

Lutz-Günther Fleischer

Die Naturwissenschaften als Quell und Mittel der Welterkenntnis sowie des Weltverständnisses in Alexander von Humboldts dynamischer Wissenschaftskonzeption und in der Gegenwart – Probleme und Perspektiven

„Mit dem Wissen kommt das Denken,
und mit dem Denken der Ernst und die
Kraft in die Menge“¹

Alexander von Humboldt

1 Die gediegene themenrelevante Quellenlage im Überblick

Objektiv stehen die Darstellung von *Naturphänomenen in Wissenschaft und Kunst sowie deren Wirkungen* im Mittelpunkt ganz unterschiedlicher und in toto exorbitanter Aktivitäten *Alexander von Humboldts* (1769–1859). Sie spiegeln sich mannigfaltig in Fragmenten, in seinen gefragten Vorträgen,² in allein 30.000 bis 35.000 Briefen, in tausenden und abertausenden Artikeln, Essays, zahlreichen kleinen und großen Buchwerken bis zum fünfbandigen *Kosmos*. Dank der Herausgeber *Oliver Lubrich* und *Thomas Nehrlicher* sind nunmehr auch kleinere Aufsätze und unbekanntere Schriften *Humboldts* Interessierten zugänglich (Humboldt 2019a). Das erweitert die be-

1 Raumer, F. v. (1869), S. 22.

2 *Humboldt* hielt im Laufe seiner „Berliner Zeit“ von 1827–1859 insgesamt 61 „Kosmosvorlesungen“, darunter jene begeistert aufgenommenen populären naturwissenschaftlichen Vorträge in der Berliner Singakademie im Winter 1827/28, in denen er, ohne Vortragsmanuskript, völlig frei vortragend, allgemeinverständlich eigenes Erleben, weltweite Erfahrungen und eigene Forschungsergebnisse reflektierte. Obwohl bereits 1859 verstorben, war *Humboldt* nach *Wilhelm Julius Foersters* (1832–1921) Meinung der „*eigentliche Vater des Urania-Unternehmens*“. *Humboldt* ließ bereits 1835 der Königlichen Sternwarte „die bis dahin völlig neue Verpflichtung auferlegen [...], dass sie allmonatlich an etwa zwei Abenden dem Publikum zur Belehrung und Anregung zu dienen hatte“ (Foerster 1913, S. 386). Die Gründung der Berliner Urania im Jahr 1888 resultierte aus der Kooperation von Vertretern der Wissenschaft, Wirtschaft und der Publizistik, wobei die agierenden Persönlichkeiten das Bündnis gesellschaftlicher Kräfte und ein Spektrum interessengeleiteter Anforderungen repräsentierten.

reits reichen themenrelevanten Quellen. Beide Herausgeber edierten zudem eine bibliophile ‚Zugabe‘ (Humboldt, 2019b).

Allein die Fülle der jüngeren Publikationen zum Denken, Wollen und Wirken *Alexander von Humboldts* ist kaum mit einem Essay erfassbar. Bescheidenheit und Beschränkungen sind zwingend geboten.

Für die Tradition und das Bestreben unserer Sozietät sind die wissenschaftlichen Ergebnisse der *Alexander-von-Humboldt-Forschungsstelle* der Akademie der Wissenschaften der DDR und deren Mitarbeiter von speziellem Belang. Am kontinuierlichen Aufbau und dem langjährigen bedeutenden Wirken dieser Forschungseinrichtung der Berliner Akademie der Wissenschaften war maßgeblich *Kurt-R. Biermann* (1919–2001) beteiligt. Von 1969 bis 1984 leitete er diese Einrichtung und wirkte auch nach seiner Emeritierung in deren Sinn. Auf seine Arbeiten und Transkriptionen stützen sich auch gegenwärtig noch wesentliche Teile der *Humboldt-Forschung*. Vorbildliche Gradmesser für personen- und werkbezogene quellenkritische wissenschaftshistorische Arbeiten schuf er beispielsweise mit Veröffentlichungen, wie dem Briefwechsel *Alexander von Humboldts* mit dem Mathematiker und Astronomen *Carl Friedrich Gauß* (1777–1855), dem wahrscheinlich bedeutendsten Mathematiker aller Zeiten, der praktisch auf allen mathematischen Gebieten gearbeitet und sie zudem miteinander verflochten hat. *Biermanns* fast 400-seitiges Werk über die Mathematik und ihre Dozenten an der Berliner Universität gilt bis in unsere Zeit als Referenz (Biermann 1988). Zu seinen Mitarbeitern gehörten über unterschiedliche Zeiträume und in differenzierten Phasen *Ingo Schwarz* (u.a. vollständige Edition der Manuskripte *Alexander von Humboldts* zum Themenkomplex Reisen an der Schnittstelle von Kultur- und Naturwissenschaften), *Ulrike Leitner*, *Christian Suckow* und *Petra Gentz-Werner*, die als Co-Autoren fungierten, Wissenschaftshistorisches eigenständig veröffentlichten und zum Teil bis in die Gegenwart publizieren.

Der Wissenschaftshistoriker mit dem Forschungsschwerpunkt Mathematische Wissenschaften und ehemalige Leiter der inzwischen eingestellten *Alexander-von-Humboldt-Forschungsstelle* der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (BBAW), *Eberhard Knobloch*, analysierte u.a. naturwissenschaftliche Weltbilder, die Geschichte der Wahrscheinlichkeitsrechnung sowie ihrer Anwendungen und er ergründete die Technik der Renaissance. Ihm sind wichtige Beiträge zu *Humboldts* inspirierendem Einfluss auf die *Entwicklung der Wissenschaften, weltbildakzentuierte Publikationen*, die Veröffentlichung zahlreicher Briefwechsel von *Humboldt* und die Förderung derartiger Projekte zu verdanken. Seit 2015 fungiert *Knobloch* als Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats des A. v. Humboldt-Akademievorhabens an der BBAW.

Nach den illustrativen und erhellenden Berichten über seine Forschungsreisen nach Amerika und Asien stellte *Humboldt* in seinem überragenden Spätwerk *die ganze materielle Welt, „von den Erscheinungen der Himmelsräume bis zur Geographie der Moose“* in einem Projekt dar und deklarierte sein „Kosmos“-Buch als „Entwurf einer physischen Weltbeschreibung“ (*Humboldt* 1845–1862).

Ohne den Jahrzehnte währenden, eng vernetzten und akribisch ausgewiesenen Daten- und Meinungsaustausch mit Kollegen wären seine umfassenden Veröffentlichungen – insbesondere die Kosmos-Bände – gar nicht ausführbar gewesen. Der Rat von Experten zahlreicher Fachgebiete war unentbehrlich, weil *Humboldt* simultan und multidisziplinär in den unterschiedlichsten Wissenschaftsdisziplinen forschte und publizierte.

Schon als 27-Jähriger beschrieb er die Wissenschaft als „physique du monde“. *Humboldt* begriff und interpretierte die *Natur als Einheit aller Erscheinungen: der Zustände und Prozesse*, von der unbelebten Materie bis zu den mannigfaltigen Lebewesen, förderte das *holistisch-relationale Verständnis* für das komplexe Zusammenwirken verschiedenster Faktoren. Zudem blieb er lebenslang dem ganzheitlichen Leitgedanke, *der inneren Zusammengehörigkeit – der Kooperativität und Kohärenz – von Natur und Kultur* treu.

Schon während seiner Lebenszeit waren die zwischen 1845–1862 in ungleichen Abständen im Cotta'schen Verlag in Stuttgart und Tübingen erscheinenden vier Bände ein aufsehenerregender Verkaufsschlager, ein innovatives und – obwohl rätselhafterweise ohne Abbildungen – anschaulich und allgemeinverständlich aufklärendes Konvolut für jene vermehrt nach Bildung strebenden und größer werdenden Bevölkerungskreise. Der fünfte, erst drei Jahre nach dem Tod von *Humboldt* veröffentlichte Band, ist unvollständig geblieben.

Überzeugende *Untersuchungen, Darstellungen und Wertungen der dynamischen Wissenschaftskonzeption Humboldts* verdanken wir *Ottmar Ette* (MLS) – einem international ausgewiesenen Romanisten, Professor für Romanische Literaturwissenschaft sowie Allgemeine und Vergleichende Literaturwissenschaft an der Universität Potsdam sowie langjährigen Mitgestalter des Peer-reviewed Journals *Alexander von Humboldt im Netz* (HiN) – Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien. Generell führt er uns die *Wege und Wirkungen des Humboldt'schen Strebens* nach einem ‚Zusammendenken‘ von *Natur und Kultur* vor Augen: In dem Sinne umfassend beschrieben und interpretiert, exakt belegt sowie praktisch und theoretisch modelliert.

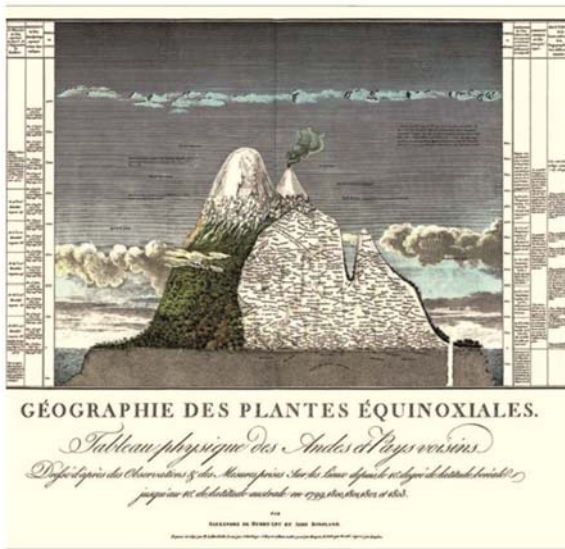


Abb. 1: Naturgemälde

Die berühmte Tafel «Géographie des plantes équinoxiales» (Geographie der Pflanzen in den Tropen-Ländern) Alexander von Humboldt & Aime Bonpland.

Alexander von Humboldt, „Tableau physique», Essai sur la Géographie des plantes, accompagné d'un Tableau physique des régions équinoxiales, et servant d'introduction à l'Ouvrage. Avec une Planche (Essay über Pflanzengeographie, begleitet von einer physikalischen Tabelle der Äquinoktialregionen als Einführung in das Buch. Mit einer Tafel.

(Paris: Schoell; Tübingen: Cotta, 1807). Courtesy of the Rare Books and Special Collections Division, McGill University Library.

Schon 2006 resümierte *Ette*:

„Wollte man die *Humboldt'sche Wissenschaftskonzeption* in aller Kürze zusammenfassen, so ließe sich sagen, daß Humboldt im Verlauf eines mehr als sieben Jahrzehnte umfassenden wissenschaftlichen Forschens und Schreibens ein *Wissenschaftsverständnis* sowie *Grundüberzeugungen zu Theorie und Praxis von Wissensrepräsentation* entwickelte, die in *epistemologischer, wissenschaftsgeschichtlicher, wissenssoziologischer und ästhetischer Hinsicht* von einer unverkennbaren *Zunahme an Komplexität und Dynamik* gekennzeichnet sind.“(Ette 2006b, S.41, Hervorhebung LGF)

Humboldts Wissenschaftsvision und -praxis, die die wesensgemäß polyseme Struktur von Begriffen wie *Welt, Welterkenntnis, Weltverständnis, Weltbewusstseins, Weltbild* etc. als zentrale *Konstituenten inkludiert*, kann am bes-

ten als *dynamisch, hoch komplex, transdisziplinär, interkulturell, transregional, kosmopolitisch, demokratisch popularisierend, kooperativ und kommunikativ vernetzt und fraktal strukturiert* beschrieben werden. Diese Charakterisierung folgt im Wesentlichen *Ette*.

Einige Aspekte werden für den Diskurs ausgewählt und diese *holistisch-relationale Charakterisierung* sei die Orientierungshilfe. Anzumerken ist, dass *Humboldt* mit seinen internationalen Forschungsreisen ganzheitlich dachte und mit seinem weltweit aktivierten Netzwerk schon in einer globalisierten Welt lebte und operierte.

Ette reflektiert die *Aktualität und Zukunftsträchtigkeit der Humboldt'schen Auffassungen und dessen Wirken* insbesondere an den nachfolgend schematisiert und gerafft charakterisierten wissenschaftstheoretischen (speziell konzeptuellen und methodologischen) Aspekten sowie aus einigen anwendungsorientierten Perspektiven (vgl. *Ette* 2006a, S. 42–44).

Das von *Humboldt* in der, mit der industriellen Revolution im späten 18. Jahrhundert beginnenden, zweiten Phase beschleunigter Globalisierung³ entfaltete und praktizierte *allgemeine und vergleichende Wissenschaftsverständnis* wird

1. von einer nicht nur interdisziplinären, sondern *transdisziplinären Ausrichtung* geprägt;
2. lässt sich das *global und komparatistisch ausgerichtete Wissenschaftsverständnis als interkulturell charakterisieren*;
3. ist *Humboldts*

„Wissenschaftskonzeption in kritischer Fortführung der Ideen der französischen Aufklärung und der philosophischen Konzeptualisierung von Weltgeschichte

3 Nach der vorherrschenden Auffassung zur Periodisierung der **Globalisierung** begann deren *Phase eins* im 15. Jahrhundert. Die meisten Menschen waren noch wenig und sehr selten direkt involviert. Die *erste Phase* währte vom 15. bis ins 18. Jahrhundert. *Phase zwei*, die sich mit der *industriellen Revolution* im späten 18. Jahrhundert anbahnte und enger verflocht, wandelte in einem Jahrhundert – insbesondere mit der Dampfkraft und ihrer Nutzung u.a. in der Schifffahrt, im Eisenbahnwesen, für andere Antriebstechniken und für die Energiewandlung – die *gesamte Weltwirtschaft*. Damit begann die ‚moderne‘ *Globalisierung*, mit ihrem zunehmend bestimmenden Strukturwandel, der tieferegreifenden internationalen Arbeitsteilung, dem anwachsenden Austausch von Gütern, Dienstleistungen, Kapital, sowie der zunehmenden transkontinentalen Migration. Sie ordinierte über die – essenziell von der umfassenderen *wissenschaftlich-technischen Revolution* getragene – sozio-technische und wirtschaftliche Transformation die gesellschaftliche Entwicklung. In den 1980er Jahren ging die *Globalisierung* in die *Phase drei* über, die auch als Ära der *anhaltenden ‚Hyperglobalisierung‘* aufgefasst wird, weil die Deregulierung der Finanzindustrie sowie des Marktes, die weltwirtschaftliche Integration und die Dynamik ein erheblich höheres Niveau der Komplexität erreicht und gravierende, trotz einer stärkeren Rechtsbindung größtenteils unbewältigte, Folgen zeitigt.

und Weltbürgertum in der Tradition Immanuel Kants eine [transepocheale (Ergänzung LGF)] *kosmopolitische Wissenschaft*, begreift sich in ihrer *ethischen Fundierung und politischen Verantwortlichkeit als an den Interessen der gesamten Menschheit und der Entfaltung einer multipolaren Moderne ausgerichtet*.“ (Ette 2006b, S. 42, Hervorhebungen LGF)

4. arrangierte *Humboldt* bewusst eine *kooperative und kommunikative Struktur des Wissens und der Wissenschaft mit interkontinentalem und Disziplinen übergreifendem Wissenstransfer*. Er beförderte und nutzte ein *weltweit aktiviertes Netzwerk korrespondierender Wissenschaftler*;
5. erweitert er diese *hochgradig kommunikative Struktur* von Wissen und Wissenschaft „über die *Gewinnung und Produktion von Wissen* hinausgehend, auf dessen *gesellschaftliche Distribution und Rezeption*, zielte auf eine Popularisierung und Demokratisierung der Wissenschaft“, um – durchaus mit gesellschaftsverändernder Absicht – Wissen für möglichst breite Bereiche der Bevölkerung zugänglich und gesellschaftsfähig zu machen;
6. konstatiert *Ette*,

„[...] verknüpfen die Humboldtschen *Präsentations- und Repräsentationsformen* von Wissen Intermedialität, Transmedialität und Ästhetik auf beeindruckende Weise und beinhalten *spezifische Verfahren und Techniken der Visualisierung von Wissen*, des Ineinandergreifens von Bild-Text und Schrift-Bild⁴, zielen auf eine möglichst *simultane Wahrnehmung komplexer Wissensbestände*, [...] fördern eine *sinnliche*, am Erleben und Nacherleben ausgerichtete Aneignung von Wissen unter kollektiven wie individuellen Rezeptionsbedingungen“. (Ette 2006b, S. 43, Hervorhebungen LGF)

Humboldt verfasste keine linearen Texte, augenfällig formiert er ein Netz aus Texten, Subtexten und bereits verschränkten Abbildungen, wie dem Naturgemälde der Anden. Mit dieser Struktur der Darstellung versucht er, die Natur zu emulieren, in der er eine analoge Struktur in den Verwandtschaftsverhältnissen der Pflanzen und Tiere zueinander erkennt;

7. entwickelte *Humboldt* in diesem Zusammenhang „in dem Sinne, daß er [...] in seinen *Formen wissenschaftlichen Schreibens literarische Techni-*

4 „[...] etwa in der *Konzeption des »Naturgemäldes«*, das in gewisser Hinsicht eine Weiterentwicklung der Pasigraphie-Vorstellungen der Spätaufklärung darstellt. [...] Gerade in diesem Bereich ist der hohe Grad an Selbstreflexivität im Schaffen *Humboldts* nicht weniger markant als die Entwicklung jeweils sehr unterschiedlicher und nicht selten experimenteller Darstellungsformen in seinen verschiedenen Buchprojekten“. (Ette 2006a, S. 43) Im ersten Band des „*Kosmos*“ zeichnet *Humboldt* ein *allgemeines physisches Weltbild* in der Form eines „*Naturgemäldes*“.

ken der mise en abyme [...] verwandte“ (Ette 2006b, S. 43), d.h. mit der mathematischen Rekursion vergleichbare abstrakte Verfahren, bei denen benannte Regeln erneut auf das selbst hervorgebrachte Ergebnis angewandt werden und damit Schreibverfahren, in denen die Gesamtheit eines Textes als Raummodell ‚in einer Nuss‘ komprimiert wird [im Originalzitat: *in nuce*], beziehungsweise in verdichteter Form als *verkleinerte Nachbildung* [im Originalzitat: *modèle réduit*] im Text selbst existiert.

In Bezug auf die *Selbstähnlichkeit* und die von *Humboldt* erprobten *Anordnungstechniken* der Bilder und Grafiken heißt es beschreibend und verallgemeinernd bei *Ette*, dass die

„[...] gleichsam teleskopartig ineinandergeschobenen Illustrationen die *Beziehung zwischen vermeintlichem Chaos und Fragmenthaftigkeit einerseits und zu Grunde liegender Ordnung im Sinne des Humboldtschen Kosmos andererseits* buchstäblich vor Augen führen sollten. In diesem Sinne könnte man auch von einer fraktalen Konstruktion seines Gesamtwerkes sprechen, dessen Einheit nicht durch zentrierende oder totalisierende Strukturen, sondern durch die Relationalität sich wiederholender Muster und Verfahren hergestellt wird.“ (Ette 2006b, S. 43, Hervorhebungen LGF)

Das vorangehende Zitat beschreibt wesentliche Merkmale der und offenbart Anklänge an die scheinbar paradoxe Denkfigur der *Rhizomazität*⁵, einem zu-

5 **Rhizom** – biotisches/botanisches Original: *Sprossachsensystem*, analog von Gilles Deleuze und Félix Guattari entwickelte *Denkfigur*: metaphorische ‚diagrammatische Idee‘ und ‚dynamisches Schema‘ (*Rhizomorphizität*) in Einem.

Das Rhizom ist ein verzweigtes, verästeltes, in sich verschiedenartig verflochtenes und sich nach Brüchen selbst regenerierendes System. In ihm verweben sich *Einheit und Vielheit* korrelativ: Das eine existiert weder vor oder über dem anderen, noch hebt das eine das andere auf. Im Geflecht der zumeist komplexen Beziehungen im Netzwerk kooperieren so mehrere Relationen (Relationalitäten). Rhizomatisch können diverse Perspektiven und mannigfaltige Ansätze frei verkettet werden. Ein Zentrum der Ordnung (Struktur) existiert nicht; die Peripherie ist absolut gleichrangig (*Polyzentrismus*).

In dem *paradoxen Strukturmodell zur Weltbeschreibung und Wissensorganisation*, einem – analog zum Original – nicht hierarchisch zentrierten *Raumbild*, treten anstelle der *Einheit* differente, miteinander formenreich verbindbare *Vielheiten* (sogenannte Plateaus) in den Fokus der Beobachtung und Interpretation. Prinzipiell kann jeder Punkt beliebig mit jedem anderen Punkt des *polyzentrischen Systems* verbunden werden. Ausgezeichnete Punkte sind die Noden (originär sind das z.B. verdickte Ansatzstellen für Blätter als botanische Grundorgane); Konoden verbinden im Gleichgewicht stehende Punkte (Zustände) miteinander. Der Wert scheinbar chaotischer Verknüpfungen, wird überdies erst verständlich und beschreibbar, wenn diese als Rhizom modelliert werden.

Die *polyzentrische Rhizomorphizität* funktioniert nach den *Prinzipien (Theoremen)* der *Konnexion* und der *Heterogenität*. Der in allen Natur- und Geisteswissenschaften etablierte Begriff Heterogenität *besagt*, dass die Verbindungen eigenständig und weitgehend unabhängig voneinander bleiben.

mindest komplementären, postmodernen und potentem *Strukturmodell zur Weltbeschreibung und Wissensorganisation*.

2 Leitlinien und Grundgedanken der Humboldtschen Wissenschaftskonzeption und Wissenschaftspraxis sowie seines Weltbildes

Wesentliche *Leitlinien und Grundgedanken* seien zur *Orientierung* und als *Referenz* thesenhaft umrissen. Grundsätzlich gilt in all diesen Zusammenhängen:

Erstens: Als Medium des Denkens und Begreifens, des Weltverständnisses und der Weltauffassung dienen Sprachakte. Sprachliche Strukturen bilden sowohl die Voraussetzungen als auch die Grenzen des Erkennbaren. Das sprachliche Denken sowie seine adäquaten immateriellen Vorstellungsbilder korrespondieren mit Worten.⁶ Das sind Relationen; und die verwendeten dynamischen Begriffe sind offen für „Sprachspiele“, die die Heterogenität nicht nur tolerieren, sondern unter Umständen sogar bedingen.

Von Erfahrungen getragen hob *Humboldt* 1828 hervor:

„Das alte Geschlecht kannte den *Werth des lebendigen Wortes*, den begeistern den Einfluß, welchen durch ihre Nähe hohe Meisterschaft ausübt, und die aufhellende Macht des Gesprächs, wenn es unvorbereitet, frey und schonend zugleich, *das Gewebe wissenschaftlicher Meynungen und Zweifel durchläuft*“ [sic]. (Humboldt 1828, S. 272, Hervorhebungen LGF)

Zweitens: Zumindest die Humboldt'schen Kernbegriffe Natur, Naturwissenschaft, Mathematik haben ihr Vorbild und erhalten wesentliche Deutungen in *Immanuel Kants* (1724–1804) Werk, insbesondere in seiner 1786 in den „*Metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft*“ publizierte *dynamischen Materietheorie*. Die vom Wissenschaftler und Humanisten *Humboldt* innerhalb der *Kant'schen Koordinaten Raum und Zeit* situationsgebunden verarbeiteten *Natur- und Welterfahrungen* verdeutlichen den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess, sie *konstituieren* und *entfalten* schrittweise und simultan seine *dynamische Wissenschaftskonzeption* und sein *evolutionäres Weltbild*.

In diesem Kontext ist es angebracht, das variable Gefüge der von *Humboldt* verwendeten, naturgemäß in den sieben Jahrzehnten seiner inter- so-

6 *Wilhelm von Humboldt* (1767–1835) riet, die *Sprache* nicht als starres System aufzufassen, sondern die situationsgebundene konkrete Äußerung der gesprochenen Sprache als ihren eigentlichen Topos zu betrachten: „*Die wahre Sprache ist nur die in der Rede sich offenbarende.*“ (W. v. Humboldt 1835, S. 485, Hervorhebung LGF)

wie transdisziplinären Forschung und seines wissenschaftlichen Schreibens sich wandelnden und von ihm spezifisch entfalteten Begriffe – soweit wie überhaupt möglich – in ihrer Quintessenz darzustellen:

„Soll die Gemeinschaft sich ordnen und der Einzelne seine Bestimmung erfüllen, dann müssen zuerst die *Begriffe in Ordnung gebracht werden*, denn die Unordnung ist zuerst im Denken.“ (Kung-fu-tse[Konfuzius] zugeordneter Spruch, Hervorhebungen LGF)

3 Themenrelevante Leitbegriffe und zentrale Humboldt'sche Thesen

„Die Natur ist für die denkende Betrachtung *Einheit in der Vielheit, Verbindung des Mannigfaltigen in Form und Mischung*, Inbegriff der *Naturdinge und Naturkräfte*, als ein *lebendiges Ganzes*.“ (Humboldt 1845–1862 Bd. I, S. 3, Hervorhebungen LGF)

Natur war für *Humboldt* sowohl die rätselbehaftete, verhüllte, schwer zu ergründende ‚*Urform aller Erscheinungen*‘, ‚*ewig schaffende Urkraft der Welt*‘ – das ‚*bewegende und transformierende innere Wirkungsvermögen* – als auch die *Gesamtheit des Gewordenen, Seienden und Werdenden*. Er erläutert: „Das *Sein* wird in seinem Umfang und inneren Sein [Wesen] vollständig erst *als ein Gewordenes* erkannt“ (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 64, Hervorhebungen LGF).

„Das wichtigste Resultat des sinnigen [*sinnvollen*] physischen Forschens ist daher dieses: *in der Mannigfaltigkeit die Einheit zu erkennen*; von dem Individuellen alles zu umfassen, was die Entdeckungen der letzteren Zeitalter uns darbieten [...], den Geist der Natur zu ergreifen, welcher unter der Decke der Erscheinungen verhüllt liegt. Auf diesem Wege reicht unser Bestreben über die enge Grenze der Sinnenwelt hinaus; und es kann uns gelingen, die Natur begreifend, den rohen Stoff *empirischer Anschauung* gleichsam durch *Ideen zu beherrschen*.“ (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 5–6, Hervorhebungen LGF)

Ideen – das bedeutet ‚Einsichten in den Geist‘ der Natur, Leitgedanken zu ihrem Wesen, die das Beobachten und Sammeln logisch lenken.

„Je höher der Gesichtspunkt gestellt ist, aus welchem in diesem Werke [dem Kosmos – Ergänzung LGF] die *Naturerscheinungen* betrachtet werden, desto bestimmter muß die zu begründende Wissenschaft umgrenzt und von allen verwandten Disciplinen geschieden werden. *Physische Weltbeschreibung ist Betrachtung alles Geschaffenen, alles Seienden im Raume (der Natur-Dinge und Natur-Kräfte) als eines gleichzeitig bestehenden Natur-Ganzen*.“ (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 50, Hervorhebungen LGF)

Humboldts Naturverständnis erfasst den Doppelcharakter: die *natura naturata* und die *natura naturans*, die *geschaffene* (hervorgebrachte) und die *schaffende* (hervorbringende) *Natur*. Also, die *Gesetzen unterliegenden Naturdinge*, und jene, die den natürlichen *Entitäten Gesetze vorschreiben*.⁷ Mit dem dialektischen Begriffspaar *natura naturans* und *natura naturata* wird die *Idee einer zweiten Natur* generiert.⁸ In *Johann Wolfgang von Goethes* (1749–1832) pantheistischer Auffassung werden der Kosmos, die Natur, zum Göttlichen – identisch mit Gott (\approx Gottnatur). Einige philosophische Anthropologen erheben – statt eines abstrakten Gottes oder der ‚Gottnatur‘ – den Menschen selbst zum Schöpfer, zu einem homo faber, zum Handwerker oder Künstler, der die Natur verwandelt und so Neues schafft. Folgerichtig verkehrte sich in der Neuzeit der Begriff der zweiten Natur perspektivisch: Er beschreibt die *vom Menschen künstlich geschaffene Natur*, speziell die artefaktische Technik und Technologien. Beide sind *Kulturprodukte* sowie *Kulturformen*, folglich ebenso in die universelle Kultur integriert, wie umgekehrt die Kultur in die Technik-Technologien. Sie ‚imprägnieren‘ das menschliche Leben. Über die ubiquitäre *Technisierung* fungieren sie als finale Instrumente der Daseinsgestaltung, der Daseinsbewältigung sowie des Selfenhancement: der Selbstverstärkung sowie Selbstvervollkommnung und verhelfen dem ‚homo faber‘ zum Effizienz-, Effektivitäts-, Kreativitäts- und Freiheitsgewinn.

Natur und *Welt* waren für *Humboldt* keine unmissverständlich oder gar scharf separierten Begriffe. So verwendet er beispielsweise *Naturgemälde* und *Weltgemälde* nahezu synonym. *Humboldt* sprach vom großen und verwickelten Gemeinwesen, welches wir *Natur* und *Welt* nennen (*Humboldt* 1845–1862, Bd. V, S. 7). Er ordinierte die seit der Antike beschworene *Korrespondenz* von „*Naturgemälde*“ und „*Theoriegebäude*“, ohne die Theorie-

7 Diesen Dualismus interpretierte *Humboldt* besonders ausführlich in den *einleitenden Vorbemerkungen* zur Geographischen Verteilung der Pflanzen ... (*Humboldt*, A. v. 1815).

8 Dieses Begriffspaar verwendete 1244 erstmals *Vincent von Beauvais* (1184/94–um 1264): „natura primo dicitur dupliciter: uno modo *natura naturans*, idest ipsa summa lex naturae, quae Deus est [...] aliter vero dicitur *natura naturata*, et haec multipliciter.“ (*Speculum doctrinale* IX, 4, 1624 Douai, Nachdruck 1964/65 Graz). *Baruch de Spinoza* (1632–1677) und der Naturphilosoph *Friedrich Wilhelm Joseph Schelling* (1775–1854) griffen die Idee vom Doppelcharakter der Natur auf und explizierten sie. Weit verbreitet gelten sie jedoch als deren Kreatoren. *Spinoza* verstand unter der *zweiten Natur* die von der *Gottnatur* \approx ‚*Grund aller Wirklichkeit*‘ (*Natura naturans*) *geschaffene Natur* (*Natura naturata*). *Schelling* verwendet im Rahmen seiner holistischen Naturphilosophie die Begriffe „*natura naturans*“ und „*natura naturata*“, um eine Grenzlinie zwischen den Doppelaspekten seines Naturverständnisses zu ziehen. 1805 kam *Humboldt* mit *Schelling* in Kontakt, interessierte sich für dessen Naturphilosophie und fand Parallelen zu seinem eigenen Denken. Später distanzierte er sich von ihm.

bildung zu speziellen Sachverhalten selbst exponiert zu betreiben. Selbstbekundet überließ er sie bewusst Mathematikern. Eine Theorie musste für *Humboldt* nicht einfach und auf Einzelfälle beschränkt sein, sondern sollte auch Details zu erklären vermögen. Der Mediziner und Philosoph *Karl Joseph Hieronymus Windischmann* (1775–1839), bezeichnete den von ihm hoch geachteten *Humboldt* in einem Brief an den Naturphilosophen *Friedrich Wilhelm Schelling* (1775–1858) als „Fürsten der Empirie“. Mit seinen breit gefächerten disziplinären Feldforschungen wirkte er erfolgreich als Althistoriker, Anatom, Anthropologe, Botaniker, Ethnograf, Ethnologe, Geologe, Mineraloge, Physiker, Philosoph, Vulkanologe und Zoologe. Dabei begründete der ‚Universalgelehrte‘ – eigentlich gegen seine ganzheitlichen Intentionen – die Geografie, besonders die Biogeographie und die Kulturgeographie, die Klimaforschung sowie die Ozeanografie als relativ autonome empirische Wissenschaften.

Alle wissenschaftlichen Spezialforschungen waren für *Humboldt* dennoch vor allem Bausteine zur Erkenntnis des Ganzen der Natur. Sein herausgehobenes Ziel war es, zu einer umfassenden Darstellung von Erde und Weltall zu gelangen. *Wirkliche Bildung* zielte für ihn demgemäß auf die Fähigkeit zum *vernetzten und vernetzenden Denken und Forschen*. Diese *Kernkompetenz* bildet die entscheidende Grundlage eines Zusammenlebens in wechselseitiger Achtung der Differenz. Nicht nur in der Natur ist für *Humboldt* ‚alles Wechselwirkung‘. Seine wissenschaftlichen Analysen beschränkten sich demzufolge nicht nur auf *naturwissenschaftliche Aspekte*, sondern umschlossen zugleich *die mannigfachsten Objekte der Kulturforschung sowie epistemische Objekte im weiteren Sinn, exponiert Strukturen und Funktionen*, denen das Streben nach Wissen gilt.

Der grundlegende Begriff *Kosmos* bezeichnet bei *Humboldt*, analog zur antiken griechischen Ordnungstheorie als *Antipode* zum *Chaos* (dem ubiquitären relationalen Ordnungsmerkmal und „Ersten von Allem was ward“) eine *ganzheitliche (Welt)ordnung oder das Universum*: das antike (pythagoreische) Sinnbild höchster Ordnung, das *Harmonie, Wahrhaftigkeit* und *Schönheit* einschließt. Im zweiten Band des „Kosmos“ werden die Elemente und Grundsätze zur allmählichen Entfaltung und Erweiterung des Begriffs *Kosmos*: als dem geordneten Naturganzen im pythagoreischen Sinn, in einer Geschichte der physischen Weltanschauung entwickelt.

„Der Mensch kann auf die Natur nicht einwirken, sich keine ihrer Kräfte aneignen, wenn er nicht die Naturgesetze nach Maß- und Zahlverhältnissen kennt. Auch hier liegt die Macht in der volkstümlichen Intelligenz.“ (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 36, Hervorhebungen LGF)

„Zahlen sind Mächte des Kosmos“. (Humboldt 1845–1862, I, S. 82, Hervorhebungen LGF). Primär sind damit Ordnungen in der Natur gemeint. Sie wirken auch in der „einzig entscheidenden Methode der Mittelwerte“ (im Original als *Mittelzahlen* bezeichnet). (Humboldt 1845–1862, Bd. IV, S. 288, Hervorhebungen LGF). Mit der Abkehr von Extremwerten hin zum arithmetischen Mittel, vollzieht *Humboldt* – auf seiner Suche nach dem ‚Stetigen im Wechsel‘ – eine Transformation wirklicher Größen zu einer abstrakten Größe oder einem charakteristischen Satz abstrakter Größe. Diese Modalitäten ermöglichen, das *Gesetzmäßige zu erkennen und darzustellen*, das der Änderung variabler Größen zugrunde liegt. Es wird eine „sinngewaltige Kraft der mathematischen Struktur“ postuliert. Proportionen widerspiegeln das Verhältnis der Teile zum Ganzen. Das Wesen der Dinge kann in den *Zahlenverhältnissen* erkannt werden, ihre Veränderungen und Transformationen sind als *Zahlen-Combinationen* abbildbar“. (Humboldt 1845–1862, Bd. III, S. 12, Hervorhebungen LGF). Möglichst genaue Zählungen und Messungen sollten daher die Grundlage für die Aufstellung einer Theorie sein. *Humboldt* setzte ein *globales Gleichgewicht aller Kräfte* voraus, das sich erschließe, indem die Mittelwerte der Messungen als empirisch gesicherte Sachstandserhebungen geographisch und zueinander in Beziehung gesetzt werden, erst später nach mathematischen Gesetzen für deren Verteilung gesucht wird. Je mehr von diesen Kräften gemessen werden, desto genauer erkenne die Wissenschaft die Ordnung der Welt, in einer nahezu deterministischen Gedankenkette von Parameterkenntnis und Erklärbarkeit. In diesem Bekenntnis spiegelt sich das *Credo* des *Galileo Galilei* (1564–1641/42): Das Buch der Natur sei in mathematischen Ziffern geschrieben. Wer es lesen wolle, müsse die Zeichen der Mathematik lesen können.

Die Methode der Mittelwerte zieht sich als *erkenntnisleitendes Prinzip* über Jahrzehnte durch die wissenschaftlichen Veröffentlichungen *Humboldts*. Die *Arithmetica botanica* und der Erdmagnetismus sind ad hoc Beispiele. Die zumindest theoretisch *unbegrenzte Wiederholbarkeit* sowie die *quantitativen* (mengenmäßigen) und die (im Sinne des Zahlensystems der Mathematik) *qualitativen Erweiterungsmöglichkeiten des Zahlenkörpers* (→ natürliche, ganze, reelle – d.h. rationale und irrationale Zahlen – komplexe Zahlen) reflektieren die räumliche und zeitliche Unendlichkeit der Natur sowie ihren Charakter der Permanenz und der Unvergänglichkeit.

Im Begriff *Wissen* verband *Humboldt* grundsätzlich die drei möglichen *Interdependenzen mit dem Weltganzen*, nämlich mit den kooperierenden *Wirkprofilen Beobachten, Denken und Handeln*. In der Diktion der Wissenssoziologie beschrieben korrespondiert das mit der rezenten *Mittelstraß'*

schen Denkhaltung und Terminologie vom Orientierungswissen (einem Wissen, das es gestattet, uns *Klarheit* über unsere Ziele zu verschaffen) und dem *Verfügungswissen* (einem Wissen über die *Mittel*, ein *Ziel zu erreichen*). Aus eigenem Erleben wusste *Humboldt*: Bildung ist Lebenssinn und Notwendigkeit. Seinen aufklärerischen Anspruch begründete er damit, dass auch Aufklärung primär Bildung bedeutet.

In „*lebendiger Sprache*“ und „*das Gemüth ergötzend*“ suchte *Humboldt* „die Erscheinungen der körperlichen Dinge in ihrem Zusammenhang, die Natur als durch innere Kräfte bewegtes und belebtes Ganzes“ in ihren funktionalen (empirischen rationes – numerischen sowie visuellen „Mess- und Zahlverhältnissen“) und kausalen Beziehungen zu vermitteln.

1847 schrieb er an den Astronomen *Johann Franz Encke* (1791–1865), dass all unser *Naturwissen* auf *mathematisches Wissen* und *Kenntnis der Stoffe* gegründet sei. (vgl. Holl 2009, S. 86, Hervorhebungen LGF).

Humboldt vertritt eine *dualistische Weltanschauung*:

„*Wissenschaft* fängt erst da an, wo der Geist sich des Stoffes bemächtigt, wo versucht wird, die Massen der *Erfahrungen einer Vernunftkenntnis zu unterwerfen*; sie ist der *Geist, zugewandt zu der Natur*.“ (*Humboldt* 1845–1862, Bd. I, S. 69, Hervorhebungen LGF)

Dabei leitete ihn zum einen die fundamentale wissenschaftliche und weltanschaulich Erkenntnis: „*Alles ist Wechselwirkung*“ (*Humboldt* 1803, Reise-tagebuch 1.–5. August, Tal von Mexiko, In: avhumboldt.de) – wechselseitig untereinander verbunden und folglich mit allgemeinen Gesetzen verkettet: Nichts steht allein. Nichts ist statisch. Die Bewegung wird zum Urheber des Weltgeschehens und zum Schlüssel des Weltverstehens. Zum anderen nutzte

9 Die Literaturepoche der *Aufklärung* ist vor dem Hintergrund einer gesamteuropäischen bürgerlichen Bewegung im 18. Jahrhundert zu betrachten, die ihre Wurzeln in England und Frankreich hatte. Sie war geprägt vom analytischen und kausalen Denken und dem Glauben an den *Sieg der Vernunft* und des *Fortschrittsdenkens*. Dadurch entstand ein neues bürgerliches Bewusstsein, das neben Vernunft auch die Freiheit als Grundprinzip ansah. In diesem Zusammenhang wurden wesentliche Herrschaftsstrukturen zu Gunsten des [in der Vernunft des Menschen begründeten – Ergänzung LGF] Naturrechts in Frage gestellt, das alle Menschen von Geburt an gleich in ihrem Verstand und ihren Rechten betrachtete. Das bekannteste Beispiel für diese Bewegung ist die Französische Revolution 1789. Viele berühmte philosophische Grundsätze stammen aus dieser Zeit, wie zum Beispiel „*cogito ergo sum*“ („Ich denke, also bin ich.“) von *René Descartes* (1596–1650) oder „Habe Mut, dich deines eigenen Verstandes zu bedienen!“ von *Immanuel Kant*. In der Literaturgeschichte schließt der Begriff der Aufklärung die Epochen Empfindsamkeit sowie Sturm und Drang mit ein (vgl. Pohlw, Wolfgang: *Deutsche Literaturgeschichte & Literaturepochen*. [<https://www.pohlw.de>]).

Humboldt für seine umfangreichen physikalischen Observationen und Experimente konsequent die bereits skizzierte Methode der Mittelwerte.

Der *Universalist* will die Zusammenhänge aller Naturkräfte verstehen und integriert den *Naturgenuss*, die *Naturbeschreibung*, die *Naturerkenntnis* und die *Naturbeherrschung*.

4 Zur bedingten Aktualität und der Zukunftsträchtigkeit Humboldt'scher Auffassungen

Bevor die bedingte Aktualität und Zukunftsträchtigkeit *Humboldt'scher* Auffassungen in ihrem Bezug auf ausgewählte, besonders *herausragende gegenwärtige Problemstrukturen und Lösungsansätze* in überschaubaren Dimensionen diskutiert werden, sei eine wesentliche wissenschaftshistorische und wissenschaftsmethodische Auffassung vorangestellt und begründet. Manche seiner wissenschaftlichen Einzelbeobachtungen und Aussagen sind wesensgemäß im Laufe der Jahre von anderen Forschern korrigiert worden. Spätestens in *Humboldts* Todesjahr 1859, in dem am 24. November das epochale Werk von *Charles Darwin* (1809–1882) „Über den Ursprung der Arten“ erschien,¹⁰ wurde *Humboldts Naturverständnis von Darwins Theorie der Evolution* folgenreich *gewandelt* und (etwas genauer ausgedrückt) *dialektisch ,aufgehoben'*.

Nach *Darwins* Erkenntnissen verändern sich in genügend langen Zeiträumen erfahrungsgemäß alle von gemeinsamen Vorfahren abstammenden Tier- und Pflanzenarten. Zur Erklärung der selbstinduzierten (evolutionären) Herausbildung unterschiedlicher biotischer Arten (der Phylogenie) nutzt er primär die Prinzipien der natürlichen Variation und der natürlichen Selektion. So sind die berühmten Schnabelformen der auf den Galapagosinseln isolierten Darwinfinken Mutationen, also das Ergebnis spontan auftretender, inzwischen sehr gut untersuchter dauerhafter Veränderungen des Erbgutes.

Statt eines wohlgeordneten Universums und der natürlichen Harmonie im Kosmos konsolidiere sich und lotse ideell das zunehmend facetten- und

10 Das **Hauptwerk** des britischen Naturforschers *Charles Darwin* trägt den vollständigen Titel: „On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life“. *Darwin* bearbeitete insgesamt sechs Auflagen dieses fundamentalen Werkes der Evolutionsbiologie. Erst der Kurztitel der sechsten Auflage (1872) lautet „The Origin of Species“. Den determinierenden Begriff *Species/Arten* definierte *Darwin* in keiner dieser Publikationen. Auch bis dato existiert keine allgemeine Definition der „Art“ (im Sinne der Biologie), die im gleichen Maße die theoretischen und praktischen Anforderungen aller Teildisziplinen der Biowissenschaften erfüllt. Auf welchem Abstraktionsniveau bzw. ob eine solche Definition überhaupt möglich ist, gehört zu den kontroversen inhaltlichen Bestimmungsproblemen.

nuancenreichere Bild einer dynamischen, sich *stetig wandelnden und kategorisch auslesenden Natur*. Dieses beschriebene Faktum wird von einigen Exegeten als Scheitern des Weltverständnisses und der Wissenschaftskonzeption *Humboldts* interpretiert.

Zwei bedenkenswerte Tatbestände müssen in dem Kontext als *Korrektive* beachtet werden.

Erstens, dass die *Darwinsche* Theorie nicht bühnenreif, wie ‚Deus ex machina‘, am 24.11.1859 vom Himmel schwebte, sondern *Darwin* bereits auf seiner Weltreise 1831–1836 mit der HMS *Beagle* zahlreiche Belege für seine später ausgearbeitete *Evolutionstheorie* gesammelt hatte und seine Erkenntnisse in der Folge fortwährend mit systematischen Experimenten sowie mittels der wissenschaftlichen Korrespondenz präziserte und erweiterte. Er studierte sorgfältig *Humboldts* Schriften während der Fahrt mit der ‚Beagle‘, teilte dessen Enthusiasmus und verehrte ihn. *Petra Werner* und *Christian Helmreich* zeigten, dass *Humboldt* (und dessen Reiseberichte) zwar als wichtige Quelle für *Darwin*, jedoch nicht als direkter Vorläufer gelten kann. Allerdings nahm *Darwin* mit seiner Evolutionstheorie sprachliche Anleihen bei den *Humboldt'schen* ‚Spekulationen‘ (vgl. Cannon 1978, S. 86–87, Hervorhebungen LGF).

Wie eine Reihe anderer junger Wissenschaftler gehörte *Darwin* zu *Humboldts* personalisiertem ‚Netzwerk‘ und profitierte von der globalen Kommunikation, die nicht nur dem wissenschaftlichen Austausch diente, sondern zudem methodische Tipps vermittelte und sogar Hinweise auf freie Stellen gab.

Zweitens legte *Humboldt* selbst großen Wert darauf, den jeweils aktuellen Stand des gesicherten Wissens zu den ‚physischen Erscheinungen‘ produktiv zu erfassen und wiederzugeben, d.h. neue Forschungsergebnisse verschiedenster Fachgebiete so effektiv und schnell wie möglich sowie so umfassend wie nötig in seine eigenen Forschungsvorhaben, Studien und Publikationen einzubeziehen, denen er generell eine Wandlungsfähigkeit, das *Viable* [Etwas, das lebensfähig, in der Lage ist, das zu tun, was es leisten soll.], den Charakter des Vorläufigen und Entwicklungsfähigen zumaß. Aus der Perspektive der Erkenntnistheorie betonte er prinzipiell: „*Jedes Naturgesetz, das sich dem Beobachter offenbart, läßt auf ein höheres, noch unerkanntes schließen.*“ (*Humboldt* 1845–1862, Bd. I, S. 21f., Hervorhebungen LGF)

Am 18. September 1828 bekundete *Humboldt* in seiner Rede zur Eröffnung der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Berlin:

„Entschleierung der Wahrheit ist ohne Divergenz der Meinungen nicht denkbar, weil die Wahrheit nicht in ihrem ganzen Umfang, auf einmal, und von allen zugleich, erkannt wird. Jeder Schritt, der den Naturforscher seinem Ziele zu nähern scheint, führt ihn an den Eingang neuer Labyrinth. Die Masse der Zweifel wird nicht gemindert, sie verbreitet sich nur, wie ein beweglicher Nebelduft, über andre und andre Gebiete. Wer golden die Zeit nennt, wo Verschiedenheit der Ansichten, oder wie man sich wohl auszudrücken pflegt, der Zwist der Gelehrten, geschlichtet sein wird, hat von den Bedürfnissen der Wissenschaft, von ihrem rastlosen Fortschreiten, eben so wenig einen klaren Begriff, als derjenige, welcher, in träger Selbstzufriedenheit, sich rühmt, in der Geognosie, Chemie oder Physiologie, seit mehreren Jahrzehenden, dieselben Meinungen zu vertheidigen. Die Gründer dieser Gesellschaft haben, in wahren und tiefem Gefühle der Einheit der Natur, alle Zweige des physikalischen Wissens (*des beschreibenden, messenden und experimentirenden*) innigst miteinander vereinig¹¹t“ [sic!]. (Humboldt 1828, S. 272, Ergänzungen, Hervorhebungen LGF)

Seine eigenen Leistungen einordnend, allerdings zu bescheiden beurteilend, schrieb er am 20. Oktober 1849 an die Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

„*Das Wenige*, was ich habe leisten können und bis zum letzten Atemzuge zu leisten streben werde, *gehört* nicht mir, sondern *der Zeit, in der ich gelebt und deren Bedürfnisse ich sorgsam zu erspähen gesucht habe*.“ (Humboldt 20.10. 1849 Potsdam, Brief an die Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. (In: avhumboldt.de, Hervorhebungen LGF)

Beim *ersten Zwischen-Resümee* sind zwei Perspektiven zu bedenken:

1. Wie sind die *Humboldt'sche* Wissenschaftskonzeption und seine Grundüberzeugungen unter den Bedingungen und mit den Maßstäben seiner Zeit objektiv zu bewerten?
2. Welche konzeptionellen Ansätze und methodologischen Grundelementen *Humboldts* bewähren sich auch in der Wissenschaft der Gegenwart, worauf kann sie aufbauen?

Zunächst zum historischen Aspekt, zur Wissenschaft in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts.

Die amerikanische Wissenschaftshistorikerin (die ‚männliche Frau‘) *Susan Faye Cannon* (geb. Walter Faw) (1925–1981) fusioniert unter dem Konzept der „Humboldtian science“ *Humboldts* Einsatz präziser wissenschaftlicher Instrumente, quantifizierender experimenteller Methoden, seine allgemeingültige holistisch-relationale Perspektive auf die Natur und den

¹¹ Die Schreibweise und die Interpunktion des Originaltextes wurden ausnahmsweise zur Demonstration übernommen.

sich entfaltenden Ansatz der ‚Naturkunde‘ aus der *Naturphilosophie* heraus. Letztlich die *generelle Neuorganisation von Wissen und diverser Wissenschaftsdisziplinen* in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, in der dadurch explizierten *Epoche der modernen, mathematisch orientierten Naturwissenschaften*. Cannon charakterisiert die großen Neuerungen in der professionellen Wissenschaft dieser Zeit, die von einem „neuen Bekenntnis zur Genauigkeit [...] hinsichtlich der Instrumente und aller Beobachtungen“; einer „neuen geistigen Raffinesse/Eleganz, die sich in der Abneigung gegenüber [zu] einfachen Theorien aus der Vergangenheit“ und einem „neuen Arsenal konzeptioneller Werkzeuge zeigen, wie Isokarten [eine nichtlineare Methode zur Reduktion von Dimensionen], in Grafiken und der Fehlertheorie [vor Gauß]. Solche Elemente sind charakterisiert von der Nutzenanwendung auf „die immense Vielfalt realer Phänomene, um eindeutige Gesetze zu finden, die sich mit den sehr komplexen Zusammenhängen des Physischen, Biologischen und sogar des Menschlichen“ sowie deren dynamischen Ursachen befassen, die in globalen geographischen Dimensionen wirken könnten (vgl. Cannon 1978, S. 105, Hervorhebungen LGF). Die neuen Erkenntnisse mussten „allgemein gültig und mathematisch fassbar sein“ (Cannon 1978, S. 104, Hervorhebungen LGF). Für die *Gesamtheit der Vorgänge* und den *Inhalt der Wahrnehmung* (also die Perzeption) ist es von besonderer Bedeutung, die vorn beschriebene hypertextuelle Struktur der wissenschaftlichen Publikationen *Humboldts* sowie die interkulturellen Perspektiven seiner Arbeit einzubeziehen.

„Ich habe nicht gesagt und glaube nicht, dass *Humboldt* alle Teile der ‚*Humboldtian science*‘ erfunden hat; [...] *Humboldt* hat, denke ich, die Teile recht schön zusammengesetzt.“ (Cannon 1978, S. 96, Hervorhebungen LGF)

Humboldt ist demnach unverkennbar mehr als ein multiperspektivisch beschreibender, im Grunde materialistischer Beobachter, ein einige verheißungsvolle Fachgebiete inaugurierender Förderer der Wissenschaft sowie der universalistische Sammler empirischer Fakten und physischer Objekte für Museen, also erwiesenermaßen mehr als ein „Fürst der Empirie“.

Vor allem *Humboldts* Forschungsreisen sowie seine sich über zwei Jahrzehnte erstreckenden Gedankenaustausche und kooperativen Forschungen mit bedeutenden französischen Gelehrten im fortschrittlichen *Paris, der ‚Hauptstadt der Wissenschaft‘* seiner Zeit, die im *Differenzierungsprozess naturwissenschaftlicher Disziplinen inspirierend und bahnbrechend wirkte*, schärfte seine epistemologischen Kategorien, halfen nachhaltig effektive Prinzipien und Konzepte für komplexe dynamische Zusammenhänge im

facettenreichen Naturganzen zu vervollkommen und zu kultivieren. Wobei die epistemischen Dinge nicht auf Objekte beschränkt blieben, sondern auch Felder und Kräfte, Strukturen und Prozesse (Aktionen und Reaktionen), Funktionen und Funktionalitäten sowie Verteilungen¹² einschlossen.

Der *vieldeutige und vielfältige Naturbegriff* ist auch im modernen Denken ein *dynamischer Leitbegriff* geblieben. Sukzessive Annäherungen an seine Bedeutungsvielfalt sind wesensgemäß über die historische und sachliche Substruktur einer Begrifflichkeit möglich. Die begriffsphilosophische Qualität der zu einem bestimmten Zeitpunkt verfügbaren konnotativen Begriffsdefinition, insbesondere die evolutive Ausformungen des Erklärungsgehaltes, stellt generell einen Indikator des evolvierenden Erkenntnisstandes (Wissens) dar und dokumentiert auf diese Weise obendrein vordringlich zu beseitigende Mängel und Lücken.

5 Ausgewählte Themenfelder und Herausforderungen im Diskurs

5.1 Die einbettenden Existenz- und Entwicklungsbedingungen (*Dispositiv 1*)

Zur vertretbaren Reflexion bestimmter Wirkungen der gemeinschaftlich ererbten „Humboldtian science“ in der Gegenwart, ist es zwingend geboten, die obwaltenden Existenz- und Entwicklungsbedingungen ins Kalkül zu ziehen und ebenso die unmittelbar relevanten Problemfelder kontextuell zu diskutieren.

Der *derzeitige gesellschaftliche Wandel* wird von zwei interagierenden, in sich strukturierten Prozessen mit gravierenden Folgen entgegengesetzter Vorzeichen geprägt: der *ausufernden Globalisierung* sowie der beschleunig-

12 *Humboldts überragendes Interesse an Verteilungen/Verbreitungen* belegt schon der Titel der Programmschrift seiner Forschung „De distributione geographica plantarum secundum coeli temperiem et altitudinem montium“, „Über die geographische *Verteilung der Pflanzen* gemäß dem mittleren Klima und der Höhe der Berge“ (Humboldt 1815). In Details spiegelt es sich – laut Literatur – in den ungezählten Fragen nach der *Verteilung der Kontinentalmassen* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 29), *der Klimate* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 29), *der Massen* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 57), *der Materie* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 86), *von Wasser und Land auf dem Erdkörper* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 98), *der Lichtmassen der Sterne* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 154), *der Dichtigkeitsverhältnisse im Innern des Erdkörpers* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 183), *des Magnetismus oder der Vulkane auf der Erdoberfläche* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 192, 249, 254), *der klimatischen Wärme, der Luftfeuchtigkeit* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 335), *der Organismen* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 373), der Verbreitung der *organischen Formen nach Maßgabe der Tiefe und Höhe* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 369). Die *relative numerische Verbreitung der Menschenstämme über den Erdkörper* sei der letzte, edelste Gegenstand einer physischen Weltbeschreibung (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 169).

ten, umfassenderen und tiefergreifenderen *wissenschaftlich-technische Transformation*.

Die *Globalisierung* ging im achten Dezennium des 20. Jahrhunderts in ihre nicht nur anhaltende, sondern seitdem forcierte und eskalierende dritte *Phase* über (vgl. Fußnote 2). Sie wird auch als *Ära der ‚Hyperglobalisierung‘* aufgefasst, weil deren Dynamik und die weltwirtschaftliche Integration ein erheblich höheres Niveau der Komplexität erreichte und, trotz einer stärkeren Rechtsbindung, belastende, größtenteils unbewältigte Folgen zeitigt. *Andrea Komlosy* (MLS) hat sich globalitätsgeschichtlich mit deren *räumlichen und sozialen Trennlinien im Zeitenlauf* auseinandergesetzt und u.a. ermittelt: Als eine dieser bedenklichen Folgen der Globalisierung fällt die Gesellschaft auseinander und nicht, wie wiederholt behauptet, die Souveränität des Staates:

„Der Staat hat seine Form verändert. Er hat sich an die Globalisierung angepasst, allerdings kam ihm dabei die Gesellschaft abhanden.“ (Komlosy 2018, S. 90)

Die menschliche Zivilisation ist – global, aber auch regional differenziert – mit einer beachtenswerten außerordentlichen Häufung entwicklungsbestimmender, die Menschheit herausfordernder objektiver *Probleme hoher Komplexität/Kooperativität, Ambivalenz* und *Polarität* konfrontiert. Dazu gehören vor allem die Kontrolle und Regelung der *Triebkräfte, Tendenzen und Implikationen jener gesamtgesellschaftlichen – darunter vor allem wissenschaftlich-technischen, technologischen, sozialen und kulturellen – Entwicklungen*. Sie sind ursächlich mit Stichworten wie *Energie, Rohstoffe, Nahrungsmittel, Umweltqualität, Information, Bildung, Gesundheit, generatives Verhalten der Menschen* verbunden. Sie erfordern den prinzipiellen Umbau der Teilsysteme und des Gesamtsystems. Anzusprechen sind vor allem die folgenreichen sozio-technischen, sozio-ökonomischen und sozio-kulturellen Veränderungen. Mit dem – in seinen analytischen Wert problematischen – Begriff *Wissens- und Informationsgesellschaft* soll daran anknüpfend jene sich im 21. Jahrhundert in hochentwickelten Ländern realiter etablierende gesellschaftliche Struktur und Organisationsform charakterisiert werden, in der die soziale und ökonomische Kooperation, die massenhafte Nutzung neuer Medien¹³ sowie die zunehmend *digitale Information und Kommunikation* maßgeblich auf *individuellem und kollektivem Wissen*, dessen Verfügbarkeit und Renovation basieren.

13 Der Begriff **Neue Medien** steht in seiner jüngsten Bedeutung für elektronische Geräte wie Computer, Smartphones und Tablets, die den Nutzern Zugang zum Internet bereitstellen und damit Interaktivität ermöglichen. [Wikipedia]

Im Umkehrschluss gilt: Selbst die Natur- und Technikwissenschaften sind hinsichtlich der weltanschaulichen Deutung ihrer Ergebnisse und bezüglich der determinierenden Einflüsse vom Entwicklungsstand sowie der strukturellen Beschaffenheit der jeweiligen Gesellschaft abhängig. Vergleichbares gilt für die Anerkennung und Wertschätzung der gesamten Wissenschaft als *Produktiv-, Kultur- und Humankraft*.

5.2 Funktionen, richtungweisende Wirkungen und Defizite der rezenten Wissenschaft

Die gegenwartsnahe *Wissenschaft erkundet* und *erschließt* mit ihren deutlich qualifizierten praktischen und theoretischen Instrumentarien die *räumlichen, zeitlichen und größenspezifische Extreme*: die Weiten des Kosmos sowie die *mikroskopischen* und die fortschreitend funktionell-strukturell aufgeklärten, gedanklich bis ins unendlich Kleine extrapolierten, *nanoskopischen* Ebenen der *Seinsbereiche* mit neu dimensionierten Möglichkeitsfeldern.

Sie erfassen und nutzen *grenzwertig maximierte* und *minimierte* räumliche und zeitliche Distanzen, Temperaturen, Drücke, Konzentrationen/Dichten und Geschwindigkeiten. Auch die strukturell-funktionellen Antipoden Kooperation und Isolation, Integration und Differentiation, Unifikation und Separation bzw. Kollektivität und Individualität ergänzen einander wirkungsvoll.

Analysen *separater Gene und Zellen* revolutionieren nicht nur die biotische Grundlagenforschung. Sie eröffnen darüber hinaus der individualisierten Medizin neue, tiefgreifende Ansätze für erfolversprechendere personalisierte Therapien. Mit den Erkenntnissen der Evolutions- und Molekulabiologie sowie der Genetik lässt sich bei genauerer Betrachtung der *mikrobiologischen Prozesse der Selbstreproduktion* schließen, dass die *wechselwirkenden Moleküle in diesen Interaktionen und dazu konjugierten Interdependenzen neue Moleküle und komplette Zellen generieren*, die wieder und wieder das Gleiche, nach dem Mutieren zumindest Ähnliches tun. Die DNA-Struktur (der originäre Träger der im Zuge der Selbstorganisation entstandenen – die System-Entropie lokal senkenden – Information) kann (weiter abstrahiert) als *Programm-Speicher* der bis zu dem gleitenden Zeitpunkt bewährten Erfolgsrezepte aufgefasst werden, und die nicht voraussagbare Variabilität innerhalb des Reproduktionsprozesses so als rein intrinsisches, zufälliges Geschehen erklären.

Konventionelles konterkarierend generiert die *Rhizomazität/Rhizomorphizität* eine andersgeartete effektive wissenschaftliche *Denkfigur* und ein

paradoxes Strukturmodell. Mit der Rhizomorphizität kann jeder Punkt, jedes Element, selbst eines chaotisch agierenden *ontisch-ontologischen Wirkgefüges* oder mehrdimensionalen *kognitiv-diskursiven Beschreibungsgeflechts*, beliebig mit jedem anderen Punkt verbunden werden und dennoch unabhängig bleiben. Das prozesshafte polyzentristische Modell funktioniert bedingungskonform nach den zugleich und gleichberechtigt operierenden, zwar notwendigen, allerdings zur vollständigen Charakterisierung nicht hinreichenden Prinzipien (Theoremen) der Konnexion und der Heterogenität (vgl. Fußnote 4).

Mit *Humboldts* Auffassung verwandt, bekräftigte *Werner Heisenberg* (1901–1976) 1937 in einem Aufsatz über antike Naturphilosophie und moderne Physik, dass die Physik „[...] eine konsequente *Durchführung des Programms der Pythagoreer*“ sei (Heisenberg 1937, S. 130; Hervorhebungen LGF). Es beruht auf dem „Glaube[n] an die sinngebende Kraft mathematischer Strukturen“ (Heisenberg 1937, S. 118). Den Naturgesetzen lägen mathematische Gesetzmäßigkeiten zugrunde. Die Form, in der sich die Gesetzmäßigkeiten der Natur fassen lassen, bilden die Symmetrien.

Zwei Leitideen der antiken griechischen Philosophen flankieren noch heute den Weg der exakten Naturwissenschaft: die Grundsätze vom Aufbau der Materie aus kleinsten Einheiten, den Atomen, sowie die Grundannahme der Stetigkeit und Konsistenz von Raum, Zeit und Materie. Offen bleibt dabei die grundsätzliche Frage, ob die Welt generell in diskrete Einheiten zerlegbar ist oder sich alles kontinuierlich verändert.

Heisenberg, der 1932 für die mathematische Formulierung und Begründung der Quantenmechanik mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet wurde, äußerte resümierend und voraussehend:

„Die moderne Physik schreitet also auf denselben geistigen Wegen voran, auf denen schon die Pythagoreer und Plato gewandelt sind, und es sieht so aus, als werde am Ende dieses Weges *eine sehr einfache Formulierung der Naturgesetze* stehen, so einfach, wie auch Plato sie sich erhofft hat.“ (Heisenberg 1959, S. 58, Hervorhebungen LGF)

Damit plädiert *Heisenberg* für die Einfachheit als Wirk-, Erkenntnis- und Gestaltungsprinzip. Allerdings ohne Charakteristika und Bezugspunkte der Einfachheit zu benennen. Im Zusammenhang mit der sogenannten ‚Weltformel‘ (vgl. Kapitel Emergenz) bezeichnet *Heisenberg* ein System von vier gekoppelten Differentialgleichungen als einfach.

Die sich nachhaltiger *vernetzende* und dennoch *partiell die Heterogenität erhaltende* (oder sogar rhizomorph weiter ausprägende) *Wissenschaft* quantifiziert und modelliert ebenenspezifisch und sehr breit skaliert die

Strukturen und Funktionen, erfasst mit statistischen Mitteln und Methoden Zustände, Prozesse und operative (d.h. unmittelbar als solche wirksame) Ganzheiten/Systeme¹⁴ in ihren raum-zeitlichen Verteilungen, bisweilen Verschränkungen. Nachdem der – überdies die Weltanschauung maßgeblich beeinflussende – Nachweis der quantenmechanischen Verschränkung gelang, wird analysiert, ob nicht nur die Elementarteilchen, sondern auch größere korpuskulare Strukturen Verschränkungen unterliegen. Wenn sich die Vermutung bewahrheitet, dass die *schweren Massen* im Gravitationsfeld verschränkt sind, müsste die Gravitation neu beurteilt werden. Eine solche

-
- 14 **System:** *Art und Menge der relevanten Elemente sowie Relationen eines räumlich wohldefiniert abgrenzbaren, natürlichen oder künstlichen „Gefüges“, das als zweckbestimmtes Ganzes verstanden wird und als Einheit agiert.* Die in der Natur obligaten ‚offenen‘ Systeme erlauben per definitionem uneingeschränkte Wechselwirkung mit der Systemumgebung. Systeme lassen sich mit den Mitteln und Methoden der phänomenologischen und der statistischen Thermodynamik, der Informationstheorie sowie mit kybernetischen Kategorien beschreiben und mit kybernetischen Konzepten analysieren. Somit ergibt sich (im Sinne des Allgemeinen, Besonderen und Einzelnen) ein erweitertes *Begriffsspektrum* mit zentralen Elementen sowie pragmatischen Spezifikationen und wissenschaftlichen Explikationen.

Das System besitzt *strukturelle, funktionelle, statische und dynamische Eigenschaften*, verschiedene intrinsisch vernetzte und intragierende Systemebenen (Komplexität, Emergenz), die *fünf Attribute*: Stoffe, Energien, Information, Raum, Zeit und *drei Funktionen*: Übertragen, Speichern, Konvertieren.

Es besteht aus verschiedenen Systemkomponenten, die aufgrund bestimmter geordneter Beziehungen untereinander ein (im bestimmten Maße) organisiertes Ganze konstituieren. Ausschlaggebend für die *Interaktionen (Wechselbeziehungen) auf der Mikroebene* sind die Art, Stärke (Intensität), die Anzahl [= aus Einheiten zusammengesetzte Menge] und die Dichte (der Vernetzungsgrad) der verschiedenen Konstituenten.

Die dynamischen Eigenschaften *nichtlinear, dissipativ, emergent und selbstorganisierend* prägen das Wesen und manifestieren sich in der Anpassbarkeit sowie der Funktionsabdeckung (coverage of functions). Die Funktionsabdeckungen insbesondere im Sinne von Konfigurierbarkeit, Erweiterbarkeit, Programmierbarkeit und die funktionelle Kapazität gehören zu den hauptsächlichsten *Funktionalitäten*. *Statische Systeme* nehmen einen lokalen oder globalen Gleichgewichtszustand ein, basieren auf zeitlich symmetrischen Strukturen.

System ist ein grundlegender *Ordnungsbegriff*, der sich auf die strukturell-funktionelle Gliederung und Organisation, die Beschaffenheit und die Wirkungsweise bezieht. Da die einzelnen Teile in einem inneren Zusammenhang stehen, wechselseitige Abhängigkeiten aufweisen und infolge der Struktur der Systemgrenze ein eindeutig definiertes Verhältnis zur angrenzenden Umgebung haben, resultiert aus der Beobachter-Sicht eine bestimmte Ordnung. Die *ontische-ontologischen Organisationsebenen* und die *kognitiv-diskursiven Betrachtungsweisen/Perspektiven* begründen spezielle ‚Konstruktionen‘, Verfahren, Logiken und Arithmetiken.

Die *Systemtheorie* wird als Teil eines umfassenden systemtheoretisch-kybernetischen Konzepts verstanden, mit dessen Hilfe neben den statischen vor allem die dynamischen Aspekte von Systemen erfasst werden. Diese Leitidee exponiert offene, d.h. sich verändernde Systeme, Analysen der Nichtgleichgewichtszustände sowie die fundamentalen Phänomene der Selbstorganisation und Evolution mit der Kooperation als organisierterer Solidarität.

Bestätigung brächte außerdem etwas mehr Licht in die Probleme um die im Kosmos quantitativ überwiegende dunkle Materie und dunkle Energie.

Nach dem heutigen Wissensstand ist die *Gravitation* von den vier fundamentalen Wechselwirkungen die dominierende und die einzige nicht abschirmbare Kraft. Als eigenständige Grundkraft mit unendlicher Reichweite lässt sie sich, mit den anderen Grundkräften der Physik – der elektromagnetischen Kraft, der schwachen und der starken Kernkraft (drei anschaulichen und überzeugend belegten fundamentalen Wechselwirkungen) – bisher nicht in einem vereinheitlichten Grundkonzept darstellen. In wagemutigen Theorien sollen die vier grundlegenden Naturkräfte normalisiert und zudem die Rätsel um die Schwarzen Löcher und den Urknall gelöst werden.

Diffizile Probleme werden dem naturwissenschaftlichen Denken zwischen den Phänomenen und seiner Systematik von der inzwischen variantenreichen *Stringtheorie* und der *Quantenmechanik* aufgegeben: Ist die Stringtheorie lediglich ein faszinierendes *mathematisches Konstrukt* oder eine tatsächlich zutreffende *fundamentale Beschreibung der Wirklichkeit*? Und: Welche realistische Rolle kommt dem Beobachter in der Quantentheorie (insbesondere in der Quantenkosmologie) zu?

Der Sachverhalt, dass der Grund des Beobachtbaren selbst unbeobachtbar ist, die sogenannte *ontisch-ontologische Differenz*, charakterisiert in der Philosophie *Martin Heideggers* (1889–1976) den Unterschied von Sein und Seiendem. Sie artikuliert sich u.a. in der rezenten Emergenztheorie sowie in der unvollständigen oder vollständigen Unterdrückung der Kohärenzeigenschaften quantenmechanischer Zustände (Dekohärenz).

Zwei tragende Säulen der gegenwärtigen Physik, die Allgemeine Relativitätstheorie und die Quantentheorie, werden zwar kaum angefochten, dennoch sind sie für kleine Raum-Zeit-Skalen und den Bereich hoher Energien inkompatibel. Mehr noch: Das *Standardmodell der Elementarteilchenphysik* sowie die Allgemeine Relativitätstheorie unterstellen wie selbstverständlich theorienprägende Existenz- und Entwicklungsbedingungen: So *postulieren* sie eine von *Quantenfeldern* durchdrungene, in der *kontinuierlichen vierdimensionalen Raum-Zeit* existierende Welt. Ungeprüft, d.h. weder empirisch belegt, nicht einmal prinzipiellen Zweifeln ausgesetzt, fungieren einige ontologische und epistemische Annahmen: insbesondere die, dass *Materie substanzhaft* und *dem Raum wesensfremd* ist sowie sich kausal und/oder kontingent mit der Zeit verändert. Zumindest unter dem theoretischen Aspekt der beträchtlichen Anzahl von ca. 20 Parametern ist das Standardmodell wenig befriedigend.

Als eine der größten Herausforderungen der gegenwärtigen Physik gilt noch immer die *Vereinigung der Allgemeinen Relativitätstheorie* mit der

Quantenphysik zu einer Theorie der Quantengravitation. Die *Schleifenquantengravitation* [loop quantum gravity] bildet dafür einen Ansatz. In ihr wird der *Raum* als *dynamisches quantenmechanisches Spin-Netzwerk* angesehen, das sich mit Diagrammen aus Linien und Knoten veranschaulichen lässt. Als eine wesentliche Konsequenz aus dieser Theorie resultiert die Quantisierung von Raum und Zeit im Bereich der *Planck-Länge* ($1,6162... \cdot 10^{-35}$ m) und der *Planck-Zeit* ($5,3912... \cdot 10^{-44}$ s). Auf Skalen dieser Größenordnungen würden gesetzmäßig alle physikalischen Phänomene (auch die Gravitation und die Geometrie) quantisiert und nicht mehr als Kontinuum erklärbar.

Prinzipielle physikalische Grenzen, die absolut unüberwindbar scheinen, wurden von zwei fundamentalen Theorien der Physik aufgedeckt: von der oben kritisch gesichteten *Allgemeinen Relativitätstheorie Albert Einsteins* (1879–1955) und von der *Heisenbergschen Unschärfe- bzw. Unbestimmtheitsrelation* (für die beliebig genaue zeitgleiche Bestimmung zweier komplementärer Eigenschaften/physikalischer Größen, wie z.B. der Teilchenlage und ihrer Bewegungsgröße, die physikalisch ungenau Impuls genannt wird). Unmöglich ist es ebenfalls, die als exakt etikettierte *Mathematik* als formales System zu gestalten, in dem *alle wahren mathematischen Aussagen bewiesen* werden können. Nicht einmal für die relativ einfache Zahlentheorie gelingt es, die Begriffe Wahrheit und Beweisbarkeit zu harmonisieren.

Die Wissenschaft agiert mit den fundamentalen mathematischen Mythen: *Alles ist vergleich-, mess- und berechenbar* (Alle x_i mit $i = 1, 2, 3$). Gegen die Grundorientierung des Postulierten ist kaum etwas einzuwenden. Ins Reich der Mythen (ver)führt der unbewiesen gesetzte Allquantor/Universalquantor $\forall x_i$ (Für jedes x_i /alle x gilt).

Derart Unmögliches, nicht Wahrhaftiges und nicht Erfüllbares, zu erkennen und neue Lösungen zu finden, ist gewiss eine außerordentliche intellektuelle Leistung des Menschen.

Die Wissenschaftler des 18. Jahrhunderts setzten alles daran, „das Erforschliche zu erforschen“. In einem intellektuellen Credo – damit zugleich über die gespiegelte Epoche integrierend – bekannte *Goethe* am Lebensende: „Das schönste Glück des denkenden Menschen ist, das Erforschliche erforscht zu haben und das Unerforschliche ruhig zu verehren“ (Goethe 1907, Nr. 1207). Dieses Glück blieb trügerisch.

Heisenberg hob hervor:

„Die Naturwissenschaft beschreibt und erklärt die Natur nicht einfach, so wie sie ‚an sich‘ ist. Sie ist vielmehr ein Teil des Wechselspiels zwischen der Natur und uns selbst.“ (Heisenberg 1959, S. 66).

Generell erschließen sich uns Sachverhalte nur als *Tatsachen*, d.h. anerkannte oder wahre Sachverhalte, wenn wir die Sprachen und die Messmittel über Normen bestimmt/kalibriert haben. Auch daraus resultiert die Auffassung, die Wissenschaft als Evolution der Alltagskultur zu betrachten.

Die Wissenschaft ermittelt und verifiziert im (theoretisch) dialektischen Widerstreit von fachlicher Spezialisierung und Universalisierung zunehmend *komplexe Zustände, mannigfaltige Prozesse, verschiedenartige Wirkmechanismen, spezifische und verallgemeinernde Gesetze aller* relevanten realen und ideellen *Bereiche*. Gesellschaftlich entwicklungsbestimmend ist, dass außer dem gewaltigen wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn auf diese Weise *Technik und Technologien* direkt revolutioniert, auf ein tendenziell fortschrittsförderndes Niveau gehoben werden. Exponierte *Wirk-, Funktions- und Strukturprinzipien*, wie die Miniaturisierung (mechanischer, mikro- und opto-elektronischer Strukturelemente), die Mechanisierung, Elektronisierung (Automatisierung + künstliche Intelligenz + Digitalisierung¹⁵), die Algebraisierung¹⁶ und Algorithmisierung – begrifflich subsummiert und in praxi integriert unter der noch bedeutungsvolleren, dabei *emergenten Technisierung* – stehen für diesen fundamentalen, die gesamte Entwicklung der Menschheit formierenden und mittragenden Prozess. Die *Technisierung*

15 Der Begriff **Digitalisierung** bezeichnet elementar die Überführung analoger Größen in diskrete (unstetige) Werte, um sie effektiv elektronisch erfassen, speichern, be- und verarbeiten zu können. Im weiteren Sinne wird damit der Einsatz elektronisch gestützter Prozesse mittels Informations- und Kommunikationstechnik und deren *Vernetzung in nahezu allen Anwendungsbereichen* charakterisiert. Diese sogenannte „vierte industrielle Revolution“ bewirkt eine zunehmende Vereinigung von Teilen der realen und virtuellen Welt. Der Mensch wird nahezu gänzlich aus den unmittelbaren Prozessabläufen herausgelöst und von ‚intelligenten‘ technischen Konstrukten vertreten. So verändert die Digitalisierung maßgeblich die Arbeitswelt (4.0), die Produktionsabläufe, das Alltagsleben der Menschen, die Gesellschaft sowie deren Rahmenbedingungen – siehe u.a. mobiles Internet, wachsende Vielfalt alltäglicher elektronischer Assistive, mechanisch-elektronischer Lebenshilfen, Kommunikations- und Cyber-Systeme. Selbst die von technischen Medien vermittelte Wissenschaft, Technik, Kultur und Kunst kann digitalisiert zusammenfließen, weil alles irgendwann Abgebildete und Geschriebene in Binärcodes verwandelt, so in Beziehung gesetzt, übermittelt und gespeichert werden kann. Der Begriff *techné* erhält, in diesem Sinne erweitert, abermals eine der Zeit – dem *Kairós* – gerecht werdende Ausprägung. Kritiker argwöhnen, ex aequo wirke die Digitalisierung als Katalysator eines ökonomischen Desasters. Infolge der Veränderungsdynamik der ‚Künstlichen Intelligenz (KI) aus Daten lernender Systeme‘ wird die Digitalisierung rekursiv erheblich beschleunigt.

16 Die **Algebraisierung** ist als Methode einer Transdisziplin aufzufassen Auf ihrem gegenwärtigen Qualitätsniveau dient die moderne *Algebra* (von arabisch: *al-dschabr* „das Zusammenfügen gebrochener Teile“) wie eine ‚*Kultur en miniature*‘ als *Sprache, Denkweise, Tätigkeit, Werkzeug* und verallgemeinerte Arithmetik. „Unter algebraischen Denken lassen sich alle Denkhaltungen [...] wie Generalisieren, Abstrahieren, Strukturieren und Restrukturieren“ fassen (Hefendehl-Hebeker 2007, S. 180).

wird in einem kleinen, unten folgenden Textteil vorgestellt. Zu den – unter diesen Aspekten – bestimmenden prozessualen Konstituenten gehören in erster Linie die sich entwickelnden Naturwissenschaften und die Mathematik mit den sich überlagernden und komplementären Tendenzen der Physikalisation, Chemisierung, Biotisierung, Mathematisierung etc. Die in diesen Zusammenhängen verwendete Endung »-sierung« dokumentiert die nominalisierte Verlaufsform, die ‚Continuous Form‘. Sie betont (ähnlich der englischen ‚ing‘-Form) das *Prozesshafte*, die Fortdauer, das Währende, den anhaltenden Verlauf von Handlungen, Ereignissen, evolutionären Veränderungen etc. in der Gegenwart und der Vergangenheit.

Wissenschaftsgebiete wie die Elementarteilchen-, Quanten-, Informations- und Kommunikationstheorie, die Evolutions-, Mikro- und Molekularbiologie, die Genetik, das genetic engineering, die personalisierte Medizin u.a. sind Quelle und Partizipanten dieser Evolution. Auffallend sind zudem Inter-, Multi- und Transdisziplinaritäten sowie Konvergenzen. So fusionieren beispielshalber die technologischen Wissenschaftszweige Photonik, Nanoelektronik und Teile der Biotechnologien unter dem Signum Nanotechnologie.

5.3 *Die Wissenschaft auf dem Weg von der rationalen zur relationalen Weltsicht – ein Paradigmenwechsel? (Dispositiv 2)*

Die tradierte *rationale Betrachtungsweise* der Welt geht von der prinzipiell frei gestaltbar und objektiv beschreibbar erscheinenden Wirklichkeit aus. Komplementär (oder konträr?) sieht die *relationale Betrachtungsweise* die Wirklichkeit als Realität, die von ihren Kontexten sowie den Beziehungen der Teile (Konstituente aller Arten, Akteuren...) abhängig, dynamisch und verschiedenartig (bis gegensätzlich) wirken kann. Diese sich etablierende holistische funktionell-strukturelle wissenschaftliche Sicht- und Denkweise begünstigt physikalische bis gesellschaftliche Erklärungsmuster unterschiedlichster Phänomene und kann als neue wissenschaftliche Grundauffassung (*Kuhn'sches Paradigma*) erklärt werden.

Die gemeinschaftlich kreierte relationale Wirklichkeit zeigt und manifestiert sich in den interagierenden, kooperierenden, kommunizierenden Systemen, indem sie ihre Um-, Nah- und Mitwelt (darunter obligate Rahmenbedingungen, unmittelbare biotische Nachbarn oder tangierende Wissenschaftsdisziplinen) im Grunde ‚autobiografisch‘ wahrnehmen und demzufolge auch nur gemeinsam mit ihr (ihnen) gestaltet, umgestaltet und beschrieben werden können.

Die Analysen solcher Systeme, ihrer Zustände, Zustandsänderungen, Prozesse und Entwicklungen konzentrieren sich folgerichtig auf die vielgestaltigen Abhängigkeiten und Interdependenzen (Affinitäten, Interaktionsweisen/ Wechselwirkungen, Kopplungen etc.) der Elemente und die mit formierenden

den funktionell-strukturellen Kontexte. Die Veränderungsmöglichkeiten bestehen in einer einmaligen, zyklischen oder rekursiven ([an]lernenden) Beeinflussung der Relationen, der Kommunikationsweisen und der Prozessdynamik mit kontextuellen Interventionen (Kontextvariationen).

Zu den adjungierten Phänomenen gehören meines Erachtens insbesondere die Information, Selbstorganisation, Emergenz, Evolution sowie die Inter-, Multi- und Transdisziplinarität und das Leben.

5.4 Reflexionen zur transdisziplinären Struktur und Arbeitsweise der Wissenschaft

Transdisziplinär und nicht nur interdisziplinär ist *Humboldts* Wissenschaftskonzeption und -praxis

„[...] weil er den Dialog mit anderen Disziplinen nicht vom Standpunkt einer bestimmten »eigenen« Disziplin (etwa der Botanik, der Mathematik oder der Geognosie) aus suchte – wie dies im interdisziplinären Dialog der Fall wäre –, sondern die unterschiedlichsten Bereiche der Wissenschaft unter Rückgriff auf und Mithilfe von Spezialisten zu queren und damit die verschiedenartigsten Wissensgebiete und fächerspezifischen Logiken miteinander zu verbinden trachtete. Man darf hier von einer *dynamischen, nomadisierenden Wissenschaftskonzeption* sprechen, die unterschiedliche spezifische Logiken relational miteinander verknüpft und in Bewegung setzt.“ (Ette 2006b, S. 42, Hervorhebungen LGF)

Die *programmatischen transarealen Studien* und *Weltbilder* des Naturforschers und Schriftstellers *Humboldt* umfassen *reale* (unbelebte physikalische und lebenstragende biotische) sowie verschiedenartigste *ideelle Räume*, mit natürlichen und kulturellen Objekten in ihren obwaltenden dynamischen Wechselbeziehungen sowie verflochtenen (in der Regel nichtlinearen und emergenten) Folgen – demgemäß im Wesen komplexe Ursachen und deren Wirkungen. Dabei sind die inhärenten Interaktionen eng mit übergeordneten Begriffen wie Information, Kommunikation, Handeln und Arbeit verbunden. Unter *Interaktionen bzw. kommunikativem Handeln* versteht z.B. *Herbermas* – frei zitiert – symbolisch vermittelte Interaktionen, die *obligatorisch geltenden Normen unterliegen, die reziproke Verhaltenserwartungen definieren* und von (zumindest) zwei handelnden Subjekten verstanden sowie anerkannt werden müssen.

Die transdisziplinäre Praxis kann auch – wie von Ette angeführt – als transareal verstanden werden, also als eine Bereiche superponierende Forschungskonzeption und Lösungsstrategie, die sich „[...] aus den Beziehungen, Zirkulationen und Wechselwirkungen jenseits des bloß Territorialen begriff [...]“. (Ette 2011, S. 13).

Vorausgesetzt, die Begriffe »Areal, Territorium, Bereich« gelten auch für abstrakte Verallgemeinerungen des Anschauungsraums: nach *Kant* für alle Anschauungsformen – die „reine“ Anschauung – für jedwede Art und Weise der Verknüpfung und Ordnung des Gegebenen. Es ist sachdienlich, den *mathematischen Raumbegriff* als abstrakte *Verallgemeinerung der Anschauungsräume* von der Physik bis zu den Gesellschaftswissenschaften zu Rate zu ziehen. Die Physik der Gegenwart nutzt das Modell der Schleifen-Quantengravitation in Form eines *Spin-Netzwerks* aus Schleifen in quantisierten Räume und Zeiten mit elementaren Planck-Dimensionen.

Der *Begriff Transdisziplinarität* wird, selbst in der wissenschaftlichen Literatur, bisher nicht einheitlich gebraucht. Der *theoretischen Ort der Transdisziplinarität* findet sich – nach *Günter Ropohl* (1939–2017) – in einer von der synthetischen Philosophie angeleiteten wissenschaftlichen Systematisierung „nicht ‚zwischen‘ oder ‚über‘ den Disziplinen, sondern jenseits des disziplinären Paradigmas“.

In dem Aufsatz (Ropohl 2010) belegt *Ropohl*, dass *Transdisziplinwissenschaften* spezifische Besonderheiten aufweisen: Sie unterscheiden sich signifikant von den relativ eigenständigen disziplinären Wissenschaften in der *Definition der Probleme, den Begrifflichkeiten, den Denkmodellen, den Arbeitsmethoden und den Qualitätskriterien für die Ergebnisse* (vgl. auch Ropohl 2005, Hervorhebungen LGF).

Als eine relativ weit verbreitete Methode von Transdisziplinen ist die *Algebraisierung* aufzufassen. Sie bietet als eine ‚*Kultur en miniature*‘ (vgl. Fußnote 15) ein aufschlussreiches Beispiel. Daneben gibt es jedoch Hinweise auf diesbezüglich bislang Vergessenes oder Ungenanntes. Wenn beispielsweise die Technikwissenschaften die Definition und Bearbeitung ihrer spezifischen Gegenstände und Probleme angemessen und umfassend vornehmen wollen, können sie in logischer Konsequenz grundsätzlich keine einzeldisziplinäre Wissenschaften mit monistischen methodischen, terminologischen oder konzeptionellen Vorgehensweisen, sondern müssen *Transdisziplinwissenschaften* sein.

Der Autor (LGF) schließt sich solchen Auffassungen an, die mit ihren Begriffselementen oder kumulativ akzentuieren: *Transdisziplinarität* bezeichnet ein *integrativ überlagerndes und vernetzendes Prinzip (Paradigma)* der zweckrationalen Problembehandlung der Forschung und Entwicklung, der Analyse und Synthese, das primär die Methodologie, das Rationalitätsverständnis der systematischen Zweck-Mittel-Abwägung, aber auch die holistisch-relationale Organisation der Bearbeitung spezieller komplexer Probleme und die adäquate (fächerüberlagernde und fächerintegrierende) Wi-

derspiegelung der Resultate betrifft, wobei *heuristische Prinzipien* und *wissenschaftliche Methoden*, *disparates Wissen verschiedener Wissenschaftsdisziplinen* sowie die *Systemtheorie bewusst mit praktischen Erfahrungen*, mit *problemrelevantem außerwissenschaftlichem Wissen*, in praktikablen Rationalitäten (Ganzheiten) vernetzt werden und die Ergebnisse den *wissenschaftlichen und evidenten pragmatischen Kriterien* genügen müssen.

Die Aufarbeitung der Quintessenzen von Einzelwissenschaften und die Synthese fachwissenschaftlich disparaten Wissens für fächerüberschreitende Problemfelder der Lebenspraxis, darunter der finalen Technik, der ebenfalls zweckorientierten Technologie sowie der Technisierung, gehört zu den originären Aufgaben von *Transdisziplinen*.

Im Kontext mit der Technologie als Theoriensystem wurde erwähnt, dass transdisziplinäres Wissen vornehmlich im *Verwendungszusammenhang der Wissenschaft* benötigt und das Paradigma der Transdisziplinarität etabliert wird. Im *Entstehungszusammenhang* hingegen dominiert die Disziplinarität. Transdisziplinen bedürfen folgerichtig der *Wissenssynthese*: der Selektion, Verknüpfung, Abgleichung und Systematisierung des heterogenen disziplinären Wissens. Sie nutzen die Methoden und das Wissen zahlreicher verschiedener Disziplinen für ein *relevantes Integrationsmodell*, verknüpfen das zu dem fachübergreifenden Problemfeld verfügbare, disparate Wissen, indem sie die „[...] *Partialmodelle komparativ auf einander und subsumptiv auf das integrative Gesamtmodell* [...]“ *abstimmen* (Ropohl 2010, S. 7, Hervorhebungen LGF).

5.5 Entfaltung der Komplexität und der Dynamik der Entwicklungsprozesse

Die diskutierten Prinzipien und Abläufe sind Indikatoren und Nachweise für die sich in den *Entwicklungs*-Prozessen zwangsläufig entfaltende Komplexität und Dynamik, die schon *Humboldt* als gesetzmäßig apostrophierte und in praxi pflegte.¹⁷ Von besonderer Geltung und Tragweite sind in diesen

17 Während sich die Leitkategorie **Ordnung** nur auf den faktischen Zustand des Systems/Objektes bezieht, hat die **Komplexität** drei Aspekte: Sie ist *Faktisches*, *grundsätzlich Mögliches* und *Denkbares*. Komplexitäten besitzen als Porträts der Wirklichkeit und Modelle der Möglichkeit prinzipiell die Eigenschaften der Aktualität und Potenzialität. „Die Auffassung der Welt als eines Komplexes von Wirklichkeit und Möglichkeiten und folglich die Ausstattung des Möglichen mit einem von der Wirklichkeit unterschiedenen Seins- oder Realitätsgrad ist das modalitätstheoretische Korrelat eines Weltbegriffs, der die Substanzen als ursprünglich und wesentlich bewegte, sich verändernde und also die Welt im ganzen als einen dauernden Prozeß der Umgestaltung denkt“ (Holz 1996, S. 8). Die **Komplexität** des jeweiligen dynamischen Systems/Objektes bzw. Prozesses (in Einem: *der Entität*) indizieren *generell die Menge, die Vielfalt und die Wertigkeit der funktionellen/*

Zusammenhängen die Selbstorganisation, die Evolution mit immanenten Innovationen sowie die Entstehung, Ausformung und Erhaltung des Lebens.

5.5.1 Modalitäten der Selbstorganisation und Evolution

Die *Dynamik*, die von Kräften erzeugte *Bewegung* als *Veränderung überhaupt* (*Allgemeines*) und als *Entwicklung im Besonderen*, gehört zu den fundamentalen Merkmalen aller Seinsbereiche und deren systematischer Reflexionen, wobei offenkundig und gesetzmäßig deren Komplexität bzw. Kompliziertheit entscheidend ansteigt. Basal und prägend für diese *Evolution* ist ein eigengesetzlicher, ohne externe Einwirkungen (also *autonom*) ablaufender nichtlinearer Prozess der Struktur- und Musterbildung: die *Selbstorganisation*¹⁸ / *Selbstassemblierung*. Wobei höher Organisiertes, sich spontan

strukturellen Einflussfaktoren/Einflussgrößen, der zwischen ihnen bestehenden Abhängigkeiten (Aktionen, Interaktionen, im Idealfall Kooperationen (Fleischer 2010).

Die Komplexität eines (realen oder ideellen) Systems Σ wird (vorrangig) von der *Vielfalt* und (nachrangig, dennoch wesentlich) von der *Vielzahl* – in toto von der *Multiplicity* – der charakteristischen *Elemente E* sowie der *Relationen R*, d.h. einem verknüpften und verzweigten Netz verschiedenartiger dynamischer kooperativer *Interaktionen* – *Interaction* – im hierarchisch und heterarchisch oder rhizomatisch organisierten komplexen Ganzen – in toto von der partiellen oder vollständigen *Integration* – bestimmt.

Die herkömmliche Notation $\Sigma = \{E, R\}$ sollte folgerichtig mit $\Sigma = (E)(R)$ verstärkt werden. Die Erläuterung erfolgt am Muster. Der Nobelpreisträger für Chemie 1987, *Jean-Marie Lehn*, dokumentierte (Lehn 1995, S. 202) seine *Komplexität-Auffassung* in einer analog charakterisierenden, mathematisch formalen Beziehung.

Complexity = (Multiplicity)(Interaction)(Integration). Die Multiplikationszeichen versinnbildlichen, dass die in keinem der Konstituenten präformierten oder vorprogrammierten, im emergenten Ganzen aber spontan wesensformenden Kollektiv-Eigenschaften prinzipiell über die Summe ihrer Teile hinausreichen. Erst die Logarithmen der Funktionalitäten verhalten sich additiv. So, wie das auch bei den Entropien typisch ist.

Die *ontischen* und die *kognitiven Komplexitäten* sind (in der Literatur allerdings nicht unbestritten) *ontologisch* und mit hoher Wahrscheinlichkeit *tautologisch*. Besonders strukturierte *organisatorische Komplexitäten* von weitreichender Bedeutung sind Hierarchien und Heterarchien aller Art sowie Netzwerkarchitekturen mit zahl- und formenreichen Verknüpfungen und Verzweigungen. So formieren sich die unterschiedlichsten Systeme in der Regel selbstorganisierend.

- 18 **Als *Selbstorganisation*** wird in der Systemtheorie ein *Paradigma und eine Form* der Systementwicklung bezeichnet, bei der die formgebenden, gestaltenden und beschränkenden Einflüsse von Elementen des sich organisierenden Systems selbst ausgehen. Sie ist ein evolutionärer Verbund von *Selbstentfaltung und Selbsterhaltung*. In Prozessen der Selbstorganisation werden höhere strukturelle Ordnungen intrinsisch erreicht, d.h. ohne dass erkennbare äußere steuernde Elemente vorliegen. (Man beachte dazu: [<https://de.wikipedia.org/wiki/Selbstorganisation>] (modifiziert)).

Fleissner und *Hofrichter* plädieren für das Paradigma der Selbstorganisation als basalem Merkmal der Information (Fleissner/Hofrichter 1995, S. 131 u. 126).

herausbildende neue Qualitäten (Strukturen mit emergenten Eigenschaften) aus niederen Organisationsniveaus entstehen können. Die *selbstorganisierenden Eigenleistungen* der sich aufbauenden Systeme basieren auf internen Wechselwirkungen zwischen Elementen/Systemkomponenten. Die beobachtbare *Selbstorganisation* mit der inhärenten, systembezogenen *Selbstentfaltung und Selbsterhaltung*, setzt bei den vorhandenen *separaten Komponenten*, wie Molekülen, Mengen und Massen, Ladungen, Feldern, Formen und Gestalten etc. an. Sie ist Ergebnis jener Informationen, die diese Entitäten selbst tragen (speichern); und sie fußt, wie oben betont, auf Interaktionen und Kooperation der jeweiligen Konstituenten.

Umfassendere Darstellungen bieten *Werner Ebeling* und Koautoren (Ebeling et al. 1990; Ebeling/Feistel 1984).

Aus der Fülle der wissenschaftlichen Publikationen mit referierten Ergebnissen und Interpretationen zu dem hoch dimensionierten Forschungsfeld Selbstorganisation seien exemplarisch zwei international überragende inhaltlich skizziert.

Der Physikochemiker und Nobelpreisträger für Chemie 1977, *Ilya Prigogine* (1917–2003), verknüpfte in seiner *grundlegenden Theorie dissipativer Strukturen* die Selbstorganisation mit dem Transfer *hochwertiger Energie* (Exergie, Negentropie) sowie der *Entropie* zwischen der Umgebung und den thermodynamisch offenen (d.h. auch externe Energie- und Stoffübertragungen zulassenden) nichtlinearen Systemen fernab vom thermodynamischen Gleichgewicht. Die lokale Entropieverminderung des Systems beim Aufbau dynamischer, geordneter Strukturen muss von einem äquivalenten Energie-/Stofftransfer mit der Umgebung kompensiert werden.

Der Physiko- und Biochemiker *Manfred Eigen* (1927–2019) schuf nach seinen richtungweisenden Arbeiten zur Messung der *Geschwindigkeit ultraschneller Reaktionen* (Nobelpreis für Chemie 1967) eine Theorie zur Selbstorganisation der Materie mit einem Akzent auf komplexen *biotischen Makromolekülen* (Eigen 1971). Er und seine Mitarbeiter realisierten auf diesem theoretischen Fundament eine praxisreife biotechnologische *„Evolutionstheorie“*.

„In der einfachsten theoretischen Vorstellung einer solchen Selbstorganisation werden die unmittelbaren Nachbarn eines Raumpunktes in das Regelwerk einbezogen und tragen zur Zeitentwicklung bei.“ (Hütt 2001, S. 6) Diese raumzeitliche Dynamik lässt sich mathematisch *mit partiellen Differenzialgleichungen abbilden* und *mit zellulären Automaten imitieren*. In der Biologie sind diese Regeln von biochemischen Mechanismen und Formen der Signaltransduktion bestimmt. Als Signaltransduktion werden in der Biochemie und Physiologie Prozesse bezeichnet, mittels derer Zellen beispielsweise auf Reize reagieren, diese transformieren, in das Zellinnere als Signal weiterleiten und über eine Signalkette bezeichnende zelluläre Effekte bewirken.

schine‘, womit sich zentrale, immunologisch relevante Mechanismen der Bio-Evolution untersuchen und ‚new molecular entities (NMEs)‘ für innovative Pharmaka entwickeln lassen. Das darf als Verifikationshinweis für die Theorie angesehen werden. Gemeinsam mit *Ruthild Winkler-Oswattisch* beschreibt *Eigen*, wie auf der Basis der Spieltheorie der Zufall und scheinbare Zufallsprozesse gesetzmäßige Ergebnisse hervorbringen: vorrangig Informationen und solche komplexen Biomoleküle sowie ihre Verhaltensmuster in begrenzten Lebensräumen, die eine wesentliche Grundlage für das Leben bilden (*Eigen/Winkler 1975*). Zur Erinnerung: Natur bedeutet ursprünglich alles das, was (aus sich heraus) entstanden und gewachsen ist.

Mit der auf physikalischer, chemischer und biotischer Organisationsebene erörterten Selbstorganisation besteht ein wesentlicher Unterschied zum Templating, der matrixunterstützten oder gar matrixgeleiteten, also fremdbestimmten/fremdgesetzlichen Formierung von Anordnungen/Ordnungen, die ausschließlich von außen auf das System wirkende Prozesse und externe Informationen vereinigen und so *heteronom* nano- bis makroskalierte Formen und Muster einprägen.

Es ist zu betonen, weil wegweisend, dass jedes *makroskopische System ein zeitliches sowie strukturell-funktionelles Unikat* darstellt, das *Resultat irreversibler Umgestaltungen* ist und dauerhaft nur im *Nicht-Gleichgewicht existieren kann*.

Lokale und globale Gleichgewichtszustände haben symmetrische räumliche und zeitliche Strukturen und ermöglichen reversible Prozesse, bei denen eine unendliche Folge von Gleichgewichtszuständen unendlich langsam passiert werden. Das ist offenkundig eine theoretische Fiktion, ein Modell. Natürliche (synonym: irreversibel agierende) Systeme pendeln aber zwischen Gleichgewichten und Ungleichgewichten. Das dafür als dynamisches physikalisch-mathematisches Modell genutzte Doppelpendel führt in den Zustand des dynamischen Chaos.

Als Folge der Persistenz der Thermodynamik wirken all ihre Gesetze in jeder emergenten Organisationsebene. Die nichtlinear aufgebauten komplexen Systeme differenzieren sich selbstorganisierend und bilden so naturgesetzlich unterschiedliche Systeme mit immer komplexeren Wechselwirkungen, Verflechtungen und sich selbst verstärkenden Effekten.

Stuart Kauffman führt die – von ihm auch als 4. Hauptsatz der Thermodynamik bezeichnete – neue These ein „Systeme maximieren die Erforschung des angrenzend Möglichen“ [im Original: adjacent possible]“ (*Kauffman 2000*). Seine ‚theory of adjacent possible‘ besagt, dass biotische Systeme fähig sind, sich in komplexere Systeme zu verwandeln, indem sie inkremen-

telle, relativ weniger Energie verbrauchende Veränderungen in ihrem Aufbau vollziehen. Bei dieser Entfaltung der Komplexität biotischer Systeme wirkt die Selbstorganisation als mindestens ebenso wichtiger Faktor wie die *Darwinsche* Selektion.

Geradeso ist die *Natur ein irreversibles, sich kontinuierlich selbst organisierendes System*. In ihr gebiert und trägt die Kette der Selbstorganisationsprozesse die selbst emergente, phasenreiche systemische Evolution. Deren aufbauende Elementar-Prinzip der Kooperation und Integration sowie *genuin physikalische Ordnungsprinzipien* wirken generell und schließen das hoch komplexe Leben als generischen Effekt ebenso ein, wie die multifaktorielle und mehrschichtige Techno- und Soziogenese.

5.5.2 Emergenz – ein transdisziplinäres Ordnungsprinzip

Aus der Sicht der *Emergenztheorie* wird die Natur nicht allein von grundlegenden Naturgesetzen gesteuert bzw. so begreifbar, wie im heute noch dominierenden klassischen Wissenschaftsverständnis angenommen. In der Natur (bzw. der gesamten objektiven Realität) wirken zudem *allgemeine Ordnungsprinzipien*, die sich nicht auf die bekannten elementaren Naturgesetze reduzieren lassen. Tatsächlich wird mehr und mehr deutlich: Für das Verständnis und die Gestaltung einer Ganzheit sind der alleinigen analytischen Zergliederung von Phänomenen ebenso prinzipielle Grenzen gesetzt, wie ihrer bloßen Synthese aus immanenten Teilen. Ein daraus konstruiertes tödliches Verdikt für das ‚Zeitalter des Reduktionismus‘ wird jedoch der Sachlage nicht gerecht. Es dürfte wohl eher zu einer bewusst zu vollziehenden *Beschränkung des Reduktionismus in Relation zur Emergenztheorie* führen. Zudem sei daran erinnert, dass jedes Denkmodell wesensgemäß Grenzen hat sowie problemorientiert abzuwägende und zu prüfende Vor- und Nachteile bietet.

Der US-amerikanische Physiker *Robert Betts Laughlin* – Nobelpreis für Physik 1998 – konstatiert beinahe apodiktisch, dass die Wissenschaft von einem *Zeitalter des Reduktionismus* in ein *Zeitalter der Emergenz* übergegangen ist. Das führte zu Meinungsverschiedenheiten, Missverständnissen und sogar Missbräuchen. *Laughlin* selbst bekenn:

„Leider sind dem Ausdruck Emergenz einige Bedeutungen zugewachsen, die für unterschiedliche Dinge stehen, darunter übernatürliche Erscheinungen, die den physikalischen Gesetzen nicht unterworfen sind. So etwas meine ich nicht. *Ich verstehe darunter ein physikalisches Ordnungsprinzip.*“ (*Laughlin* 2007, S. 25, Hervorhebungen LGF)

Die erst in den jüngeren Jahrzehnten erkannten und immerhin teilweise verstandenen *emergenten Phänomene der Strukturen, der Funktionen und des Verhaltens* lassen sich tatsächlich nicht reduktionistisch aus fundamentalen elementaren Gesetzen ableiten. Das erklärt auch, weshalb in mikroskopischen Dimensionen/Betrachtungsweisen bisher nicht aufgelöste Widersprüche zur Quantentheorie auftreten. Zwischen dem notwendigen Systemverhalten und dem echt zufälligen Elementverhalten – dem zugleich möglich und nicht-notwendig sein – besteht ein permanenter Gegensatz und ein nachhaltiger Zusammenhang.

Die charakteristischen Eigenschaften *Selbstorganisation und Strukturbildung gehen aus kollektiven Ordnungszuständen der Materie hervor*. Sie resultieren aus Ordnungsprinzipien und Naturgesetzen beim Zusammenwirken einer sehr großen Zahl von Mikroteilchen, Atomen, Molekülen u.Ä.m. in Vielteilchensystemen. Der systemtheoretische Begriff *Emergenz charakterisiert prinzipiell ein natürliches kollektives Verhalten mit dem selbstorganisierten plötzlichem (figurativem) Erzeugen geordneter Strukturen aus weniger strukturierten (organisierten)* – einschließlich chaotischer dynamischer Ausgangs-Zustände (Unordnung). Die Emergenz erfasst damit im Speziellen das spontane Generieren (!) neuer Qualitäten (Organisationsformen, Muster, Eigenschaften: Bedeutungen, Verhaltensweisen etc.) beim Übergang von hierarchisch untergeordneten Struktur-/Organisationsebenen sowie Betrachtungsweisen/Beobachtungsebenen zu übergeordneten. Wobei sich die Emergenzen und ihre Eigenschaften wegen der superadditiven Form der Kooperation (Synergie) nicht allein oder auch nur vorrangig aus den Eigenschaften der interagierenden ‚Elemente‘ auf der jeweiligen subalternen Ebene ableiten lassen.

Auch die *strukturierenden Phasenübergänge* 1. und 2. Ordnung (wie flüssig→fest, amorph→kristallin, leitend→supraleitend) sind als Wechsel einer bereits ausgebildeten physikalischen Struktur in eine neue Phase (griech.: phasis ≈ Erscheinungsform) zumindest mit der Emergenz eng verwandte Phänomene oder eine ihrer Realisationsvarianten. Höchst bemerkenswert und zu wenig beachtet ist der Tatbestand, dass bei diesen Neuordnungen grundsätzlich eine *chaotische* Phase durchlaufen werden muss, um die räumlichen und zeitlichen Freiheitsgrade für den funktionell-strukturellen Wandel zum qualitativ Neuen zu schaffen.

Eine wissenschaftspraktische Konsequenz sei angeführt. Um die ‚Mechanismen‘ der Natur aufzudecken, muss man sie *problembezogen* unter verschiedenen Blickwinkeln betrachten und die *Entwicklung ihres ebenenspezifischen Verhaltens* erfassen sowie die dies reflektierenden Gesetze und Prinzipien identifizieren.

Als ein illustrierendes Beispiel können qualitative stoffliche Wandlungen/chemische Reaktionen gewählt werden.

Zur makroskopischen Untersuchung und Darstellung chemischer Reaktionen dienen *Bruttoreaktionsgleichungen*, die den 1. und 2. Hauptsatz der phänomenologischen Thermodynamik abbildende chemische Energetik der (genau betrachtet) *Zustandsänderungen* $\Delta_R Z = Z_{nach} - Z_{vor}$, die Relationen zwischen den Aktivitäten der Edukte und der Produkte im chemischen Gleichgewicht (Massenwirkungsgesetz) und gegebenenfalls die Kinetik mit Aussagen zu den Reaktionsgeschwindigkeiten und den Reaktionsordnungen.

Submikroskopisch werden *chemische Reaktionen* dagegen als Prozesse definiert, in denen bestimmte *Bindungen* zwischen Atomen, Ionen etc. mit mittleren Bindungslängen von ca. 100 pm gelöst, umformiert, neu komponiert und dabei zugleich die An-/Einordnungen umgestaltet werden. Diese Betrachtungsweise ermöglicht u.a. eine exaktere Abgrenzung chemischer Reaktionen von rein physikalischen Prozessen.

Emergente Phänomene existieren in allen realen und kognitiven Hierarchieebenen von der Physik der Elementarteilchen bis zu den Ordnungsprinzipien und Ordnungsparametern der Gesellschaft. Das spricht für die Welt als einem weiter zu erforschenden einheitlichen Ganzen. Mit der Emergenztheorie verlagert sich die Erforschung der Urgründe der Dinge und Erscheinungen von den Teilen auf die Kollektive in den Gesamtheiten.

Auf der Suche nach einer *Weltformel* bzw. einer hypothetischen *Theorie von Allem*, die sich aus der theoretischen Physik und der Mathematik ableiten lässt, ist das lediglich ein Indiz und weitab von einer – unter Naturwissenschaftlern nicht geschätzten – sogenannten ‚Weltformel‘. Es empfiehlt sich in den Kontexten unbedingt zu beachten, was der Autor mit „*Allem*“ meint. Die so deklarierten Entitäten reichen von drei oder vier Grundkräften der Physik bis zum unbegrenzten und unerschöpflichen (→ unendlichen) Universum.

Die Physikgeschichte erinnert an den fatalen 24. Februar 1958. *Werner Heisenberg*, Direktor des Max-Planck-Instituts für Physik, hatte zum Physik-Kolloquium an der Universität Göttingen eingeladen. (vgl. Blum 2019). Er stellte eine komplizierte Gleichung für das masselose Urpartikel Psi (Ψ) vor, aus dem sich alle evolutiv beobachtbaren und kognitiv explizierten Teilchen zusammensetzen und aus der sich die bekannte Physik des Universums ableiten lassen sollte. Dazu dienten die Konventionen und Mittel der Quantenfeldtheorie, die die Prinzipien der klassischen Feldtheorien und der Quantenmechanik in einer so erweiterten, noch heute genutzten Theorie verknüpft. Ein anwesender Journalist bezeichnete *Heisenbergs* Kreation aus

vier gekoppelten Differentialgleichungen als „Weltformel“. Heisenberg selbst nannte das „zu anspruchsvoll“. Die „Frankfurter Allgemeine Zeitung“ publizierte einige Tage nach dem Kolloquium auf ihrer Titelseite Heisenbergs Beurteilung, dass die Gleichung außerordentlich einfach sowie mathematisch schön sei und alle physikalischen Vorgänge erkläre. Er hielt den Gleichungs-Entwurf allerdings nicht für endgültig. Bald entdeckten Fachkollegen Heisenbergs gravierende Unstimmigkeiten und bemängelten die mathematische Inkonsistenz in der damit mehrfach unhaltbaren Gleichung. Zum tatsächlichen Skandal eskalierten die Geschehnisse am 25.4.1958, als Heisenberg anlässlich des 100. Geburtages von Max Planck zur Tagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaften in der Westberliner Kongreßhalle die sogenannte „Weltformel“ erneut offerierte. Viele Kollegen wandten sich von ihm, einem ‚Großen der Physik‘, ab. Selbst der bis zu dem Zeitpunkt mit ihm eng befreundete Wolfgang Pauli (1900–1958) und der Nachfolger Heisenbergs im Amt des Institutsdirektors, Hans-Peter Dürr (1929–2014), die anfänglich am Projekt beteiligten waren, konnten den eigensinnigen Nobelpreisträger nicht zu diskutablen und erwägenswerten Einsichten bewegen.

5.5.3 Fragmentarisches zum ‚Kunstwerk‘ Leben

Wesensgemäß steht das *projekthafte Leben* als wortgetreu interessantes Phänomen [lateinisch: *interest* = es ist von Wichtigkeit sowie *inter* \approx zwischen und *esse* \approx sein] im Fokus wissenschaftlicher und künstlerischer Reflexionen. In verschiedenen Sprachen behaupten insbesondere Literaten ‚*Leben sei ein Kunstwerk*‘. Das soll ableitend wohl besagen: eine individuelle, wirkmächtige, potente, imposante, vollkommene, ästhetisch gelungene, erlesene und letzten Endes einzigartige *Kreation der natura naturans*. Ursprünglich bedeutet Natur alles das, was (aus sich heraus) entstanden und gewachsen ist.

Oscar Wilde (1864–1900) verlautbart 1889 im Essay ‘The Decay of Lying’ [Der Verfall des Lügens], einem sokratischen Dialog zwischen zwei, nach den eigenen Söhnen, Vivian und Cyril, benannten Personen, seine *bedenkenswerte Auffassung*. In dem Diskurs lässt er an seiner statt Vivian ein *Prinzip* erklären:

„So paradox es scheinen mag – und es ist immer etwas Gefährliches um Paradoxien – es ist nichtdestoweniger wahr, daß das *Leben die Kunst viel mehr nachahmt als die Kunst das Leben*.“ (Wilde 1907a, S. 28f., Hervorhebungen LGF)

Im Roman ‚Das Bildnis des Dorian Gray‘ äußert sich Wilde zu solchen, dem allgemein Erwarteten auf ungeahnte Weise zuwiderlaufenden *Paradoxa*

grundsätzlich: Der Weg zur Wahrheit scheint mit Paradoxen gepflastert zu sein (vgl. Wilde 1907b). Physikalisch wahr bleibt: *Lebende Systeme* sind in ihren metamorphen Strukturen, adaptiven Funktionen sowie flexiblem Verhalten komplex, heterogen und existieren per definitionem fernab vom thermodynamischen Gleichgewicht.

Empirisch erscheint das *projekthafte Leben* als gerichteter, subjektbezogen einmaliger Prozess mit charakteristischen Lebensphasen sowie zeitlich lediglich scharf abgegrenztem Anfang und Ende. Leben wird von einem komplexen, äußere und innere Einwirkungen verarbeitenden, reproduktionsfähigen, adaptiven *Organismus* aus leistungsfähig gegliederten, auf zellulärer Grundlage organisierten Einheiten mit dynamisch abgestimmten, gesteuerten und geregelten Aktivitäten und formierenden Rückkopplungen getragen. Es unterliegt einem typischen organischen Wachstum, dem schwer verständlichen Altern und der Evolution des Systemganzen. Alle Lebewesen vollziehen den essentiellen Stoffwechsel, den Energiewechsel und den besonders ausgeprägt von den Lebensphasen abhängenden Informationswechsel (vgl. Tembrock 1981, S. 67ff.).

Trotz der ungezählte Versuche aus den Perspektiven verschiedener Wissenschaftsdisziplinen und mit deren wegweisenden Erkenntnissen, sich einer umfassenden Definition des hoch komplexen *Lebens als formenreichen systemischen Ganzen* wenigstens anzunähern, wurde dies bisher nicht erreicht, wohl aber treffliche Kriterien für die Vielfalt der Lebewesen erarbeitet. Das ist nur allzu verständlich. Reicht doch allein der – hier sehr grob skizzierte – *ebenenspezifische Anspruch biotischer Provenienz* von den *makromolekularen Biomolekülen* (vor allem Nucleinsäuren [DNA, mRNA, tRNA] und funktionell breit differenzierten Proteinen), über die schwierige Abgrenzung zwischen biotischen und abiotischen Systemen, die *zelluläre Organisation* der [*Procyte* (ohne Zellkern), der *Prokaryoten* (Bakterien und Archäen) als ursprünglichster Organismenform, der *Eucyte* (mit Zellkern) und der *Eukaryoten* mit jeweils typischem Verhalten und Fähigkeiten], die Individual-Entwicklung mehrzelliger *Organismen* und *biotischer Species* (Ontogenese), die Phylogenese der *Monophyla* zur Artenmannigfaltigkeit (als Ergebnis der biotischen Evolution) bis zur Individualität des Menschen und seinen gesellschaftlichen Organisationsformen.

Einiges spricht inzwischen dafür, dass alle Lebewesen von dem letzten gemeinsamen Vorfahren LUCA (**l**ast **u**niversal **c**ommon **a**ncestor) abstammen, dass LUCA ein *anaerober*, CO₂- und N₂-fixierender, H₂-abhängiger *thermophiler Prokaryot* war, der an einer an CO₂, H₂ und Eisen reichen Tiefseehydrothermalquellen lebte (Weiss et al. 2016). Solche Eigenschaften

entschlüsselten *William Martin* und Mitarbeiter mit viel beachteten vergleichenden Untersuchungen mittels aufwändiger bioinformatischer Genomanalysen eines Ensembles aus ca. 2.000 Prokaryoten. *Martin et al.* charakterisierten deren Lebensweise, prozessbestimmende thermodynamische, stoffliche und biotische Voraussetzungen dieses Lebensraumes sowie die einleuchtenden fundamentalen exoenergetischen katalytischen Reaktionen (Martin 2020). Zum relevanten Forschungsfeld der molekularen Evolution und Endosymbiose gehört, warum und wie aus einer Symbiose, bei der der Symbiont (Endosymbiont) innerhalb des Wirtsorganismus lebt, Eukaryoten aus prokaryotischen Vorläuferorganismen (wie Bakterien und Archäen) hervorgegangen sein könnten.

Wissenschaftlich erschließen sich *lebende Systeme* in mancher Hinsicht strukturell mit der fraktalen Geometrie. Selbst renommierte Mathematiker waren lange davon überzeugt, komplexe natürliche Strukturen wie Blutgefäße, Bäume, Pflanzen, Bergketten, Küstenverläufe, Wolkenformationen etc. seien nicht zufriedenstellend mathematisch zu beschreiben oder gar zu berechnen. 1980 veröffentlichte *Benoît Mandelbrot* (1924–2010) eine Arbeit zur fraktalen Geometrie [lateinisch: fractus – in Teile gebrochen], die *Euclid* und seiner den Menschen seit mehr als 2.000 Jahre vertrauten, anschaulichen Geometrie alternativ gegenübertritt. *Mandelbrot* veranschaulichte die mit einem IBM-Computer millionenfach wiederholend gelöste einfache Gleichung $z_{n+1} = z_n^2 + c$. Er beobachtete, dass die resultierenden Grafiken in der unbelebten und der belebten Natur vorkommende Strukturen und Prototypen repräsentieren. Eine gemeinsame Eigenschaft von Fraktalen ist die *Selbstähnlichkeit*, die im Umkehrschluss allerdings kein hinreichendes Kriterium für die Existenz von Fraktalen bietet. Nach Mandelbrot existiert eine große Klasse geometrischer Objekte (Mandelbrotmengen), die *selbstähnlich* sind, d.h. *skaleninvariante Eigenschaften* aufweisen. [Während *ganzzahlige Dimensionen* geometrische Formen beschreiben (mit der Dimension 1 Strecken, mit 2 Flächen und mit 3 Körper), sind *gebrochene Dimensionen*, nichtganzzahlige reelle Zahlen, für *Fraktale* kennzeichnend. Die *Mandelbrotmenge* basiert auf der Gleichung: $z_{n+1} = z_n^2 + c$ mit n – Iterationsschritt, $z_0 = 0$ – Anfangsglied, z_n und c sollen komplexe Zahlen sein.]

Die *fraktale Geometrie* widerspiegelt sehr häufig *Naturphänomene*. Ihre *Formen und Muster* werden vielfach (partiell, statistisch oder exakt) *selbstähnlich bis ins Unendliche abgebildet*. Selbst die irreguläre, scheinbar absolut regellose *Brown'sche* Bewegung kleiner, in einem Fluid suspendierter Partikel zeigt *statistische Selbstähnlichkeit*.

Fraktale Strukturen sind verzweigt und verflochten, haben keine festen Grenzen, konstituieren die Komplexität, tragen und katalysieren deren Effekte bis zur naturgesetzlichen Emergenz, der Evolution sowie dem *projekthaften Leben*. Die folgenreiche Verflechtung bis Verschränkung schafft *Affinitäten*, stützt die *Interaktionen*, die Wechselwirkungen zwischen den Strukturen, generiert überdies kooperative (Aus)wirkungen, ermöglicht Individualität. *Humboldts fraktale, auf Selbstähnlichkeit gerichtete Konstruktions- und Repräsentationsformen von Wissen* werden damit näher charakterisiert sowie – noch grundsätzlicher – theoretische und reale *Explikate* der kühnen *Humboldt'schen These „Alles ist Wechselwirkung“* belegt und erörtert. In klassischen glatten *Newton'schen Systemen* ist all das nicht denkbar, geschweige denn durchführbar.

Den *Kern formieren die Prozesse*, also die Art und Weise, das *Warum* und *Wie* der räumlichen, zeitlichen und raumzeitlichen, quantitativen und qualitativen Änderung submikroskopischer, mikroskopischer und makroskopischer Systemzustände in und zwischen den Emergenzebenen unter den jeweils obwaltenden Anfangs- und Randbedingungen, die ‚Richtung‘, Triebkräfte, Kinetik und Dynamik der Veränderungen/Bewegungen. Hinzu kommen die Stellung und das Wesen der Prozesse in den Ursache-Wirkungsketten sowie deren ‚Gewicht‘ und Wert für natürliche, technische und gesellschaftliche Determinanten.

5.5.4 Komplexität und Kompliziertheit —,Essay und Diskurs‘

Die *ontisch-ontologische Komplexität und Kompliziertheit* des jeweiligen dynamischen Systems/Objektes bzw. Prozesses (jedes realen ganzheitlichen Beziehungsgefüges) indiziert generell die Menge, die anwachsende Verschiedenartigkeit, die Wertigkeit der verflochtenen strukturellen und funktionellen Einflussfaktoren/Einflussgrößen sowie der zwischen ihnen bestehenden Interaktionen – insbesondere Kooperationen und Emergenzen. Ordnung, Strukturiertheit, Organisiertheit sowie Entropie, Entropieproduktion, freie Energie/Exergie, Information und Wahrscheinlichkeiten sind demzufolge in den Diskurs einzubeziehen (vgl. Fleischer 2019, insbes. S. 90–96).

Es bedarf allerdings einer begründet einordnenden Abgrenzung, um die *historisch und rezent mehrdimensionalen Schlüssel-Begriffe* und *Begriffsspektren* wissenschaftlich und/oder pragmatisch nutzbar zu machen. Zu unterscheiden ist – neben der *ontisch-ontologischen* sowie der *kognitiv-diskursiven Betrachtungsweise* – zwischen *monodisziplinären* (vgl. Physik, Chemie, Biologie, Mathematik, Psychologie, Soziologie etc.) und *multidis-*

ziplinären epistemischen (bzw. epistemologischen) Begriffsbildungen (vgl. Technikwissenschaft, epistemische Technologien, Kybernetik 2. und 3. Ordnung, epistemische Logik, Kommunikations-, System-, Spiel-, Chaos- und Managementtheorie etc.). Komplexitätswissenschaftliche Ansätze der theoretischen Informatik können demnach sowohl problemorientiert als auch formal-konzeptionell determiniert und eingeordnet sein. Formal-konzeptionelle Denk- und Handlungsweisen helfen besonders bei fachübergreifenden inter- und multidisziplinären holistischen Problemstrukturen, da sie Wissen und Erfahrungen aus verschiedenen Forschungs- und Lebensbereichen final vereinen, wobei die gemeinsame Formalstruktur ins Zentrum rückt (vgl. Kapitel 5.4).

Sprachhistorisch sind kompliziert (complicated) und komplex (complex) Bifurkationen aus dem altgriechischen Πολυπλοκότητα (poliplototita). Das lateinische *plicare* wurzelt im altgriechischen πλέκω (pléko) „flechten“, das genuin undifferenziert eine umgrenzte holistische Vielheit beschreibt.

Wesentliche Teile der Charakteristika der seinsbezogenen mutuellen *ontisch-ontologische Komplexität* (einem *Sonderfall*) und der *Kompliziertheit* (dem *Normalfall*) stimmen überein. Die allgemeinere (d.h. im Vergleich zur polbildenden konträren, organisierten Komplexität) unspezifischere Kompliziertheit *erscheint beim (impliziten) Vergleich mit nicht komplizierten Entitäten*.

Der maßgebliche Unterschied zwischen dem grundlegenden *Organisationsmerkmal* ‚kompliziert‘ (nach dem multilingualen Online-Wörterbuch ‚Woxikon‘ ein Ausdruck mit 428 deutschen Synonymen in 23 Synonymgruppen und dem erklärenden Hauptakzent auf schwierig, vielschichtig, verwickelt, umfassend, undurchsichtig) sowie dem *relationalen Merkmal* ‚komplex‘ besteht meines Erachtens ursächlich in erster Linie in der *Qualität* und der *Intensität der Interaktionen* zwischen den sich zunehmend (bis zur metamorphen Kooperation) organisierenden und dabei spezialisierenden Elementen.

Das *Organisationsniveau* ‚Komplexität‘ attestiert primär *bedingungskonforme funktionale Vollkommenheit* [made-of-order], d.h. vor allem Strukturiertheit, relative *Bestimmtheit und Sicherheit* im gegebenen Maß. Die *Insuffizienz* oder gar das *Entfernen* irgendeines der zusammenpassenden und zusammenwirkenden („maßgeschneiderten“) Teile des Systems die zur Grundfunktion beitragen, „bewirkt, dass das System aufhört, effektiv zu funktionieren“ (Behe 2007, S. 39; vgl. auch Fußnote 22; Hervorhebungen LGF).

Demgegenüber verweist ‚Kompliziertheit‘ auf partiell und/oder defizient Entwickeltes/Entfaltetes/Enthülltes/Erkanntes, auf *Unvollkommenheit*, *Unvollständigkeit*, *Unzulänglichkeit*, *Unverständlichkeit*, indiziert in toto stets

reale bzw. *ideelle Defizite*, die sich auf einer oben offenen Skala bis zum gänzlich entfalteten Chaos, erstrecken können. Das ist bekanntlich ein charakteristischer dynamischer Zustand, der sich vom ‚echten‘ Zufall, der Kontingenz, als Möglichkeit und gleichzeitiger Nichtnotwendigkeit, unterscheidet.

Die *Komplexitätsdefinition* von *Andrei N. Kolmogoroff* (1903–1987) ordnet der zufälligsten Anordnung der Systemelemente die numerisch höchste Komplexität zu. Sie entspricht damit der Informationsentropie von *Claude Shannon* (1916–2001). Beide quantifizieren infolgedessen direkt die ‚Unordnung‘.

Kompliziert (**KL1**: intricacy) bedeutet in den ontisch-ontologischen Bezügen (mit 1 markiert), bei makroskopischer Betrachtungsweise etwas zunehmend *Unorganisiertes*, fortschreitend *Regelloseres*, in dem die räumlichen und zeitlichen ‚Muster‘ (\approx makroskopisch geordnete/organisierte emergente Komplexitäten) immer weiter verschwinden, bis sie nach einem Phasenübergang über einen metastabilen kritischen Zustand im Chaos (trotz seines holistischen Wesens) makroskopisch gar nicht mehr erkennbar sind. Die Wesens-, Ordnungs-, und Begriffsbestimmungen bedürfen neuartiger Strategien und führen zu umwälzenden Lösungen. So kann weitab vom energetischen Gleichgewicht, unter der Wirkung der irreversiblen Zeit (des Zeitpfeils) in solchermaßen dynamischen Systemen aus der enormen Menge wechselwirkender mikroskopischer und submikroskopischer Elemente naturgesetzlich ein Evolutionsfeld mit der organisierenden Solidarität der Kooperation entstehen.

Intuitiv beurteilt ist *kompliziert* „[...] ein impliziter Komparativ zwischen dem, was man gerne hätte (*wüsste*) und dem, was man hat (*weiß*)“.¹⁹ In praxi ist Kompliziertheit ein *Unbestimmtheits-Maß* für die *Ungewissheit* eines dynamischen Geschehens, für *unsichere* (nicht exakt determinierte) Ursache-Wirkungs-Relationen und die *Unwissenheit* (die Informationsdefizite) eines Beobachters beim Experimentieren oder des Akteurs beim Übergang vom Denken zum Wissen und seiner Systematik (also der Kognition). Der Terminus Kognition umfasse die Methoden und ‚Wege‘ vom Wahrnehmen und Denken bis zum Wissen und Handeln – emotionale Komponenten eingeschlossen. In den kognitiven Operationen und Prozeduren wird Wahrgenommenes kommuniziert, gedanklich erfasst sowie verarbeitet: erkannt, verstanden, interpretiert und handelnd genutzt. Diese Begrifflichkeit ist zugleich eine Grundlage und ein Ansatz für das Bedeutungspostulat ‚kognitive Komplexität‘.

19 [<https://de.wiktionary.org/wiki/kompliziert>]

Kompliziert kennzeichnet einen perceptiven Zustand, der sich in beiden Richtungen verändern, d.h. vereinfachen und komplizieren, lässt.

Kompliziert (KL2: complicated) in *kognitiv-diskursiven Bezügen* (mit 2 markiert), wie im *Entscheidungsmodell ‚Cynefin-Framework‘* des systemorientierten Managements von Problemen, Situationen und ganzheitlichen (vernetzten) Beziehungsgefügen, ist deutlich von **KL1** unterschieden (vgl. Snowden 2000). Konstituierende Merkmale dieses Tools enthalten – meist verdeckt – legaldefinitorische Elemente. Als eine der fünf Sub-Domänen der Typologie von Kontexten²⁰: *einfach* \approx *offenbar*, *komplex*, *kompliziert*, *chaotisch* und *unbekannt* im Wissensmanagement-Modell von David (Dave) John Snowden steht kompliziert für „known unknowns“, „bekanntes Unbekanntes/Nichtwissen“. Die zugrundeliegende Beziehung zwischen Ursache und Wirkung – die damit bezeichnete *Ungewissheit* – erfordert zur Erklärung und/oder für Lösungsansätze des ‚Mechanismus der Kausalität‘ die Handlungsfolge: *wahrnehmen-analysiere-reagiere* [im Original sense-analyze-respond, S-A-R] (äquivalent der Sachfolge: *Fakten-Analysen-Reaktionen*). Aus dem Analysieren und Beurteilen der Fakten vor dem Handeln (z.B. in praxi mit der empfohlenen Good Practice) können mehrere ‚angemessene Antworten‘ resultieren. Mit dem dafür genutzten potenten problemrelevanten Fachwissen und einem geschulten Urteilsvermögen – der Expertise bzw. der sogenannten ‚künstlichen Intelligenz‘ (KI) – ist es per definitionem möglich, vernunftgemäß auf eine Entscheidung hinzuarbeiten. Probleme aus dem kognitiven Feld „komplex“ lassen sich häufig zielführend – auch über Teillösungen – in das Feld „kompliziert“ transformieren, d.h. vereinfachen und damit einleuchtender bzw. effizienter durchdringen. Das walisische Wort *Cynefin*, das u.a. die Deutung *Lebensraum* einschließt, wählte 1999 Snowden (vormals IBM) vorsätzlich ebenso wenig präzise, wie Shannon (Bell Labs Mathematics Department) 1947 die Bezeichnung *Entropie*.

Zum Vergleich sei das charakteristische Merkmal ‚komplex‘ (**KO2**) im kategorisierenden konzeptionellen System *Snowdens* zum Wissensmanagement skizziert. Dieses kognitive Feld hat einige Eigenschaften, die – wie schon *Dave Snowden* bekennt– für manchen schwer zu akzeptieren sind. Empfohlen wird die Handlungsfolge: *probieren-wahrnehmen-reagieren*. [im Original sense-analyze-respond, P-S-R] (äquivalent der Sachfolge: *Versuche(Experimente)-Fakten-Reaktionen*). Das ist meines Erachtens die heuristische Problemlösungs-Strategie des Trial and Error, eine rekursive Suchstra-

20 **Kontextur** ist ein operativer systemtheoretischer Begriff, der die Einheit und den dialektischen Gegensatz von Qualität und Quantität in einem sachlichen, räumlichen und zeitlichen Bezugsrahmen reflektiert.

tegie (*mise en abyme*) und Optimierungsmethode, die wesensgemäß Misserfolge einschließt. Im Feld komplex können demzufolge und wegen der tatsächlich immanenten Emergenz, die zeitlich und unter Umständen räumlich getrennten Ursachen und Wirkungen nicht (bzw. nur in sehr seltenen Ausnahmen hinreichend genau) *prospektiv*, wohl aber *retrospektiv* gut beurteilt werden. Die Gegenwart arbeitet wie eine aktive Membran. In ihr treffen die Vergangenheit und die Zukunft aufeinander und die Zeit ‚entpuppt‘ sich. Die Vergangenheit und die Gegenwart erschließen sich mit einem bestimmten (insbesondere experimentellen) Aufwand, die *Zukünfte* bestenfalls in Schemen. Die Erzählungen über die Zukünfte sind Szenarien und Visionen. Die sprachlich identischen Adjektive KL1, KL2 sowie KO1, KO2 (bzw. die daraus abgeleiteten Substantive) gehören offenbar zu zwei verschiedenen, nur mit einigen Einschränkungen vergleichbaren *Ordnungssystemen* (Signifikat) → *Begriffssystemen* (Signifikat) **S1**, **S2**. Abgesehen vom Fehlen der expliziten Charakteristika „elementar« im S2 und »chaotisch« im S1, ist das Begriffssystem S2 keine logisch und semantisch korrekte Reflexion des realdialektischen Systems **S1**.

S2 unterliegt anderen Intentionen und einer ihnen entsprechenden Systematik; es ist anfälliger für kognitive Verzerrungen. Überdies ist generell anzumerken: Jede Verknüpfung von *Bezeichnetem* (Signifikat) und *Bezeichnendem* (Signifikat) wird über Konventionen festgelegt, enthält pragmatische Elemente und dynamische interpretative Spielräume. Mehr noch: einige Protagonisten kennzeichnen »komplex« als tautologisch.

Für die in den Diskurs involvierten Grundbegriffe bilden die verallgemeinernden Sprachregelungsvorschläge von *Helmut Spinner* (Spinner 2002, S. 45f.) eine solide Startbasis.²¹

S1 wird von vier inhaltlich und formallogisch verlässlich korrelierten, dadurch relationalen Adjektiven – den paarweise konträren Merkmalen – *einfach-kompliziert* sowie *elementar-komplex* und den paarweise subalter-

21 *Wissen* = *semantische Information* (unabhängig von Richtigkeit und Wichtigkeit grundlegender, integrierender Schlüsselbegriff; *informationelle Kernbedeutung*: *dass etwas, wie, wo, wann, warum der Fall ist*).

Information = *inhaltliches Wissen* (kriterienfreier Wissensinhalt/-betrag ohne weitere Bestimmung).

Erkenntnis = *Information plus x* (x = kriteriengebundene Zusatzqualifikation).

Kenntnis = *Information oder Erkenntnis plus y* (y = selektive Präferenzen, Wissensselektion ist die kenntnisbildende, kompetenzschaffende Operation).

Kognitionen = *subjektive Wissensarten, -teile oder -tätigkeiten* bzw. deren psychologische Äquivalente für den mentalen Bereich.

Ideen = *gedankliche Keimformen des Wissens* mit hohem Neuigkeitsanspruch und (noch) geringem Informationsgehalt.

nen Merkmalen *einfach-elementar* sowie *kompliziert-komplex* konstituiert. Erläuternde Details für eine Diskussion sind in Fleischer (2016)) und in Fleischer (2019, insbes. S. 81f.) ausgeführt.

Beim *zweiten Zwischen-Resümee* ist festzuhalten:

Im veränderlichen *Universum* und all seinen Teilen bzw. in den *hypothetischen Multiversa* herrschen weder ein absolutes Chaos noch eine absolute Ordnung, sondern *relative Ordnung* und *relative Harmonie*, die Prinzipien der widersprüchlichen und zugleich kooperativen Vielfalt, der Komplexität und Multistabilität im progressiven Wandel. Zwar durchschauen wir verifizierte oder intersubjektiv anerkannte Regeln und Gesetzmäßigkeiten in ihren Grundzügen hinlänglich, deren Wechselspiel mit sich immerfort verändernden Rand- und Anfangsbedingungen erfordern freilich qualitativ neue Perspektiven sowie *holistische Betrachtungs- und Denkweisen*. In diesem Sinn entwickelte die Physik (die ‚Natürliche‘) eine ihre Methodik ergänzende, systemisch-organische, schwach kausale, nur noch partiell deterministische Sicht auf die Natur sowie ihre Beziehung zum und Aktivitäten mit dem Menschen. Bisher haben allerdings weder die Gesellschaft mit den belastenden wirtschaftlichen und sozialen Verwerfungen der Globalisierung, noch die Wirtschaft oder die Politik dieses Paradigma angemessen verinnerlicht, geschweige denn praktiziert.

Die beobachtbare Auflösung strenger Verhaltensregeln, mit der Folge größerer Freiheit, aber auch ungleich größerer Unsicherheit, wird unterdessen zunehmend Informalisierung²² genannt.

5.6 *Technologie – techné und epistémé in organischer Kooperation*

5.6.1 Die dialektische Struktur der Technologie

Bildungsperspektivisch und bildungspolitisch urteilend hebt *Humboldt* schon im 1. Band des „Kosmos“ hervor:

„Gleichmäßige Würdigung aller Teile des Naturstudiums ist aber vorzüglich ein Bedürfnis der gegenwärtigen Zeit, wo der *materielle Reichtum* und der *wachsende Wohlstand der Nation in einer sorgfältigen Benutzung von Naturprodukten und Naturkräften gegründet sind* [...]. Der Mensch kann auf die Natur nicht einwirken, sich keine ihrer Kräfte aneignen, wenn er nicht die Naturgesetze, noch Maß- und Zahlverhältnis, kennt. Auch hier liegt die Macht in der volkstümlichen Intelligenz. Sie steigt und sinkt mit dieser. [...] Diejenigen Völker, welche an der *allgemeinen industriellen Tätigkeit* in Anwendung der Mechanik und der technischen Chemie, in sorgfältiger Auswahl und Bearbeitung natürli-

22 [<http://www.enzyklo.de/lokal/40027>]

cher Stoffe zurückstehen, bei denen die Achtung einer solchen Tätigkeit nicht alle Klassen durchdringt, werden unausbleiblich von ihrem Wohlstand herabsinken.“(Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 36, Hervorhebungen und orthographische Anpassung LGF)

Ohne es expressis verbis so zu bezeichnen, spricht *Humboldt* mit dem Zitieren die *Technik und Technologie* an. In vergleichbarer Diktion führte 1770 der Göttinger Universitätsprofessor *Johann Beckmann* (1739–1811) erstmals den *Begriff Technologie* statt einer ‚Kunstlehre‘ in der Bedeutung von *epistémé* ein. *Beckmann* definierte und erklärte „Technologie ist die Wissenschaft, welche die Verarbeitung der Naturalien, oder die Kenntniß der Handwerke, lehrt“ (Beckmann 1796, S. 12, S. 19).

Humboldt hat auf einigen technologischen Gebieten ausgezeichnete theoretische Erkenntnisse vorzuweisen und innovative praktische Lösungen erarbeitet. Er modernisierte den Eisen-, Zinn-, Nickel-, Silber-, und Goldbergbau, entwickelte eine Grubenlampe und eine Atemschutzmaske und verbesserte die Porzellanherstellung (insb. die Brenntechnik und die Verfahrensführung) maßgebend (vgl. Hülsenberg 2019).

Der entfaltete Terminus technicus *Technologie* bezeichnet in guter Näherung das „*WIE*“: die Art und Weise, den Charakter, die bestimmenden Umstände eines Geschehens und Tuns (*Praxis*) sowie die diesbezüglichen Methoden, Konzepte und Strategien (*Theorie*) in allen Tätigkeits- und Lebensbereichen des Menschen.

Pointierter beschrieben geht es um die makro-, meso-, mikro-, nanoskopisch skalierte *Prozessführung (Einwirkungen)* sowie die *effektive Verfahrensgestaltung* (die organisierte, operationalisiert steuernde und regelnde Einflussnahme) beim zielorientierten Zusammenwirken der materiellen und ideellen Produktivkräfte in den sich ausdifferenzierenden Arbeitsprozessen, wie Erkenntnis-, Design- und Produktionsprozessen, im gesamten Reproduktionsprozess (mit dem Produktionsprozess als dessen Kern).

Arbeit versteht sich aktuell demzufolge als *formenreicher universeller Prozess* bewusster schöpferischer Aktivität des Menschen zum Unterhalt und zur Verbesserung seines Lebens im Rahmen natürlicher Gegebenheiten, mit dem Arsenal nutzbarer Mittel und Methoden unter den herrschenden gesellschaftlichen Bedingungen (gegenwärtig solcher fundamentaler Determinanten, wie der Digitalisierung → Arbeit 4.0, digitaler Kapitalismus).

Technologie im Sinne von *techné* (altgr.: τέχνη – Können, Geschick, sich auf Etwas verstehen) umfasst die *realen Prozesssysteme (Sachsysteme/Artefakte – Realität)*. Die rezenten komplexen Anforderungen an die Technologien verlangen in herausragender Weise nach *epistémé* (altgr.: πίσταμαί

– „wissen“): dem *Wissenssystem* (*Theoriensystem* – *Abstraktion*), darunter als integrierenden Teil der multidisziplinären Technikwissenschaften.

Technologie apostrophiert nachgewiesenermaßen eine *Dualität* praxisorientierter, final gestalteter (ideographischer) *Sachsysteme* und erkenntnisorientierter, akkumulierender und systematisierender (nomothetischer) *Wissenssysteme*. Mit *techné* und *epistémé* repräsentiert die *Technologie* (ebenso wie die inhärente *Technik* und *Arbeit*) eine bereichsübergreifende *hochpotente dialektische Einheit* von Realdialektik und Widerspiegelungsdialektik, von Ontologisch-Ontologischem und Kognitiv-Diskursivem. Diese konstitutiven Elemente umgreifen zunehmend den gesamten Reproduktionsprozess.

Zwischen den *Ressourcen* aller Art und den *Gebrauchswerten* (dem angestrebten Nutzen für den Menschen, die Gesellschaft, ...) *fungieren* immer *Technologien*. Deren einzigartiger *Stellenwert* erklärt sich entscheidend aus ihren effektiv und bahnbrechend *vermittelnden, integrierenden, verändernden und stimulierenden Wirkungen* auf die verschiedensten Bereiche der evolvierenden Gesellschaft, und daraus, dass es keinen effizienteren Weg zur Überführung empirischen (~*techné*) und wissenschaftlichen (~*epistémé*) Wissens in das zielgerichtete, koordinierte, werteschaftende menschliche Denken und Handeln gibt. Nur über *Technologien* werden wissenschaftliche Ergebnisse – gleich welcher Wissenschaftsdisziplin, ebenso wie empirische Erfahrungen aus der Produktion und anderen menschlichen Tätigkeitsfeldern – gesellschaftlich wirksam. Das heißt in *Kreativität, Produktivität, Effektivität, in Innovationen*, letztlich in *Produkte und Prozesse/Verfahren* sowie mit allem assoziierte soziale Effekte, wie *Humanität und Gemeinnutz*, transformierbar. Womit wiederum zunächst nur ein Möglichkeitsfeld in der kontingenten Wirklichkeit charakterisiert wird. Das Elixier für dessen Qualifizierung ist heute unbestritten die Wissenschaft. Selbst unter dem anwendungsorientierten Gesichtspunkt wäre – in Anbetracht der gegenwärtigen Herausforderungen – ihre pragmatische Reduzierung auf eine bloße ‚*Nutzenschaft*‘, d.h. letztendlich den Verzicht auf ein sich ständig entwickelndes theoretisches Fundament, nicht denkbar.

5.6.2 Entwicklungstendenzen der Technologie

„Der Erfinder der Feuersteinaxt wusste nichts von Wissenschaft und schuf trotzdem eine Technik. China gelangte zu einem hohen Grad technischer Fertigkeiten, ohne im Geringsten etwas von der Existenz der Physik zu ahnen. *Nur die moderne europäische Technik hat eine wissenschaftliche Wurzel, und daher stammt ihr eigentümlicher Charakter, die Möglichkeit eines unbegrenzten Fort-*

schritts. Die übrigen Techniken – die mesopotamische, ägyptische, griechische, römische, orientalische – wachsen bis zu einem gewissen Punkt ihrer Entwicklung, den sie nicht überschreiten können, und beginnen, kaum dass sie ihn erreicht haben, zu stocken und kläglich zu verfallen.“(Ortega y Gasset 1931, S. 116, Hervorhebungen LGF)

„Das Imperium Romanum liquidierte mangels Technik. [...] Aber jetzt ist es der Mensch, der scheitert, weil er mit dem Fortschritt seiner eigenen Zivilisation nicht Schritt halten kann“, behauptet Gasset. (Ortega y Gasset 1931, S. 93)

Die verschiedenen Autoren gliedern die ca. 12.000 Jahre Technikgeschichte in drei bis neun Perioden. Sie nutzen zum Teil verschiedene Indikatoren, um die technisch möglichen, ökonomisch tragfähigen sowie gesellschaftlich wenigstens tolerierten Entwicklungslinien zu beurteilen und als Trajektorien zu beschreiben. Der spanische Kulturphilosoph *José Ortega y Gasset* (1883–1955) differenziert nach der *Art der Lösungsfindung die Technik des Zufalls, des Handwerks* und die *Technik des Technikers*, die bewusst die Verfahren und die mannigfaltigen Vorrichtungen trennt (vgl. Ortega y Gasset 1949, S. 93–103).

In seiner ‚großen Linie‘ ging der – in der Grundtendenz allmähliche, jedoch von sprunghaften, diskontinuierlichen Wandlungen unterbrochene – technisch-technologische Fortschritt damit einher, welche technologischen Teilfunktionen des Menschen und bis zu welchem Grad sie effektiver auf technische Konstruktionen übertragen werden konnten. Dieses technisch-technologische Paradigma betraf zunächst die bloße, später die zunehmend diffizil ausgerüstete und hochtrainierte Hand, die Muskulatur sowie den gesamten menschlichen Bewegungsapparat und schließlich Denkleistungen, die einfache bis viergliedrige Maschinen übernahmen und die zur anhaltenden Integration der Informationstechnik in vernetzten Strukturen führten.

Zwei nachhaltige fundamentale Aspekte kennzeichnen heute jegliche fortgeschrittene Technik und Technologie:

- das *irreduzibel Komplexe*: Etwas aus einer großen Menge vielfältiger *relevanter Elemente* mit diversen *Relationen*, zweckmäßig funktionell-strukturell, metamorph²³ [made-to-order] Assoziiertes (Vereinigtes, Ge-

23 Ohne seinen – verschleiert kreationistischen – Schlüssen auf einen *religiösen ,intelligenten Designer‘* daraus logisch zwingend folgen zu müssen, lässt sich *Behes* Beschreibung eines *irreduziblen komplexen Systems* sachlich anerkennen. Es sei „[...] ein einzelnes System, das aus mehreren zusammenpassenden und zusammenwirkenden Teilen besteht, die zur Grundfunktion beitragen, wobei das Entfernen irgendeines der Teile bewirkt, dass das System aufhört, effektiv zu funktionieren“ (Behe 2007, S. 39). Diese verallgemeinernde Überlegung leitet *Behe* aus der Biologie/Biochemie ab. Auch die Medizin bietet mit den Insuffi-

fügetes, Verflochtenes, Verwobenes, Verschränktes – *texere*) (vergleiche Fußnote 16). Kontextuell sei an die symbolische Repräsentation erinnert: *Complexity = (Multiplicity)·(Interaction)·(Integration)*.

- das *Artefaktische*: Etwas zweckdienlich Konstruiertes, bewusst Geschaffenes, *final orientiertes Künstliches*.

In der wirkmächtigen, intern koevolvierenden Trinität – der zwar unterscheidbaren, dennoch operational unauflösbaren Gesamtheit – von Natur, Technik und Gesellschaft ist der denkende und interessengeleitet zielsetzende Mensch (als biopsychosoziales Wesen) Träger von Bildung, Bewusstsein sowie Erfahrungen und zugleich Akteur, der im Arbeitsprozess innerhalb und vermöge der kooperativ integrierenden und superponierenden Technologien zweckdienlich unmittelbar und mittelbar auf die Arbeitsmittel einwirkt.

In der prägnanten Diktion des Kapitals von *Karl Marx* (1818–1883) sind die Konstituenten und Funktionalitäten der Technologie als objektiv-reale Sachsysteme mit politökonomischen Kategorien authentisch charakterisierbar.

„Die *Arbeit* ist zunächst ein Prozeß zwischen Mensch und Natur, ein Prozeß, worin der Mensch seinen *Stoffwechsel mit der Natur* durch seine eigne Tat vermittelt, regelt und kontrolliert.“ (Marx 1968, S. 192, Hervorhebungen LGF)

„Die einfachen Momente des *Arbeitsprozesses* sind die zweckmäßige Tätigkeit oder die *Arbeit*²⁴ selbst, ihr Gegenstand und ihr Mittel.“ (Marx 1968, S. 193, Hervorhebung LGF)

„Im *Arbeitsprozeß* bewirkt also die Tätigkeit des Menschen durch das Arbeitsmittel eine von vornherein bezweckte Veränderung des *Arbeitsgegenstandes*.“ (Marx 1968, S. 195, Hervorhebungen LGF)

Und:

„Die *Arbeitsmittel* sind nicht nur Gradmesser der Entwicklung der menschlichen Arbeitskraft, sondern auch Anzeiger der gesellschaftlichen Verhältnisse, worin gearbeitet wird.“ (Marx 1968, S. 195; Hervorhebung LGF)

zienen von Organen Serien nachvollziehbarer praktischer Beispiele. In *Behes* Gedankengebäude fungieren irreduzible komplexe Systeme als angebliche große Stolpersteine/Hindernisse [huge stumbling blocks] für die biotische Evolution. Ein als *irreduzibel komplex* charakterisiertes System *Behes* nennt der Autor – LGF – *metromorph komplex*: von adaptierter, effektiver funktionell-struktureller Konstitution \approx ‚maßgeschneidert‘ – made-to-order.

- 24 *Habermas* versteht (frei zitiert) unter *Arbeit oder zweckrationalem Handeln* entweder: *instrumentelles Handeln*, das sich nach technischen Regeln richtet, die auf empirischem Wissen beruhen, oder eine *rationale Wahl*, die jenen Strategien folgt, die auf analytischem Wissen aufbauen.

Die Produktivkraft der lebendigen, gesellschaftlichen Arbeit ist – außer von der Entwicklung des fixen Kapitals (vor allem der ‚Maschinerie‘) – auch abhängig vom „[...] allgemeinen Stand der Wissenschaft und dem Fortschritt der Technologie oder der Anwendung dieser Wissenschaft auf die Produktion“ (Marx 1974 [1857/1858], S. 594).

Der mit seinen Kompetenzen, Fähigkeiten, Fertigkeiten sowie Interessen, Einstellungen, Wertvorstellungen und seinem Wissen zielgerichtet handelnde Mensch, wird als Arbeitskraft physisch und psychisch in Anspruch genommen. Der französische Philosoph und Psychologe *Gilbert Simondon* (1924–1989) folgerte nach seinen tatsächlich philosophisch-technologischen Untersuchungen grundsätzlich:

„Wir können eine *Haltung technologisch* nennen, die bewirkt, dass ein Mensch sich nicht allein um den Gebrauch der technischen Wesen kümmert, sondern um die Korrelation der technischen Wesen untereinander. Der aktuelle Gegensatz zwischen Kultur und Technik resultiert aus dem Umstand, dass das technische Objekt als mit der Maschine identisch betrachtet wird. (Simondon 2012, S. 133, Hervorhebungen LGF)

Simondon setzt sich für die konsequente Anerkennung der Existenz funktionaler Kollektive aus *Mensch, Natur und ‚offenen technischen Maschinen‘*, die demgemäß bewusste organische sozio-technische und sozio-kulturelle Gestaltungsweisen sowie adäquate kognitiv-diskursive Reflexionen ein.

Die zitierten Objekte und Sachverhalte sind in Abbildung 2 dargestellt und in ihr differenzierter beschrieben. Die funktionell-strukturellen Beziehungen zwischen beiden dualen Sach- und Theoriesystemen Technik und Technologie sind dem Bild entnehmbar. (Für detailliertere Argumentationen und Interpretationen vgl. Fleischer 2015).

Insbesondere in *Prozesstechnologien* werden die zwar unterscheidbaren, aber letzten Endes lediglich didaktisch trennbaren *Stoffe, Energien und Informationen* nicht nur als Arbeitsgegenstand gezielt gewandelt. Sie fungieren zunehmend als Arbeitsmittel, als operationelle Agentia. In dieser Doppelfunktion ähneln die drei materiellen Aspekte dem Denken darin, dass sie gleichermaßen Mittel und Gegenstand des menschlichen Handelns sind. In dem regelmäßigen (*Gibbs'schen*) Dreieck, das das Feld der komplexen Arbeitsgegenstände umschließt, verschiebt sich entwicklungstypisch der Referenzpunkt der arbeitsgegenständlich abgebildeten Technologie $Z_{akt.}(x_1, x_2, x_3)$ mit dem steigenden Informationsanteil in Richtung $x_3 \rightarrow 1 = \sum x_i, 0 \leq x_i \leq 1$. Diese ‚Gewichtsverschiebung‘ zur Kategorie Information ist innerhalb der Arbeitsmittel – der operationellen Agentia und der ‚Denkzeuge‘ – noch auffälliger.

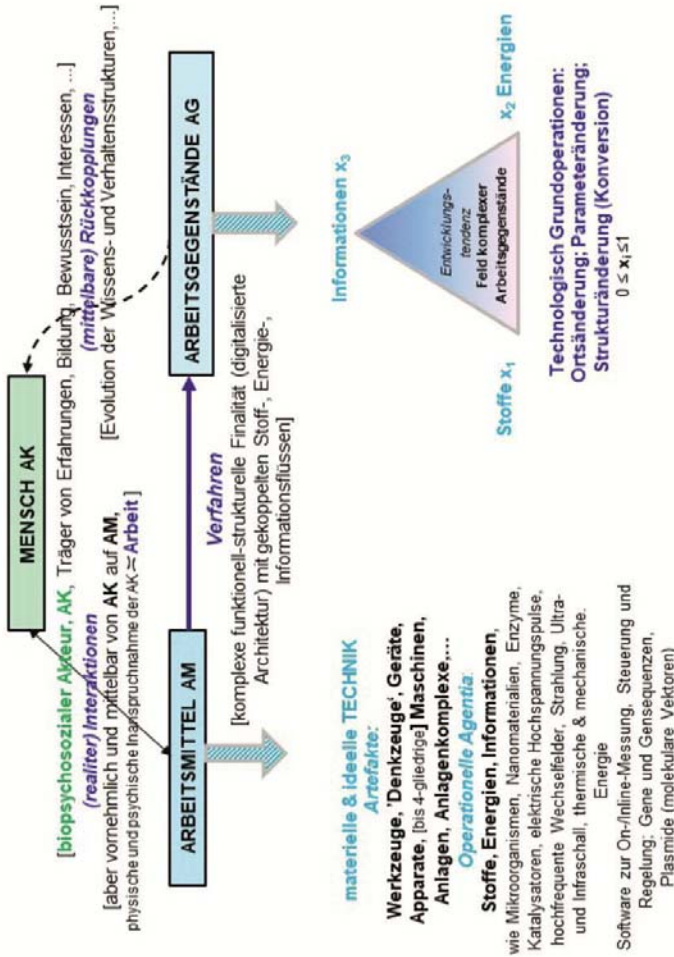


Abb. 2: Deutungsmodell der Technologie, einer 'natura naturata', als duales Sach- und Theoriesystem mit komplexen konstitutiven Komponenten und Relationen (Eigenes Archiv; L.-G. Fleischer 2019)

Mit der objektiv wachsenden Komplexität unserer dynamischen, enger vernetzten, komplizierten und widersprüchlichen Welt sowie ihrer Subsysteme treten immer häufiger Verunsicherungen, Grenzsituationen und praktische Überforderungen des menschlichen Handelns unter Umständen des Intellektes auf. Als teilweise wirkende (lediglich technisch-technologische?) Kompensationsstrategie wird eine *Schlüsseltechnologie*, die ‚künstliche Intelligenz‘ (KI), zunehmend in die Kalküle und Verfahren aller Art implementiert. Mit diesen *artifiziellen Systemen* gilt es *verwertbare Zusammenhänge, wie verborgene Muster und Redundanzen, zu erkennen, zu registrieren und umfassend zu nutzen sowie unvollständige Folgen von Informationen zu vervollständigen, Wahrscheinlichkeiten abzuschätzen, Probleme qualifizierter zu formulieren und zumindest anteilig zu lösen*. KI verbreitet sich infolgedessen schnell in allen Tätigkeits- und Lebensbereichen des Menschen. Außergewöhnliche Hoffnungen weckt das implementierte *Big-Data-Management*: die Organisation, Verwaltung und Governance semi-strukturierter und unstrukturierter, nahezu unermesslicher Datenmengen mit sehr komplexen, auffallend dynamischen, andererseits in der Regel *nur schwach strukturierten Daten*. KI bietet die Chance, in Intervallen wiederkehrende Routinearbeiten präziser und effizienter auszuführen, so Ausfallrisiken sowie Kosten zu senken und hauptsächlich den Vernetzungsgrad der beabsichtigten Abläufe zu erhöhen. KI ist jedoch nicht geeignet, den ‚ganzen Menschen‘ – auch nur technologisch – zu ersetzen, wohl aber ihn in spezifischer Weise hervorragend zu unterstützen.

Ein wesentliches und überzeugendes Beispiel bietet das *Prozessmanagement (Process-Mining)*. Der Gesamtprozess wird dabei als Folge logisch verknüpfter Prozessschritte dargestellt, die als *Zeitreihen* der Ereignisse aufgezeichnet werden können. Ausgangsbasis der *Process-Mining-Technologie* sind derartige Ereignisdaten in Form von *Log-Dateien*.²⁵ In den *Zeitreihen* werden die *Ereignisse* sowohl einem *Prozessschritt* als auch einer *Prozessinstanz zugeordnet*, um daraus Prozessmodelle für das optimierte Prozessmanagement zu generieren. Mit diesem Ziel kooperieren im *Process-Mining*

25 In einer **Log-Datei** (einem **Logfile**) speichern IT-Systeme wie Server, Router oder Client-Rechner, automatisch Informationen über aufgetretene Ereignisse, den Prozess-Status oder Transaktionen [...]. „Die Dateien dienen als Informationsquelle (& *Protokolldatei*) beispielsweise bei der Problemanalyse oder bei der Rekonstruktion von Transaktionen. Ereignisse werden in der Log-Datei mit Zusatzinformationen nachvollziehbar gespeichert und ermöglichen die nachträgliche Analyse. Mit Hilfe der Archivierung von Log-Dateien lassen sich Ereignisse über große Zeiträume nachvollziehbar dokumentieren. Einige Logfiles erlauben die Regeneration verlorener Daten“. [<https://www.ip-insider.de › was-ist-eine-log-datei-a-794350>]

Technologien aus den Bereichen des Data-Mining und der Computational Intelligence mit der Prozessanalyse sowie der Prozessmodellierung.

Die besonderen kognitiven Fähigkeiten des Menschen, verbunden mit den Stärken der Computer und hochpotenter Informationssysteme, ermöglichen generell das bestmögliche KI-gestützte Bewerten und Entscheiden. „Computer können theoretisch menschliche Intelligenz emulieren [nachahmen] und sie übertreffen“, äußerte der britische Physiker *Stephen Hawking* (1942–2018) 2017 in seiner Grußbotschaft zur Eröffnung der Web Summit in Lissabon, einer der herausragenden Technologiekonferenzen der Welt. Er warnte das Gipfeltreffen aber zugleich vor der unvorsichtigen KI-Entwicklung und einem nicht nachvollziehbaren (unkontrollierten) KI-Gebrauch: „KI wird entweder das Beste sein, was der Menschheit jemals widerfahren ist – oder das Schlimmste.“ KI habe das Potenzial, ganze Volkswirtschaften auf den Kopf zu stellen. Oder die Technik könne für autonome Waffensysteme und zur Unterdrückung missbraucht werden, mahnte Hawking. „Wir können nicht vorhersehen, was passiert, wenn wir den menschlichen Geist mit der KI verbinden“ (Hawking 2017, heise online News 11/2017).

Über den *Nießbrauch oder Missbrauch* der KI *entscheiden vornehmlich die ‚Geschäftsmodelle‘ der Applikation.*

Im Folgenden sollen die Struktur und die Funktionalitäten der KI etwas eingehender erläutert werden.

Bei künstlichen Intelligenzen wird zwischen solchen Verknüpfungsfunktionen und Leistungen unterschieden, die auf *John Rogers Searles* schwacher künstlicher Intelligenz mit Zeichen bzw. *Alan Turings* (1912–1954) *starker künstlicher Intelligenz mit Zahlen* beruhen. Während sich die *schwache KI* in der Regel mit konkreten Anwendungsproblemen befasst, geht es bei der *starken KI* darum, eine ‚allumfassende‘ Intelligenz zu schaffen. Wiederholt wird angefügt, dass die schwache KI Intelligenz nur emuliere, während die starke KI die wahrhaftige (universelle) Intelligenz sei. Zu den Anwendungsdomänen der schwachen KI gehören vor allem die Zeichen- und die Spracherkennung sowie Navigations- und Expertensysteme. KI-Forscher vertreten überwiegend die These, dass nur die starke KI mit dem Menschen vergleichbare intellektuelle Fähigkeiten und Fertigkeiten aufweist oder ihn darin sogar übertrifft, und, dass diese faktische Intelligenz das Kommunizieren in natürlichen Sprachen, das Lernen, das logische Denken, das Entscheiden unter den Bedingungen von Unbestimmtheiten sowie das Planen beherrschen muss.

Ob die Bezeichnung *künstliche Intelligenz* generell angemessen gewählt wurde, darf infolgedessen bezweifelt werden. Ein Abgleich mit dem Grund-

begriff Intelligenz könnte von Nutzen sein. *Intelligenz* ist kurz gefasst vor allem die Fähigkeit des Menschen, sich sowie die lebensgestaltenden und lebenserhaltenden Prozesse den Notwendigkeiten des ständigen Wandels und seiner Veränderungsdynamik anzupassen. Eine anregende und etwas eingehendere *Arbeits-Definition zur Intelligenz* verdanken wir *Georg Klaus* (1912–1974):

„Intelligenz ist die Fähigkeit, Verhaltensalgorithmen herzustellen und auf diese Weise Probleme zu lösen. [...] Zur Intelligenz gehört auch, die Beseitigung von Fehlern in den Algorithmen.“ (Klaus 1968)

Damit rückt die Fähigkeit des Menschen in den Blickpunkt, sich zum Zwecke der Lösung einer neuen Aufgabe/eines Problems selbst zu programmieren, also einen definierten zielführenden Prozess zu (er)finden und rekursiv zu adaptieren, dafür neue primär und reflexiv tragfähige Methoden zu generieren und zu verifizieren. In diesem Sinn sich und das eigene Denken zum Objekt der Erwägungen und Analysen zu küren. In der 4. vollständig überarbeiteten Auflage des „Wörterbuchs der Kybernetik“ wird eine kybernetische Interpretation der Intelligenz und des intelligenten Verhaltens vorgeschlagen. Verkürzt dargestellt umfasst sie die Konstruktion interner Modelle der Außenwelt mit denen – mittels Simulation unterschiedlicher Konstellationen – Handlungsalternativen vor ihrer Umsetzung in die Realität entwickelt, geprüft und bewertet werden. (Klaus/Liebscher 1976, S. 292ff.)

Mit *Schwarmintelligenz/Gruppenintelligenz* wird ein kollektives Phänomen beschrieben, bei dem unabhängig von der Intelligenz der zahlreichen involvierten Individuen infolge ihres Zusammenwirkens emergente intelligente Entscheidungen getroffen werden können.

Ein effektives und adaptives *Daten- und Informations-Management* dafür bildet eine wichtige Voraussetzung, um in Anbetracht der Big-Data-Mengen auch langfristig die Kontrolle über die unstrukturierten und semi-strukturierten Daten im Peta- und Exabytebereich zu sichern.

Wesensgemäß wachsen mit der inhärenten Kompliziertheit der Anordnungen und Relationen sowie der verflochtenen Gestaltungs- und Funktionsweisen die Probleme, Konflikte, Risiken, Gefahren – bis zu Krisen und potentiellen Katastrophen. Diese Sachlage ist für die Technik und Technologien sowie die ebenfalls historisch bedingte sozio-kulturelle Struktur und soziale Organisationsform der Gesellschaft (Gesellschaftsformation) besonders bedeutsam. Zur Gruppe der hoffnungstragenden *emerging technologies*, die – in der angeführten Spezifikation mit ihren außerordentlichen Entwicklungspotentialen – gegenwärtig in herausragender Weise das gesellschaft-

liche Erkenntnis-, Kreativitäts- und Produktivitätsniveau, die materiell-technische Basis sowie die soziale und kulturelle Umwelt stimulieren und verändern, gehören u.a. die *Nanotechnologien*, *Biotechnologien*, *Kognitionstechnologien*, weitere *Informationstechnologien*, die fortgeschrittene Robotik sowie die robotergesteuerte Prozessautomatisierung, die Mensch-Maschine-Kommunikation, die drahtlose Datenübertragung. Im Alltag verbinden zunehmend *assistive Technologien* mit ihrer auf den Menschen fokussierten Technik (Devices und Services) die implementierte Informations- und Kommunikationstechnik mit modernster *Assistenzrobotik*.

Seit Beginn dieses Jahrtausends ist darüber hinausgehend sowie parallel zur Herausbildung der anwendungsoffenen und rasch evolvierenden *converging sciences and technologies* (vgl. Roco/Bainbridge 2002, Hervorhebungen LGF) die *Konvergenz von vier Schlüsseltechnologien* zu beobachten: Die Nano-, Bio-, Informations- und Kognitions- bzw. Neurotechnologien gehören zu den herausragenden Versionen der *converging technologies*, die zugleich von der fortschreitenden Komplexität/Transdisziplinarität zeugen. Für sie hat sich – aus dem Englischen abgeleitet – die Abkürzung NBIC etabliert. Der NBIC-Konvergenz liegt als hypothetische Kernthese die Kompatibilität der fundamentalen *Strukturelemente Atom, Gen, Bit und Neuron* (bzw. solcher Gen-Analoga, wie *Dawkins Meme*²⁶ und comps) zugrunde. Die NBIC bildet die Basis für das Gestalten neuer Verfahren und Produkte, darunter Nano-Bio-Prozessoren verschiedener Arten und Leistungscharakteristika sowie ‚intelligenter Materialien‘.

Ob es sinnvoll oder gar notwendig ist, mit dem sich einschleichenden Begriff *Disruptive Technologies*²⁷ zu operieren, darf zumindest angezweifelt werden. Das Attribut revolutionär wäre authentisch. Der Terminus soll die radikalen/*revolutionären* (Herkömmliches zerlegenden, abschreibenden oder total eliminierenden) technologischen Innovationen charakterisieren, die *besonders effektiven Konversionen* bis dato ordinerter Verfahren, Methoden oder Paradigmen erklären. Im Deutschen werden sie auch *Sprungtechnologien* genannt und sind mit Phasenübergängen vergleichbar. Sie übertreffen in ihren Wirkungen inkrementelle/*evolutionäre* Innovationen, bei denen eine bestehende Technologie *effizienter fortgeschrieben* oder ein existierendes Produkt moderat verbessert bzw. günstiger erzeugt wird.

Das dritte Zwischen-Resümee hebt hervor:

26 *Mem* – von „mimema“ für „etwas Imitiertes“.

27 Der Begriff geht auf Clayton M. Christensen (1952–2020) (Harvard Business School) zurück (vgl. Christensen 1979 sowie Bower/Christensen 1995).

Von generellem Interesse, weil von ausschlaggebenden Auswirkungen, bleiben zwei fundamentale Gewissheiten:

1. Als Kulturform, Kulturprodukt sowie wesentliche Instrumente der gesellschaftlichen Evolution und Bestandteile der Kulturgeschichte sind die *Technik* und *Technologien* mit ihren mannigfaltigen sozio-kulturellen Determinanten *praktisch* und *theoretisch* nur in sozio-ökonomischen Zusammenhängen, wie Zielen, Methoden, Wegen, Selektionskriterien, zu begreifen und organisch reguliert weiterzuentwickeln.
2. Die *Kultur und ihre Geschichte*, die zu verschiedenen Zeiten und in bestimmten Kontexten mit ungleichen Schöpfern und Beobachtern sowie andersgearteten (bis diametralen) Macht- und Interessenlagen *komplexe Geflechte* aus *interagierenden Systemebenen* bilden, gilt es unter dem leitenden *Aspekt des commune bonum* in all ihren Facetten stetig auszugestalten und fortschrittsfördernd zu wandeln.

6 Funktionen, Verantwortung und Herausforderungen der Wissenschaft für die Zukunftsorientierung

„Die Frage, welchen Anteil die Wissenschaften an der Lösung der existenziellen Probleme der Menschheit haben können und sollen, ist zu Beginn des 21. Jh.s dringlicher denn je geworden. Dabei geht es nicht nur um ein ethisches, politisches und soziales Problem, sondern je mehr Wissenschaft und Technologie alle Bereiche des Lebens der Menschen beeinflussen, desto stärker sind auch *die Erkenntnisziele und damit die kognitive Tätigkeit selbst* betroffen. Wenn folglich von der gesellschaftlichen Funktion und Verantwortung der Wissenschaft die Rede ist, so gilt das vor allem für die *alle Disziplingrenzen übergreifende Aufgabe der Zukunftsorientierung im Prozess der gesellschaftlichen Entwicklung*“,

analysiert der Historiker *Wolfgang Küttler* (Küttler 2010, S. 1, Hervorhebungen LGF).

Er fordert, dass das nicht allein eine Angelegenheit der Natur- und Technikwissenschaften sein und bleiben kann. Natur- und Technikwissenschaftler haben allerdings als Experten, Gutachter und Teilnehmer am öffentlichen Disput oft nicht unwichtigere, untergeordnetere, sondern eher gewichtigere, folgenschwerere Verantwortung für sozio-kulturelle Entscheidungsprozesse.

Was kann und muss die Wissenschaft heute intern und extern tun, damit ihre essentiellen Erkenntnisse von der Gesellschaft sowie ihren Entscheidungsträgern überhaupt wahrgenommen und ihre Potenzen realisiert werden, mehr noch, zum angemessenen Handeln führen? Was bewirken selbstkritische Reflexionen, grundsätzlich andere Strategien der eigenen Entwicklung,

der Forschung und Beratung? Geht es bei der Beteiligung von wissenschaftlich Tätigen an Diskussionen mit der Öffentlichkeit um eine intensiviertere und zugespitzte Kommunikation? Wie können die neuen Bewegungen wirkungsvoller unterstützt werden, die sich, wie „Fridays for Future“, erklärtermaßen auf die Wissenschaft berufen, wenn sie effektivere Maßnahmen aller gesellschaftlichen Akteure, insbesondere der Politik, gegen die Gefahren des Klimawandels, gegen die akuten, sich fast ‚ungebremst‘ verschärfenden globalen Probleme und die ökologisch verheerenden, letztlich menscheitsgefährdenden Überschreitungen „planetarer Kapazitäten und natürlicher Grenzen“ fordern? Das derzeitige (gerade noch erträgliche) Gleichgewicht zwischen der menschlichen Kultur (mit all ihren Konstituenten sowie Formen) und der Natur ist nachweislich folgensicher bedroht. Aus dem in präzedenzloser Weise eskalierenden Kollisionskurs mit der Umwelt kann eine überwiegend von Menschen selbst verursachte (also in wesentlichen Teilen tatsächlich anthropogene) Existenzgefährdung resultieren.

Der Physiker *Max Steenbeck* (1904–1981) postulierte:

„Grundlage jeder wahren Verantwortung und damit der höchsten Form von Menschenwürde bleibt es, sich darüber klar zu werden suchen, was das, was man tut, wirklich bedeutet.“ (Steenbeck 1978, S. 91, Hervorhebungen LGF)

„Gesellschaftliches Geschehen kann nicht – und schon gar nicht nur – mit naturwissenschaftlichen Methoden verstanden werden. Aber deren Einbeziehung ist, wie in vielen anderen Bereichen, auch hierbei nützlich und notwendig, damit Störungen in der gesellschaftlichen Entwicklung durch Zufall und Willkür an Bedeutung verlieren und sich die Politik von der Kunst des Möglichen zur Wissenschaft vom Notwendigen wandeln kann. [...] Um unserer Zukunft willen: Die Verantwortung des Naturforschers verlangt gerade von ihm gesellschaftliche Mitarbeit und Einsicht.“ (Steenbeck 1978, S. 83)

Die polarisierenden Auseinandersetzungen über den Klimawandel und die realistischen Möglichkeiten seiner Begrenzung sind nur ein beredtes Beispiel. Vermöge der globalen sozialen Bewegung ‚Fridays for Future‘ gelang es bezüglich effizienter, umfassenderer und schnellerer Klimaschutz-Maßnahmen der Wissenschaft erstmals mehr Gehör zu verschaffen.

Von *Humboldts* Zeit und seinen wissenschaftlichen Auffassungen ausgehend, seien die *dynamischen Erkenntnisziele, die Entwicklung und die intrinsischen kognitiven Ausrichtungen der Wissenschaft* – ihr Charakter und ihre Strategien – exemplarisch mit Ausführungen von Protagonisten umrissen.

Ortega y Gasset schildert in einer Zeit der politischen sowie gesellschaftlichen Verunsicherung Konflikte und Umbrüche in seinem, in einigen Tei-

len und bestimmten Aussagen nicht unumstrittenen (*elite*)soziologischen *Essay* ‚Der Aufstand der Massen‘, eindringlich den vermeintlichen oder tatsächlichen Verfall, in den der universale Charakter der wissenschaftlichen, vor allem der naturwissenschaftlichen Arbeit, im Laufe der jüngeren ca. 200 Jahre geriet. Dabei sind *Ortegas* Argumentationen reich an Analogien und Metaphern, die er bevorzugt der Technik und den Naturwissenschaften, besonders der Biologie, entlehnt. *Ortega* urteilt:

„Das 19. Jahrhundert beginnt seinen Lauf unter der Führung von Menschen, die enzyklopädisch leben, obgleich ihre schöpferische Arbeit schon einen speziellen Charakter trägt. In der nächsten Generation hat sich der Schwerpunkt bereits verschoben, das einzelwissenschaftliche Interesse beginnt, in jedem Gelehrten die Allgemeinbildung zu verdrängen.“ (Ortega y Gasset 1931, S. 119, Hervorhebungen LGF)

„Wenn um 1890 eine *dritte Generation* die geistige Führung Europas übernimmt, tritt ein Gelehrtentypus auf, der in der Geschichte nicht seinesgleichen hat. Es sind Leute, die von allem, was man wissen muß, um ein verständiger Mensch zu sein, *nur eine bestimmte Wissenschaft und auch von dieser nur den kleinen Teil gut kennen*, in dem sie selbst gearbeitet haben. Sie proklamieren ihre Unberührtheit von allem, was außerhalb dieses schmalen, von ihnen speziell bestellten Feldes liegt, als Tugend und nennen das Interesse für die Gesamtheit des Wissens Dilettantismus. [...] Es gelingt ihnen tatsächlich, in ihrem engen Gesichtsfeld neue Tatsachen zu entdecken und so ihrer Wissenschaft, die sie kaum kennen, und damit dem Universum des Geistes, das sie gewissenhaft ignorieren, zu dienen.“ (Ortega y Gasset 1931, S. 120, Hervorhebungen LGF)

In wenigen Generationen legte sich *der Wissenschaftler* auf ein immer engeres geistiges Betätigungsfeld fest und verlor

„[...] fortschreitend die Fühlung mit den übrigen Teilen der Wissenschaft, mit einer *deutenden Durchdringung des ganzen Universums*, die doch allein den Namen europäischer Wissenschaft, Kultur, Zivilisation verdient.“ (Ortega y Gasset 1931, S. 116. Hervorhebungen LGF)

Das bezeichnet *Ortega* als *Barbarei des Spezialistentums*, das im so überschriebenen Kapitel XII (Ortega y Gasset 1931, S. 86–92) angeprangert wird. Unter den Bedingungen eines *faktisch mehr als exponentiellen Zuwachses an Weltwissen* ist es jedoch ein dringendes Gebot, den *organischen Bezug zum Ganzen eines fortwährend unüberschaubarer werdenden Wissenskosmos* immer wieder zu sichern. Das gebietet, die gegensätzlichen und sich dennoch wechselseitig bedingenden Tendenzen der Spezialisierung und Universalisierung zu äquilibrieren.

„Die direkte Folge des einseitigen Spezialistentums ist es, dass heute, obwohl es mehr „Gelehrte“ gibt als je, die Anzahl der „Gebildeten“ viel kleiner ist als zum Beispiel um 1750. Und das schlimmste ist, dass mit diesen Triebpferden des wissenschaftlichen Göpels nicht einmal der innere Fortgang der Wissenschaft gesichert ist. Denn sie hat von Zeit zu Zeit als *organische Regulierung* ihres eigenen Wachstums eine *Neufundierung nötig*, und das verlangt [...] einen Willen zur Synthese, die immer schwieriger wird, da sie sich auf immer ausgedehntere Gebiete des Gesamtwissens erstreckt.“ (Ortega y Gasset 1931, S. 123, Hervorhebungen LGF)

Daraus folgt:

„*Wenn die Wissenschaft fortschreiten soll müssen sich ihre Vertreter spezialisieren. Die Wissenschaftler, nicht die Wissenschaft. Die Wissenschaft ist nicht speziell. Sie hörte sonst ipso facto auf, wahr zu sein. Nicht einmal die Erfahrungswissenschaft als Ganzes ist wahr, wenn man sie von der Mathematik, der Logik, der Philosophie trennt. Aber die wissenschaftliche Arbeit hat unvermeidlich speziellen Charakter.*“ (Ortega y Gasset 1931, S. 119, Hervorhebungen LGF)

Jürgen Habermas fragt 2019 in seinem neusten Werk: „Auch eine Geschichte der Philosophie“ rhetorisch:

„[...] was von der Philosophie übrigbleiben würde, wenn sie nicht nach wie vor *versuchte, zur rationalen Klärung unseres Selbst- und Weltverständnisses beizutragen* – dabei markiert der Bindestrich genau jenes Thema, das im Fortgang der Spezialisierung unter die Räder zu geraten droht. Auch die Philosophie ist eine wissenschaftliche Denkungsart, aber sie ist *keine Wissenschaft, die daran arbeitet, immer mehr über immer »weniger«, das heißt enger und genauer definierte Gegenstandsbereiche zu lernen*; sie unterscheidet nämlich zwischen *Wissenschaft und Aufklärung*, wenn sie erklären will, was unsere wachsenden wissenschaftlichen Kenntnisse von der Welt für uns bedeuten für uns als Menschen, als moderne Zeitgenossen und als individuelle Personen.“ (Habermas 2019, S. 12, Hervorhebungen LGF)

„Die Philosophie folgt wie alle Disziplinen dem Zug zu einer immer weitergehenden Spezialisierung. An einigen Orten geht sie schon in der Rolle einer *begriffsanalytischen Dienstleistung für die Kognitionswissenschaften* auf; an anderen zerfasert der Kern der Disziplin in nützlichen Angeboten für einen *wachsenden wirtschafts-, bio- oder umweltethischen Beratungsbedarf*. Solche aufgelesenen Beobachtungen müssen noch nicht viel heißen. Beunruhigender ist die Unvermeidlichkeit, ja Wünschbarkeit der fortschreitenden Spezialisierung, mit der auch die Philosophie der inneren Dynamik jeder wissenschaftlichen Arbeitsteilung und dem normalen Gang des wissenschaftlichen Fortschritts folgt; denn die Spezialisierung stellt für unsere Disziplin eine Herausforderung der besonderen

Art dar. Was für andere Wissenschaften *nur* Fortschritte bringt, bedeutet für die Philosophie, die ja das Ganze nicht aus dem Auge verlieren darf, auch eine Herausforderung für jene Grundfragen, über die sie sich bisher definiert hat. [...] Die Philosophie würde gleichwohl, wie ich meine, ihr Proprium verraten, wenn sie – und sei es auch im begründeten Bewusstsein einer Überforderung – den holistischen Bezug auf unser Orientierungsbedürfnis preisgäbe. Aber in diese Zone gerät eine Praxis und eine Auffassung von Philosophie, die sich ihrer Aufklärungsrolle entledigt und einem szientistischen Selbstmissverständnis erliegt, indem sie sich an der Seite der objektivierenden Wissenschaften vom selbstreferenziellen Bezug eines Beitrags zur rationalen Welt- und Selbstverständigung verabschiedet. Sie darf von Haus aus nicht vor dem Komplexitätswachstum unserer Gesellschaft und unseres immer weitergehend spezialisierten Wissens von der Welt resignieren, wenn sie – wie Kant zu seiner Zeit – ihre Zeitgenossen nach wie vor mit Gründen dazu ermutigen will, *von ihrer Vernunft einen autonomen Gebrauch zu machen und ihr gesellschaftliches Dasein praktisch zu gestalten*. [...] »Szientistisch« nenne ich die Auffassung, dass sich die für wissenschaftliches Denken verbindlichen Rationalitätsmaßstäbe ausschließlich am Vorbild der Theoriebildung und der Verfahren nomologischer Naturwissenschaften zu orientieren haben.“ (Habermas 2019, S. 13, Hervorhebungen LGF)

In dem rückübersetzten Postskript-Aufsatz „Wissen und menschliche Interessen: eine allgemeine Perspektive“ verweist *Habermas* auf die ‚alte‘ Ansicht:

„Das einzige Wissen, das wirklich handlungsorientiert sein kann, ist Wissen, das sich von bloßen menschlichen Interessen befreit und auf Ideen basiert – also Wissen, das eine theoretische Haltung eingenommen hat.“ (Habermas 1971, Appendix S. 301)²⁸

Im Hauptteil dieser Publikation postuliert *Habermas*:

„*Wissenschaft* kann nur epistemologisch verstanden werden, d.h. als eine *Kategorie von möglichem Wissen*, solange Wissen nicht entweder überschwänglich mit dem absoluten Wissen einer großen Philosophie oder blind mit dem wissenschaftlichen Selbstverständnis des eigentlichen Forschungsbetriebs gleichgesetzt wird.“ (Habermas 1971, S. 4, Hervorhebungen LGF)²⁹

28 *Original*: „The only knowledge that can truly orient action is knowledge that frees itself from mere human interests and is based on ideas – in other words, knowledge that has taken a theoretical attitude.“

29 *Original*: „Science can only be comprehended epistemologically, which means as one category of possible knowledge, as long as knowledge is not equated either effusively with the absolute knowledge of a great philosophy or blindly with scientific self-understanding of the actual business of research.“

7 Prospektives Gedächtnis

Gerade wegen des folgenschwer veränderten, insbesondere komplexeren und komplizierteren Anforderungsprofils der Gegenwart und Zukunft bleiben die *Humboldt'sche* ganzheitliche Methodologie mit dem humanen ‚*Zusammendenken von Natur und Kultur*‘ und die daraus (im heutigen Duktus) resultierenden Kalküle der *vernetzenden Interdisziplinarität und integrierenden Multidiziplinarität* als ausgewogenes Komplement zur *wissenschaftsintern ausdifferenzierenden Disziplinarität* zielführend, d.h. notwendig, dennoch nicht hinreichend. Einzufordern sind überdies der Wille und der Mut, veraltete *Denk- und Verhaltensweisen* konsequent aufzugeben und bestmögliche gesellschaftliche Rahmenbedingungen zu erwirken. Verschränkungen und Kompliziertheit erweisen sich in all diesen Konstellationen als Quellen, Indikatoren und Dimensionen der Unwissenheit/Unkenntnis der Augenzeugen und aktiven Mitgestalter.

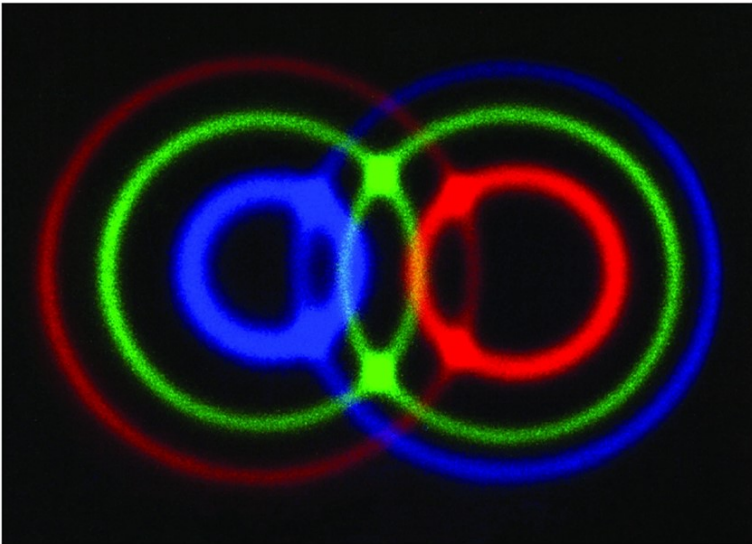


Abb. 3: Quantenverschränkung von drei Photonen

Neben dem Eigenwert demonstriert das mit verschiedenen Interferenzfiltern aufgenommene Bild zugleich eine räumliche Struktur komplexer Verschränkungszustände.

Foto: Michael Reck und Paul Kwiat. Zitiert in Zeilinger, A. (2017): Light for the quantum entangled photons and their applications: a very personal perspective, S. 7. In: Physica Scripta 92 (2017) Stockholm, Schweden.

*O Zeit! Du selbst entwirre dies, nicht ich:
Ein zu verschlungner Knoten ist's für mich.*³⁰

William Shakespeare (1564–1616)

Schon im Klappentext und in der Einleitung des Buches „Terror Sapiens I: Von der Einfalt zur Vielfalt“, konstatiert der Germanist *Walter Krahe*: Das derzeit zentrale Problem der Menschheit, das für die allermeisten Probleme an jeweils entscheidender Stelle verantwortlich ist, sei die „zumeist sehr einseitige Sicht- und Denkweise der Menschen“. Im Einzelnen moniert er:

„Ein intelligenter Umgang mit der Kompliziertheit und der Komplexität, mit der Unvollkommenheit, mit Unterschieden, Gegensätzen sowie mit individuellen Sicht- und Verhaltensweisen wird konsequent be- und verhindert. Die hieraus resultierenden – teilweise sogar verheerenden – Folgen lassen sich in zahlreichen biotischen und kulturellen Systemen und in allen Lebensbereichen beobachten. Die Erkenntnis, dass die Wirklichkeit Vielfalt sowie fortwährenden Wandel bedeutet und dass der Mensch dringend den fruchtbaren Umgang mit dieser global integrierten, holistischen Intelligenz erlernen muss, wenn er seine Probleme lösen möchte, gehört leider nicht zu den dominanten Denkweisen und Maximen von Mehrheiten.“ (Krahe 2017, S. 257, Hervorhebungen LGF)

Krahe offeriert eine Vision. Er erhofft die Evolution des *Homo sapiens* zum *Homo multividus*, dem Vielsichtigen, der nicht zuletzt zur rationalen Klärung unseres Selbst- und Weltverständnisses beiträgt.

Obwohl schon 1929 in der „Kultur und Ethik“ geäußert, trägt auch uns *Albert Schweitzer* (1875–1965) an:

„So haben wir Menschen von heute wieder zu elementarem Nachdenken über die Frage, was der Mensch in der Welt ist und was er aus seinem Leben machen will, aufzurütteln“ (Schweitzer 1971, S. 126f.)

und er fordert 1939:

„Das Denken muss von den Tatsachen der Erkenntnis ausgehen und sich mit ihnen auseinandersetzen. Nur wenn es sachlich ist, ist es gediegen und hat das Vermögen, in der vollendetsten Art tief zu sein.“ (Schweitzer 2000, S. 29)

Die Bedeutung dieser Forderung und des daraus abgeleiteten prospektiven Gedächtnisses bedürfen in der Welt von heute keiner detaillierten Erläuterung.

30 Shakespeare 1975, S. 750.

Original: „Oh time, thou must untangle this, not I; It is too hard a knot for me to untie!“ – Twelfth Night or What You Will: Act 2, Scene 2.

Alexander von Humboldts Sentenz „Mit dem Wissen kommt das Denken, und mit dem Denken der Ernst und die Kraft in die Menge“ leitete den vorgelegten Beitrag ein. Daran sei für die Zukunftsgestaltung nachdrücklich erinnert und korrespondierend betont: *Wissen muss zum Wollen und Können werden* – individuell und gesellschaftlich!

Literatur

- Behe, M. J. (2007): *Darwin's Black Box: The Biochemical Challenge to Evolution*. (1996) The Free Press. – deutsche Übersetzung: *Darwins Black Box: Biochemische Einwände gegen die Evolutionstheorie*. Gräfelfing
- Beckmann, J. (1796): *Anleitung zur Technologie, oder zur Kenntniß der Handwerke, Fabriken und Manufacturen...*, Vierte, verbesserte und vermehrte Ausgabe. Göttingen
- Biermann, K.-R. (1988): *Die Mathematik und ihre Dozenten an der Berliner Universität 1810–1933: Stationen auf dem Wege eines mathematischen Zentrums von Weltgeltung*. Berlin
- Blum, A. S. (2019): *Heisenberg's 1958 Weltformel and the Roots of Post-Empirical Physics*. Berlin u.a.O.
- Bower, J. L.; Christensen, C. M. (1995): *Disruptive Technologies. Catching the Wave*. In: *Harvard Business Review*, Bd. 69, S. 19–45
- Cannon, Susan Faye (1978): „Humboldtian Science“. In: *Science in Culture. The Early Victorian Period*. Hrsg. von Susan Faye Cannon. Kent, New York, S. 73–110
- Christensen, C. M. (1997): *The Innovator's Dilemma*. Boston/MA
- Deleuze, G.; Guattari, F. (1977): *Rhizom* (aus dem Französischen übersetzt v. D. Berger). Berlin
- Dörner, D. (2013): *Gibt es künstliche Intelligenz?* In: LIFIS ONLINE [https://leibniz-institut.de/archiv/doerner_13_12_13.pdf]
- Ebeling, W.; Feistel, R. (1984): *Physik der Selbstorganisation und Evolution* (2. Aufl.). Leipzig
- Ebeling, W.; Engel, H.; Herzel, H. (1990): *Selbstorganisation in der Zeit*. Berlin
- Eigen, M. (1971): *Self organization of matter and the evolution of biological macro molecules*. In: *Die Naturwissenschaften*, Bd. 58/Heft 10, S. 465–523
- Eigen, M.; Winkler R. (1975): *Das Spiel – Naturgesetze steuern den Zufall*. München, Zürich
- Ette, O. (2006a): *Alexander von Humboldt, die Humboldtsche Wissenschaft und ihre Relevanz im Netzzeitalter*. In: *Alexander von Humboldt im Netz (HiN)*, Bd. 7/Nr. 12, S. 31–39
- Ette, O. (2006b): *Unterwegs zu einer Weltwissenschaft? Alexander von Humboldts Weltbegriffe und die transarealen Studien*. In: *Alexander von Humboldt im Netz (HiN)*, Bd. 7/Nr. 13, S. 34–54
- Ette, O. (2011): *Alexander von Humboldt: Wissenschaft im Feld – Transareale Wissenschaftsfelder in den Tropen*. In: *Alexander von Humboldt im Netz (HiN)*, Bd. 12/Nr. 23, S. 9–25
- Foerster, W. (1913): *Ansprache zum 25jährigen Jubiläum der Gesellschaft Urania in Berlin*. In: *Himmel und Erde* 25. Berlin, S. 386–390
- Fleischer, L.-G. (2015): *Technologie – ‚techné‘ und ‚epistémé‘*. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): *Technologiewandel in der Wissensgesellschaft – qualitative und quantitative Veränderungen* (= Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 122). Berlin, S. 35–67

- Fleischer, L.-G. (2016): Relationale Klassifikation elementarer Organisationsmerkmale emergenter dynamischer System – ein Essay. In: Hörz, H.; Krause, W.; Sommerfeld, E. (Hg.): Einfachheit als Wirk-, Erkenntnis- und Gestaltungsprinzip (= Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 125/126). Berlin, S. 209–244
- Fleischer, L.-G. (2019): Die perfekte Imperfektion des Faktischen. In: Banse, G.; Kant, H. (Hg.): Disziplinäres & Interdisziplinäres – Historisches & Systematisches (= Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 139/140). Berlin, S. 63–98
- Fleissner, P.; Hofrichter, W. (1995): In-formatio revisited. Wider den dinglichen Informationsbegriff. In: Informatik Forum, Bd. 8/Heft 3, S. 126–131
- Goethe, J. W. v.(1907): Maximen und Reflexionen. Aphorismen und Aufzeichnungen. Nach den Handschriften des Goethe- und Schiller-Archivs hrsg. von Max Hecker. Weimar 1907 (Aus dem Nachlass. Über Natur und Naturwissenschaft)
- Habermas, J. (1971): Knowledge and Human Interests. Boston
- Habermas, J. (1987): Knowledge and Human Interests: a General Perspective'. In Knowledge and Human Interests. Cambridge
- Habermas, Jürgen (2019): Auch eine Geschichte der Philosophie. Band 1: Die okzidentale Konstellation von Glauben und Wissen. Berlin
- Hawking, S. (2017): Web Summit 2017: KI kann eine Bedrohung der Menschheit sein. In: heise online News, Nr. 11
- Hefendehl-Hebeker, L. (2007): Einstieg in die Mathematikdidaktik. Berlin, Heidelberg
- Heisenberg, W. (1937): Gedanken der antiken Naturphilosophie in der modernen Physik. In: Die Antike. Zeitschrift für Kunst und Kultur des klassischen Altertums Vol. 13, S. 118–124 [auch: Heisenberg, Gesammelte Werke Abt. C, Bd. I, München 1984, S. 126–132]
- Heisenberg, W.(1959): Physik und Philosophie. Stuttgart [auch: Heisenberg, Gesammelte Werke Abt. C, Bd. II, München 1984, S. 3–201]
- Holl, F. (Hg.) (2009): Alexander von Humboldt. Mein vielbewegtes Leben. Ein biografisches Porträt. Berlin
- Holz, H. H. (1996): Leibniz und das commune bonum. In: Sitzungsberichte der Leibniz Sozietät, Bd. 13. Berlin, S. 5–25
- Hülseberg, D. (2019): Alexander von Humboldts nahezu unbekannte Einflussnahme auf die Herstellung von Porzellan. (In diesem Sammelband)
- Humboldt, A. v. (1817): De instituto operis et de distributione geographica plantarum secundum coeli temperiem et altitudinem montium prolegomena. Paris: Libraria Graeco-Latina-Germanica (Voyage de Humboldt et Bonpland) [<http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10301921-7>]
- Humboldt, A. v. (1828): Rede, gehalten bei der Eröffnung der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Berlin, am 18. September 1828. Berlin (In: Humboldt, 2019b)
- Humboldt, A. v. (1845–1862). Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. 5 Bände. Stuttgart, Tübingen
In den ‚Kosmos-Zitaten‘ dieses Beitrags wird die nachfolgende, von Ottmar Ette und Oliver Lubrich edierte und mit einem Nachwort versehene Ausgabe verwendet:
 Humboldt, A. v. (2004): Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. Hrsg. von Ette, O. und Lubrich, O. Frankfurt/M.

- Humboldt, A. v. (2019a): Alexander von Humboldt – Sämtliche Schriften (Aufsätze, Artikel, Essays). Studienausgabe / Berner Ausgabe (10 Bde.; hrsg. von Lubrich, O. und Nehrlich, Th.). Stuttgart
- Humboldt, A. v. (2019b): Der Andere Kosmos – 70 Texte, 70 Orte, 70 Jahre; 1789–1859 (Hrsg. von Lubrich, O. und Nehrlich, Th.). Stuttgart
- avhumboldt.de (2019c): Alexander von Humboldt in ausgewählten Zitaten. [<https://www.avhumboldt.de/?p=6527>]
- Humboldt, W. v. (1835): Über die Verschiedenheit des menschlichen Sprachbaues und ihren Einfluß auf die geistige Entwicklung des Menschengeschlechts. In: W. v. Humboldt: Schriften zur Sprachphilosophie. Werke, Bd. 3. Darmstadt 1963, S. 368–756
- Hütt, M.-T. (2001): Datenanalyse in der Biologie. Eine Einführung in Methoden der nichtlinearen Dynamik, fraktalen Geometrie und Informationstheorie. Berlin u.a.O.
- Kauffman, S. (2000): Investigations. The Nature of Autonomous Agents and the Worlds They Mutually Create. Oxford (University Press)
- Komlosy, A. (2018): Grenzen. Räumliche und soziale Trennlinien im Zeitenlauf. Wien
- Klaus, G. (1968): Wörterbuch der Kybernetik. Berlin
- Klaus, G.; Liebscher, H. (Hg.) (1976): Wörterbuch der Kybernetik (4. völlig überarbeitete Auflage). Berlin
- Krahe, W. (2017): Terror Sapiens I: Von der Einfalt zur Vielfalt (Kap. 22). Hamburg
- Küttler, W. (2010): Geschichte und Transdisziplinarität. Zur gesellschaftlichen Verantwortung der historischen Wissenschaften. LIFIS ONLINE [https://leibniz-institut.de/archiv/kuettler_24_04_10.pdf]
- Laughlin, R. B. (2007): Abschied von der Weltformel.. Die Neuerfindung der Physik. München. [zitiert nach: <https://beruhmte-zitate.de/autoren/robert-b-laughlin/>]
- Lehn, J. M. (1995): Supramolecular chemistry: Concepts and perspectives. Weinheim
- Ley, H. (1965): Mensch und Technik. In: Kleine Enzyklopädie Technik, Leipzig 5. S. XIII
- Mandelbrot, B. (1982): The Fractal Geometry of Nature. San Francisco
- Martin, W. (2020): Leibniz Online Nr. 39. [https://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2020/02/03_MartinWilliam_Leibniz-Online6-1-2020.pdf]
- Marx, K. (1968): Das Kapital, Bd. 1 [1867]. In: Marx-Engels-Werke (MEW), Bd. 23. Berlin
- Marx, K. (1974): Grundrisse der Kritik der politischen Ökonomie [1857/1858]. Berlin
- Ortega y Gasset, J. (1931): Der Aufstand der Massen. Stuttgart
- Ortega y Gasset, J. (1949): Betrachtungen über die Technik – Der Intellektuelle und der Andere. Stuttgart
- Steenbeck, M. (1978): Die Verantwortung der Wissenschaftler im Atomzeitalter. In: Meißner, H.; Lohs, K. (Hg.): Abrüstung Wissenschaft Verantwortung. Berlin, S. 77–105
- Raumer, F. v. (1869): Humboldt an Raumer 1841. In: Raumer Literarischer Nachlaß I. Berlin
- Roco, M. C.; Bainbridge, S. (eds.) (2002): Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science. National Science Foundation (NSF/DOC) sponsored Report. Arlington/VA
- Ropohl, G. (2005): Allgemeine Systemtheorie als transdisziplinäre Integrationsmethode. In: TATuP – Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis, Jg. 14/Nr. 2, S. 24–31

- Ropohl, G. (2010): Jenseits der Disziplinen – Transdisziplinarität als neues Paradigma. In: LIFIS ONLINE [21.03.10] [http://leibniz-institut.de/archiv/ropohl_21_03_10.pdf]
- Schweitzer, A. (1971): *Gesammelte Werke in 5 Bänden*, Bd. 2. Berlin, S. 126f.
- Schweitzer, A. (2000): *Die Weltanschauung der Ehrfurcht vor dem Leben*. Kulturphilosophie III, 3. und 4. Teil. München
- Simondon, G. (2012): *Die Existenzweise technischer Objekte (1958)*. (Aus dem Französischen v. M. Cuntz; 2. Aufl.). Zürich
- Snowden, D. (2000): *Cynefin: a sense of time and space, the social ecology of knowledge management*. In: Despres, C.; Chauvel, D. (eds.): *Knowledge Horizons: The Present and the Promise of Knowledge Management....* Oxford (UK), Waltham/MA (United States)
- Spinner, H. F. (2002): *Das modulare Wissenskonzept des Karlsruher Ansatzes der integrierten Wissensforschung*. In: *Wissensarten, Wissensordnungen, Wissensregime*. Beiträge zum Karlsruher Ansatz der integrierten Wissensforschung. Herausgegeben von Karsten Weber, Michael Nagenborg, Helmut Spinner. Opladen, S. 13–46
- Shakespeare, W. (1975): *Was ihr wollt*. In: *Sämtliche Werke in vier Bänden*, Band 1. Berlin, S. 728–808
- Steenbeck, M. (1978): *Die Verantwortung der Wissenschaftler im Atomzeitalter*. In: Meißner, H.; Lohs, K. (Hg.): *Abrüstung, Wissenschaft, Verantwortung*. Berlin, S. 77–105
- Tembrock, G. (1981): *Moderne Verhaltensforschung*. In: Fleischer, L.-G.; Hess, H. (Hg.): *Wissen aus erster Hand. Erkenntnisse – Erfahrungen – Erfolge der Wissenschaft*. Berlin, S. 63–79
- Weiss, M. C.; Sousa, F. L.; Mrnjavac, N.; Neukirchen, S.; Roettger, M.; Nelson-Sathi, S.; Martin, W. F. (2016): *The physiology and habitat of the last universal common ancestor*. In: *Nature Microbiology*. Article Number 16116 [http://www.molevol.hhu.de/fileadmin/redaktion/Fakultaeten/Mathematisch-Naturwissenschaftliche_Fakultaet/Biologie/Institute/Molekulare_Evolution/Dokumente/Weiss_et_al_Nat_Microbiol_2016.pdf]
- Wilde, O. (1907a): *Der Verfall des Lügens – Eine Feststellung*. In: Ders.: *„Zwei Gespräche von der Kunst und vom Leben“*. Leipzig. S. 1–49
- Wilde, O. (1907b): *Das Bildnis von Dorian Gray*. Leipzig