsprechender Eintrainierung zu zielgeleiteten motorischen Aktionen nach Grundsätzen der Selbstorganisation in der Lage. Die Repräsentation (Kodierung) der sensorischen und motorischen Muster geschieht in mehrdimensionalen Phasenräumen, wobei der jeweilige Zustand durch einen n-dimensionalen Kodierungsvektor (Matrix) dargestellt wird. Die intersensorische und sensomotorische Koordination erfolgt durch Vektortransformationen (Matrizenrechnung). Der Trainings- und Lernprozess des Systems fußt auf der Tatsache, dass das innere Produkt zweier Vektoren eine Maßzahl für die Ähnlichkeit zweier Vektoren ist. Dies erlaubt, in 1000- und 10000-fach wiederholten Versuchen die Einzelwerte des Ist-Vektors mit dem angestrebten prototypischen Soll-Vektor abzugleichen und immer besser anzupassen (z.B. im *Back-Propagation*-Algorithmus).

Bisher nicht gelöste Hypothesen dieses Ansatzes sind die extrem lange überwachte oder auch selbstständige *Trainingsphase*, die in der Regel eine zusätzliche sorgfältige Aufbereitung des Datenmaterials erfordert. Sie steigt angesichts der tatsächlichen, extrem komplexen und anspruchsvollen biologischen und sensorischen Leistungen rapide ins Unermessliche. Dazu kommt die von vorne herein in Form von komplizierten *Algorithmen* in die künstlichen neuronalen Netze einzubauende „künstliche“ Intelligenz: „Much of the interesting work has been done in setting up the innate wiring of the network“ (S. Pinker: *The Blank Slate*, New York 2002, 83).

(18) Randbedingungen der Elementarteilchenphysik zum Thema: Kräfte sind die bestimmenden Faktoren für die Naturbeschreibung

Dazu Herwig Schopper, 1980–2000 Generaldirektor der *Europäischen Organisation für Kernforschung* (CERN) in Genf, dem weltgrößten Forschungszentrum auf dem Gebiet der Teilchenphysik: „Man hat erkannt, daß die Kräfte die alles bestimmenden Elemente für die Natur-

¹⁰ Cassirer, E.: *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit*, IV, Hildesheim/Zürich/New York 1991.

beschreibung sind. Sie verursachen nicht nur den ständigen Wandel in der Natur, sondern aus ihrer Struktur lassen sich auch die Eigenschaften der Elementarteilchen ableiten“ (Schopper: Was heißt Materie? In: Thomas (Hrsg.): *Naturherrschaft*, Herford 1991, 20). Im Blick auf die Grundkräfte ist philosophisch die Antwort auf die Frage wichtig: „Was ist Kraft? Die Frage ist jahrhundertlang verdrängt worden. Newton, der sich damals mit der Schwerkraft befaßte, hat gesagt: Was Kraft ist, interessiert mich nicht, ich benutze sie aber, sowohl um den Fall des Apfels zu beschreiben wie auch die Bewegungen der Gestirne [...] Aber was Kraft eigentlich ist, hat er gesagt, interessiere ihn nicht. Nun, das ist unbefriedigend.“ (Schopper: Was heißt Materie? In: Thomas (Hrsg.): *Naturherrschaft*, Herford 1991, 21) Schopenhauer formulierte deswegen das Axiom: „Die Physik vermag nicht auf eigenen Beinen zu stehen, sondern bedarf einer Metaphysik [...] Denn sie erklärt die Erscheinungen durch ein noch Unbekannteres, als diese selbst sind: durch Naturgesetze, beruhend auf Naturkräften“ (*Welt als Wille und Vorstellung* II, Kap. 17).

(19) Randbedingungen der Elementarteilchenphysik zum Thema – Fortsetzung: Symmetrien bestimmen die Eigenschaften der Kräfte

Dazu noch einmal Schopper: „Wir glauben heute, daß wir ein noch tieferes Prinzip als die Kräfte haben: Das sind Symmetrien, Symmetrien unserer Raum- und Zeitstruktur. Letzten Endes sollen es also die Eigenschaften von Raum und Zeit sein, die die Eigenschaften der Kräfte bestimmen, und weiterführend bestimmen dann die Kräfte die Eigenschaften der Elementarteilchen [...] Wenn Sie aber fragen, was letztlich das Wesen der Materie ist, dann muß ich antworten, daß es keine letzten harten Bausteine gibt, sondern daß sich alles auflöst in **ideale Begriffe** wie Symmetrien.“ (Was heißt Materie?, a.a.O. 21–22). Symmetrien sind **Ordnungsprinzipien**, die auf die Raumzeit oder das physikalische Raumzeit-Kontinuum angewandt werden.

Dazu abschließend eine philosophische Bewertung durch Herwig Schopper: „Wir sind ... dabei, uns von der Philosophie Demokrits [460–371 v. C., Begründer des atomistischen Materialismus] mit seinen unteilbaren Atomen zu entfernen, und nähern uns demjenigen Platos, denn der Begriff der Symmetrie steht den **platonischen Ideen** ohne Zweifel sehr viel näher als den Atomen Demokrits. Das ist vielleicht die wichtigste Erkenntnis der Elementarteilchenphysik: Wir müssen Abschied nehmen von einem materialistischen Weltbild, das auf letzten unzerstörbaren Materiebausteinen beruht, und müssen es ersetzen durch eines, das auf **ideellen Begriffen** basiert.“ (Was heißt Materie?, a.a.O. 23)

(20) Randbedingungen der Elementarteilchenphysik um Thema – Fortsetzung: Grenzen der empirischen, naturwissenschaftlichen Forschung

Leben und eine diversifizierte Biochemie hängen von Symmetriebrechungen und einer kühlen Welt mit niedriger Energie ab. Symmetriebrechungen implizieren aber stets eine nichtlineare Dynamik (Chaos) und damit wieder fehlende Berechenbarkeit. Diese Schranken der Erfahrung und Berechenbarkeit haben zum Resultat, dass das aktuelle Standardmodell der Teilchenphysik nur 4% der physikalischen Realität des Kosmos (Materie und Strahlung) erfasst und erklärt: Das Standardmodell identifiziert und erklärt nicht die Dunkle Materie (22 % des Kosmos), die Dunkle Energie (74 % des Kosmos) und die Dauer und Konstanz des Kosmos trotz der unvorstellbaren Vakuumenergie der virtuellen Quantenfelder, die nach dem Standardmodell den Kosmos augenblicklich explodieren lassen müssten: „Die **Naturgesetze erlauben uns nicht, das herzuleiten, was wir im Universum sehen**. Und wir wissen nicht einmal, wo wir die Trennlinie zwischen jenen Aspekten ziehen sollen, die Gesetzen zuzuschreiben sind, und jenen, die sich zufällig ergeben.“ (Barrow 1994, 177) Auch für die Naturkonstanten gilt: Deren Geltung ist nur **faktisch**, relativ und eventuell im kosmischen Maßstab nur **lokal**. Grundlegende Konstanten sind die Gravitations- und die Feinstrukturkonstante sowie der Quotient aus Protonen- und Elektronenmasse. Diese bestimmen die Struktur der Atome und Moleküle.

(21) *Randbedingungen der Elementarteilchenphysik zum Thema – Fortsetzung: Die Objekte der Quantenwelt haben ein apriorisches und holistisches Hyperwissen*

Die Quantentheorie zeigt eine Doppelnatur der physikalischen Realität: Alle Materie und Strahlung ist sowohl (1) nichtmaterielle Welle[nfunktion] Ψ (Psi = ganzheitliches Quantenpotenzial als abstrakter, nicht visualisierbarer objektiver Möglichkeitsraum) als auch (2) in Messung und Beobachtung von der Art aktueller, konkreter, lokaler raumzeitlich differenzierter Teilchen (Quanten). Die Teilchen (Quanten) bewahren (1) den holistischen Informationsgehalt ihres Urgrundes, der Wellenfunktion: Sie zeigen ein apriorisches **Hyperwissen** vom – auch zukünftigen – Verhalten anderer Teilchen. Sie bewahren (2) die ganzheitliche Wechselwirkung ihres Urgrundes in **Hyperkräften** wie Fernwirkung, Rückwärtsverursachung und Zeitreisen. Für eine komprimierte Übersicht hierzu unter Beteiligung praktisch aller in der Materie führenden Forscher vgl. Davies, P. C. W./Brown, J. R.: *Der Geist im Atom. Eine Diskussion der Geheimnisse der Quantenphysik*, Basel / Boston / Berlin 1988, bes. 17–25.

(22) *Randbedingungen der Elementarteilchenphysik zum Thema – Fortsetzung: Die »Entelechie« oder die ganzheitliche Struktur leitet das physikalisch-chemische Geschehen im Organismus*

Die vielleicht beste Darstellung der heute vorherrschenden Kopenhagener Interpretation der Quantenphysik stammt vom Vater der Quantenmechanik selbst, Werner Heisenberg. Hier das Relevante aus der wichtigsten wissenschaftstheoretischen Programmschrift Heisenbergs *Ordnung der Wirklichkeit*, München/Zürich 1989 [1942]:

- „Die chemischen Qualitäten der Materie“ sind „auf das mechanische oder elektrische Verhalten der Atome zurückzuführen“ (81–82). Dieses Verhalten ist allerdings nur begrenzt, partiell und in abstrakter Form zu objektivieren: „Man darf behaupten, die Quantentheorie habe geradezu gezeigt, dass die **chemischen Gesetze einen selbstständigen Zusammenhang** darstellen, der *nicht* durch die mechanische Bewegung kleinster Teile erklärt werden könne.“ (86)
- „Die **Entstehung lebendiger Organismen** ist „trotz oberflächlicher Analogien“ eine „**völlig andere Situation**“ als die Bildung von Ordnungsstrukturen der unbelebten Realität wie Atome, Moleküle, Kristalle (96).
- „Ein lebendes Wesen [erscheint] als eine vom Standpunkt der Atomphysik ungeheuer unwahrscheinliche Anordnung von Atomen“ und wenn es existiert, „so würde die Atomphysik wahrscheinlich eine Folge von Veränderungen vorhersagen, deren Verlauf ... in der gewöhnlichen Sprache als Tod und Verwesung bezeichnet wird“ (98).
- „Einerseits verhält sich ein lebendiger Organismus völlig anders als »tote Materie« [...] andererseits kann das Lebewesen ... auch als physikalisches System betrachtet ... werden“ (99).
- Wie die globale quantenmechanische Wellenfunktion „die Bewegung der ... Elementarteilchen im Atom ... »leitet«, so leitet „die »Entelechie« oder die **ganzheitliche Struktur** ... das physikalisch-chemische Geschehen im Organismus (104).
- „Die lebendige Substanz ist nicht nur oder nicht immer ein materielles aus Atomen aufgebautes Gebilde, das sich nach den Gesetzen der Physik und Chemie (oder ganz allgemein den quantentheoretischen Gesetzen) verändert. Es hat diese Eigenschaft nur (und auch immer) in den Experimenten, in denen wir ein physikalisch-chemisches Verhalten untersuchen. Die lebendige Substanz kann aber in anderen Fällen auch etwas Anderes, z.B. eine **organische Einheit** sein; sie gehorcht als solche den **biologischen Gesetzen**.“ (105)
- Es gibt „keine scharfe Grenze zwischen lebender und toter Materie [...] Man kann dies so ausdrücken, daß es überhaupt nur lebende Materie gebe“ (112).
- Das Leben ist einerseits mit der quantenmechanischen Wellenfunktion der Materie zu vergleichen, nur noch stärker **ideell**, potenziell und „in noch geringerem [Maße] eine aktuelle objektivierbare Realität in Raum und Zeit“ (113). Dies ermöglicht das

„scheinbare »Übergreifen« eines Körpers in entfernte Raum-Zeitgebiete [...] Man denke etwa an die Wanderungen der Zugvögel“ oder sonstige „biologische Instinkthandlungen“ (113)

- „Die **biologische Funktion** [ist] **primär** gegenüber dem objektiven materiellen Ablauf“ (116).

Vgl. aktuell hierzu Gerd Binnig (Nobelpreis Physik 1986 für die Entwicklung des Rastertunnelmikroskops): „In der Physik gibt es eine große offene Frage: Was steckt hinter der Quantenmechanik? [...] An die Theorie der Verborgenen Variablen [...] glaube ich nicht [...] Ich glaube, dass das eher über Intelligenz erklärbar ist. Über **Intelligenz von Teilchen** [...] Schauen Sie sich mal an, wie eine Zelle aufgebaut ist. Das ist ein gigantisches Netzwerk aus Proteinen, die alle miteinander verknüpft sind [...] Eine Zelle ist ein intelligentes Wesen. Sie ist kaum sichtbar für unser Auge, hat aber eine immense Intelligenz: Sie kann auf komplexe Reize intelligent reagieren. Hätte das einer vor 50 Jahren behauptet, wäre er ausgelacht worden. Denken wir mal ein bisschen weiter und gehen zum Elektron. Würde man heute sagen: Das Elektron ist ein intelligentes Wesen – die Leute würden wieder lachen. Ich glaube aber, dass man da aufwachen wird. Im Prinzip kann man sich nämlich vorstellen, dass auch Elementarteilchen eine gewisse Intelligenz haben.“ (Interview mit *Drillingsraum.de*, 18.08.2010)

(23) *Die Mathematik zum Thema: [Prim-]Zahlen steuern Aufbau und Verhalten der Realität in der Biochemie*

Bekanntlich war v.a. der späte Platon und seine unmittelbaren Nachfolger wie viele heutige Weltformeltheoretiker davon überzeugt, dass die Realität letztlich mathematischen Formen und Gesetzen folgt, in mathematischen Ideen gründet (vgl. Radke, Gyburg: *Die Theorie der Zahl im Platonismus. Ein systematisches Lehrbuch*, Tübingen/Basel 2003). Gegenüber dieser wissenschaftlichen Monopolstellung der Mathematik hat in der Wissenschaftsphilosophie der Gegenwart die aristotelische Wissenschaftstheorie und Philosophie der Mathematik die größere Plausibilität, wonach es drei autonome Bereiche theoretischen Wissens gibt mit je eigenen Methoden und Gegenständen: **Physik** (pragmatische Lebenswelt: Wirkungen der Naturgesetze) – **Mathematik** (quantifizierbarer Teilbereich der Welt: Naturgesetze) und **Metaphysik** (substantielle Struktur- und Prozessprinzipien der Dinge: Metawelt). Dies schließt eine enge Symbiose und wechselseitige Beeinflussung und Befruchtung von Mathematik und Physik, welche geschichtliches Fakt ist, nicht aus, sondern ein.

Die vielleicht wichtigsten modernen, systematischen Beiträge zur Rolle der Mathematik in dem in Rede stehenden Zusammenhang stammen einmal von dem provokativen Grundlagenforscher und Querdenker Peter Plichta. Plichtas Buch mit dem in seiner Dramatik zugegebenermaßen gewöhnungsbedürftigen Titel *Gottes geheime Formel. Die Entschlüsselung des Welträtsels und der Primzahlcode*, 8. Auflage München 2006, bietet eine allgemeinverständliche Zusammenfassung. Zum anderen ist die ausführliche fachtechnische Ausarbeitung seitens führender Vertreter des Gebietes der Theoretischen Chemie zu nennen, nämlich Jan C. A. Boeyens (University of Pretoria, Südafrika) und seines Kollegen Demetrius C. Levendis. Vgl. Boeyens / Levendis: *The Periodicity of Atomic Matter*, Dordrecht: Springer Netherlands 2008, 374 S. Boeyens hat inzwischen ein zweites Werk zum Thema vorgelegt, betitelt *A Chemistry from First Principles*, Dordrecht: Springer Netherlands 2008, 322 S. Die Kernthesen sind:

- **[Prim-]Zahlen steuern Aufbau und Verhalten der Realität** in Biochemie, Kernchemie, physikalischer Astronomie.
- „Alle physikalischen Abläufe, zum Beispiel der radioaktive Zerfall, die barometrische Höhenformel, die Raketengleichung oder die Entropieänderung, gehorchen Gleichungen nach dem natürlichen Logarithmus. Da die Abnahme der Primzahlen ebenfalls mit dem natürlichen Logarithmus verknüpft ist, muß unsere physikalische Welt eine Folge der Primzahlverteilung sein“ (Plichta 2006, 13–14).
- Aus dieser Primzahlenstruktur können die Konstanten der Chemie, Physik und Biologie wie auch der Aufbau des Periodensystems der Elemente (PSE), also letztlich der Atome

und ihrer Elektronenschalen hergeleitet oder begründet werden (2006, 191, 213–224, 226): „Die chemischen Elemente bauen auf der Ordnung der natürlichen Zahlen auf“ (2006, 235).

- Dasselbe gilt für die grundlegenden mathematischen Konstanten des natürlichen Logarithmus (Eulersche Zahl) e und der Kreiszahl π [Pi]: „Die Zahl e liefert die Ordnung der fortlaufenden Zahlen, wobei es nur auf die Struktur und Verteilung der Primzahlen ankommt“ (2006, 237–247).
- „Die gesamte Höhere Mathematik in ihrer ungeheuren Vielfalt und Kompliziertheit [ist] in Wirklichkeit die Kostümierung der Primzahlen“ (2006, 248).¹¹

(24) *Die kantische Philosophie der Biologie zum Thema: Teleologie [zielgerichtete Organisation] ist nicht reduzibel*

Das Argument Kants zur Sache ist, dass das Faktum der Evolution des Lebens und der Lebensformen, die Kant so beschreibt, wie sie auch heute gedacht wird, akzeptiert werden kann, ohne dass sich logisch die Situation gegenüber einer Theorie der direkten Erzeugung oder Erschaffung der Arten ändert. Auch die Evolutionstheorie muss dem „Mutterschoß der Erde“ und ihrem ursprünglichen „chaotischen Zustände“ eine „auf alle diese Geschöpfe zweckmäßig gestellte Organisation beilegen, widrigenfalls die Zweckform der Produkte des Tier- und Pflanzenreichs ihrer Möglichkeit nach gar nicht zu denken ist“ (*Kritik der Urteilskraft* [KU] B 369). Dann hat der Evolutionstheoretiker aber „den Erklärungsgrund nur weiter aufgeschoben, und kann sich nicht anmaßen, die Erzeugung jener zwei Reiche von der Bedingung der Endursachen unabhängig gemacht zu haben“ (KU B 369–370).

(25) *Apriorische Korrelation der Gegenstände der Natur und unserer Erkenntnis derselben zu den Objekten im Bereich der Mathematik*

Auch im Vorfeld der präbiotischen chemischen Synthese ist nach Kant eine sog. formale objektive Zweckmäßigkeit (KU §62) anzuerkennen. Formale objektive Zweckmäßigkeit meint die apriorische Korrelation der Gegenstände der Natur und unserer Erkenntnis derselben zu den Objekten im Bereich der Mathematik, den geometrischen Figuren (Kreis, Trigonometrie, Kegelschnitte: Parabel, Ellipse) und den arithmetischen Zahlen. Sie thematisiert also die platonischen mathematischen Ideen und das Teilhabeverhältnis der Erfahrungswelt an denselben.

(26) *Platonische Ideen als Möglichkeitsraum, der bestimmte Möglichkeiten von Bewegung und Veränderung vorgibt*

Zu platonischen Ideen in sich und dem Teilhabeverhältnis der Erfahrungswelt an denselben ist einer der kompetentesten Interpreten Arbogast Schmitt: *Die Moderne und Platon. Zwei Grundformen europäischer Rationalität*, Stuttgart 2. Aufl. 2008. Schmitt stellt die antiken Ideen- oder *eidōs*-Lehre so dar: „Für Platon und Aristoteles handelt es sich bei diesen Vorgaben [sc. der Evolution] nicht um immanente Steuerungsmechanismen [das ist so pauschal nicht korrekt, aber hier nicht weiter zu verfolgen], sondern um **rational** begreifbare Möglichkeiten, sozusagen um einen **Möglichkeitsraum**, der bestimmte Möglichkeiten von Bewegung und Veränderung vorgibt, die in konkreten Prozessen mehr oder weniger oder auch gar nicht realisiert sein können [wobei ...] diese Bewegungsmöglichkeiten selbst nicht in einer Evolution

¹¹ Man kann hier auf weitere verblüffende Gesetzmäßigkeiten gerade und besonders der Natürlichen Zahlen verweisen, wie sie eine der bekanntesten Zahlenfolgen, die sog. Fibonaccizahlen, ausdrücken. Sie fangen mit 0 und 1 an, und dann ist jede Fibonacci-Zahl gleich der Summe der beiden vorhergehenden Fibonacci-Zahlen. Sie werden durch $F_0 = 0$, $F_1 = 1$ und $F_{n+1} = F_n + F_{n-1}$ definiert. Die ersten Fibonacci-Zahlen sind mithin 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377. Sie haben eine Fülle von Querbezügen zu anderen Objekten in der Mathematik: Die Formel von Binet setzt sie beispielsweise in Verbindung mit dem Goldenen Schnitt. Sie tauchen im Pascal'schen Dreieck als Summen von Diagonalen auf. In der Kombinatorik und Statistik erscheinen sie häufig. In der Natur finden sie sich als Anzahlen von Spiralen von blattähnlichen Organen bei Pflanzen (Blätter, Blüten und Samenstände, z.B. von Sonnenblumen).

entstehen, sondern ... jede mögliche Evolution sich ihrer immer schon bedienen muß“ (2008, 476)

(27) *Elementare Bausteine der Physik oder der Biologie sind nach Platon zwar keine Ideen, aber in sich bereits strukturierte Einheiten und damit durch Formen geprägt*

Schmitt präzisiert gegen manche unscharfen platonisierenden Deutungen der modernen Physik, dass Atome oder Elementarteilchen keine Ideen oder intelligiblen Formen resp. Strukturprinzipien sind: „Die letzten Elemente der Materie“ sind für Platon „tatsächlich nicht Materie in unserem Sinn des Wortes“ aber auch „nicht nur nicht Ideen, sondern der äußerste Gegensatz dazu“ (2008, 489–490). Es sind wie bei Aristoteles mathematisch zu definierende sog. **Elementarformen**: „Elementare Bausteine der Physik oder der Biologie sind ... auf jeden Fall keine platonischen Ideen. Sie sind mit Blick auf bestimmte Komplexe (Körper, Organismen, Genome usw.) letzte, in sich bereits strukturierte Einheiten und damit durch Formen geprägt. Sie sind nicht selbst Form“ (2008, 495).

(28) *Metaphysik und Theologie zum Thema: Ordnung und Gesetzmäßigkeit, Form und Gestalt als Manifestation der Transzendenz*

Von E. H. Du Bois-Reymond, der internationalen Leitfigur der Philosophie der Naturwissenschaften in der 2. Hälfte des 19. Jh. und dem Pionier der Neurophysiologie und -diagnostik, stammt eine berühmte Programmrede *Über die Grenzen des Naturerkennens* (Leipzig 1872). Dort sagt er: „Gegenüber dem Rätsel ..., was Materie und Kraft seien ... muß [der Naturforscher] ein für allemal zu dem ... Wahrspruch sich entschließen: ‚Ignorabimus‘ [Wir werden es nicht wissen].“ In dem weiteren viel debattierten Thesenpapier *Die sieben Welträtsel* (Leipzig 1880) diskutiert Du Bois-Reymond im Einzelnen, wo er die Frage nach dem Wesen der wichtigsten naturwissenschaftlichen Begriffe im Rahmen der naturwissenschaftlichen Erkenntnis als nicht beantwortbar ansieht. Die einzelnen Punkte sind diese: (1) **Was ist Materie und Kraft?** (2) **Woher kommt der Ursprung der Bewegung?** (3) **Woher kommt das erste Leben?** (4) **Woher stammt der Zweck in der Natur?** (5) Woher stammt die bewusste Empfindung in den unbewussten Nerven? (6) Woher kommt das vernünftige Denken und die Sprache? (7) Woher stammt der „freie“, sich zum Guten verpflichtet fühlende Wille? Bei den Fragen 1, 2, 5 und 7 war Du Bois-Reymond der Überzeugung, dass sie in die Transzendenz führen.

Bei dem wohl bekanntesten Gottesbeweistheoretiker der Gegenwart, Richard Swinburne (*Is There a God*, Oxford 1996) findet sich dieses in unserem thematischen Zusammenhang gründende Gottesargument: Stabile identische Eigenschaften und Naturgesetze bei Elementarteilchen wie z.B. Elektronen und bei chemischen Elementen sind nicht selbstverständlich und alles andere als eine letzte, einfachste Ebene. Diese wäre vielmehr durch eine chaotische, wilde Fluktuation von instabilen Teilchen gegeben. Wenn wir statt dessen Ordnung und Gesetzmäßigkeit im Reich der Elemente vorfinden, dann zwingt uns das Prinzip des zureichenden Grundes dazu, eine außerhalb desselben liegende Ursache anzunehmen, welche die Intelligenz und Macht besitzt, dem Reich der Elemente und damit dem Kosmos überhaupt diese Ordnungsstruktur aufzuprägen. Vgl. dazu auch Dawkins, *The God Delusion*, London 2007, 176-179, und Barrow: *Theorien für Alles*, Heidelberg/Berlin/New York 1992.

Hans-Peter Dürr, der engste Heisenbergschüler und dessen Nachfolger als Direktor des Max-Planck-Instituts für Physik und Astrophysik in München (bis 1997), ist der z.Zt. bekannteste Vordenker einer interdisziplinären, philosophischen und ethischen Einordnung der Physik, wofür ihm der Alternative Nobelpreis zuerkannt wurde (+ 18.05.2014). Seine Veröffentlichungen thematisieren erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Fragen der Physik [vgl. Dürr, H.-P. (2000) *Das Netz des Physikers*, 3. Aufl. München; Dürr, H.-P. (2000) *Für eine zivile Gesellschaft. Beiträge zu unserer Zukunftsfähigkeit*, München]. Darüber hinaus hat Dürr einen Sammelband mit Aufsätzen 12 maßgeblicher Physiker veröffentlicht, der den Titel trägt: *Physik und Transzendenz. Die großen Physiker unseres Jahrhunderts über ihre Begegnung mit dem Wunderbaren*, München 1986. Dürres Beschäftigung mit diesem Gegenstand knüpft an

entsprechende Einsichten und Vorarbeiten Heisenbergs an und erneuert diese. Sein Fazit ist: „Hatte man ursprünglich vermutet, daß das ‚Transzendente‘ im Laufe der Entwicklung der Naturwissenschaft immer weiter zurückgedrängt werden würde, ... so stellte sich nun im Gegenteil heraus, daß die uns so handgreiflich zugängliche materielle Welt sich immer mehr als Schein entpuppt und sich in einer Wirklichkeit verflüchtigt, in der nicht mehr Dinge und Materie, sondern **Form** und **Gestalt** dominieren. Das Höhlengleichnis Platons, in dem die von uns wahrnehmbare Welt nur als Schatten einer eigentlichen Wirklichkeit, der Welt der Ideen, aufgefaßt wird, kommt einem in diesem Zusammenhang unwillkürlich in den Sinn [...] Die physikalische Welt erscheint als eine **Konkretisierung der Transzendenz**.“ (*Das Netz des Physikers*, a.a.O. 108–109)

[Anmerkung: Hervorhebungen in Halbfett stammen von Verfasser, PN]

Inhaltsübersicht:

- (1) Wissenschaftsgeschichtlicher Hintergrund
- (2) Der empirische Forschungsstand zur präbiotischen Nuklein- und Proteinsynthese
- (3) Aktuelle Grundsatzdebatte zu Selektion versus Selbstorganisation: Synthetische Evolutionstheorie – Neutrale Theorie – Konstruktivistische Evolutionstheorie
- (4) Konstruktivistische Evolutionstheorie als Theorie der Eigendynamik des vorhandenen Strukturmaterials, das sich eigengesetzlich immer weiter differenziert
- (5) Leben und die Organismen und schon die physikalisch-chemische Natur zeigen objektive Intelligenz
- (6) Gene bzw. Genome folgen drei biologischen Grundprinzipien: Kooperativität, Kommunikation und Kreativität
- (7) Organismen benötigen einen inneren Bauplan nach einem zeitlich und räumlich geordneten Verfahren
- (8) Kreatives Potential lebender Systeme: Genome agieren, indem sie ihre Architektur nach eigenen inneren Gesetzen modifizieren
- (9) Biologische Funktionen und Lebensformen insgesamt folgen apriorischen geometrischen und physikalisch-chemischen Formgesetzen, Randbedingungen und Möglichkeitsräumen
- (10) Apriorische Prozessoptimierung und biochemische Navigation
- (11) Entstehungsbedingungen einer interessanten Chemie mit stabilen chemischen Elementen als entfernter physikalisch-chemischer Voraussetzung von Leben
- (12) Aposteriorische, willkürliche, positive biochemische Gesetze und Festlegungen
- (13) Die Biogenese hat weitreichende Systemeigenschaften mit Gesetzescharakter zur Voraussetzung
- (14) Spontane Selbstorganisation komplexer Systeme alias biologischer Ordnungsstrukturen erfordert offene Systeme und Zufuhr von Energie und Information
- (15) Der wissenschaftsphilosophische Diskussionsstand zur Möglichkeit der Entstehung von Ordnung von unten nach oben (*bottom-up*) per Emergenz: Emergente Eigenschaften, Gesetze und Objekte
- (16) Der wissenschaftsphilosophische Diskussionsstand zur Möglichkeit der Entstehung von Ordnung von oben nach unten (*top-down*) per Abwärtsverursachung (*downward causation*)
- (17) Künstliche Intelligenz alias programmgesteuerte spontane Selbstorganisation hat eingebaute Algorithmen und gesteuerte Lern- bzw. Trainingsphasen zur Voraussetzung
- (18) Randbedingungen der Elementarteilchenphysik zum Thema: Kräfte sind die bestimmenden Faktoren für die Naturbeschreibung
- (19) Randbedingungen der Elementarteilchenphysik zum Thema – Fortsetzung: Symmetrien bestimmen die Eigenschaften der Kräfte
- (20) Randbedingungen der Elementarteilchenphysik um Thema – Fortsetzung: Grenzen der empirischen, naturwissenschaftlichen Forschung
- (21) Randbedingungen der Elementarteilchenphysik zum Thema – Fortsetzung: Die Objekte der Quantenwelt haben ein apriorisches und holistisches Hyperwissen

- 22) Randbedingungen der Elementarteilchenphysik zum Thema – Fortsetzung: Die »Entelechie« oder die ganzheitliche Struktur leitet das physikalisch-chemische Geschehen im Organismus (Heisenberg)
- (23) Die Mathematik zum Thema: [Prim-]Zahlen steuern Aufbau und Verhalten der Realität in der Biochemie
- (24) Die kantische Philosophie der Biologie zum Thema: Teleologie [zielgerichtete Organisation] ist nicht reduzierbar
- (25) Apriorische Korrelation der Gegenstände der Natur und unserer Erkenntnis derselben zu den Objekten im Bereich der Mathematik
- (26) Platonische Ideen als Möglichkeitsraum, der bestimmte Möglichkeiten von Bewegung und Veränderung vorgibt
- (27) Elementare Bausteine der Physik oder der Biologie sind nach Platon zwar keine Ideen, aber in sich bereits strukturierte Einheiten und damit durch Formen geprägt
- (28) Metaphysik und Theologie zum Thema: Ordnung und Gesetzmäßigkeit, Form und Gestalt als Manifestation der Transzendenz