



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Die Komplexität des Digitalen Zeitalters.

Ein Beitrag zur Komplexitätsforschung aus der Sicht der Digital History“

verfasst von / submitted by

Raphael Besenbäck, BA BA

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Arts (MA)

Wien, 2019 / Vienna 2019

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 066 803

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Geschichte

Betreut von / Supervisor:

o.Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Schmale

Abstract

In der vorliegenden Masterarbeit wird ein Zusammenhang zwischen den gegenwärtig gehäuft auftretenden Begriffen *Komplexität*, *digital* und *Digitales Zeitalter* untersucht. Das geschieht über Komplexitätsforschung und Geschichtswissenschaft sowie deren theoretischen Grundlagen zu Veränderung und Periodisierung. Darüber hinaus wird versucht, die Konzepte der Komplexität für die Geschichtswissenschaft nutzbar zu machen und einen erkenntnistheoretischen Beitrag zur naturwissenschaftlichen Modellierung der Komplexitätsforschung zu leisten. Deren Methodik von *Big Data* und Simulation ist untrennbar mit den Umbrüchen der Digitalisierung sowie dem Fach der *Digital Humanities* verbunden, worin sich damit alle Untersuchungsfelder treffen.

Komplexität wird im Zuge der Arbeit als systemisches Phänomen erfasst, was neben der dafür wichtigsten Eigenschaft der Emergenz weitere Konzepte aus der Komplexitätsforschung inkludiert: Das Netzwerk, das Complex Adaptive System, Ordnung und Chaos sowie die Verbindung mit Entropie. Es folgt ein Blick auf den Begriff *Information*, der am Schnittpunkt von Modellierungen komplexer Systeme und Digitalisierung liegt. Ontologie und Erkenntnistheorie werden am Verhältnis von Daten und Informationen sowie den Wirklichkeitsmodi der Digitalisierung diskutiert. Mithilfe von Überlegungen zu Periodisierung wird dann eine Synthese entlang der von David Christian begründeten *Big History* und dem Modell einer *Scientific History* vom Komplexitätsforscher David Krakauer versucht.

Es zeigt sich, dass Teile der Komplexitätsforschung und der Digital Humanities auf einem naturwissenschaftlichen Realismus beruhen. Diesem ist der Widerspruch einer beobachterunabhängigen Beobachtung inhärent, der sich nicht mit der überzeugenden Position einer gesellschaftlich konstruierten Wirklichkeit nach Berger/Luckmann kombinieren lässt. Unter einer bewussten epistemologischen Metareflexion können die Inhalte dennoch verwendet werden und lässt sich eine Einschätzung zum Digitalen Zeitalter abgeben. Komplexität ist nicht messbar, hat jedoch kausal verbundene Indizienkategorien: Ordnung, Struktur, Information, Negentropie und Energie. Mit deren Hilfe lässt sich eine Verdichtung von Netzwerken durch Digitalisierung konstatieren. Darüber hinaus ist Emergenz das entscheidende qualitative Kriterium. Soziale komplexe Systeme der Digitalisierung scheinen dem zu entsprechen, sind aber nicht eindeutig erfassbar. Völlig genügen würde den Anforderungen erst eine mögliche starke künstliche Intelligenz. Emergenz als zentrales Konzept der Komplexitätsforschung eignet sich dabei zur Bewertung des Ereignischarakters von Phänomenen und Perioden.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| 1. Einleitung..... | 5 |
| 2. Komplexität..... | 10 |
| 2.1. Komplexe Systeme..... | 10 |
| 2.2. Komplexitätsforschung..... | 13 |
| 2.3. Emergenz..... | 16 |
| 2.4. <i>Computational Complexity</i> , Kolmogorow-Komplexität..... | 24 |
| 2.5. Komplexitätsforschung – <i>Complex Physical Systems (CPS)</i> und <i>Complex Adaptive Systems (CAS)</i> | 25 |
| 2.6. Netzwerk..... | 32 |
| 2.7. Weitere Modellierung und Charakteristik..... | 34 |
| 2.7.1. Adaptive Agenten, Alphabet & Operatoren, Hierarchie, Nichtlinearität, Selbstorganisation..... | 34 |
| 2.7.2. Ordnung und Chaos..... | 36 |
| 2.7.3. Signalverarbeitung..... | 41 |
| 2.7.4. Resilienz..... | 43 |
| 2.8. Messbare Komplexität – Energie und Entropie..... | 45 |
| 2.9. Umgang des Menschen mit Komplexität..... | 50 |
| 2.10. Komplexität im vorliegenden Kontext..... | 53 |
| 3. Information..... | 56 |
| 3.1. Kybernetik..... | 63 |
| 3.2. Informationstechnologien..... | 63 |
| 3.3. Schnittmengen zwischen Information und Komplexität (oder: Information weitergedacht im Kontext von Erkenntnis)..... | 67 |
| 3.3.1. Episteme..... | 67 |
| 3.3.2. Entropie und strukturelle Information..... | 73 |
| 3.3.3. Informationsverarbeitung in und von komplexen Systemen..... | 78 |
| 4. Digitalisierung..... | 82 |
| 4.1. Analog vs. Digital oder: Das digitale Prinzip und die Digitalisierung..... | 82 |
| 4.2. Informationstechnologie und Datenmanagement..... | 88 |
| 4.3. Digitale Wirklichkeit..... | 93 |
| 4.3.1. Algorithmen..... | 93 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 4.3.2. | Mensch und Technologie | 95 |
| 4.3.3. | Realität und Erkenntnis | 97 |
| 4.3.4. | Geschichte und Wissenschaft | 100 |
| 5. | Der Mensch, die Geschichte und Komplexität | 102 |
| 5.1. | Verbindung zur Geschichtswissenschaft | 102 |
| 5.1.1. | David Krakauers Versuch einer theoretischen Verknüpfung | 106 |
| 5.1.1.1. | Grundstruktur komplexer Systeme | 112 |
| 5.1.1.2. | Bewertung | 114 |
| 5.1.1.3. | Kritik | 115 |
| 5.1.1.4. | Zusammenfassung | 117 |
| 5.2. | Big History | 118 |
| 5.3. | Komplexitätszuwachs durch den Menschen | 125 |
| 6. | Komplexitätszuwachs durch Digitalisierung | 127 |
| 6.1. | Verdichtung schwacher Komplexität | 129 |
| 6.2. | Verdichtung starker Komplexität | 130 |
| 6.3. | Emergenz digitaler komplexer Systeme | 133 |
| 7. | Über Periodisierung und Epochen | 138 |
| 8. | Digitales Zeitalter? | 145 |
| 8.1. | Digitales Zeitalter im Kontext von Komplexität | 147 |
| 8.2. | Emergenz eines (digitalen) Zeitalters? | 151 |
| 8.3. | Anthropozän vs. Digitales Zeitalter vs. Entropozän | 153 |
| 9. | Schluss | 158 |
| 10. | Anhang | 164 |
| 10.1. | Abkürzungsverzeichnis | 164 |
| 10.2. | Literaturverzeichnis | 164 |
| 10.3. | Abbildungsverzeichnis | 171 |

Vorwort

Als ich vor über einem Jahr dieses Projekt begonnen habe, war ich noch in Illusionen verfangen. Es sollte ein kurzes und abgerundetes Produkt werden; effizient durchgezogen und ein Werk mit relevanten Aussagen; kurz ein prächtiges Ergebnis eines organisierten Arbeitsprozesses und entsprechender Schlusspunkt des Studiums. Wie schon bei vielen Menschen vor mir und ohne Zweifel auch vielen nach mir klafft jedoch ein tiefer Spalt zwischen diesen Vorsätzen und dem tatsächlichen Verlauf. In diesem wurde aus dem eleganten Windhund ein Zerberus und meine Masterarbeit ging auf wie ein Germgugelhupf.

Dass daraus dennoch ein logisches Gesamtes werden konnte, verdanke ich in erster Linie den lenkenden Eingriffen meines Betreuers Wolfgang Schmale sowie den Teilnehmern seines Forschungsseminars „Das ‚digitale Zeitalter‘“ wobei insbesondere Stefan Ebner genannt werden soll. In dieser Lehrveranstaltung verfestigte sich die grobe Ausrichtung und ein Teil der Masterarbeit wurde verfasst. Der Rest geschah in vielen Stunden der eremitischen Klausur im Hinterhofstüberl in der Berggasse. Somit gilt mein besonderer Dank jenen Menschen, die mir diese Zeit ermöglicht, versüßt und begleitet haben. Danke meiner Familie für jahrelange Unterstützung, Danke Romana für das Schlagen des Mittagsgongs und Danke den Latinern der Tarockrunde für heitere Abendstunden. Ebenso muss ich ein Plädoyer für den Arkadenhof der Universität abgeben, der mit seiner Mischung aus sozialem Habitat und Atmosphäre gar nicht genug geschätzt werden kann. Klaus Kainz danke ich für seine Anmerkungen und Herbert Krammer für seinen überfleißigen Einsatz sowie überaus dienliche Kritik. Darüber hinaus gilt jedoch einer Person meine besondere Dankbarkeit: Karin, ohne dich wäre nichts so wie es ist. Für Geduld, Unterstützung und alles andere widme ich dir diese Arbeit.

1. Einleitung

Der Ausgangspunkt einer Abhandlung über ein Thema wie *Komplexität*, das genauso allgemein wie speziell scheint, sich im alltäglichen Wortschatz ebenso zuhause fühlt wie in physikalischer Forschung, liegt in einer Konjunktur. Die Menschheit beschäftigt sich unentwegt mit sich selbst, der Welt und dem Verhältnis der beiden zueinander. In den Kulturräumen, wo das geschieht, ist vom Kleinen bis ins Große Bewegung erkennbar – Themen, Erklärungsversuche, Modelle und Theorien kommen und gehen. Manche davon bleiben eine Weile, vor allem dann, wenn sie eine Lücke füllen, Perspektiven eröffnen und das Problem etwas zutreffender beschreiben als die Konkurrenten davor.

Komplexität ist ein Thema dieser Art. Seit den Anfängen der Beschäftigung mit komplexen Systemen ist einiges an Zeit vergangen. Währenddessen verfeinerte sich die Betrachtung und es entwickelten sich mithilfe von Informationstechnologien neue Methoden des Umgangs mit Komplexität. Aus der physikalisch-mathematischen Betrachtung von Systemen und Phänomenen, die sich aufgrund ihrer Dynamik und den unzähligen miteinander verbundenen Teilen der Durchdringung entziehen, entstand eine Theorie, die zunehmend mehr Bereiche unter sich vereinte. Komplexe Systeme wurden zu *dem* Betrachtungsmodus, um sich die Entstehung von Phänomenen anzusehen, die von einem Moment auf den anderen auftauchen und die ohne Instruktion und externe Anleitung plötzlich aus einem Zustand geringerer Ordnung emergieren. Das Bewusstsein wurde ebenso unter dieser Sichtweise analysiert wie das Leben, Wetterphänomene, ökologisches Massensterben und unterschiedliche soziale Ordnungen. Mit der Herausbildung erster institutioneller Organisationsstrukturen verdichteten sich Verflechtungen und eine Disziplin war geboren – die Komplexitätsforschung.

Deren Fokus richtete sich auf ganz unterschiedliche Felder, die alle als ähnlich beschaffen erkannt wurden, alle von denselben Mechanismen bewegt sind. Sie zeichnen sich durch ein Zusammenwirken mehrerer Elemente aus; ein System, das sich an einem Kippunkt befindet, das nahe am Zusammenbruch ist. Genau dort entsteht neue Ordnung. Komplexität ist demnach eine Eigenschaft, die Systemen bescheinigt werden kann, gleichzeitig aber auch eine Untersuchung der Prozesse, die von komplexen Systemen hervorgebracht werden. Mit diesen Positionen wurden Tür und Tor für alle möglichen Untersuchungsfelder geöffnet. Nachdem 1984 das *Santa Fe Institute* gegründet worden war und sich eine führende Rolle auf dem Gebiet eingenommen hatte, etablierte sich auch die Komplexitätsforschung endgültig. Zugleich diversifizierte sich deren Tätigkeitsbereich. Gegenwärtig – mehr als ein Vierteljahrhundert später – gibt es auf dem gesamten Globus Forschungseinrichtungen, die in der Disziplin tätig sind. Ebenso

diffundierte der Begriff der Komplexität methodisch und wurde in abgewandelter Form in viele andere Forschungsgebiete, wie etwa Biologie oder Sozialwissenschaften,¹ eingeführt.

An dieser Stelle erfolgt ein Schwenk zur Historie. Die Geschichtswissenschaft ist in ihrer eigentlichsten Form eine überaus philosophische Betätigung. Deren Kern ist eine Auseinandersetzung mit der Zeit, dem Menschen und Geschehnissen, die sich im Raum entfalten. In Marc Blochs berühmter Definition lautet das „Die Geschichte ist die Wissenschaft vom Menschen in der Zeit.“² Der Fortgang der *Zeit* bedeutet nichts anderes als Veränderung, der *Mensch* als Individuum und in Gruppen ein Zusammenspiel von vielen Einzelteilen und ein beinahe undurchdringbares Bündel an Motivationen und Dynamiken. Eine Bewertung dieser steht vermutlich, seit es Menschen gibt, an hoher Stelle des Reflektierens und Denkens. Dabei ist kein Ende in Sicht, denn obwohl die Naturwissenschaft mittlerweile einiges über die Funktionsweise des Menschen ergründet hat, ist die Position der Epistemologie klar: Das menschliche Subjekt ist die einzige Instanz der Erkenntnis und Geschichte ist der Deutungsprozess von vergangenem Geschehen entlang theoretischer Narrative. Die strittigen Auseinandersetzungen zwischen Theorieschulen stehen damit eigentlich im Zentrum der Geschichtswissenschaft. Die Verbindungsstränge hin zur Modellierung von Komplexität sind nun bereits andeutungsweise zu sehen. Wo genau trifft sich Geschichtsforschung mit der Theorie komplexer Systeme?

Es sind dies vorerst zwei Stellen. Beide sind Teil der *Digital Humanities*, eines noch jüngeren Forschungsparadigmas der Geschichte, die sich aus den Anwendungen von digitalen Werkzeugen auf unterschiedliche Themengebiete und aus der Auseinandersetzung mit den Eigenschaften und Auswirkungen digitaler Medien zusammensetzt.³ Beide Bereiche der Digital Humanities beschäftigen sich derzeit implizit mit dem Phänomen der Komplexität. Auf der Ebene der Anwendung digitaler Werkzeuge haben sich in jüngster Zeit neue Möglichkeiten aufgetan: Die Vorteile gegenüber manchen traditionellen geschichtswissenschaftlichen Hilfswissenschaften liegen vor allem in deren Bewältigung von Datenmengen, wodurch die Möglichkeiten quantitativer Forschung weit ausgedehnt wurden. Darüber hinaus entstanden neue Analysemöglich-

¹ Es ist ein überaus breites Gebiet, der von der Komplexitätsforschung bearbeitet wird und deren Disziplinen Komplexitätsforschung behandeln. Das lässt sich unter anderem an der Publikationstätigkeit des Santa Fe Institutes erkennen. Ein gutes Beispiel für die Beschäftigung mit Komplexitätsforschung in den Sozialwissenschaften stellt umgekehrt etwa die Publikation von David Byrne und Gillian Callaghan dar.

Vgl. Byrne und Callaghan, *Complexity Theory and the Social Sciences*.

² Bloch, *Apologie der Geschichtswissenschaft oder der Beruf des Historikers*, 32.

³ Jannidis, Kohle und Rehbein, *Digital Humanities*.

keiten, beispielsweise durch die mathematische Manipulation geografischer Daten. In der Komplexitätsforschung nimmt das Operieren mit Daten den wichtigsten Platz ein. Hier werden neue, überaus leistungsfähige Algorithmen auf die mittlerweile verfügbaren, riesigen Datenarchive angewandt, um diese gezielt nach Mustern zu durchsuchen. Das Ganze läuft unter dem Namen *Big Data* und stellt nichts weniger als den Versuch dar, die für den Menschen selbst unüberschaubare oder schlichtweg vom Aufwand her nicht zu durchdringende Komplexität unterschiedlichster Phänomene zu ergründen. Die Liste der damit behandelten Forschungsthemen ist sehr vielfältig, ein Teil davon ist jedenfalls auch geschichtswissenschaftlich geprägt. Der Mensch und die komplexen sozialen Phänomene um ihn herum werden mit Big Data, durch Simulationen, Datensammlungen und Rechenleistung durchdrungen.

Die mediengeschichtliche Seite der Digital Humanities wiederum erkennt entscheidende Umbruchprozesse des menschlichen Selbstverständnisses, seiner Wirklichkeitserfahrung und Alltagswelt, die von digitalen Informationstechniken ausgelöst wurden. Diese können bereits als Aspekt einer Komplexitätsveränderung gesehen werden. Das ist der zweite Schnittpunkt von Komplexitätsforschung und Geschichte. Hier wird verhandelt, ob es sich bei neuen Medienrealitäten um komplexe Systeme handelt und ob die Werkzeuge der Komplexitätsforschung darauf angewandt werden können. Mitdiskutiert wird in beiden Bereichen der Zugang zur Wissenschaft und zur Welt sowie das zugehörige Verständnis von Erkenntnis. Komplexitätsforschung beschäftigt sich mit der Entwicklung von Komplexität an sich, deren quantitativer Veränderung und deren qualitativen Eigenschaften. Einer objektiv erfahrbaren Welt wird gemäß dieser Herangehensweise Komplexität attestiert.

Konsequenterweise kann das auch in historischer Perspektive gemacht werden, indem verschiedenen Zeitabschnitten der Vergangenheit unterschiedliche Stufen an Komplexität beschieden werden. Aus der Tendenz komplexer Systeme zur stetigen Ausdifferenzierung leitete David Christian ein Modell namens *Big History* ab, das eine Geschichte des Universums erzählt und dabei weit über die üblichen Zeiträume der Geschichtswissenschaft hinausreicht.⁴ Es handelt sich dabei um den ersten größeren Versuch der Verbindung von Komplexität und Geschichte. Er setzt Schwellen des Komplexitätszuwachses an, wo jeweils neue komplexe Systeme emergierten. Damit will er schlussendlich die dominante Position des Menschen in dessen Ökosystem erklären. Auf dieser Meistererzählung liegt ein größeres Augenmerk, auch weil sie bereits

⁴ Christian, *Big History*.

mehrere Zugänge anderer, vor allem naturwissenschaftlicher Disziplinen inkludiert, die sich ebenso mit Veränderung beschäftigen.

In der folgenden Untersuchung werden unter Zuhilfenahme der Digital Humanities speziell die Digitalisierungsprozesse der letzten Dekaden hinsichtlich der Veränderungen von Komplexität untersucht. Vor allem die Konzepte von *Emergenz*, *Information* und *Informationsverarbeitung*, *Energie* und *Entropie* sowie das des *Netzwerks* sind es, die einer wissenschaftstheoretischen Überprüfung unterzogen werden, um ihre Tauglichkeit für eine geschichtswissenschaftliche Periodisierung zu beweisen. In einem nächsten Schritt wird die Frage behandelt, ob man von einem Digitalen Zeitalter sprechen kann, zumal die Zuhilfenahme des Kriteriums *Komplexität* Erfolge verspricht: Immerhin sind die Prozesse der Digitalisierung im 20. und 21. Jahrhundert in der Wahrnehmung der Menschen ähnlich einschneidend wie die Möglichkeiten, die sich durch die Entstehung von Schrift ergaben. Es liegt also nahe, die bezeichnenderweise vielfach als *Digitale Revolution* benannten Umwälzungen unter dem Aspekt der Komplexitätsforschung und den Theorien komplexer Systeme zu untersuchen. Mit deren Hilfe lässt sich die Periodisierungsfrage hinsichtlich eines Digitalen Zeitalters anstellen, einem mittlerweile omnipräsenten Begriff, wie Wolfgang Schmale herausgestrichen hat.⁵

Das Vorhaben ist eine Auseinandersetzung mit dem Wechselspiel von Digitalisierung und Komplexität. Konkret bedeutet das eine Untersuchung der Auswirkungen Ersterer auf die Ausprägung zweiterer. Derart kann eine Charakterisierung der Digitalisierungsprozesse stattfinden und die Anwendbarkeit von Komplexität auf eine gegenwärtige Epochenscheide getestet werden.

Ziel ist erstens, eine Eignung der Konzepte aus der Komplexitätsforschung für deren Anwendung in den Geschichtswissenschaften zu überprüfen: *Welche Konzepte der Komplexitätsforschung behandeln Veränderung? Lässt sich das Modell des komplexen Systems in den Geschichtswissenschaften anwenden?* Danach wird gefragt, ob *Komplexität und die Konzepte der Komplexitätsforschung auf Periodisierungsvorgänge angewandt werden können*. Daran anschließend wird nach der grundsätzlichen Anwendbarkeit auf die Geschichtswissenschaften gefragt: *Welche Auswirkungen hatte Digitalisierung auf die Komplexität der Welt?* Als letzten Punkt wird das Verhältnis zwischen Digitalisierung und Komplexität erkundet: *Lässt sich ein Digitales Zeitalter über das Merkmal der Komplexität periodisieren?*

⁵ Schmale, *Digitales Zeitalter*.

Bei dem gesamten Vorhaben handelt es sich um einen wissenschaftstheoretischen Zugang und um ein Abklären des Verhältnisses von Geschichtswissenschaft zu Komplexitätsforschung und deren naturwissenschaftlicher Charakteristik, speziell hinsichtlich der Digitalisierung. Es beinhaltet eine theoretische Annäherung an das Thema Komplexität inklusive Überlegungen zum Begriff *Information* und den Verbindungslinien der beiden. Darüber hinaus erfolgen nähere Betrachtungen zu *Digitalisierung*, *Entropie*, *Erkenntnis*, *Periodisierung*, *Big History* und zu den konzeptionellen Überlegungen David Krakauers bezüglich einer aus der Komplexitätsforschung stammenden *Scientific History*.

Ein Teil der vorliegenden Masterarbeit entstand curriculargemäß im Rahmen eines Forschungsseminars, erfuhr jedoch aufgrund der intensiveren Auseinandersetzung mit den Inhalten der Komplexitätsforschung noch eine grundlegende Überarbeitung. So wie sich die Dialektik zwischen naturwissenschaftlichen Inhalten und der Anwendung in der Geschichtswissenschaft damit bereits im Verfassen des Textes manifestierte, ist er auch essenzielles Ergebnis des gesamten Vorhabens. Die Verbindung der zwei Teile war für mich als Autor ohne Herkunft aus den Naturwissenschaften ebenso schwierig wie fruchtbar. Dasselbe darf auch für die gesamte Masterarbeit gelten, die in typischer Vorgangsweise versucht, disziplinfremde Konzepte in die Geschichtswissenschaft zu integrieren. Der Komplexitätsforschung liegt eine äußerst umfangreiche Theorie zugrunde, die zudem den Anspruch einer Metakategorie erhebt. Ihre Aussagekraft und meine Bemühungen lassen sich am besten und bezeichnendsten in *Thorngates Postulat der angemessenen Komplexität* von Karl Weick vereinen. In einem Dreieck aus *Allgemeinheit*, *Genauigkeit* und *Einfachheit* sind (für sozialwissenschaftliche Theorien) demnach nur jeweils zwei Kategorien erreichbar, wobei die dritte im Gegenzug verunmöglicht wird.⁶ Ich möchte Weick zustimmen und der Komplexitätstheorie eine hohe allgemeine Anwendbarkeit und ebensolche Genauigkeit bescheinigen. Die Einfachheit und Kürze bleibt dabei leider auf der Strecke.

⁶ Weick, *Making Sense of the Organization*.

2. Komplexität

2.1. Komplexe Systeme

Im Zentrum der Untersuchung steht *Komplexität*. Diese bewegt sich in zwei Dimensionen: Komplexität ist eine Eigenschaft, während Komplexitätsforschung die Verhaltensweisen untersucht, die sich in komplexen Systemen ergeben. Als statische Untersuchung ist es also eine Beschreibung eines Zustands beziehungsweise der Charakteristik eines Systems. Auf dynamischer Ebene, also der Prozess-Seite, ist es die Untersuchung der Veränderungsprozesse, die sich daraus ergeben.

Die Eigenschaft, die in der Form „Etwas ist komplex.“ grundsätzlich adjektivisch zugewiesen wird, klingt bereits an dieser Stelle systemisch. Immerhin benötigt es, will man diesem Etwas Eigenschaften zuweisen, eine gewisse Einheit und konsequenterweise auch Grenzen, an dem diese Einheit endet. Derart ergibt sich eine Geschlossenheit nach außen und innen, die als *System* bezeichnet werden kann. In einem System herrscht also auf eine Art Komplexität und vielfach wird in unterschiedlichsten Zusammenhängen in der konkreten Ausformulierung von *komplexen Systemen* gesprochen. Es zeigt sich bereits die Nähe zur Systemtheorie, in allgemeiner und disziplinenübergreifender Charakteristik begründet von Ludwig von Bertalanffy⁷ und von vielen Disziplinen übernommen. Systeme sind dabei „Mengen von Elementen, zwischen denen Wechselbeziehungen bestehen. Alles, was nicht Element des Systems ist, was nicht dazugehört, ist dessen Umwelt.“⁸ Eine institutionelle Verfestigung dieses Interesses stellt die *International Society of System Science* dar,⁹ deren Untersuchungsfelder sich auch auf Komplexitätsforschung erstrecken. Derart ist die Gesellschaft laut Selbstdefinition seit Beginn „devoted to interdisciplinary inquiry into the nature of complex systems“.¹⁰ So wie ein System aus Teilen und Wirkmechanismen besteht, so zielt auch die Charakterisierung von Komplexität in diese Richtung. Die zentrale Eigenschaft, die Komplexität über das Zusammenwirken von Teilen aussagt, ist in erster Linie quantitativ, nämlich, dass es sich um eine große Menge Letzterer handelt.¹¹ Eine Hilfe bietet hierbei das Modell des Netzwerks. Stellt man ein System als solches dar, so

⁷ Bertalanffy, *Zu einer allgemeinen Systemlehre*.

⁸ Becker und Reinhardt-Becker, *Systemtheorie*, 21.

⁹ *International Society for the Systems Sciences*, www.isss.org.

¹⁰ *International Society for the Systems Sciences: History*.

¹¹ Gribbin, *Deep Simplicity*, 137.

lässt es sich als die Summe von einzelnen Knotenpunkten und deren Verbindungen oder Verbindungsstruktur analysieren. Aus Gründen der Konvention heißen die zwei Dimensionen von Netzwerken im Deutschen *Knoten* und *Kanten*.

Aus der Menge von Knoten und Kanten ergibt sich jedoch Verwirrung, denn dasselbe ist grundsätzlich auch die Definition des Adjektivs *kompliziert*. Tatsächlich wird auch von vielen Autoren auf diese Parallele eingegangen, die in Folge aber unterschiedlich argumentieren. Eine Erklärung ist die umgangssprachliche Verwendung der beiden Begriffe, die hinsichtlich eines Systems mehr oder minder synonym ist (die Verfasstheit des Menschen etwa ist kompliziert und komplex).¹² Darüber hinaus bietet sich bei der Verwendung eines Substantives jeweils das weit umgänglichere *Komplexität/Complexity* gegenüber einem schwerfälligen und artifiziellen Pendant *Kompliziertheit* an. Eine Erklärung dafür ist im Duden zu finden, der für *kompliziert* neben „aus vielen Einzelheiten bestehend“ auch noch „schwierig, verwickelt“¹³ nennt, was eindeutig mehr lebensweltliche und weniger analytische Qualität besitzt, da es stark auf den kognitiven Vorgang des Verstehens abzielt. Es handelt sich also um eine Kategorie der Wahrnehmung, die auf beide Begriffe zutrifft. *Komplex* und *kompliziert* bezeichnen dieselbe Schwierigkeit der Erfassung und Durchdringung einer Sache. Als analytischer Terminus ist aber lediglich *komplex* verwendbar. Diese Argumentation wird durch die Tatsache gestützt, dass Komplexität ein uneindeutiger Begriff ist, der je nach Umgebung und Kontext unterschiedlich verwendet wird. Einige wissenschaftliche Abhandlungen schlagen eine Definition von Komplexität vor, die nicht über die quantitativen Eigenschaften von Kompliziertheit hinausgeht. Das ist vielfach in der Informatik der Fall, wo sich *Computational Complexity*, Kolmogorow-Komplexität und Algorithmische Komplexität mit der Schwierigkeit, Probleme zu lösen, auseinandersetzen, was über die Menge an Ressourcen ermittelt wird.¹⁴ Außerhalb der Informatik wird für Komplexität eine weitere Eigenschaft als notwendig angesehen, nämlich *Emergenz*.

Aus der Menge und Vielfalt der Einzelteile eines komplexen Systems ergeben sich vielfältige Wechselwirkungen, aus denen organisierte Verhaltensweisen entstehen. Ein Phänomen gilt

¹² Eine gewisse Gefahr liegt hier verborgen, denn vielfach wird über das Thema in englischsprachiger Literatur geschrieben, die, wiewohl dem Deutschen nahe verwandt, dennoch auf semantischer Ebene keine wortwörtliche Übersetzung ermöglicht. Etwa durch die Wortfeldanalyse lassen sich für viele identisch erscheinende Worte feine semantische Abweichungen finden. Dennoch erscheinen nach einer groben Musterung der jeweiligen Verwendungen von „kompliziert“, „komplex“, „complicated“ und „complex“ doch starke Parallelen zwischen den zwei Sprachen zu bestehen, womit die Erkenntnisse gut zu übertragen sind.

¹³ Duden, *kompliziert*.

¹⁴ Holland, *Complexity*, 2.

dann als emergent, wenn es „das Auftreten neuer, nicht voraussagbarer Qualitäten beim Zusammenwirken mehrerer Faktoren“¹⁵ darstellt oder in der bekannten Aussage von Aristoteles „mehr als die Summe seiner Teile“¹⁶ ist. Eine bereits etwas tiefergehende Auseinandersetzung existiert vom britischen Philosophen und Ökonomen John Stuart Mill (1806–1873), der zwischen zwei Formen des Zusammenwirkens von Ursachen unterschieden hat: „Ursachen, die sich in ihrem Effekt addieren (z.B. das Gewicht eines zusammengesetzten Körpers), und Ursachen, die zu Eigenschaften führen, die aus der bloßen Addition der Einzelwirkungen nicht voraussagbar sind.“¹⁷

Während bei Aristoteles und Mill Emergenz noch eine allgemeinere Aussage zur Charakteristik von Synergien darstellt, wird Emergenz gegenwärtig – gemäß seiner lateinischen Wurzel – zur Beschreibung des Entstehens neuer Qualitäten gesehen, die mitunter auch unerwartet und unerklärbar auftauchen. Wie eine Blackbox entziehen sich diese dem menschlichen Verstehen, insbesondere aufgrund des Nichteinsehens in das Dahinterliegende. Klassische Beispiele dafür sind das *Leben* oder das *Bewusstsein*, die damit eindeutig als komplexe Systeme einzuordnen sind. Jedoch wird auch betont, dass selbst Emergenz teilweise schwierig auszumachen ist, insofern, als dass kaum entschieden werden kann, ab welchem Punkt es sich bereits darum handelt. Anders formuliert: Verflüchtigt sich Emergenz, wenn Mechanismen hinter emergenten Systemen erkannt werden? Der bekannte Komplexitätsforscher John Holland betont deshalb, dass selbst hier die Übergänge fließend sind.¹⁸

Erschwerend ist hinsichtlich eines eindeutigen Umgangs mit dem Begriff der Komplexität, dass er bereits eine bedeutsame Karriere in der Wissenschaft gemacht hat, wodurch er in Folge vielfach modifiziert wurde. Begonnen hat die Konjunktur von Komplexität vor allem in Mathematik und Physik, als sich diese an Berechnungsmodelle für Netzwerkphänomene wagten, die scheinbar nicht auf dahinterliegende Prinzipien reduzierbar waren. Um die Mitte des 20. Jahrhunderts entstanden erste Versuche, unterschiedliche Phänomene aus den verschiedenen Disziplinen interdisziplinär zu bearbeiten. Kybernetik, Systemtheorie und Chaostheorie hatten sich jeweils das Ziel gesetzt, diese unreduzierbaren Phänomene mit denselben Modellen zu be-

¹⁵ Duden, *Emergenz*.

¹⁶ „Das was aus Bestandteilen so zusammengesetzt ist, dass es ein einheitliches Ganzes bildet, nicht nach Art eines Haufens, sondern wie eine Silbe, das ist offenbar mehr als bloß die Summe seiner Bestandteile. Eine Silbe ist nicht die Summe ihrer Laute; ba ist nicht dasselbe wie b plus a, [...] Die Silbe ist also etwas für sich; sie ist nicht bloß ihre Laute, [...] sondern noch etwas Weiteres.“ Aristoteles, *Metaphysik*, 129.

¹⁷ Heintz, *Emergence and Reduction*, 6.

¹⁸ Holland, *Complexity*, 4-5, 25.

schreiben. Komplexitätsforschung ist das jüngste Glied dieser Kette und gleichzeitig das vielversprechendste. In den meisten Beschäftigungen wird dem mathematischen Zugang die größte Relevanz zugestanden. Es muss jedoch als eine Möglichkeit unter mehreren erkannt werden.¹⁹ Eines dieser Felder ist auch die Soziologie beziehungsweise der gesamte Bereich der Geistes- und Kulturwissenschaften. Hier zeigt sich der Unterschied zwischen einer quantitativen Herangehensweise und einer theoretischen Auseinandersetzung. So geht es laut Byrne und Callaghan in den Sozialwissenschaften vorrangig darum, den Zugang zu Realität zu erforschen und nicht wie in Simulationen diese fortzuschreiben. Der in Big Data und Komplexitätsforschung gepflegte Umgang macht aber genau das.²⁰

2.2. Komplexitätsforschung

Gegen Ende des 20. Jahrhunderts ermöglichten Computersysteme zunehmend eine Durchdringung von größeren Datenmengen, zugleich steigerte sich ihre Rechenleistung, was aufwändige Simulationsmodelle ermöglichte. Aus diesen beiden Aspekten, gepaart mit System- und Chaostheorie, entstand die Disziplin der *Complexity Science*. Prominentester Output davon ist das *Santa Fe Institute*. Es wurde 1984 gegründet und widmet sich seitdem der Erforschung unterschiedlicher Aspekte der Komplexität und noch mehr der Durchdringung komplexer Systeme.²¹ Eine große Reihe von Nachahmern scharft sich gegenwärtig um das Santa Fe Institute, unter anderem auch das in Wien angesiedelte Institut *CSH*, der *Complexity Science Hub*.²²

Der Zugang ist dabei stets derselbe: In vielen Bereichen der Wissenschaft gibt es Systeme, die aufgrund ihres Umfangs, ihrer beteiligten Faktoren und ihrer Dynamik – schlussendlich ihrer Komplexität – für den Menschen ohne Hilfsmittel kaum zu durchdringen sind. Mit den nunmehr verfügbaren Technologien sowie den dazugehörigen Instrumentarien, Methoden und Modellen ist das jetzt möglich. Die Komplexitätsforschung bewegt sich also überall dort, wo Komplexität sozusagen ein verhüllendes Moment besitzt, weil sie mitsamt ihren Subeigenschaften, denen zufolge Systeme nichtlinear, adaptiv, hierarchisch und chaotisch sind, den Blick auf die dahinterliegenden Mechanismen verhindert. Durch die Analyse großer Datenbestände erhofft

¹⁹ Byrne und Callaghan, *Complexity Theory and the Social Sciences*, 5.

²⁰ Byrne und Callaghan, *Complexity Theory and the Social Sciences*, 257.

²¹ Mitchell, *Complexity*, x–xi.

²² *Complexity Science Hub*, www.csh.ac.at.

sich die Forschung ein Erkennen von Mustern, woraus sich wiederum Gesetzmäßigkeiten ableiten lassen.²³ Als schlussendlicher Erkenntnisgewinn lockt die Einsicht in einfache Kausalzusammenhänge, die eine Grundstruktur der komplexen Systeme bereitstellen.²⁴ Letztere sind dabei über alle Disziplinen verteilt. Der CSH fasst das so zusammen:

Complexity science links state-of-the-art mathematics, modelling, data and computer science with fundamental questions posed from various disciplines, such as medicine, economics, ecology or social sciences, and opens new paths to a deeper understanding of systemic risks, resilience, efficiency, and the requirements for sustainable innovation and creativity.²⁵

Es spielte dabei die parallele Entwicklung von Computern eine entscheidende Rolle, denn vielfach ermöglichten diese erst, die nötige Rechenleistung bereitzustellen, um die Systeme zu durchdringen. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, Simulationen von Modellen durchzuführen, diese damit auszutesten und ihr Verhalten zu analysieren. Neben der Rechenleistung von Computern ist es zunehmend ein weiterer Aspekt der Digitalisierung, der in den Vordergrund tritt. Mit der rasanten Entwicklung von Speicher- und Sensortechniken sowie weiteren Assistenzsystemen ist es mittlerweile kein Ressourcenproblem mehr, Datensammlungen in großem Ausmaß zu betreiben. Ist man im Besitz von umfassenden Daten zu einem Phänomen oder System, so können mithilfe der Mustererkennung Struktur, Kausalität und Funktionsweise dahinter erkannt werden – so lautet die Verheißung von *Big Data*.

Die grundsätzliche Vorgangsweise unterscheidet sich wiederum kaum von jener der empirischer Wissenschaften in den Jahrzehnten und Jahrhunderten zuvor.²⁶ Newton mag hier als Paradebeispiel gelten, der genauso induktive Schlüsse aus Datenmaterial gezogen und daraus mechanistisches Verhalten abgeleitet hat.²⁷ Geändert hat sich lediglich das verwendete Instrumentarium. In den Worten des CSH klingen die Möglichkeiten von Big Data so:

Large and comprehensive data sets can help us understand phenomena as diverse as the finance and banking sector, the evolution of friendship networks or the vulnerability of ecosystems. But data offer more possibilities: For the first time in history we not only start to understand the functioning of complex systems, but have the tools at hand to model them. This allows us to make predictions. And further it gets: With the help of supercomputers we can start simulating reactions and (unintended) consequences of interventions in a given complex system without the costly trial-and-errors in real life. But to gain such far reaching insights into complex systems and eventually find ways to change them sustainably – that is,

²³ Die Subeigenschaften werden an späterer Stelle noch detaillierter abgehandelt. Dem Aspekt der chaotischen Verhaltensweise wurde überdies ein ausführlicheres Kapitel gewidmet (2.7.2).

²⁴ Gribbin, *Deep Simplicity*; Holland, *Complexity*, 9–11.

²⁵ Complexity Science Hub (CSH), *Mission*.

²⁶ Gribbin, *Deep Simplicity*, 136.

²⁷ Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*, 117–18.

to use Big Data in a quantitative and predictive way – there is an urgent need for new mathematical concepts and methodology.²⁸

Gut erkennbar ist hier der Anspruch, eine Vielfalt der herkömmlichen Disziplinen unter dem Schirm von Big Data zu vereinen. Die Komplexitätsforschung macht den einfachen Schritt, fächerübergreifend Systeme herauszunehmen und diese mithilfe ihrer Methode aus der Big Data zu analysieren. Blickt man jedoch in die thematischen Unterbereiche, dann erkennt man schnell, dass Komplexität hier vielfältig gehandhabt wird. Trotz gewisser Eigenständigkeiten ist die Herkunft aus der Mathematik nicht zu leugnen, war es doch die erste Disziplin, die sich tatsächlich mit dem Phänomen auseinandergesetzt hat. Darauf aufbauend entwickelten sich jedoch in weiterer Folge mehrere Interpretationen und Definitionen.²⁹ Gegenwärtig wird zunehmend von einer neuen Subdisziplin gesprochen, unter anderem der Komplexitätsforschung zuzuordnen, welche die Vorteile von Big Data in Felder jenseits von wissenschaftlicher Forschung und den Vorreitern in Konzernen der Digitalwirtschaft trägt. Unter dem Namen *Data Science* rücken die Verarbeitung und der Umgang mit großen Datenmengen in den Vordergrund, was sich nunmehr in universitären Lehrgängen niederschlägt. Eine Forschungsplattform hat sich auch an der Universität Wien gebildet, was wiederum die Interdisziplinarität der Thematik verdeutlicht.³⁰ Der Entwicklungsrichtung liegt zugrunde, dass die Sammlung von Daten mittlerweile kaum mehr Probleme verursacht, da der technische Fortschritt bei digitalen Speichermedien und Methoden der Sammlung derart schnell und enorm war. Umgekehrt hat jedoch die Schwierigkeit zugenommen, die riesigen Datenberge sinnvoll zu sichten und verarbeiten, weshalb hier Spezialisten und Praktiker stark nachgefragt sind.

Die Tätigkeiten, Anwendungen und Randbereiche von Komplexitätsforschung sind also offensichtlich ein breites Feld. An dieser Stelle rät sich jedoch ein genauerer Blick auf die kennzeichnenden Merkmale von komplexen Systemen und deren zentrale Begriffe. Ebenso Teil davon ist die nähere Untersuchung von verwandten oder auf andere Art nahestehenden Begriffen und Kategorien. Der Grund für diese Vorgangsweise ist darin begründet, dass für mein Vorhaben zwei Stränge beschritten werden müssen. Zuerst gilt es das Phänomen der Komplexität mitsamt der um sie herum entstandenen wissenschaftlichen Beschäftigung zu durchdringen, um sodann eine Einschätzung treffen zu können, wie im konkreten Fall damit umgegangen werden soll. Passenderweise war eine frühe Priorität hinsichtlich der Untersuchung komplexer Systeme eine strukturelle Durchdringung des Konzepts, also das Aufstellen von Modellen. Diese dienen in

²⁸ Complexity Science Hub (CSH), *Complexity Science*.

²⁹ Byrne und Callaghan, *Complexity Theory and the Social Sciences*, 5.

³⁰ „Data Science @ Uni Vienna“, www.datascience.univie.ac.at.

erster Linie dazu, die den Systemen gemeinsame interne Struktur zu erforschen, erfassen und systematisch abzubilden. Der analytische Vorgang lässt sich jedoch methodisch verwenden und auf weitere Objekte des Interesses anwenden. In einem zweiten Schritt entstanden somit Werkzeuge, mit deren Hilfe erst eine methodische Analyse der vielfältigen komplexen Systeme möglich wird.

2.3. Emergenz

Emergenz ist in der Mitte der Wissenschaftstheorie platziert, denn die wissenschaftlichen Disziplinen werden von den meisten Theoretikern als emergent angesehen. Eine innere Hierarchie ergibt die Stufen von Physik – Chemie – Biologie – Geisteswissenschaft. Kritiker davon vertreten den Reduktionismus, der alles aus der ersten Ebene der Physik heraus erklärt. Dadurch soll ein System in allen Details darauf reduzierbar sein. Dieser Zugang hat zu dem beinahe ideologischen Glauben geführt, dass in Zukunft alles reduktionistisch erklärbar sein wird. Es gibt jedoch Indizien, dass viele Theorien allein in ihren Bereichen Geltung besitzen. Beispielsweise schafft es die Wissenschaft schon seit Jahrzehnten nicht, die Quantentheorie auf den makroskopischen Bereich auszudehnen.³¹ Die Komplexitätstheorie erkennt an, dass durch die Prozesse der Emergenz und Selbstorganisation neue, von den vorhergehenden in ihrer Funktion unabhängige Ebenen entstehen können. Emergenz und Reduktionismus ergänzen sich dabei vielfach – manchmal lässt sich die Funktionsweise des Systems genau erklären, manchmal auch nicht. Die Modellierungen der Komplexitätsforschung und die darauf aufbauenden Big-Data-Simulationen setzen genau hier ein und versuchen diese Funktionsweise zu verstehen. Eine Verbindung des Emergenz-Konzepts und der Komplexitätsforschung zielt also erstens auf die Beschreibung der Funktionen und Mechanismen eines Systems ab, die sich nicht allein durch eine Analyse der Bestandteile ergeben. Zweitens liegt auch das Entstehen solcher emergenten Systeme – worum es sich bei komplexen Systemen stets handelt – im Fokus. Die Komplexitätsforschung hat dazu Modelle entwickelt, welche die Entwicklung neuer Funktionen erklären können.

Zuerst erfolgt ein Blick auf Emergenz als Funktionen eines Systems. Die Beispiele des *Lebens* und Aristoteles' Überlegungen zu Sprache unterscheiden sich an dem Punkt der Art der Feststellbarkeit. Bei Letzterem bewegt man sich in der Zeichen- und Symboltheorie, hier sind es

³¹ Abbott, *Emergence Explained*; Dedié, *Die Kraft der Naturgesetze*, 15.

semantische Kriterien, die entscheidend sind. Die Notationen von Sprachen sind Codesysteme, wobei auf unterster Ebene den einzelnen Zeichen mehr oder minder willkürlich³² Bedeutung zugewiesen wurde, was sich nach oben fortsetzt. Kombinationen in Form von Wörtern und Sätzen folgen einer Konvention und sind darüber hinaus ambig.³³ Der dahinterstehende Prozess ist damit einer der Bedeutungszuweisung. Das Leben auf der anderen Seite scheint eine physikalisch feststellbare Objektivität zu besitzen, praktisch für sich selbst zu existieren. An dem Punkt, wo diese beiden Ansichten kollidieren, ist eine Unterscheidung zwischen einer reduktionistischen Weltsicht und einer funktionalistischen Herangehensweise, unter anderem der Systemtheorie, feststellbar. Die Reduktionisten arbeiten dazu an dem Konzept der *Theory of Everything*, in der alles durch möglichst wenige Gesetzmäßigkeiten erklärt werden möchte, und versuchen dabei, die Lücke (*Mystery Gap*) zwischen dem einfachen Zusammenwirken von Teilen und dem daraus entspringenden emergenten Phänomen zu schließen, indem sie noch unentdeckte Information und einfache Mechanismen finden. Die Konstruktivisten sehen hingegen Emergenz als ein Phänomen an, das von einem Beobachter abhängig ist, der dabei seine Interpretation auf etwas überstülpt.³⁴ Pareidolie ist ein gutes Symptom des zugrundeliegenden Prozesses. In seiner bekanntesten Form werden Gesichter in unterschiedlichsten Dingen und Mustern erkannt. Durch die intensive Sinnzuweisung an das menschliche Gesicht, werden seine Elemente, die im Fall der Pareidolie grob vereinfacht in zwei Punkten für die menschlichen Augen, ein Strich für den Mund und eine relativ flexible Form für die Nase dazwischen bestehen, in alles Mögliche projiziert. Das für das menschliche Auge allzu vertraute Muster wird in vielfältige visuelle Erscheinungen hineininterpretiert.³⁵ Zentrum des Interesses für die Komplexitätsforschung ist deshalb in dem Fall nicht eine zufällige Wolkenkonstellation oder ähnliches, sondern das Codemuster des menschlichen Gesichtes als emergentes Phänomen.³⁶

³² Zum Thema der Arbitrarität von Zeichensystemen gibt es neben der prominenten Position von Saussure und seinen Nachfolgern auch psychologische Zugangsweisen, die etwa den alphabetischen Zeichen unterbewusste, kollektiv verankerte Bedeutungen zusprechen. Vgl. Kallir, *Sign and design*; Braun, *Versuch über den Schwindel*, 107–8.

³³ Saussure, Bally und Sechehaye, *Grundfragen der allgemeinen Sprachwissenschaft*, 79–82.

³⁴ Speziell im naturwissenschaftlichen Bereich wird hier etwas präziser von Reduktionisten versus Funktionalisten gesprochen. Erstere reduzieren alles auf physikalische Gesetze, zweitere gehen von weiteren Fachdisziplinen aus, die nicht von Physik abhängig sind. Die Erklärung Letzterer konzentriert sich auf funktionale Erklärungen von Organisationseinheiten und behandelt quasi emergente Phänomene. Innerhalb des Reduktionismus lässt sich noch weiter verfeinern in *Grand* und *Petty Reductionism*. Grand Reductionism ist die Ansicht, dass alles auf einige universale Gesetze reduzierbar ist, Petty Reductionism, dass Eigenschaften von den Konstituenten der Gegenstände herrühren, etwa die Härte des Diamanten von seinen Kohlenstoffatomen. Vgl. Abbott, *Emergence Explained*, speziell S. 14.

³⁵ Abbott, *Emergence Explained*, 16. Abbott exemplifiziert hier anhand von Achimboldos Gemälden.

³⁶ Füllsack, *Gleichzeitige Ungleichzeitigkeiten*, 116–17.

Manfred Füllsack betont insgesamt sehr stark die Rolle des Beobachters, ohne den eine Wahrnehmung der Welt gar nicht möglich wäre. Hier findet sich bereits erstmals eine epistemologische Prämisse, die an späterer Stelle noch behandelt werden wird.³⁷ Dabei geht es um die Frage, inwieweit Erkenntnis von einem Beobachter beziehungsweise einem Subjekt und dessen Sinnesapparat unabhängig sein kann. Eine derartige Ansicht offenbart sich als Hilfskonstruktion eines naturwissenschaftlichen Realismus und der dazugehörigen empirischen Vorgangsweise. Es lässt sich vorwegnehmen, dass Beobachterunabhängigkeit grundsätzlich nicht möglich ist und ein wahrnehmendes Subjekt mit seinen Sinneserfahrungen die Basis jeder Aussage über die Welt darstellt. Das trifft auf konstruktivistische Weltansichten genauso zu wie auf die Implikationen der Quantentheorie. In diesem Konzept ist sogar nur eine vom Beobachter kreierte Welt mitsamt der Dinge in ihr möglich. Deren Aktualität und Existenz für den Menschen entsteht erst im Moment der Wahrnehmung. „In the light of the general theory of information, we can understand the relativity principle in quantum physics interpretation in the following way. Any (material) thing exists for people only when they have information from (in a generalized sense, about) this thing.”³⁸ Information, wie später noch ausführlicher betrachtet wird, umfasst dabei bereits jegliche Sinnerfassung durch Menschen. Innerhalb dieser Position lassen sich damit die unterschiedlichen emergenten Phänomene wieder unter einem erkenntnistheoretischen Dach vereinen. Beide, das Leben und das Muster eines menschlichen Gesichts, lassen sich nur durch einen Beobachter denken, der jedoch damit zugleich in das Entstehen involviert ist. Die Entstehung ist in beiden Fällen unmittelbar, gerade weil in Form einer Beobachtung: Das Phänomen entsteht als eigenständiges und emergentes Phänomen erst im Moment der Wahrnehmung.³⁹ Das Gesicht in der Pareidolie, die Sprache bei Aristoteles – beides ist direkt abhängig von einem Subjekt. Empirische Befunde können ebenso wenig über den Punkt der Wahrnehmung in die Vergangenheit interpoliert werden. Auch Abbott argumentiert in diese Richtung, wenn er ein Unentschieden zwischen den zwei wissenschaftstheoretischen Zugängen von Reduktionismus und Funktionalismus konstatiert.⁴⁰ Viele Phänomene lassen sich heute und viel-

³⁷ Vgl. Kapitel 3.3.1

³⁸ Burgin, *Theory of Information*, 96.

³⁹ Füllsack, *Gleichzeitige Ungleichzeitigkeiten*, 79, 116–19. Es sei hier noch angemerkt, dass das Subjekt als letzte Instanz der Wahrnehmung und als Ausgangspunkt aller Ebenen der medialisierten Vermittlung von Realität immer das Richtmaß der Wahrnehmung ist. Selbst eine Vielzahl an Zwischenschritten, wie beispielsweise der symbolische Code einer Digitalisierung, die technologische Vermittlung eines nur aus Messdaten errechneten Exoplaneten oder einer empirisch erfassten ultravioletten Lichtspur sowie die Visualisierung mithilfe der Rechenleistung von Computern führt das menschliche Subjekt als omnipräsente Instanz der Wirklichkeitswahrnehmung mit sich.

⁴⁰ Abbott, *Emergence Explained*.

leicht auch in Zukunft nicht einfach reduktionistisch erklären. Selbst wenn sich viele Eigenschaften aus Konstituenten herleiten lassen, geht das, was an Systemen existiert, über diese Logik hinaus und Emergenz kann konstatiert werden.

In der Beschreibung der Funktion eines Systems kann damit keine endgültige Bewertung der Emergenz und ihrer Stellung getroffen werden. Löst sich Emergenz auf, wenn ein Mechanismus dahinter modelliert werden kann? Die Antwort liegt in einer Verbindung der Ansichten. Emergenz besitzt ein dualistisches Wesen. Es handelt sich insofern wieder um die Unterscheidung zwischen komplizierten und komplexen Systemen, als dass abgehandelt wird, inwieweit ein System sich aus seinen Konstituenten erklären lässt oder Eigenschaften hervorbringt, die tatsächlich eine neue Qualität besitzen.

Wie Bettina Heintz hervorhebt, ist die Verwendung des Begriffs Emergenz insgesamt und speziell in der Soziologie sehr vage und widersprüchlich. Vielfach werde nur etwas, das neu ist oder Eigenschaften besitzt, die seine Teile nicht aufweisen, damit gelabelt. Am präzisesten sei die Begrifflichkeit aus der Philosophie des Geistes. Deshalb wirft sie einen näheren Blick auf unterschiedliche Arten des Reduktionismus, auf die Frage inwieweit Irreduzibilität überhaupt denkbar ist und auf die Probleme, die sich mit emergenten Perspektiven für ontologische Fragen ergeben. Es zeigt sich, dass gerade die Ebene der Betrachtung oder die Form der Zugangsweise (epistemologisch, ontologisch, funktionalistisch usw.) recht unterschiedliche Ergebnisse zeitigen. Gerade die Soziologie reibt sich an den grundlegenden Gegensatzpaaren Makroebene – Mikroebene, einfach – komplex, Kollektiv – Individuum, Emergenz – Reduktionismus.⁴¹ Zur Klärung stellt sie verschiedene Theorien vor: Eliminative Theorien negieren die Makroebene vollständig,⁴² reduktionistische Theorien sind hier weniger radikal,⁴³ und Emergenztheorien

⁴¹ Heintz, *Emergence and Reduction*, 2.

⁴² Heintz, *Emergence and Reduction*, 15. „Damit sind Theorien gemeint, die nicht nur die Auffassung vertreten, dass Makrophänomene reduktiv erklärbar sind, sondern zusätzlich behaupten, dass es diese streng genommen gar nicht gibt und alle relevante Forschung folglich ausschließlich auf der Mikroebene stattzufinden habe. Organisationen oder Familien werden entweder als ‚fiktionale‘ Realitäten interpretiert oder als bloße Aggregation von individuellen Handlungen.“

⁴³ „Eliminative Theorien gehen davon aus, dass es eine soziale Makroebene streng genommen nicht gibt. Die meisten Soziologinnen und Soziologen sind allerdings kaum bereit, eine dermaßen radikale These zu akzeptieren. Die Vorstellung, dass es jenseits der individuellen Handlungen noch eine eigenständige soziale Ebene gibt, ist vermutlich das Minimalprogramm, das die meisten unterschreiben würden. Uneinigkeit herrscht allerdings darüber, wie viel und welche Form von Eigenständigkeit man dieser Ebene zubilligen soll. Reduktionistische Soziologien unterscheiden sich von Emergenztheorien vor allem in diesem Punkt.“ Heintz, 17.

gehen von tatsächlichen irreduziblen Ebenen aus.⁴⁴ Verhandelt wird die Thematik in der Soziologie vor allem anhand sozialer Gruppen, speziell der Gesellschaft, und anhand des Bewusstseins. Bereits Émile Durkheim hat Gesellschaft als eine Makroerscheinung bewertet. Niklas Luhmann wiederum verwendete in seiner Systemtheorie den Begriff Emergenz sogar explizit, er hat in seinem universalistischen Theoriegebäude jedoch eine sehr eigene Stellung inne, weil er mehrfach und unterschiedlich verwendet wird. Dadurch ist er zwar Teil der Theorie, bleibt jedoch eine Randerscheinung, die sich nur bedingt in das theoretische Konstrukt einfügt.⁴⁵ Relevant ist am ehesten seine Auseinandersetzung mit den jeweiligen Systemebenen, die hierarchisch konstituiert sind und auf der Basiseinheit der Kommunikation beruhen.⁴⁶ Insgesamt lässt sich für die Soziologie hinsichtlich der Emergenz von einem ontologischen Problem sprechen. Zumeist wird diskutiert, welche Ebene ontologisch fundamentaler ist und damit als wichtigste Instanz der Erklärung festzulegen ist. Besser wäre laut Heintz eine analytische Entscheidung, die ein Phänomen auf unterschiedlichen Ebenen beschreibt und deshalb den Fokus der Ontologie auf die Methodologie verschiebt. Auch hier herrscht also ein dualistischer Zugang vor. Sobald zeit- und raumübergreifende Praktiken im Vordergrund stehen, empfiehlt sich der emergente Makrozugang.⁴⁷

Der zweite Aspekt betrifft die Entstehung emergenter Phänomene, die offensichtlich bereits eng mit der Feststellbarkeit und der Definition verbunden ist. Das eine ergibt sich aus dem anderen und umgekehrt. Zentral ist dabei das Konzept der Selbstorganisation.

Die meisten Systeme in der Welt entstehen aus ihren Elementen durch Prozesse der spontanen Selbstorganisation und besitzen kollektive Strukturen, Eigenschaften und Fähigkeiten, die aus den Eigenschaften ihrer Elemente nicht exakt erklärbar sind. Die Welt besteht aus einer durchgängigen Hierarchie derartiger Systeme.⁴⁸

Diese Entstehung komplexer Systeme wurde bereits vielfach als Sprung bezeichnet. Die Ordnung entsteht schlagartig in der empirischen Beobachtung oder mit ihrer Wahrnehmung. Für viele dynamische Gleichgewichtszustände (*Steady States*) von komplexen Systemen lässt sich

⁴⁴ „Aus der Sicht reduktionistischer Soziologien ist eine epistemologische Reduktion im Prinzip immer möglich – Emergenz ist für sie ein theorie relatives Phänomen. Demgegenüber vertreten Emergenztheoretiker einen starken Emergenzbegriff: Emergente Eigenschaften sind zwar durch Mikroprozesse verursacht, aber dennoch nicht aus ihnen ableitbar.“ Heintz, *Emergence and Reduction*, 19.

⁴⁵ Luhmann, *Einführung in die Systemtheorie*, 259–63.

⁴⁶ Heintz, *Emergence and Reduction*, 23–24.

⁴⁷ Heintz, *Emergence and Reduction*, 27.

⁴⁸ Dedié, *Die Kraft der Naturgesetze*, 13.

ein Kipppunkt beobachten, an dem plötzlich und scheinbar unerwartet eine neue Ordnung emergiert. In physikalischen Modellen spricht man in dem Zusammenhang von *Phasenübergängen*. Dahinter steckt oftmals ein Anwachsen einer kritischen Masse über den entscheidenden Wert hinaus. Die Anomalie des Wassers lässt zum Beispiel ein Gewässer scheinbar plötzlich zufrieren.⁴⁹ In Systemen mit adaptiver Charakteristik ist es andererseits so, dass aus einer Rekombination einzelner Bausteine ebenso plötzlich ein neues System mit neuartigen, unvorhersagbaren Eigenschaften entsteht. Beispiele hierfür wären die Emergenz der biologischen Zelle und ihrer halbdurchlässigen Wand aus Proteinen oder das Auftreten von wissenschaftlichen Paradigmen in der Forschung.⁵⁰ Beide Male handelt es sich um unerwartete Geschehnisse. Diese Absenz einer Kontinuität wird noch verstärkt durch die erkenntnistheoretische Schwierigkeit, den Zeitpunkt des Emergierens zu beobachten, denn schlussendlich sind Befunde in einer empirischen Tradition wie gesagt nur in Abhängigkeit eines Beobachters (und im Rahmen einer Beobachtung) möglich. Dieser ist damit direkt in das Geschehen involviert.⁵¹ Epistemologisch emergieren komplexe Systeme somit stets erst am Punkt ihrer ersten Beobachtung.⁵² Dieser Aspekt soll als Ergänzung und Vervollständigung des wissenschaftstheoretischen Zugangs erwähnt werden. Füllsack benennt diesen Moment das *Zusammenspringen von Ordnung* und bezieht sich dabei auch auf Konrad Lorenz, der für derartige biologische Phänomene den Begriff der *Fulguration* vorgeschlagen hatte, der eine semantische Unschärfe beseitigt. Für ihn suggerierte Emergenz fälschlicherweise das Auftauchen von etwas bis dahin verborgen Gewesenen, während Fulguration das blitzartige Erscheinen besser erklären sollte.⁵³ Wenngleich sich diese Terminologie nicht durchgesetzt hat, wird der Charakter von Emergenz dadurch klarer. Ähnlich dem Beispiel mit der biologischen Zelle ergibt sich durch Emergenz eine weitere Eigenschaft eines komplexen Systems. Die Teile, aus denen eine neue Ordnung emergiert, grenzen sich durch diesen Vorgang von ihrer Umgebung ab. Sie werden zu einer Einheit, indem sie nicht mehr Teil des vorhergehenden Zustandes sind, sondern das Verhältnis von System zu Umwelt neu definieren. Dasselbe gilt für physikalische Systeme, die durch Phasenübergänge ebenso den Zustand wechseln.⁵⁴

Zum dritten und letzten Mal gilt es nun den Unterschied zwischen kompliziert und komplex anzusprechen. Bei Abbott wird insinuiert, dass die reduktionistische Weltsicht jedes Phänomen

⁴⁹ Gribbin, *Deep Simplicity*, 118–20.

⁵⁰ Holland, *Complexity*, 34, 85.

⁵¹ Füllsack, *Gleichzeitige Ungleichzeitigkeiten*, 117–19.

⁵² Vgl wiederum die Quantentheorie.

⁵³ Füllsack, *Gleichzeitige Ungleichzeitigkeiten*, 117–19.

⁵⁴ Holland, *Complexity*, 56.

aus seinen Konstituenten erklären möchte, was durch den Fortschritt der Forschung immer besser möglich werde. Das und genauso der Fortschritt der Komplexitätsforschung würde den Gedanken nahelegen, dass in einer möglichen Zukunft alle komplexen Systeme in Entstehung und Wirkung erklärt werden können. Es hieße dies, dass wohl die Charakteristik der Emergenz bliebe und eine neue Ebene der Struktur, Eigenschaft und Fähigkeiten bestünde, das Zustandekommen eines Mehrwerts aus der Summe der Teile jedoch erklärbar würde. Übrig bliebe die reine Wahrnehmungs- und Empfindungskategorie des *Kompliziert-Seins*. Diese ist für eine Analyse nicht praktikabel, hat jedoch Implikationen: Wenn Komplexität in ihren Mechanismen durchschaut wird, dann geht ein Teil der Stärke des Begriffs verloren. Der analytische Aspekt wird abgeschwächt und der Empfindungsaspekt aufgewertet. Abbott erteilt diesem reinen Reduktionismus jedoch eine Absage und sieht Emergenz als tatsächlich vorhandenes Phänomen an. In seinem Gleichgewicht der beiden Zugänge ist demnach Platz für beides – komplex und kompliziert. Bei Ersterem tritt Emergenz auf, bei Letzterem nicht. Er bewegt sich damit auf demselben Fundament wie nach ihm John Holland, der ebenso Emergenz als entscheidendes Kriterium der Unterscheidung von komplex und kompliziert annimmt.⁵⁵ Da jedoch ihm Rahmen der Forschung Komplexität durchdrungen werden kann und Modelle der Funktionsweise durchaus möglich sind, sind das keine endgültigen Zuweisungen. Deshalb bietet sich eine Unterscheidung in *starke Emergenz*, wenn eine völlig neue, unerklärliche und nicht zu simulierende Qualität angenommen wird, und *schwache Emergenz*, wenn sich trotz eventueller vorläufiger Unerklärbarkeit die Eigenschaften des Systems schlussendlich aus den Teilen erklären lassen, an. Wechselt man von einer ontologischen auf eine epistemologische Analyse, dann können gerade in soziologischen Feldern dennoch Ebenen bestehen bleiben, die nicht von den darunter liegenden erklärbar sind.

Der Hauptunterschied ist epistemologischer Art: Während reduktionistische Theorien der Auffassung sind, dass sich Makrophänomene vollständig aus den Prozessen auf der Mikroebene ableiten lassen, behaupten Emergenztheorien, dass Bewusstseinsphänomene zwar durch neuronale Prozesse determiniert, aber dennoch nicht reduktiv erklärbar sind.⁵⁶

Auch hier gibt es die Unterscheidung zwischen schwacher und starker Emergenz. Letztere zeichnet sich durch diese epistemologische Irreduzibilität aus.⁵⁷ Analog dazu lässt sich nun statt *komplex* und *kompliziert* ein Schema von *starker* und *schwacher Komplexität* erstellen, wodurch das problematische Begriffspaar durch ein analytischeres ersetzt werden kann.

⁵⁵ Holland, *Complexity*, 3–4.

⁵⁶ Heintz, *Emergence and Reduction*, 5–6.

⁵⁷ Heintz, *Emergence and Reduction*, 3–4.

Füllsack nennt eine zusätzliche Charakteristik, die sich für ein System durch Emergenz ergibt. Er sieht die Funktionsweise der emergierten Ordnung in der Abhängigkeit ihrer Teile zueinander. Bei komplizierten Systemen sieht er die Möglichkeit, diese um gewisse Teile zu reduzieren, ohne dass deren Funktion verloren geht. Die Unterscheidung entlang der Unreduzierbarkeit weist gleichzeitig *kompliziert* eine graduelle Art zu (viele Abstufungen zwischen Extremwerten), *komplex* jedoch eine komplementäre (scharfe Grenze zwischen zwei Gegensätzen). Als Beispiel führt er das Auto an, das bei der Entfernung eines Sitzes weniger kompliziert wird, jedoch die Fahrtüchtigkeit verliert, wenn ein Keilriemen entnommen wird.⁵⁸ So klar diese Unterscheidung erscheint – sie ist es nicht in allen Fällen. Schon das Beispiel selbst ist problematisch, demzufolge ein Auto ein genauso komplexes wie kompliziertes System ist. Die Konsequenz daraus ist, dass die beiden Eigenschaften erneut als ineinander verflochten gesehen und deshalb im Verhältnis zueinander unterschieden werden müssen. Es kann nämlich ein theoretisches Auto erdacht werden, das nur komplex ist, und zwar dann, wenn alle Teile entfernt sind, die nichts zur grundsätzlichen Funktion der Fahrbarkeit beitragen. Dennoch ist das illusorisch angesichts der unzähligen Abstufungen in diesem Vorgang. Eine endgültige Grenze ist demnach unmöglich festzulegen. Wie ein solches Auto aussehen würde, kann darum niemand sagen.

Resultat dieser Überlegungen ist wiederum die Einsicht, dass komplex und kompliziert nicht endgültig voneinander getrennt werden können. Letzterer Begriff tritt jedoch als Kategorie der Wahrnehmung auf, was äußerst problematisch ist. Das bedeutet, dass ihr analytisches Äquivalent von dieser Verwendung entkoppelt werden sollte. Es gibt Bedarf an einer Kategorie, die nur ein Maß für die Größe eines Systems sowie für den Zusammenhang von regelhaften und zufälligen Teilen ist. Ein passendes Angebot stellt das genannte Schema von *starker* und *schwacher Komplexität* analog zu starker und schwacher Emergenz dar. Hinsichtlich einer systemischen Analyse unterscheidet sich schwache von starker Komplexität durch die genannten Kriterien der Emergenz, Charakteristik der Konstituenten, Unreduzierbarkeit sowie der gegenseitigen Abhängigkeit der Teile.

⁵⁸ Füllsack, *Gleichzeitige Ungleichzeitigkeiten*, 271.

2.4. Computational Complexity, Kolmogorow-Komplexität

Ein anderes Feld ist das der *Computational Complexity*, im Deutschen verwirrenderweise auch Komplexitätstheorie genannt.⁵⁹ Beide Bereiche betonen jedoch die Abgrenzung zum jeweils anderen.⁶⁰ Computational Complexity ist ein Teilbereich und Forschungsgebiet der theoretischen Informatik und steht neben einer Reihe von Begriffen für ähnliche Bereiche und Teilmengen, wie *Descriptive Complexity*, *Programming Complexity*, *Computability* oder *Algorithmic Complexity*. Inhalt ist die Auseinandersetzung mit der Berechenbarkeit von Problemen durch Algorithmen. Das wahrscheinlich noch bekannteste Thema daraus betrifft das P-NP-Problem⁶¹ und die wichtigsten Fortschritte auf dem Feld beinhalten kryptografische Methoden, neue mathematische Beweismöglichkeiten sowie die theoretischen Grundlagen für Quantencomputer und *Machine Learning*.⁶² Letzteres ist neben dem Wort *Komplexität* der zweite Berührungspunkt mit meinem Thema. Es steht schlussendlich auch zur Debatte, wohin die Entwicklung von Machine Learning und Lernalgorithmen führt und ob eine starke künstliche Intelligenz überhaupt möglich ist. Hier soll nur soweit Einblick genommen werden, als dass dieser Bereich theoretisch unter anderem in der Computational Complexity beheimatet sein könnte. Die Grundfrage der Disziplin lautet: “How do the resources needed to solve a problem scale with some measure n of the problem size: ‘reasonably’ (like n or n^2 , say), or ‘unreasonably’ (like 2^n or $n!$)?”⁶³

Niederschlag finden diese *Resources* zumeist in der Laufzeit des Algorithmus, worin sich die Nähe zur Kolmogorow-Komplexität niederschlägt, benannt nach dem Mathematiker Andrei Kolmogorow, der sie zwischen 1963 und 1965 unabhängig und parallel zu Fachkollegen entwickelt hat. Es handelt sich dabei um eine mathematische Einheit, „which studies the length of the shortest computer program that achieves some functionality, disregarding time, memory, and other resources used by the program.”⁶⁴ Genereller kann sie als Beschreibungskomplexität bezeichnet werden, denn es steht immer die Frage dahinter, ob eine Zeichenkette durch eine kürzere Beschreibung auch vollständig angegeben und abgebildet werden kann. Ist dies nicht

⁵⁹ Wikipedia, *Komplexitätstheorie*.

⁶⁰ Holland, *Complexity*, 2; Aaronson, *Why Philosophers Should Care about Computational Complexity*, 3.

⁶¹ *Complexity Zoo*, www.complexityzoo.uwaterloo.ca.

⁶² Aaronson, *Why Philosophers Should Care about Computational Complexity*, 3.

⁶³ Aaronson, *Why Philosophers Should Care about Computational Complexity*, 5.

⁶⁴ Aaronson, *Why Philosophers Should Care about Computational Complexity*, 4.

mehr der Fall, dann ist sie als zufällig und unstrukturiert zu bezeichnen.⁶⁵ Ein plakatives Beispiel dafür wäre die Funktionsweise von Komprimierformaten wie etwa zip-Dateien. Da bei diesem Vorgang eine Mustererkennung stattfindet, ist der Prozess nicht unähnlich der Komplexitätsforschung, wenn diese hinter undurchdringbaren Sachverhalten Funktionsweisen erkennen will. Auch die Ähnlichkeit mit der Unterscheidung von schwacher und starker Komplexität springt ins Auge. David Krakauer geht deshalb in seinen Überlegungen zu einer *Scientific History* darauf ein, was im Kapitel 5.1.1 näher beleuchtet wird.⁶⁶

2.5. Komplexitätsforschung – *Complex Physical Systems (CPS)* und *Complex Adaptive Systems (CAS)*

The distinction between the fast dynamic of flows (change of state) and the slow dynamic of adaption (change of the network of interactions) often distinguishes CPS studies from CAS studies.⁶⁷

Im Rayon der Komplexitätsforschung bildeten sich zwei unterschiedliche Modelle heraus, mit denen gearbeitet wird: *Complex Physical Systems (CPS)* und *Complex Adaptive Systems (CAS)*. Ersteres hat, wie auch sein Name sagt, vor allem physikalische Systeme zum Gegenstand. Den Kern des Ganzen bildet eine Erkenntnis, die der Newton'schen Physik widerspricht. Demnach trifft physikalischer Determinismus tatsächlich zu, seine Richtung ist jedoch nicht berechenbar.⁶⁸ Als bekannteste Metapher für die Diskussion gilt der *Laplace'sche Dämon* und damit die theoretische Idee, dass der Lauf des gesamten Universums voraussagbar wäre, hätte man eine Rechenmaschine mit derartig enormer Rechenleistung. Nur wenige Jahrzehnte nachdem Laplace diese Vision erdacht hatte, kam 1888 mit Henri Poincaré die Ernüchterung: Viele Berechnungen stellten sich als viel schwieriger heraus als zuerst angenommen. Sobald die beteiligten Komponenten mehr als zwei waren und die Schritte, die ein System in seinem Veränderungsprozess durchmaß, anstiegen, zeigte sich, dass selbst einfach scheinende Phänomene praktisch unberechenbar sind.⁶⁹ Die berühmteste Formel dafür entstammt der Meteorologie: „Does the Flap of a Butterfly's Wings in Brazil Set off a Tornado in Texas?“⁷⁰ Obwohl einfache Funktionsmechanismen dahinterstecken, reagieren die Veränderungsprozesse so derartig sensibel auf

⁶⁵ Näheres dazu im Standardwerk: Li und Vitányi, *An Introduction to Kolmogorov Complexity and Its Applications*.

⁶⁶ Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*, 126–28.

⁶⁷ Holland, *Complexity*, 22–23.

⁶⁸ Holland, *Complexity*, 13.

⁶⁹ Gribbin, *Deep Simplicity*, 15–18, 36–37.

⁷⁰ Gribbin, *Deep Simplicity*, 54–57. Es handelt sich dabei um einen Vortragstitel des Mathematiker-Meteorologen Edward Lorenz, welchen er 1972 in Washington D.C. präsentierte.

feinste Unterschiede ihrer Ausgangspositionen, dass vielfältigste Resultate und Folgen möglich sind – auch als *deterministisches Chaos* bezeichnet.⁷¹ Eine genauere Erfassung des Anfangszustandes grenzt die möglichen Ergebnisse ein, jedoch ist ein eindeutiges Ergebnis praktisch unerreicherbar. Das bedeutet, das höchstens Näherungswerte zu erreichen sind. Was einerseits die Berechenbarkeit von physikalischen Vorgängen verunmöglicht, wird andererseits zur potenziellen Quelle von komplexen Erscheinungen. Auf diese Weise entstehen Phänomene wie Tarnmuster bei Tieren, die Morphogenese eines Menschen aus der Eizelle oder die Vielfalt der Elemente und astronomischen Objekte aus dem Urknall.⁷² Die Fachrichtung, die sich mit dieser Thematik beschäftigt, firmiert unter dem Namen *Chaostheorie*.⁷³ Deterministisches Chaos bezeichnet hierbei die Unvorhersagbarkeit von Zuständen aus ihren Anfangsbedingungen bei gleichzeitig stark abweichendem Verhalten trotz scheinbar gleicher Ausgangssituation. Die Benennung folgt einem Chaosbegriff in der Form von Zufälligkeit, da die Entwicklungen solcher Systeme scheinbar zufällig sind.

Die Erforschung von CPS beschäftigt sich in dem Ganzen mit dem speziellen Ort, an dem komplexe Systeme auftreten. Dieser liegt dort, wo ein Zustand in einen anderen übergeht. Vielfach gibt es eine Tendenz zu diesem Punkt hin, was als *selbstorganisierte Kritikalität* bezeichnet wird. Die tatsächliche Veränderung wird *Phasenübergang* genannt.⁷⁴ In einem Moment hat man Wasser, plötzlich gefriert es. Was alle CPS eint, ist das Zusammenspiel von fixen Teilen und dazugehörigen Regeln. Aus diesen allein entsteht in einem CPS sodann eine schnelle Dynamik, wie etwa die Entwicklung eines Menschen aus einer einzigen Eizelle – ein sogenannter autokatalytischer Prozess. Entscheidend ist, dass diese komplexen Systeme es schaffen, eine feine Balance zwischen Ordnung und Chaos zu finden. Sie nähern sich dem Chaos an, halten knapp vor der Turbulenz inne und verweilen schlussendlich an dessen Rand, um dort genug Stabilität für längeres Bestehen und genug Chaos für schöpferische Tätigkeit vorzufinden.⁷⁵ Chaostheorie beschäftigt sich vorwiegend mit dem Verhalten solcher Systeme, CPS hingegen ist ein Modell, das auch die Teile solcher modelliert.

CAS wiederum unterscheiden sich davon insofern, als dass ihre zentrale Eigenschaft die Adaptivität gegenüber der Umwelt in Form eines Feedbackloops ist. Das bedeutet eine andere, langsamere Art von Veränderung als im CPS, das in sich selbst geschlossen ist.⁷⁶ Im CAS jedoch

⁷¹ Füllsack, *Gleichzeitige Ungleichzeitigkeiten*, 46–49, 57–60.

⁷² Holland, *Complexity*, 13–21.

⁷³ Gribbin, *Deep Simplicity*.

⁷⁴ Holland, *Complexity*, 14, 21.

⁷⁵ Waldrop, *Inseln im Chaos*, 13–14.

⁷⁶ Deshalb auch der Begriff *autokatalytisch*.

ist genau der Austausch mit der Umwelt – die hier im Sinne von „alles was sich jenseits der Grenze des Systems befindet“ verwendet wird – das entscheidende Element. Dieser Austausch liefert Information zurück in das System, das sodann dementsprechend reagieren kann. Kurzfristig bedeutet das Adaption, langfristig jedoch Evolution. Dieser Terminus lässt schon anklingen, welche Beispiele hierzu gezählt werden können: Grundsätzlich alle Lebewesen und Organismen sowie darüber hinaus auch aus diesen gebildete Systeme, was beim Menschen mit sozialen Gruppen bezeichnet werden kann, wozu in diesem Sinn auch Gemein- und Gesellschaften zu zählen sind.

Die CPS sind hinsichtlich ihrer Funktionsmechanismen noch relativ erschöpfend. Eine Charakteristik, die sich oft beobachten lässt, ist das Auftreten von *Selbstähnlichkeit (Self-Similarity)* oder fraktalen Wirkweisen, etwa bei den komplexen Formen von Schneeflocken oder Küstenlinien.⁷⁷ Führt man das weiter, so ergeben sich zusätzliche Eigenschaften, zuerst das Auftreten von *Potenzgesetzen (Power Laws)* und dann deren Auswirkungen auf Netzwerke. Wenn Selbstähnlichkeit nicht in der Form auftritt – eine Schneeflocke besteht in sich und in immer kleinerem Maßstab aus stets derselben geometrischen Form – sondern in der Zeit und der Performanz, ergibt das ein Potenzgesetz. Derart erklärt sich etwa die Verteilung von Erdbeben nach ihrer Schwere, wobei die Wahrscheinlichkeit eines schwereren Erdbebens logarithmisch, also quadratisch, fällt. Demnach ist die Häufigkeit von sehr kleinen Erschütterungen sehr hoch, die von sehr großen vergleichsweise extrem niedrig. In Netzwerken lassen sich Potenzgesetze auch abbilden und ausmachen. So kann man gerade in sozialen Netzwerken⁷⁸ vielfach eine solche Verteilung erkennen, wobei der Großteil der Knoten eine geringe Konnektivität aufweist und einige wenige Knoten eine sehr hohe. Ein weiteres Beispiel für derartige Muster sind Verkehrsströme, die bereits sozialen komplexen Systemen entsprechen. Vom Autoverkehr ist es nicht mehr weit zum Datenverkehr in gegenwärtigen Kommunikationsnetzwerken, was das Thema bereits der Digitalisierungsthematik annähert.⁷⁹ Vielfach wird deshalb beim Auftreten von Potenzgesetzen sofort auf komplexe Systeme geschlossen, was jedoch nur bedingt zutrifft: Sie sind „neither a

⁷⁷ Gribbin, *Deep Simplicity*, 139–42.

⁷⁸ Gemeint sind hier allgemein Netzwerke, die soziale Phänomene abbilden. Um eine Verwechslung mit den *sozialen Netzwerken* der Internetkommunikation auszuschließen, werden diese typografisch hervorgehoben.

⁷⁹ Gribbin, *Deep Simplicity*, 148–49.

necessary nor a sufficient condition for complexity“⁸⁰. Nichtsdestotrotz ist eindeutig ein Naheverhältnis vorhanden. Dementsprechend ist auch das Netzwerk mitsamt seinen Möglichkeiten zur Analyse von Verteilungsmustern eine Untersuchungskategorie für CPS.

Ein letztes beachtenswertes Ergebnis aus der Beschäftigung mit CPS resultiert aus der detaillierteren Auseinandersetzung mit deren Veränderung. Die dahinterstehende Frage lautet, wie es möglich sein kann, dass ohne Informationsverarbeitung und somit ohne Reaktion auf außerhalb stehende Information große Dynamik aus sehr limitierten Ausgangsbedingungen entsteht – der autokatalytische Prozess. Als Analysekategorie kommt hier der *Zustand* zum Einsatz, der auch eine große Rolle in der Entwicklung von Theorien des Elektromagnetismus und schlussendlich bis hin zur modernen Kommunikation spielt.⁸¹ Es geschieht also in komplexen physikalischen Systemen, dass eine Zustandsveränderung ohne eine Einwirkung von außerhalb auftritt. Der Begriff dafür lautet *Symmetriebrechung* und das beste Beispiel dafür – erst recht, wenn man den gegebenen Kontext bedenkt – stammt aus einer bahnbrechende Arbeit von Alan Turing zur Morphogenese des Menschen. Turing, bekannt als der Gründervater der modernen Computertheorie, beschäftigte sich auch mit der Entstehung eines komplexen Lebewesens wie dem Menschen ausgehend von einem sehr limitierten Anfangszustand. Er konzentrierte sich dabei auf die chemischen Vorgänge und autokatalytischen Prozesse. Schlussendlich stellte er ein Modell auf, wie aus einer uniformen Mischung von Chemikalien und wenigen Verhaltensregeln komplexe Muster entstehen können.⁸²

Die Modellbildung rund um CPS bietet somit bereits einige dienliche Instrumente für das Abgleichen mit den Umwälzungsprozessen der Digitalisierung, unter anderem werden bereits einige Veränderungsvorgänge und Funktionsweisen beschrieben. Spannender sind jedoch die Wirkweisen und Mechanismen adaptiver Systeme, die eine ganz andere Art der Dynamik gewährleisten. Beide Modelle erfahren Veränderung und beide können analytisch als Netzwerk dargestellt werden. Die Dynamik kann dadurch nur bedingt erfasst werden, jedoch ermöglicht diese Darstellungsweise eine Momentaufnahme, ein einzelnes Bild aus der veränderlichen Reihe dynamischer und prozesshafter Systeme.⁸³ Das Modell des Netzwerks wird folglich an späterer Stelle noch genauer abzuhandeln sein.

⁸⁰ Holland, *Complexity*, 17.

⁸¹ Holland, *Complexity*, 20.

⁸² Gribbin, *Deep Simplicity*, 118–28.

⁸³ Holland, *Complexity*, 22.

Im Fall eines *Complex Adaptive Systems* (CAS), liegt der Brennpunkt wie erwähnt auf der Adaptivität und dem Informationsaustausch mit der Umwelt. Offen blieb bisher die Frage nach den Akteuren, also den Elementen, die auf etwas reagieren. Das hierbei dienlichste Modell ist das des *Agents*.⁸⁴ Ein erstes Beispiel hierfür mag die etablierte Forschungstradition der Untersuchung von Märkten sein, die hinsichtlich des vorliegenden Kontextes neue Aktualität erfahren hat – durch diverse digitale Technologien verlagerte sich der menschliche Akteur zum computergestützten Algorithmus des Hochfrequenzhandels an den Börsen. Ein Agent lässt sich laut Holland in drei Bereiche aufteilen, in denen er seine Aktivität entfaltet: „(1.) *Performance* (moment-by-moment capabilities), (2.) *Credit-assignment* (rating the usefulness of available capabilities), (3.) *Rule-discovery* (generating new capabilities).”⁸⁵

Bei der *Performance* handelt es sich um das Repertoire an Möglichkeiten, die ein Agent zu einem gegebenen Zeitpunkt zur Verfügung hat. Diese sind genauer zu spezifizieren als regelhafte Konditionen, also *wenn-dann-Bedingungen* (*If-then-Conditions*). Systemintern können daran hochentwickelte Signalkonstruktionen gekoppelt sein, mit ebensolchen Aktions- und Reaktionsapparaten. Im agentenbasierten Modell werden diese Signale von *Detektoren* und *Effektoren* verarbeitet. Erstere stellen sozusagen das Sensorium dar, zweitere den Reaktionsmechanismus. Die gesamte bisherige Charakteristik der Agenten erinnert bereits sehr stark an Computercode, mitsamt den typischen If-then-Statements, Subroutinen und Funktionssequenzen. Das eröffnet einerseits die Möglichkeit, Codestrukturen darauf zu analysieren, ob sie selbst komplexe Systeme sind, andererseits, mithilfe von Computerprogrammen CAS abzubilden und zu simulieren.

Credit Assignment geht eine Stufe weiter und schließt längerfristige Konditionierung mit ein. Als Paradebeispiel hierfür mag der Pawlow'sche Hund gelten, der eine Bewertung der Performance nach seiner Nützlichkeit veranschaulicht. Das bedeutet, dass auf diesem Level der Agentenaktivität etablierte Regeln bewertet werden und schlussendlich an Wichtigkeit gewinnen oder verlieren.⁸⁶

Rule Discovery stellt die dritte und langfristige Stufe der Adaption dar. Bei vielfacher Bewertung der Regeln eines Agenten erweisen sich manche als unbrauchbar, sei es wegen einer veränderten Umwelt oder internen Unbrauchbarkeit, andere hingegen als sehr nützlich. Ohne nun

⁸⁴ Die Herkunft des Begriffs ist aus dem Englischen, wobei <agent> tatsächlich am besten mit Akteur übersetzt werden kann. Die nunmehr als *Agent* bezeichnete Instanz lässt sich damit als Akteur definieren, der explizit im Gefolge Hollands Theoriegebäude und der dortigen Beschreibung von CAS eingesetzt wird.

⁸⁵ Holland, *Complexity*, 26.

⁸⁶ Holland, *Complexity*, 28–29.

auf die je nach System sehr unterschiedlichen Antriebe und konkreten Mechanismen der Etablierung neuer Regeln einzugehen, soll erst einmal festgehalten werden, dass dieser Vorgang passiert. Dabei wird nicht beliebig eine Regel durch eine andere ersetzt, vielmehr gibt es dynamische Verfahren, nach denen das abläuft. Wenn, wie bereits gesehen, Regeln vielfach zusammenwirken, also gekoppelt und zu Ketten verbunden sind, dann ergibt das ein hierarchisches Gefüge, mit Regelsystemen auf unterschiedlichen Ebenen, die zusammenwirken. Weiters bedeutet das, dass sich gewisse Bausteine herausbilden, die als eigenes System so erfolgreich sein können, dass sie konstruktiv auch in andere Baukomplexe integriert werden können. Rule Discovery wird auf diese Art zu einem Spiel von Kombination und Trial-and-Error. Praktische Veranschaulichungen dafür lassen sich vielfach in der Biologie finden, wo sich zum Beispiel unterschiedliche Lebewesen Bausteine teilen, etwa die Module der Energiegewinnung aus Sauerstoff, der Sensorik unterschiedlicher Sinnesorgane oder der Photosynthese – schlussendlich alles abgebildet in der Genetik, die ihrerseits von Sequenzmotiven spricht.⁸⁷ Außerdem bildet Rule-Discovery den Hauptaspekt von Evolution ab. Die Bedeutung für die vorliegenden Überlegungen umfasst zwei Dimensionen. Sollten die mit Digitalisierung verbundenen Phänomene als CAS analysiert werden, so können die drei angeführten Aktivitäten als Analysewerkzeuge dafür dienen. Darüber hinaus ist ein Modell, das Veränderungsprozesse abbildet, auch für den geschichtlichen Prozess gültig. Deshalb können die Konzepte der Komplexitätsforschung eventuell Instrumentarien für die geschichtswissenschaftliche Disziplin bereitstellen.⁸⁸

Holland betont in seinem Buch von 2011, die Untersuchung von CAS sei „still in its early stages.“⁸⁹ Diese theoretische Ungesetztheit der Komplexitätsforschung reicht zurück bis zum ersten monografischen Meilenstein, dem Werk von Mitchell Waldrop, wo (hier aus der deutschen Übersetzung zitiert) gesagt wird: „die Wissenschaft von der Komplexität – ein Thema, das so neu und umfassend ist, dass zur Zeit niemand genau weiß, wie es sich definieren ließe und wo seine Grenzen liegen.“⁹⁰ Gegenwärtig, 27 Jahre später, klingt es nicht allzu viel anders, wenn der Complexity Science Hub auf seiner Website schreibt: „[...] to use Big Data in a quantitative and predictive way – there is an urgent need for new mathematical concepts and methodology. Big Data needs Big Theory.“⁹¹ Damit wird kein erschöpftes Forschungsgebiet bezeichnet, vielmehr werden die potenziellen Möglichkeiten der Disziplin betont. Die Komplexi-

⁸⁷ Christian, *Big History*, 114–49.

⁸⁸ Holland, *Complexity*, 29–31.

⁸⁹ Holland, *Complexity*, 32.

⁹⁰ Waldrop, *Inseln im Chaos*, 9.

⁹¹ Complexity Science Hub Vienna (CSH), *Complexity Science*.

tätsforschung kann dabei als eine Art Leuchtturm gesehen werden, der an der Spitze der Beschäftigung mit komplexen Systemen steht. Folgerichtig gilt diese Erkenntnis genauso für alle anderen Disziplinen, die sich im Rahmen ihres Fachbereichs der Erforschung von Komplexität widmen.

Bis zur Beschreibung von CPS war das Kapitel durch eine starke Betonung des eruptiven Charakters geprägt. CAS hingegen zeichnen sich gerade durch ihre längerfristige Interaktion mit der Umwelt aus. Beiden Modellen liegen Vorgänge der Veränderung zugrunde. Wie erwähnt, ist die Betrachtung eines einzelnen Zustandes eines solchen Systems immer nur ein statisches Abbild, das sodann unter anderem mit den Analysewerkzeugen des Netzwerks bearbeitet werden kann. Bis zu einem gewissen Grad sind dabei System und Veränderung über die Systemgrenzen hinaus gemeinsam denkbar, darüber hinaus kommt es jedoch zu Brüchen in der Einheit von Systemabbildungen. Bei komplexen Systemen wird die Veränderung zu einer bedingenden Konstituente. Füllsack spricht hier von der Möglichkeit, auf sich ändernde Entscheidungssysteme zu reagieren und neue Bedeutungsdimensionen (Unterscheidungsbezeichnungen) integrieren zu können. Systeme, bei denen alle Verhaltensweisen von Beginn an festgelegt sind und die in ihrem Regelwerk keine Flexibilität gegenüber neuen Unterscheidungsbezeichnungen aufweisen, können nicht auf neue Signalstrukturen reagieren. Er nennt als Beispiel eine Klimaanlage in einem brennenden Haus. Emergenz ist hier nicht möglich.⁹²

An diese Problematik schließen weitere Verwendungen des Begriffs in anderen Disziplinen an. Wenn von *Computational Complexity* gesprochen wird, dann ist der Graben zur Komplexitätsforschung bereits bedeutend breit – Holland spricht sogar von einer Wissenschaft, „that does not touch upon emergence.“⁹³ Dementsprechend geht es dort vor allem um Berechnungsdauer, Aufwand und andere Softwaremetrik. Im Fokus steht dabei die schwache Komplexität. Inwieweit sich Phänomene rund um Computer in die Modelle von CPS und CAS einordnen lassen, wird an späterer Stelle noch zu untersuchen sein. Hier gilt es festzuhalten, dass auch bei Algorithmen und Programmen adaptives Handeln vorstellbar ist.

⁹² Füllsack, *Gleichzeitige Ungleichzeitigkeiten*, 244.

⁹³ Holland, *Complexity*, 2.

2.6. Netzwerk

Einen eigenen Unterpunkt verdient sich das Netzwerkmodell. Es handelt sich dabei um eine etablierte Disziplin, die im frühen 20. Jahrhundert als *Graph Theory* eingeführt wurde. Die Bestandteile eines Netzwerks sind die *Knoten* (Agenten, Subsysteme, *Nodes*) und *Kanten* (Verbindungen, *Links, Connections*). Die Kanten können zusätzlich noch gerichtet und ungerichtet auftreten, was angibt, ob sie in eine oder beide Richtungen durchlaufen werden dürfen und die Art der Interaktion angibt. Mithilfe der Kanten können Pfade durch das Netzwerk dargestellt werden, also wie zwei oder mehr Knoten miteinander verbunden sind.⁹⁴ Damit lassen sich auch *Loops* (Kreisläufe) abbilden, in Form von Pfaden, an denen Start- und Endpunkt derselbe Knoten sind. Diese Spezialform ermöglicht Rückkoppelungen, mit deren Hilfe *Feedback* in ein System eingespeist werden kann. Hat ein Netzwerk keine Loops, so wird es als Baum bezeichnet.⁹⁵ Die Modellierung dieser ist dementsprechend einfacher, weil eben kein Feedback vorhanden ist und die Dynamik dadurch stark eingeschränkt ist. Es gibt an diesem Punkt eine Nähe zur Unterscheidung von schwach und stark komplex, wobei Erstere sich leichter abbilden lässt.

Bereits bei der Beschäftigung mit CPS und CAS trat das Netzwerk als wichtigstes Analysemodell zutage, das dynamische Systeme in Form von Momentaufnahmen abbilden kann. Im Fokus steht dabei die Darstellung von Beziehungen und Relationen, die wiederum Rückschlüsse auf die Akeure ermöglichen. Zieht man ein adaptives System heran, so ermöglicht die Herangehensweise über ein Netzwerk, die Performance-Möglichkeiten der Agenten darzustellen. Dazu werden die Agenten als Knoten des Systems abgebildet und die Vielfalt der Interaktionen desselbigen über die Anzahl der davon ausgehenden Kanten. Auch die Hierarchie von komplexen Systemen, die, wie noch zu sehen sein wird, eine wichtige Charakteristik von CAS ist, lässt sich in Form eines Netzwerks von Netzwerken abbilden. Ein Knoten in einem solchen stellt wiederum ein Netzwerk einer darunterliegenden Stufe dar. Die Menge der Knoten, zu denen eine Verbindung und damit eine Nachbarschaft besteht, bestimmt den *Grad* eines Knoten. Wenn eine Anzahl von Knoten in erster Linie untereinander verbunden ist, so nennt man diese Gruppe eine *Community* oder *Cluster*. Aus diesen Elementen lassen sich spezielle Formen von Netzwerken modellieren. Eines davon kann man etwa auf die Ordnung der menschlichen Gesellschaft beziehen, wobei mitunter ein Phänomen namens *Small-World* auftritt: Innerhalb eines Netzwerks gibt es viele dichte Communities, die so verwoben sind, dass einzelne Knoten weit über die eigene Community hinaus die Cluster miteinander verbinden. Dadurch kann über einen

⁹⁴ Mitchell, *Complexity*, 234–46.

⁹⁵ Holland, *Complexity*, 37–41.

Pfad mit nur wenigen Schritten jeder andere Knoten des Netzwerks erreicht werden. Für die gegenwärtige menschliche globale Gesellschaft wird mitunter eine Verbindung jeder zwei beliebigen Menschen von maximal sechs Schritten gesprochen.⁹⁶ Ein verwandtes Beispiel, das vor allem in CPS auftritt, sind *skalenfreie Netzwerke*. Hier dünnt sich die Anzahl von Knoten mit hohem Grad nach einem Potenzgesetz aus. Das heißt in einem skalenfreien Netzwerk gibt es wenige Knoten mit sehr vielen Kanten, weniger mit vielen und sehr viele mit wenigen.⁹⁷ Das wird etwa bei sozialer Netzwerkanalyse genauer untersucht, wobei in Ego-Netzwerken genau diese Schlüsselpersonen im Fokus stehen.

Nicht von ungefähr spielen Netzwerktheorie und -analyse eine wichtige Rolle in der Erforschung sozialer Phänomene. Gerade die Dynamiken von sozialen Gruppen bis hin zur Gesellschaft, die mit ihren adaptiven Agenten (den Menschen) als Paradebeispiele für komplexe Systeme herangezogen werden können, werden von dieser Seite aus behandelt. Immerhin entstanden in den letzten zwei Jahrzehnten die sogar explizit so benannten *sozialen Netzwerke* der digitalen Internetkommunikation. Dementsprechend ist bereits in den 1990er Jahren eine Intensivierung der Beschäftigung mit Netzwerken zu beobachten. Den Aufschwung einer historischen Netzwerkanalyse unterstützten andere Disziplinen. Abgesehen von Mathematik und Physik entstand wenig überraschend in der Soziologie ein eigener Forschungsschwerpunkt zur sozialen Netzwerkanalyse. Überdies gibt es dahingehende Untersuchungen in der Politikwissenschaft. Gerade die beiden Fächer aus den Sozial- und Geisteswissenschaften unternahm vermehrt diachrone Forschungen, was aufgrund der Fachnähe schlussendlich auch Eingang in die Geschichtswissenschaft fand. Der Großteil der dort stattfindenden Auseinandersetzungen hat demnach einen sozialgeschichtlichen Hintergrund und behandelt historische Personennetzwerke. Darüber hinaus finden sich als zweiter größerer Block wirtschaftsgeschichtliche Untersuchungen zu Infrastruktur und Mobilität.⁹⁸

Wenn Phänomene als Netzwerk abgebildet werden, so ergeben sich darin mitunter Muster. Treten etwa Potenzgesetze in der Verteilung auf, dann kann aus solchen unter Umständen auf Komplexität geschlossen werden. Wie bereits erwähnt und wie viele Kritiker festmachen, ist dieser Zusammenhang kein eindeutiger Beweis. Es kann jedoch allein aus der Darstellung in Netzwerkform bereits eine Anzahl an Eigenschaften und Funktionsmechanismen erkannt und

⁹⁶ Mitchell, *Complexity*, 236–38.

⁹⁷ Mitchell, *Complexity*, 239–40.

⁹⁸ Gamper, Reschke und Düring, *Knoten und Kanten III*, 7–27.

überhaupt erst verstanden werden.⁹⁹ Dazu zählen Robustheit und Resilienz, die sich erst aus Größe und Charakter der Konnektivität ergeben, sowie Informationsverbreitung und Kommunikation.¹⁰⁰

2.7. Weitere Modellierung und Charakteristik

2.7.1. Adaptive Agenten, Alphabet & Operatoren, Hierarchie, Nichtlinearität, Selbstorganisation

Die Theorie zu CAS erschöpft sich hier jedoch noch nicht. Wenn bisher deren Funktionsweise behandelt wurde, dann folgt nun die Modellierung, die sich darüber spannt. Aus der Art wie Agenten agieren und sich so die Funktion des Systems ergibt, kann eine gesamte Theorie gebildet werden. John Hollands Modell ist dabei das des *Generated System*. Wenn sich die Verhaltensweise des Systems aus den adaptiven Interaktionen der Agenten ergibt und diese in hierarchischer Form weitere Systeme ausbilden, dann bietet sich ein Blick auf die Muster und Eigenarten der Erzeugung dieser Strukturen an. Das propagierte Modell kann dabei entlang des Gerüsts einer *formalen Grammatik* aufgerichtet werden.

Deren Teile sind ein *Alphabet* (Buchstaben oder Elemente) und ein Satz an *Operatoren* (Regeln, die auf das Alphabet angewandt werden), aus welchen sich durch wiederholten Einsatz ein *Korpus* (z.B.: alle sinnvollen Sätze einer natürlichen Sprache, alle Theoreme der euklidischen Geometrie, alle anorganischen chemischen Verbindungen, usw.) ergibt. Wendet man das auf die Elemente von CAS an, dann sind die als Agenten bezeichneten Stücke jeweils das Alphabet. Die Wirkweise von adaptiven Agenten ist von Informationsverarbeitung und damit von Signalverarbeitung abhängig. Mit einfachen If-then-Konditionen können sodann eine Vielfalt an Operatoren erstellt und folgerichtig auch alle möglichen Korpora gebildet werden. Damit können die Agenten universelle Programme abbilden.

An dem Punkt zeigt sich, dass die Begrifflichkeiten dem Feld der Computerwissenschaften ziemlich nahestehen. Tatsächlich wird das Modell einer universellen Rechenmaschine vielfach auf die Modellbildung komplexer Systeme angewandt. Die Grammatik dieser Theorie von Alan Turing ist ein mathematisches Modell, das die Berechenbarkeit vielfältigster Problemstellungen

⁹⁹ Mitchell, *Complexity*, 252.

¹⁰⁰ Mitchell, *Complexity*, 233.

mithilfe eines Algorithmus spezieller Konstruktion behandelt. Die Turingmaschine arbeitet mit einem Speicher, der gleichzeitig für Speicherungs- und Lesevorgänge verwendet wird.¹⁰¹ In weiterer Folge entstand daraus die von-Neumann-Architektur, eine konkrete mechanische Realisierung des Prinzips, die jedem heutigen Rechner zugrunde liegt. Deren Struktur bildet einen Universalcomputer ab, eine Maschine, die durch universelle Programmierbarkeit alles berechnen kann, was sich berechnen lässt, und entspricht darum auch der Funktionsweise von CAS. Agenten eines adaptiven Systems können turing-vollständig sein und vermögen dann, universelle Berechnungen auszuführen. Die Implikationen dieser Tatsache sind gerade für die vorliegende Untersuchung weitreichend, denn damit wird eine Verbindung zwischen Algorithmen und CAS erstmals denkbar. Aufgrund der Entsprechung des zugrundeliegenden Modells wurde die Turingmaschine auch oft für die Untersuchung von komplexen Systemen herangezogen. Sie bietet sich darüber hinaus für eine Analyse des Teilbereichs der Signalverarbeitung an, die zentral für CAS ist und ebenso noch an späterer Stelle abgehandelt werden wird.¹⁰²

Aus der Funktionsweise von CPS und CAS erschließt sich eine grundsätzliche Eigenschaft bezüglich deren Entstehung: Stets ist der Prozess nicht vorhersagbar. Sei es aufgrund der speziellen autokatalytischen Verfasstheit eines CPS oder den adaptiven Akteuren in CAS, die Entwicklung lässt sich im Vorhinein nicht berechnen und absehen. Die Bezeichnung für diese Eigenschaft ist *Nichtlinearität*. Das heißt auch, dass die Entwicklung nicht additiv ist und die Interaktionen der Teile nicht das Gesamtsystem abbilden. Der Prozess selbst entspricht einer *Selbstorganisation*, da ein neues System spontan aus einem Vorzustand heraus emergiert, wobei sich deren Teile entscheidend zueinander verändern und sich von selbst neu organisieren. Ohne bewusste und direkte Konstruktionsanleitung formieren sich Ordnungen wie das Wirtschaftssystem, Stammzellen, Vogelschwärme oder das Ökosystem.¹⁰³

Was hier nicht übersehen werden darf, ist, dass die Organisation solcher Generated Systems insgesamt sehr hierarchisch konstituiert ist. Grundsätzlich ergibt sich diese Charakterisierung bereits aus der adaptiven und dynamischen Verfasstheit von CAS. Komplexe Systeme auf einer Ebene emergieren und schließen sich zu größeren Einheiten zusammen. Dabei werden sie jeweils zu einem Agent des Systems nächsthöherer Ordnung. Diese hierarchische Struktur kann sich über viele Ebenen ziehen, wofür etwa der menschliche Organismus ein perfektes Beispiel

¹⁰¹ Smith, *A Recursive Introduction to the Theory of Computation*, 22–26.

¹⁰² Holland, *Complexity*, 37–38.

¹⁰³ Dedié, *Die Kraft der Naturgesetze*, 21–27; Holland, *Complexity*, 5, 24, 54; Waldrop, *Inseln im Chaos*, 12.

abgibt.¹⁰⁴ Man kann diesen Vorgang wie ein Spiel mit Bausteinen sehen – einzelne Teile ergeben zusammen ein immer komplexeres Gefüge. Die so entstandenen komplexen Systeme schaffen damit beständig neue Stufen von Ordnung.¹⁰⁵ Somit kann man ein beliebiges System anhand des Grades an Ordnung bewerten, was mit einer Aussage zur Funktion oder Leistungsbreite des Systems korreliert. Dabei darf jedoch nicht der Fehler gemacht werden, dass je höher auf der Hierarchie man sich bewegt, die Fehleranfälligkeit höher werde, wie eine Aussage von Christian insinuiert.¹⁰⁶ Mit dieser Frage und den Mechanismen der Stabilisierung beschäftigt sich das Kapitel zur Resilienz.

2.7.2. Ordnung und Chaos

Das Begriffspaar *Ordnung und Chaos* wurde bisher zumeist als ontologisch wahrnehmbare Eigenschaft von Systemen behandelt. Letztere werden als tatsächlich existierende Objekte einer realen und empirisch erfassbaren Welt gesehen, an denen Ordnung und Chaos gemessen werden können. Dabei wird Erstere als Ein- und Unterteilung anhand regelhafter Kriterien gesehen. Das entspricht einer internen Struktur der Objekte, beruhend auf Differenz beziehungsweise dem Mangel an Uniformität. Das ist bereits nahe an der Definition von Information, wie sich noch zeigen wird. Chaos tritt vielfach als Gegenstück und also in Form einer Abwesenheit von Grenzen, Schranken, Regeln und Strukturen auf. Das ist aber nicht die einzige Konzeption des Begriffs, weshalb näher darauf eingegangen werden muss. Gleich vorneweg scheint eine Präzisierung der Dichotomie angesagt, die auf *Ordnung* und als Gegenstück deren Negation in Form der *Unordnung* zurechtgerückt wird. *Chaos* weist eine stark semantische Konnotation auf und bewertet Phänomene, wobei sich Ordnung und Chaos dabei in einer Analogie zu Gut und Schlecht befinden. Das ist für eine analytische Perspektive problematisch, weshalb *Ordnung und Unordnung* die bessere Wahl darstellen.

Da Komplexität grundsätzlich über Systeme, Teile und die Funktionen, die sich daraus ergeben, definiert wird, kommt hier zwangsläufig eine gewisse Abgeschlossenheit von Systemen zum Tragen. Sie ergibt sich erst aus der Abgrenzung zur Umwelt, den Systemgrenzen. Ihre Teile sind in einer hierarchischen Perspektive erneut gegenseitig systemisch abgegrenzt. Diese Gren-

¹⁰⁴ Holland, *Complexity*, 32–33.

¹⁰⁵ Holland, *Complexity*, 52–57.

¹⁰⁶ Christian, *Transcript of 'The History of Our World in 18 Minutes'*, Abschnitt 2:04.

zen, Unterteilungen und Funktionsweisen entsprechen bereits den Anforderungen von Ordnung, weshalb Systemtheorie automatisch eine Beschäftigung mit derselbigen darstellt. Höhere Systemebenen entsprechen aufgrund der hierarchischen Unterteilung automatisch höheren Ordnungsebenen. Damit ist die Beschäftigung mit Ordnung eine Auseinandersetzung mit Strukturen. Wie Robbins richtig erkannt hat, besteht darüber hinaus sogar ein Naheverhältnis zum Strukturalismus der Sozial- und Geisteswissenschaften mitsamt den Vor- und Nachteilen dieser Subdisziplin. Bereits der systemische Zugang der Komplexitätsforschung bewegt sich in diesem Paradigma, das in seinen Grundannahmen gewisse objektive Kriterien voraussetzt. Es konstituiert sich zudem nur über die Differenz, im vorliegenden Fall etwa über die Abgrenzung zwischen System und Umwelt. Gerade die Deutung von Phänomenen rein über das Verhältnis zueinander wurde vielfach kritisiert. Für die Geschichtswissenschaft bedeutet das beispielsweise eine Vernachlässigung des Einzelsubjekts und dessen Eigensinn sowie allgemein Performanz.¹⁰⁷

Unordnung entspricht dem Grad der Durchmischung. Deshalb ist diese eng verbunden mit der Entropie, die in ihrem maximalen Wert eine vollkommene Durchmischung und keine Ordnung bedeutet. Sie wird auch vielerorts als Wert für Unordnung angesehen. Tatsächlich lässt sie sich besser als Maß für die Anzahl an prinzipiell möglichen Anordnungen des Zustands eines Systems definieren. Dieser Wert ist eine probabilistische Angabe, die mit Entropie mitansteigt. Im *thermodynamischen Maximum*¹⁰⁸ ist beispielsweise der Durchmischungsgrad am höchsten, weswegen auch die Anzahl an möglichen Anordnungen der Teilchen am höchsten ist und die Wahrscheinlichkeit, deren Zustandswerte zu erfahren am geringsten, da sie am zufälligsten verteilt sind.¹⁰⁹ Chaos und Ordnung lassen sich hier einreihen, da es sich ebenso um Stufen von Zufälligkeit handelt. Mehrere Autoren haben gar den Begriff Zufälligkeit anstelle von Chaos oder Unordnung vorgeschlagen.¹¹⁰ Wenn nun in einem höheren Zustand der Ordnung der Grad der Zufälligkeit geringer ist, dann bedeutet das, dass seine Teile strukturierter beziehungsweise regelhafter angeordnet und weniger durchmischt sind. Komplexe Systeme sind in einem Zustand höherer Ordnung. Durch ihre innere Hierarchie bestehen viele Systemgrenzen, die per se Struktur darstellen. Dementsprechend ist ein Komplexitätszuwachs stets von einem Entropie-Export begleitet, dessen Kehrwert Negentropie-Import ist. Die Erhöhung der eigenen Ordnung

¹⁰⁷ Robbins, *The Entropocene*, 15.

¹⁰⁸ Ein Ausdruck der Thermodynamik, auch bekannt als Hitzetod. Er beschreibt den vermutlichen Endzustand der Welt, in dem das gesamte Universum gleichförmig aufgeheizt ist und keine Temperaturunterschiede mehr auftreten.

¹⁰⁹ Lyre, *Informationstheorie*, 47–48.

¹¹⁰ Floridi, *Information*, 91.

geht also immer zulasten der Ordnung außerhalb des Systems, wo die Entropie erhöht wird.¹¹¹ Der Mensch vergrößert etwa durch seinen Energieeinsatz die Zufälligkeit der Zustände seiner Umwelt. Er atmet die Welt in unglaublich winzigen Schritten ihrem Hitzetod (dem thermodynamischen Maximum) entgegen. Die Errichtung komplexer Systeme mit höherer Ordnung ist also gekennzeichnet durch gegenläufige Bewegungen der Ordnungsauflösung. Als Analogie-reihe lautet die Konsequenz dieser Überlegungen schlussendlich folgendermaßen: Ordnungsaufbau ist die lokale Reduktion von thermodynamischem Gleichgewicht, ist ein Negentropie-Import und ein Entropie-Export, ist die Verringerung der Durchmischtheit, ist mehr Struktur wie auch Information und weniger Zufälligkeit. Welche Konsequenzen das auf Informationsprozesse hat, ist in Kapitel 3 zu finden.

Bleibt die Frage, wie sich Ordnung feststellen lässt. Möglich ist das nur entlang der Defini-tionsmerkmale. Erstens denkbar ist eine qualitative Feststellung der regelhaften Teile und Funk-tionen eines Systems, womit man jedoch kaum über eine Beurteilung, ob Ordnung vorhanden ist, hinauskommen wird. Zielt man auf das Verhältnis von Ordnung zu Unordnung ab, so kann man sich über das Ausmaß von vorhandener, empirisch feststellbarer Struktur behelfen.

Eine zweite Konzeption von Ordnung und Chaos läuft dem leicht entgegen. Sie versteht unter Chaos nicht größtmögliche Durchmischung, Zufall oder perfekte Unvorhersagbarkeit, sondern vielmehr verdichtete Information. Die Konzeption baut auf der zunehmenden Herausbildung von Komplexitätsstufen und dem Emergieren komplexer Systeme auf. Die Tradition dieser An-sicht reicht weit zurück und beginnt mit der Herkunft des Wortes aus dem Griechischen, wo ein ursprünglicher Zustand der Desorganisation, aus dem die Welt entstanden sei, beschrieben wird. Schon aus dieser frühen Notion entsteigt die Phrase „Ordnung aus dem Chaos“ (besser: „Order out of chaos“), die einen Zusammenhang zwischen diesen beiden Begriffen herstellt. Chaos ist dabei nicht der Gegensatz von Ordnung, sondern eine Quelle, aus der Ordnung ent-steht oder emergiert. Es trifft damit auf griechische Entstehungsmythen ebenso zu, wie auf das aktuell gültige Modell des Urknalls.¹¹² In den Worten von Nancy Katherine Hayles wird der

¹¹¹ Füllsack, *Gleichzeitige Ungleichzeitigkeiten*, 33.

¹¹² Hayles, *Chaos and Order*, 1–3.

Charakter von Chaos so beschrieben: „In both literature and science, chaos has been conceptualized as extremely complex information, rather than as an absence of order“¹¹³ Byrne und Callaghans Deutung davon lautet: „Randomness means perfect unpredictability. Chaos is about difficulty in prediction but allows for the possibility of prediction.“¹¹⁴ Es handelt sich schlussendlich um eine epistemologische Deutung von Chaos, mit der die Schwierigkeit und der Aufwand der mathematischen Erkundung ausgedrückt werden.¹¹⁵

Eric Schneider und James Kay verbinden in ihrem Zugang bis zu einem gewissen Grad die ersten beiden Konzeptionen miteinander. Sie sprechen von Evolution als etwas, das alle Unterschiede, die einen Unterschied ausmachen – das entspricht der Information, wie noch zu sehen sein wird – in einer thermodynamischen Perspektive vernichtet. Das lokale und vorläufige Herabsetzen der Entropie durch selbstorganisierte Komplexität von Organismen entspricht dabei der Schaffung einer Metaordnung aus ungeordneter Ordnung. Dieser Gedanke stammt ursprünglich von Erwin Schrödinger, der die zwei bedeutenden Theorien des 19. Jahrhunderts – Darwins Evolutionstheorie mit einer Tendenz der Komplexitätssteigerung und die von vielen Wissenschaftlern be- und erarbeitete Thermodynamik – verbindet:

He noted that life was comprised of two fundamental processes; one ‘order from order’ and the other ‘order from disorder’. He observed that the gene generated order from order in a species, that is, the progeny inherited the traits of the parent. [...] However, Schrödinger's equally important but less understood observation was his order from disorder premise. This was an effort to link biology with the fundamental theorems of thermodynamics (Schneider, 1987). He noted that living systems seem to defy the second law of thermodynamics which insists that, within closed systems, the entropy of a system should be maximized. Living systems, however, are the antithesis of such disorder. They display marvelous levels of order created from disorder. For instance, plants are highly ordered structures, which are synthesized from disordered atoms and molecules found in atmospheric gases and soils.¹¹⁶

Der Teil *Ordnung aus Ordnung* betrifft die selbstorganisierten Phasenübergänge beispielsweise von einer Eizelle zu einem Kind mithilfe von encodierter Information. Ordnung aus Unordnung betrifft hingegen den zuoberst ausgebreiteten, an die thermodynamischen Prozesse angelehnten Negentropie-Import.¹¹⁷

¹¹³ Hayles, *Chaos and Order*, 1.

¹¹⁴ Byrne und Callaghan, *Complexity Theory and the Social Sciences*, 20.

¹¹⁵ Byrne und Callaghan unterscheiden später zwischen ontologisch und epistemisch chaotisch. Demzufolge ist eigentlich Chaos nur in Letzterem enthalten: „The chaotic element arises in relation to the degree of precision which is required in order to specify which form will exist at a point in time in the future. It resides in the mathematics, in the epistemological tool, not in reality itself.“ Byrne und Callaghan, *Complexity Theory and the Social Sciences*, 176.

¹¹⁶ Schneider und Kay, *Order from Disorder*, 161–62.

¹¹⁷ Robbins, *The Entropocene*, 1.

Als drittes mag noch der Chaosbegriff aus der Chaosforschung Erwähnung finden, der in erster Linie ein Teilgebiet der Mathematik ist und nur mancherorts Niederschlag in der Komplexitätsforschung findet. Dennoch soll der Chaos-Begriff hier erklärt werden, um die Abgrenzung klarer und die immerhin nahestehende Chaostheorie verständlicher zu machen. Dieses Chaos umfasst ontologische Zustandsbeschreibungen genauso, wie es Verhalten beschreibt, wobei die Ergründung von Letzterem die Ursache für das Entstehen der Chaostheorie darstellt. Gegeben ist ein System mit Parametern, wie beispielsweise die Wasserströmung rund um einen Stein mit dem Parameter der Fließgeschwindigkeit. Bewegt sich der Parameter in einem Optimum, so vollführt es stetiges Verhalten (gleichmäßige, *laminare* Strömung). Ist er darunter, so endet das System (keine Strömungskräfte). Liegt er hingegen über dem optimalen Bereich, dann ergeben sich Fluktuationen, die bei noch höheren Werten zunehmend unvorhersagbar werden. Es handelt sich dann um ein System mit *deterministischem Chaos*, das bei gleichen Anfangsbedingungen eine Tendenz einnimmt und Werte (Wirbelverhalten) fördert, die sich nicht aus den Startbedingungen ableiten lassen.¹¹⁸ In diesen liegt ein Determinismus vor, der jedoch überaus sensibel für die Startbedingungen ist, weswegen bereits leichte Abweichungen zu schlussendlich völlig unterschiedlichen Auswirkungen führen können, deren Ergebnisse nicht voraussagbar sind. Als prominentestes Beispiel fungiert der erwähnte Butterfly-Effect.

Gerade vor dem Kippen in das totale Chaos und damit an dessen Rand findet sich Innovation und neue Ordnung. Die Systeme, die zu solchem Verhalten neigen, haben gemein, dass es sich stets um nichtlineare Systeme handelt. Das heißt, darin summieren sich die einzelnen Wirkungskräfte nicht einfach linear zu einer Gesamtkraft, sondern sie bilden eine „höherrangige Ordnung“. Bernd-Olaf Küppers sieht darin bereits wieder den berühmten Satz „Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile.“ und damit Emergenz.¹¹⁹ Chaostheorie liefert dadurch eine Erklärung für eine Reihe von komplexen Phänomenen, wodurch sie eine zentrale Rolle für Komplexitätsforschung einnimmt. Sie war historisch gesehen enorm wichtig, indem sie erstmals ein Modell für komplexe Systeme aufgestellt hat. Am Beispiel der Verwirbelung des Wassers ergibt sich vor der völlig zufälligen Turbulenz musterhaftes, selbstähnliches Verhalten. Die Chaostheorie beschäftigt sich vor allem mit diesen Systemen spezieller Dynamik. Essenziell dabei ist, dass die Gesetzmäßigkeit hinter diesem Verhalten Stabilität, Regularität und Ordnung genauso bestimmen wie Zufälligkeit und Irregularität.¹²⁰

¹¹⁸ Mitchell, Crutchfield und Hraber, *Dynamics, Computation, and the ‚Edge of Chaos‘*, 27–35.

¹¹⁹ Küppers, *Chaos und Ordnung*, 81.

¹²⁰ Küppers, *Chaos und Ordnung*, 80.

Das deterministische Chaos und die Chaostheorie bezeichnen also nicht direkt die bisher behandelte Dichotomie von Chaos und Ordnung. Vielmehr behandeln sie spezielles Verhalten der Gruppe nichtlinearer Systeme und dessen dahinterliegende Gesetzmäßigkeit. Die Chaosforschung beschreibt auch die relativ einfachen Prozesse der Herkunft und Herausbildung davon, weshalb zusätzlich der Begriff *Deep Simplicity* dafür geprägt wurde.¹²¹ Ordnung ist darin das Gesetz hinter chaotischen Systemen und das regelhafte Verhalten von komplexen Systemen, die daraus emergieren. Deterministisches Chaos bezeichnet die Zufälligkeit und Unvorhersagbarkeit Ersterer. Der Zusammenhang dabei ist, dass höhere Ordnung nur am Punkt vor dem chaotischen Zustand auftreten kann, also indirekt mit diesem verbunden ist, jedoch nicht aus ihm heraus entsteht. Die Ursache von Ordnung ist hingegen die Gesetzmäßigkeit hinter Systemen, die zu deterministischem Chaos fähig sind. Ordnung tritt hier also zweifach auf. Einerseits im Vorzustand eines chaotischen Systems, dem Optimum, andererseits an dem Punkt im Übergang dazu, am Rand des Chaos. Dann entsteht eine neue funktionelle Ebene, ein neues komplexes System emergiert. Hier befindet man sich bereits im Bereich der ontologischen Zustandsbeschreibungen, wobei die Systeme entweder chaotisch oder geordnet sind. Für die Diskussion des Chaos-Begriffs soll Chaostheorie jedoch nur eine Randnotiz bleiben, da sie vor allem ein unscharf umrissenes Teilgebiet der Mathematik beziehungsweise der Physik betrifft.

Zusammenfassend sollte zuallererst das Begriffspaar zu Ordnung und Unordnung geändert und präzisiert werden, um die problematischen Konnotationen des Begriffs Chaos zu vermeiden. Ebenso beiseitegeschoben wird damit die Chaostheorie, die sehr wohl inhaltlich mit Komplexitätsforschung verbunden ist, aber genauso vom Relevanten ablenkt. Dieses besteht in einem Zusammenhang von Komplexität und Ordnung. Entsteht Erstere, wird zweite aufgebaut. Die Definition von Ordnung bewegt sich bereits in einer Nähe zu jener von Information und der thermodynamischen Theorie zur Entropie.

2.7.3. Signalverarbeitung

Der Umgang mit *Signalen* ist ein zentrales Merkmal von CAS, ohne das es kein adaptives Verhalten gäbe. Ein Agent verarbeitet diese, indem er – gestützt auf seine Operatoren und sein Alphabet – Information aus seiner Umwelt verarbeitet. An früherer Stelle des Textes wurde das

¹²¹ Gribbin, *Deep Simplicity*.

unter *Performance* subsummiert. Aus diesem Umgang mit Information mithilfe von konditionalen wenn-dann-Regeln (if-then) ergibt sich die Möglichkeit zu reagieren. In einfachster Form ist das binär codiert vorzustellen: Kommt Signal *I*, wird Aktion *A* ausgeführt; bei Signal *O*, Aktion *B*. Da diese Agenten nun vielfach miteinander verbunden sind, was als Netzwerk darstellbar ist, werden ganze Signalketten ermöglicht. Dabei wird die Reaktion des einen Agenten das Signal des nächsten.¹²² Aus dieser Struktur ergeben sich typische komplexe Verhaltensweisen von CAS, wie unter anderem reziproke Verhältnisse – man denke an das klassische Beispiel der Wechselbeziehung zwischen Beute- und Beutegreiferpopulationen.¹²³ Es handelt sich dabei um Loops, also Rückkoppelungsprozesse, bei denen Signale (und Ressourcen) rezirkulieren und mitunter auf die Ausgangslage rückwirken. Derart sind geschlossene Kreislaufsysteme und Feedbackloops möglich. Erstere schaffen vielerorts Steady States wie etwa das Ökosystem der Erde und in hierarchischen Systemen rundlaufende Zirkulationssysteme auf niederen Ebenen. Am besten veranschaulichen das die Subroutinen des menschlichen Organismus wie das Nervensystem, das autonom für Informationstransport zuständig ist und nicht von außerhalb kontrolliert werden muss. Feedback stellt eine Form von Rückkoppelung dar, die es Systemen ermöglicht, ihre eigene Tätigkeit zu regulieren, etwa wenn der menschliche Körper durch eine Einheit wie ein Thermostat seine Temperatur kontrolliert und Mechanismen aktiviert, die entweder wärmen oder kühlen. Ebenso wird damit eine weitere Charakteristik von komplexen Systemen ermöglicht, die zudem nicht weit von der Erhaltung von Steady States entfernt sind. Durch Feedbackloops der Agenten ergibt sich Selbstorganisation eines Systems, man denke erneut an das Ökosystem oder auch an das Verhalten eines Fischschwarms.¹²⁴

In der Form des Loops findet sich somit eine der Hauptkonstituenten von Dynamik in komplexen Systemen. Dieser ermöglicht einerseits Kontrolle, andererseits aber auch Optimierung. Schlussendlich ergeben sich daraus evolutionäre Prozesse. Wenn Veränderung im Sinne einer Reaktionsfähigkeit der adaptiven Agenten auf dieser Ebene eine Stärke von komplexen Systemen ist, dann zeigt sich umgekehrt genau hier eine Art von Nachteil. Diese faszinierende und so zentrale Eigenschaft erschwert gleichzeitig die Beschäftigung damit ungemein. Durch die Rückkoppelungen sind derartige Systeme ständig in Veränderung, die je nach Untersuchungsobjekt mehr oder weniger schnell ablaufen. Eine Analyse solch dynamischer Gegenstände ist sehr schwierig und deshalb sei nochmals betont, dass es insgesamt keine allgemein verwendete

¹²² Holland, *Complexity*, 56.

¹²³ Füllsack, *Gleichzeitige Ungleichzeitigkeiten*, 49–51.

¹²⁴ Holland, *Complexity*, 39.

Modellierung gibt. Diejenigen, die es gibt, wurden – für die Wissenschaft typisch – aus anderen Disziplinen entlehnt und kommen aus der Physik, Linguistik oder Computerwissenschaft.¹²⁵

Obwohl es also theoretische Modelle komplexer Systeme und hier selbst des dynamischen CAS gibt, ist deren Anwendung kaum möglich, klagt Holland. Die Richtung, die des Autors Wünsche einschlagen, sind jedoch stark von seinem mathematischen Zugang geprägt: Vertreter dieser Seite möchten nicht nur ein analytisches Modell zur Untersuchung vorhandener Phänomene in Form komplexer Systeme erstellen. Vielmehr ist ihr Fokus auf die Anwendung ausgerichtet, wenn Möglichkeiten zur Vorhersage des Verhaltens komplexer adaptiver Systeme gewünscht werden.¹²⁶

2.7.4. Resilienz

Ein Nebenbereich der Beschäftigung mit komplexen Systemen ist der der *Resilienz*, die laut einer möglichst allgemeinen Definition „the persistence of relationships within a system and a measure of the ability of these systems to absorb changes of state variables, driving variables, and parameters, and still persist“¹²⁷ determiniert. Es handelt sich dabei laut einer Metastudie von 2018 um ein Thema, das von verschiedenen Disziplinen bearbeitet wird und in dessen Folge stark fragmentiert ist. Einige Aspekte von komplexen Systemen werden jedoch damit abgehandelt, wobei die intensivsten Auseinandersetzungen in Ökologie, Ingenieurwissenschaften, Psychologie und Operationalisierung und Management erkennbar sind, mit einer steigenden Tendenz in Computerwissenschaften.¹²⁸ Interdisziplinäre Erkenntnisse und Ergebnisse, gibt es bislang nur wenige angesichts der unterschiedlichen Zugänge und der fehlenden theoretischen Basis. Dennoch sind allgemeine Erkenntnisse vorhanden, was die Dimensionen von Resilienz und die Attribute der Systeme betrifft. Die bedeutendsten davon wären demnach die Wiederherstellung (*Recovery*) bei Ausfällen und Störungen sowie die Adaptionfähigkeit (*Adaptive Capacity*) bei Veränderungen. Beeinflusst werden diese vor allem von Redundanz (*Redundancy*) und Vernetzungsgrad (*Connectivity*). Ersterer kommt die Funktion zu, bei Ausfällen kritischer Elemente parallele Funktions- und Informationseinheiten bereitstellen zu können. Beispielsweise besteht die DNA aus der berühmten Doppelhelix, die alle Informationen

¹²⁵ Holland, *Complexity*, 11.

¹²⁶ Holland, *Complexity*, 34.

¹²⁷ Holling, *Resilience and Stability of Ecological Systems*, 1–23, zitiert nach; Fraccascia, Giannoccaro und Albino, *Resilience of Complex Systems*, 1.

¹²⁸ Fraccascia, Giannoccaro und Albino, *Resilience of Complex Systems*, 32.

doppelt abgespeichert hat. Ähnliches gilt für Signalübermittlung in der Informationstechnologie, bei der durch mehrfaches Encodieren die Gefahr von Störungen und Fehlübertragungen minimiert wird.¹²⁹ Der Vernetzungsgrad ist im Grunde dasselbe, nur auf Ebene der Kanten. Je vernetzter ein Netzwerk ist, umso besser kann es auf Probleme reagieren und ist umgekehrt nicht auf einzelne ausschlaggebende Verbindungen abhängig. Erneut kommen einige Begriffe davon aus dem Kontext komplexer Systeme bereits bekannt vor, dementsprechend naheliegend ist die Kombination beider Bereiche. Zur Analyse von Resilienz bietet sich grundsätzlich ein systemischer Zugang an – eine geschlossene Funktionseinheit wird auf ihre Leistungsfähigkeit gegenüber Veränderung untersucht. Für dazu angestellte Momentbetrachtungen bietet sich erneut das Modell des Netzwerks an, wie auch Fraccascia, Giannoccaro und Albino bemerken.¹³⁰ Dieses ermöglicht eine disziplinenübergreifende Modellierung von Resilienz.¹³¹ Gleichzeitig kann damit der Veränderungsdruck von Störungen dargestellt werden. Diese kann man somit als den Ort, an dem die Störung auftritt, und die Art, wie sie das tut, beschreiben. Je nachdem handelt es sich dann um ein teilweises oder komplettes Entfernen von Knoten, Kanten oder gesamten Netzwerkclustern. In analoger Vorgangsweise lässt sich die Adaptionfähigkeit über die Agenten von CAS darstellen, was rückwirkend auch eine Aussage über genau diese ermöglicht: Die Fähigkeit zur Adaption von komplexen Systemen – ausgetragen über deren Agenten – ist ein entscheidender Punkt für die Resilienz und damit die Lebensfähigkeit und Stärke derselben.

Der Bedeutungszuwachs der Computerwissenschaften innerhalb der Resilienzforschung ist zwei Faktoren geschuldet. Einerseits bieten sich verschiedene Computertechnologien dazu an, Netzwerkanalysen und Simulationen durchzuführen, die zum Vergleich geeignete quantitative Resultate hervorbringt. Daneben sind die Computerwissenschaften und deren Inhalte vor allem als Untersuchungsfeld von Resilienz gegenwärtig:

The complex systems analyzed within this research area mainly concern computer networks, including cloud-based systems, Internet of Things devices, and information flow systems. Recently, social networks characterized by both the existence of individuals and computers as nodes of the system have attracted the interest of scholars. The resilience of these systems is studied concerning intentional or involuntary disturbances, usually targeted to single nodes such as human attacks or engineering failures.¹³²

¹²⁹ Mitchell, *Complexity*, 245–46; Eco, *Semiotik*, 57–61; Shannon und Weaver, *The Mathematical Theory of Communication*.

¹³⁰ Fraccascia, Giannoccaro und Albino, *Resilience of Complex Systems*, 38.

¹³¹ Ein Beispiel für die Breite des Resilienz-Themas zeigt das Europäische Forum Alpbach, das 2018 zu „Diversität und Resilienz“ abgehalten wurde. Diversität tritt hier als der systemstützende Faktor der Vernetztheit auf. Vgl. Europäisches Forum Alpbach, *Diversität und Resilienz*.

¹³² Fraccascia, Giannoccaro und Albino, *Resilience of Complex Systems*, 28.

Resilienz, wiewohl nur am Rande des Themenclusters komplexer Systeme, spielt dennoch keine geringe Rolle darin. Immerhin ist Komplexität sehr stark von Hierarchie bestimmt, was undenkbar ist bei einer hohen Fehleranfälligkeit. Ganz im Gegenteil scheint gerade die vielfach erprobte Funktion von einzelnen Agenten und Systemen zusammenzuwirken, um neues auszutesten. Es handelt sich also um einen evolutionären Prozess, der langsam voranschreitet, Funktionsweisen austestet und Fehlerquellen stets auszumerzen versteht. Dadurch wird verhindert, dass es bei Störungen eines komplexen Systems vielfacher Ordnung zu einem vollständigen Zusammenbruch desselben kommt. Gerade durch Mechanismen wie Subroutinen und Loops, mit einer großen Menge an Informationsaustausch ergibt sich eine Interdependenz im System, ein hoher Vernetzungsgrad der vielen Faktoren und Subsysteme eines Systems, der es ermöglicht, Schwankungen abzufangen und Steady States zu bewahren.¹³³

2.8. Messbare Komplexität – Energie und Entropie

Es wurde bisher bereits mehrfach von quantifizierbaren Zugängen gesprochen. Für eine derartige Annäherung an die Eigenschaft der Komplexität ist aber eine Abklärung über deren Verortung in einer ontologischen Betrachtungsweise notwendig. Will man nämlich die Komplexität eines Systems messen, so impliziert das bereits Aussagen über die Wirklichkeitsrezeption des Beobachters. Komplexität ist dann etwas, das unabhängig von diesem auftritt und er ist nur ein Außenstehender, der nur seinen Sinnesapparat beisteuert, um das System für ihn selbst erfahrbar zu machen. Das Phänomen besteht dieser Betrachtungsweise zufolge auch schon vor dem Menschen. Wollte man das unter einem etablierten Begriff subsummieren, so wäre das der *naturwissenschaftliche Realismus*.¹³⁴ Entsprechend der Entstehungsgeschichte und Heimat der Komplexitätsforschung in der Naturwissenschaft handelt es sich bei dieser Position um die prägendste. Beinahe alle Auseinandersetzungen mit der Thematik werden unter dieser Perspektive angestellt.

Die möglichen Zugänge wurden im Grunde bereits im Kapitel zu Ordnung und Chaos genannt. Dabei ist eine Herangehensweise über das Netzwerkmodell vorstellbar, das Zustände eines Systems abbilden kann, indem Agenten als Knoten und deren Interaktionen als Kanten dargestellt werden. So wie der einzelne Knoten in Form seine Grades quantifizierbar ist, kann man das

¹³³ Füllsack, *Gleichzeitige Ungleichzeitigkeiten*, 53.

¹³⁴ Chakravartty, Anjan, *Scientific Realism*, The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2017 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/sum2017/entries/scientific-realism/>>.

ganze Netzwerk anhand seiner Bestandteile messen. Mit der Anzahl der Knoten steigt die Größe des Netzwerks und mit der der Kanten steigt der Grad der Vernetzung. Diese Kennwerte sagen jedoch zuerst einmal nur etwas über die schwache Komplexität eines Systems aus, das als Netzwerk abgebildet wird. Man sieht, wie viele Teile es besitzt und inwieweit diese zusammenwirken. Wenn gleichzeitig feststeht, dass es sich um ein CAS handelt, welche per se als unbedingt stark komplex zu bezeichnen sind, werden die Werte zu einem Gradmesser für die Dynamik des Systems, denn je dichter der Vernetzungsgrad, umso intensiver der Austausch der Knoten, die in dem Fall adaptiven Agenten entsprechen.¹³⁵ Allein diese Größenwerte bestimmen jedoch nicht den Funktionsgrad. Komplexität besteht aus mehr. Das Verhalten eines Systems wird daneben noch von weiteren Kennwerten bestimmt. Hierzu zählt die für Resilienz zusätzlich zum Vernetzungsgrad noch relevante Redundanz, also inwieweit Strukturen doppelt vorhanden sind. Redundanz korreliert demnach mit der Größe eines Netzwerks. Aus den beiden messbaren Kennwerten kann damit eine zahlenmäßige Bewertung gemacht werden, die Systeme über ihre Netzwerkabbildung vergleicht und zusätzlich Schlüsse über seine Eigenschaften zulässt.

Vergleiche sind hierbei synchron und diachron vorstellbar. Der synchrone Zugang lässt vor allem einen Performance-Vergleich zu. Aus einer diachronen Sicht – dem dieser Arbeit zugeordneten Fachgebiet klarerweise am besten entsprechend – lässt sich hingegen die Veränderung eines Systems ermitteln. Der Wert der Netzwerkgröße entspricht dabei jedoch nur dem Zuwachs an schwacher Komplexität, der ja, wie oben gesehen, ein gradueller ist. Es kann im zeitlichen Vergleich schon auch Komplexität untersucht werden, und zwar im Auftreten von Emergenz im Netzwerk. Die hier auftretende Schwierigkeit ist die Frage, wie sich das in quantitativen Werten niederschlägt. Eine Restrukturierung eines Netzwerks könnte im Extremfall sogar gar keine Veränderungen in den Messwerten verursachen, nämlich dann, wenn sich nach der Auflösung von Teilen ebenso viele Knoten und Kanten wieder konstituieren. Sollte das Netzwerk ein Baustein für ein neues System werden, ist es ebenso nicht aus Zahlen auszulesen, denn dann muss sich der Fokus und Gegenstand der Messung ändern. Emergenz bildet sich also in einem diachronen Vorher-Nachher-Vergleich nicht direkt ab. Möglich ist höchstens eine Abbildung einer bereits in der Vergangenheit geschehenen Emergenz in Form eines Level-Wertes. Da Hierarchie ein konstituierendes Merkmal von komplexen Systemen ist, lässt sich diese mitunter für ein System abbilden und auslesen. Der Mensch als komplexes System besteht aus vielen Ebenen von Komplexität, die jeweils die Bausteine für das System nächsthöherer Ordnung sind. Mit jedem Ordnungssprung, der einem historischen Fall von Emergenz entspricht,

¹³⁵ Mitchell, *Complexity*, 233.

steigt die Ordnungszahl um einen Wert an. Dieser Komplexitätsgrad ist damit wiederum nur synchron zwischen zwei unterschiedlichen Systemen feststellbar und die Veränderung nicht im Moment ihres Auftretens quantitativ abbildbar.

Spier hat sich die Möglichkeiten der quantitativen Herangehensweise für die Big History angesehen und ist auf – jedenfalls zum gegenwärtigen Zeitpunkt – unüberwindbare Hindernisse gestoßen. Dazu zählt die kaum zu bewerkstelligende vollständige Erfassung der Zahlen für die Komplexität von Systemen und deren Subsystemen. Er hat wohl Möglichkeiten der Quantifizierung gefunden: Sein Zugang zu Hierarchie und Ordnungszahlen besteht darin, die Nummer an Bausteinen, die Länge und Leistungsfähigkeit der Sequenz – man denke hier an Binärcode, der nur aus einer Sequenz besteht – und die Kanten, die vorhanden sind, zu verbinden. Dabei bleibt jedoch offen, wie die Wertigkeiten dieser Kategorien zueinander aussehen. Die Berechnung eines gesamtgültigen Werts auf diesem Weg ist illusorisch. Spier und andere Vertreter der Big History beschränken sich deshalb gezwungenermaßen auf qualitative Zugänge und bedauern deren Subjektivität.¹³⁶ Die Energiedichte fungiert zusätzlich als Indikator und Emphase, jedoch nicht als vollwertige Kategorie. Dasselbe muss für die Entropie gelten, die damit grundlegend verbunden ist.¹³⁷

Tatsächlich gibt es eine kausale Verbindung zwischen Ordnung, Chaos und Energie. Es ist die *Entropie*, die beide Bereiche miteinander verbindet. Sie ist die Konsequenz aus dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik. Der erste Hauptsatz besagt, dass keine Energie erzeugt werden oder verloren gehen kann; der zweite, dass sich alle Energiezustände eines Systems durch innere Prozesse einander annähern. Entropie ist ein Maß für die Vermischung, Unordnung und Information. Sie bezeichnet irreversible Vorgänge der Physik. Beispielsweise wird Wärme an die Umgebung abgegeben und verteilt sich dort, gelangt ein System in einen Zustand größerer Unordnung und ergibt sich eine wahrscheinlichere Verteilung von Energie und Teilchen innerhalb eines Systems. Die Entropie bewirkt ebenso die Auflösung eines Eiswürfels in einem sommerlichen Erfrischungsgetränk wie den Kältetod der Sonne und den Zerfall eines toten Organismus. Sie hat die Tendenz, stets zuzunehmen, was schlussendlich im thermodynamischen Gleichgewicht, dem Ende des Universums, auch bezeichnet als Wärmetod, seinen Abschluss finden wird.¹³⁸ Erwin Schrödinger schrieb dazu: „Wir erkennen nun in diesem fundamentalen

¹³⁶ Ohne die methodologische Büchse der Pandora öffnen zu wollen, soll doch festgehalten werden, dass der Kehrwert dieser Aussage ebenso problematisch ist. Ein quantitativer Zugang ist nicht aus ihm selbst heraus objektiv und hochwertiger. Er beruht ebenso auf subjektiver Modellierung wie sein Counterpart.

¹³⁷ Spier, *Complexity in Big History*, 149–57.

¹³⁸ Lyre, *Informationstheorie*, 44–46.

Gesetz der Physik gerade das natürliche Streben der Dinge, sich dem chaotischen Zustand anzunähern (das gleiche Streben, das auch die Bücher einer Bibliothek oder die Papierstöße und Manuskripte auf dem Schreibtisch zeigen), wenn wir ihm nicht zuvorkommen.¹³⁹ Entgegenwirken können wir der Tendenz vorrangig durch Energieeinsatz und den Prozess des Komplexitätsaufbaus.

Der beste Zugang zur Messung dieser Zustände führt über Wahrscheinlichkeiten und Zufälligkeiten. Die überwältigende Mehrheit im Universum entspricht der Anordnung von Dingen in hoher Zufälligkeit beziehungsweise Unordnung. Durch die physikalischen Mechanismen der Entropie reduziert sich die Wahrscheinlichkeit, dass zufällig Ordnung auftritt, gewaltig. Dass sich in einer Box mit Atomen zweier Elemente alle einer Art auf einer Seite sammeln, ist so unwahrscheinlich wie das Entstehen eines Hauses, wenn man eine Bombe auf eine Baustelle mit Ziegelsteinen, Zement, Kabel, Farbe usw. wirft.¹⁴⁰ Alle Strukturen, die bereits bestehen und ihren *Steady State* aufrecht halten, können das nur über einen steten Energiefluss bewerkstelligen. So isst der Mensch, verbrennt die Sonne Wasserstoff und repariert der Mechaniker ein Auto. Dafür verwendet der Historiker David Christian den Begriff der *Komplexitätssteuer*. Je komplexer ein Phänomen ist, umso mehr freie Energie muss für dessen Unterhaltung aufgebracht werden.¹⁴¹ Der Physiker Eric Chaisson hat erkannt, dass dazu dichtere Komplexitätsflüsse benötigt werden und hat den Versuch gemacht, das in Energie pro Gramm und Sekunde zu quantifizieren.¹⁴² Er listete Schätzungen zu den Energiedichten komplexer Phänomene auf, woraus zwei Beispiele entnommen werden mögen: Laut ihm ist die Energiedichte, die durch die menschliche Gesellschaft am Ende des 20. Jahrhunderts fließt, ungefähr das eineinhalb millionenfache des Flusses durch die Sonne.¹⁴³ Problematisch an diesem Zugang ist, dass er die Berechnung und die Aussage stark vereinfacht. Komplexität wird auf einen einzigen Kennwert reduziert, wobei jedoch die Korrelation zwischen diesen keineswegs eindeutig gegeben ist. Immerhin weisen menschliche Artefakten mitunter enorme Energiedichten auf, die keineswegs höhere Komplexität bedeuten. Man denke hier nur an den Düsenantrieb eines Flugzeuges, der in einer reinen Verdichtung von Energie anstatt einem Ordnungsaufbau besteht. Dennoch liefert dieser Zugang Näherungswerte, die durchaus hilfreich sein können.¹⁴⁴

¹³⁹ Schrödinger, *Was ist Leben?*, 105.

¹⁴⁰ Christian, *Big History*, 35.

¹⁴¹ Die Entropie profitiert davon auf lange Sicht ebenso, denn der Zustand absoluter Vermischung, das thermodynamische Gleichgewicht, wird so früher herbeigeführt.

¹⁴² Chaisson, *The Natural Science Underlying Big History*.

¹⁴³ Spier, *Complexity in Big History*, 153–54.

¹⁴⁴ Spier, *Complexity in Big History*, 453–154.

Eine höhere Komplexitätssteuer korreliert mit einer Verringerung des Entropiewertes, was aufgrund der durchaus vielfachen Verwendung des Konzepts auch als *Negentropie* bezeichnet wird. Die Prägung des Konzepts geht ebenfalls auf Schrödinger zurück (wiewohl sich er dabei auf Boltzmann bezieht), der von Leben als etwas spricht, das negative Entropie aufnimmt und speichert. „Das bedeutet, dass Leben etwas sei, das Entropie exportiert und seine eigene Entropie niedrig hält: Negentropie-Import ist Entropie-Export.“¹⁴⁵ Das kann noch erweitert werden: Negentropie-Import ist die Bezahlung der Komplexitätssteuer und das Aufrechterhalten beziehungsweise die Erhöhung von Ordnung, die Abwesenheit von Unordnung und die Zunahme von Komplexität.

Entropie ist überdies ein Symptom der Beschäftigung mit Zeit. Wie gesagt, ist die Geschichtswissenschaft nicht die einzige Disziplin, die sich mit dem Fortgang der Zeit befasst. An vorderster Stelle mit dabei ist auch die Physik, was nicht erst seit der Postulation der Relativität von Zeit laut Einsteins Einsichten klar ist. Entropie als Maß einer unumkehrbaren Durchmischung ist gleichzeitig der Beweis für die Unumkehrbarkeit von Zeit. Die universalen thermodynamischen Abläufe definieren den Zeitpfeil (*Arrow of Time*). Dieser liegt einer Auffassung von ständig fortschreitender Zeit zugrunde, die sich in die allgegenwärtige Einteilung nach Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft einreihen lässt. Da die Entropie in der Thermodynamik laut zweitem Hauptsatz bis zum Punkt des Gleichgewichts ständig und unausweichlich steigt, wird sie vielfach als die Konstante des Zeitpfeils gesehen, die dem zeitlichen Ablauf der Dinge und der Welt zugrunde liegt.¹⁴⁶ Das ist in seiner ganzen Bedeutung für die Geschichtswissenschaft relativ unbedeutend und kaum von praktischem Nutzen, enthält aber einige interessante Aspekte, die eine nähere Betrachtung verdienen: Die Verbindung von Entropie und Zeit kommt grundsätzlich zustande, weil Entropie der Treiber von Veränderung ist und selbst die Zeitnehmung Veränderungsprozessen folgt. Entropie beziehungsweise der zweite Hauptsatz der Thermodynamik benennt die Ursache für ständigen Zerfall und indirekt den dauernden Kampf dagegen. Es wurden infolge dieser Feststellung Hypothesen verfasst, wobei Evolution als Ausdruck dieser Gesetzmäßigkeiten angenommen wurde.¹⁴⁷

Complexity and entropy have complementary significances in the emergence of life. The production of one, and its dissipation to the sink of space, provides the driving force for the biosphere's complexification and generation of thermodynamic potential; the creation of the other through these negentropic processes

¹⁴⁵ Keine Quelle bringt es hier so auf den Punkt wie Wikipedia, *Negentropie*.

¹⁴⁶ Blum, *Time's Arrow and Evolution*.

¹⁴⁷ Blum, *Time's Arrow and Evolution*; Wicken, *Evolution, Thermodynamics, and Information*.

provides the aperiodic, structured substrates from which natural selection can hone molecular information.¹⁴⁸

Demnach können komplexe Systeme und etwa auch der Mensch als Folge der entropiebedingten Durchmischungsprozesse angesehen werden. Wobei sich das Prinzip der ständigen Ausdifferenzierung eigentlich sowieso aus der konsequenten Anwendung und Verbindung von Adaptivität, Emergenz und Hierarchie ergibt. In der Komplexitätsforschung gibt es deshalb auch eine Beschäftigung mit evolutionären Vorgängen, die Erklärungen für Konzepte wie Nischenkonstruktion und den *Red-Queen-Effekt*¹⁴⁹ finden. Darüber hinaus werden diese in die Theorie der CAS reintegriert, wo sie die Auswirkungen der Adaptivität beschreiben.¹⁵⁰

Entropie ist schlussendlich nicht nur die Ursache von Zeit, sondern auch von Geschichte. Aus der Parallelität der Zielgerichtetheit des thermodynamischen Durchmischungsprozess und der Zeit ergibt sich eine weitere Eigenheit. Da ersterer Prozess auf einen Endzustand hinsteuert, tut das auch zweiterer. Im thermodynamischen Gleichgewicht kommt also theoretisch Zeit zum Erliegen und ein zeitloser Zustand tritt ein. Das ist zwangsläufig – abgesehen von dem physikalisch bereits weit früher eintretenden Ende der Menschheit – auch ein Ende von Geschichte.

2.9. Umgang des Menschen mit Komplexität

Der Mensch mit seiner Kommunikationsfähigkeit ist der Ursprung für und Konstituent von vielfältigsten sozialen Systemen, die jeweils zum Phänomen der Komplexität zählen. Mit seinem Verstand ist er zudem begabt, komplexe Systeme gedanklich zu durchdringen und zu analysieren. Darüber hinaus erschuf er vielfältige Instrumente zur weiteren Erforschung derselben, von der Mathematik bis hin zu technischen Behelfen wie dem Mikroskop. Der Computer steht am gegenwärtigen Endpunkt der Entwicklung von Werkzeugen zur Durchdringung von Komplexität, indem er vielfältige und leistungsstarke Programmen und Algorithmen zur Bewältigung aufwendiger Simulationen und riesiger Datenmengen bereitstellt.

Mit seiner Sozialität und Kultur sowie den medialen Techniken des Informationsaustausches hat der Mensch vielfältige komplexe Systeme erschaffen. Diese wurden nicht bewusst kreiert,

¹⁴⁸ Wicken, *Evolution, Thermodynamics, and Information*, 25.

¹⁴⁹ Die Bezeichnung entstammt ursprünglich Lewis Carrolls "Alice hinter den Spiegeln", wo die Rote Königin erklärt, sie müsse so schnell laufen wie sie könne, um am gleichen Fleck zu bleiben. In der Evolutionsbiologie wird damit der ständige Anpassungsvorgang bezeichnet, dem alle Spezies in einer kompetitiven Welt unterworfen sind. Vgl. Gribbin, *Deep Simplicity*, 181–82. .

¹⁵⁰ Holland, *Complexity*, 54–55.

sondern emergierten aus dem Zusammenschluss von Menschen. Aus diesen Situationen ergaben sich neue Funktionalitäten. Ein politischer Staat kann beispielsweise nur als menschliches Produkt verstanden werden, ist jedoch gleichzeitig mehr als die Summe der beteiligten Personen. Analog zu diesem System lassen sich viele weitere entziffern. Fraglich bleibt an dieser Stelle, ob auch die Technologie des Menschen Emergenz aufweist.

In einer Gesellschaft, die einen diskursiv vereinbarten und intersubjektiv abgestimmten Wissensvorrat als Referenz hat, gibt es subjektive genauso wie intersubjektive Wahrheiten.¹⁵¹ Wissenschaft kann dabei als das Bestreben der ständigen Prüfung, Abgleichung und Erweiterung des Wissens gesehen werden, ohne jedoch grundsätzlich dem Anspruch auf Diskurshoheit genügen zu können. Dementsprechend stellt Komplexitätsforschung neben alltäglichen Stimmen den vermutlich intersubjektivsten Umgang mit Komplexität dar. In jedem Subjekt gibt es je nach Zugriff auf den Wissensvorrat eine eigene Wahrnehmung und Sicht auf Erkenntnis sowie einen subjektiven Umgang mit derselben.

Hinsichtlich Komplexitätsveränderungen ist in empirischer Wissenschaft die Komplexität objektiv erfassbar. Wiewohl es an Möglichkeiten ihrer Messung fehlt, kann über den Kunstgriff anderer Werte wie Energie, Information, Struktur und Netzwerkeigenschaften eine Annäherung daran erreicht werden. In weiterer Folge können außerdem Aussagen zu ihrer Veränderung getroffen werden. Der Empirismus ist aber nur ein Hilfs- und Scheinkonstrukt, denn jede Erkenntnis ist nur über ein Subjekt denkbar und damit grundlegend subjektiv. Berger und Luckmann schreiben in ihrer gesellschaftlichen Konstruktion der Wirklichkeit von einer intersubjektiven Synchronisierung entlang gesellschaftlichen Wissens.¹⁵² Mit diesem Vorgang wird das Maximum an epistemologischer Objektivität erreicht. Gleichzeitig gibt es darin aber mehrere Ebenen der Sinnbildung, wobei die eigene Sinnerfahrung ebenso Teil davon ist wie die Synchronisierung mit der Sinnerfahrung anderer Individuen. Hiermit hat jedes Individuum auch eine eigene Alltagswirklichkeit, woran es seine subjektive Wahrnehmung von komplexen Systemen abgleichen kann. Das heißt, eine subjektive Komplexität ist ebenso möglich. Wenn es dann die Empfindung einer Komplexitätsveränderung gibt, dann ist sie grundsätzlich erst einmal relativ, je nach Verfasstheit des wahrnehmenden Subjekts. Sie kann jedoch intersubjektiv abgeglichen werden. Sollte dabei positives Feedback geschehen, so kann die Wahrnehmung zu gesellschaftlichem Wissen werden.

¹⁵¹ Bekannt ist dieser Zugang aus der Theorie von Berger und Luckmann und unter dem Titel ihres Buches. Berger und Luckmann, *Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit*. Vgl auch Kapitel 4.3.3

¹⁵² Berger und Luckmann, *Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit*, 43–45.

Schlussendlich bedeutet das folgendes: Die subjektive Wahrnehmung von Komplexität ist relativ unbedeutend, da sie kaum analytische Qualität besitzt. Selbst wenn sie intersubjektiv festgestellt wird, ist Vorsicht angebracht, denn obwohl die Aussage durch ein gesellschaftliches Korrektiv geprüft wurde, ist sie dennoch in ein Referenzsystem eingebettet. Das menschliche Subjekt hat in seiner Wahrnehmung Möglichkeiten des Umgangs mit Komplexität, die eine subjektive Komplexitätsreduktion bedeuten, wie hernach ausgeführt wird. Nun gibt es mehrfach die Feststellung gestiegener Komplexität im Gefolge der Digitalisierung. Eine Bewertung dieser kann demzufolge nur über die Referenz des gesellschaftlichen Wissens und über deren wissenschaftliche Beschäftigung geschehen.

Der Mensch ist grundsätzlich sehr begabt im Umgang mit Komplexität, denn ihm ist es wohl als einzigem Lebewesen möglich, diese mit Erkenntnis zu ergründen. Die Grenzen davon sind vor allem Kapazitätsgrenzen bei der Aufnahme und Verarbeitung der zugehörigen Information. Über soziale Organisation kann er Hilfsmittel dafür schaffen. Das sind einerseits Arbeitsteilung und Kumulation bei wissenschaftlicher Ergründung, andererseits die unter denselben Faktoren entstandenen Werkzeuge der Informationsverarbeitung, von der Mathematik bis zu leistungsfähigen Computern. Ein ganzer Bereich hat sich mittlerweile dieser Tätigkeit verschrieben, nämlich die Big Data Analysten und die Vertreter der Data Science, mit so elaborierten Techniken wie Machine Learning.

„Diese Mittel [der Komplexitätsforschung] stellt im Wesentlichen die Computertechnologie bereit, die es heute ermöglicht, Zusammenwirkungen zu untersuchen, die sich in ihrer Komplexität einer kognitiven Erfassung, die sich nur verbaler, schriftlicher oder auch mathematisch-analytischer Darstellung bedient, nicht erschließen.“¹⁵³

Komplexitätsreduktion ist eine Form von Komplexitätsmanagement und gleichzusetzen mit Informationsverlust. Dabei werden Teile des Gesamten einfach ausgeblendet und nicht wahrgenommen. Auch der Vorgang der Abstrahierung und bewussten Vereinfachung im Forschungsprozess ist letztlich eine Komplexitätsreduktion. Der Vorgang der Modellierung, Stereotypisierung, Vereinfachung und Verwendung von Kategorien ist nichts anderes. Das kann in komplexen Systemen selbst auch auftreten und eine funktionale Spezialisierung von Teilsystemen sein.¹⁵⁴ Beispielsweise funktionieren Märkte nach einer *bounded rationality*, bei der sie als Tauschsysteme *selbstreferenziell geschlossen* operieren. „Sie sehen nur, was sie anhand ihrer spezifischen Selektionsweise sehen können.“¹⁵⁵ So wie komplexe Systeme zwangsweise den

¹⁵³ Füllsack, *Gleichzeitige Ungleichzeitigkeiten*, 18.

¹⁵⁴ Holland, *Complexity*, 42–44. Vgl. auch David Krakauers Erklärung zu „Coarse Graining“, Kap. 5.1.1.

¹⁵⁵ Füllsack, *Gleichzeitige Ungleichzeitigkeiten*, 76.

Möglichkeitsraum ihrer potenziellen Handlungen verkleinern müssen, um ihre Funktionalität nicht zu verlieren, so ist auch der Mensch selbst ein komplexes System. Sein Denken muss Vereinfachungen, beispielsweise durch das Instrument der Erfahrung, ausführen, um handlungsfähig sein zu können. Kurz erinnert sei hier wieder an Thorngates Postulat der angemessenen Komplexität.¹⁵⁶ Komplexitätsreduktion ist deshalb eine zentrale Charakteristik der Wahrnehmung und Funktionsweise des Menschen.¹⁵⁷

2.10. Komplexität im vorliegenden Kontext

Viele Texte zu Komplexität und komplexen Systemen betonen, dass es verschiedene Zugänge dazu gibt. Diese unterscheiden sich durch ihre jeweiligen fachlichen Herangehensweisen, aber auch durch den Gegenstand, der beobachtet wird. Wie John Holland betont, ist aus der Methode des Vergleichs und diesen beiden Gegebenheiten eine Vielzahl an Modellen entstanden. Sie sind das Ergebnis der Mustersuche bei komplexen Systemen, denn aus dem Abgleichen mehrerer solcher sind beschreibende und somit auch analytische Modelle entstanden. Konsequenterweise ergibt sich daraus ein Nachteil für isolierte Systeme, beziehungsweise lässt sich auch eine Tendenz in Richtung der gut erforschten Beispiele mitsamt ihrer Modellierungen konstatieren.¹⁵⁸

Der Begriff System ist bereits vielfach etabliert und bezieht sich auf mehrere existierende Theorieschulen. Damit ist er bereits relativ unbeweglich, weswegen Fred Spier, ein Vertreter der Big History, stattdessen den Begriff des *Regimes* vorschlägt.¹⁵⁹ Die Vorteile sind erkennbar, dennoch soll in dieser Untersuchung der System-Begriff verwendet werden. Regime bezeichnet sehr passend das Verständnis von Komplexität der Big History, nicht jedoch das allgemeinere Verständnis im vorliegenden Kontext, das mehrere Auffassungen von Komplexität zu umfassen sucht.

Generell ist Komplexität eine Eigenschaft von Systemen. Ergründet man diese, so stößt man bald auf Komplexitätsforschung, welche die umfassendsten Modelle anbietet. Die Ziele der Disziplin umfassen die Ergründung der Systeme mithilfe von Modellierung, Big Data und Simulationen durch Computerprogramme. Neben der Zustandsbeschreibung hinsichtlich der Ei-

¹⁵⁶ Weick, *Making Sense of the Organization*.

¹⁵⁷ Füllsack, *Gleichzeitige Ungleichzeitigkeiten*, 73–76.

¹⁵⁸ Holland, *Complexity*, 75–76.

¹⁵⁹ Spier, *Complexity in Big History*, 148.

genschaften und Funktionen ist es vor allem die Durchdringung der Veränderungs- und Entstehungsprozesse, die im Fokus der Forschung steht. Hier befindet man sich auch der Geschichtswissenschaft konzeptionell am nächsten. Bei all dieser Beschäftigung liegt stets eine Perspektive des naturwissenschaftlichen Realismus vor, die von objektiv erfahrbaren, tatsächlich vorhandenen Wahrheiten ausgeht. Da Periodisierung vielfach an ebenso festgelegten Indikatoren ausgemacht wird, bietet sich die Beschäftigung mit Komplexität als Hilfestellung dafür an. Die bisherige Hilfestellung für Periodisierungen beruhte auch oftmals auf einer quantifizierenden Basis. Derartige Unterstützung sollte jedoch im Rahmen einer Metareflexion der Episteme stattfinden, da auch die Erkenntnismöglichkeiten der beiden Bereiche sehr unterschiedlich sind. Durch diese Querverbindung der beiden Felder lassen sich auch Konzepte der Komplexitätsforschung, speziell zwei Kategorien der Veränderung, nämlich Emergenz und Entropie, auf Geschichte anwenden.

Dienliche Modelle von komplexen Systemen kommen also aus mehreren Quellen. Das vermutlich wichtigste ist die Darstellung als Netzwerk. Sie drängt sich auf, geht es doch bei Systemen grundsätzlich um das Zusammenwirken von Teilen, von Knoten und Kanten. Das Netzwerk ermöglicht durch seine Instrumentarien eine Simulation und – wichtiger für die vorliegende Untersuchung – Analyse von Systemen. Statische Systeme lassen sich vorzüglich durch ein Netzwerk abbilden, bei dynamischen stellt ein solches jedoch nur eine Momentaufnahme dar. Complex Physical Systems (CPS) und Complex Adaptive Systems (CAS) sind beide komplex und daher dynamisch. Letztere lassen sich schematisch über Agenten darstellen. Das sind Knoten, die auf Reize ihrer Nachbarn reagieren und so längerfristig Veränderung des Gesamtsystems herbeiführen.

Emergenz stellt als Charakteristik alle sonstigen Eigenschaften in den Schatten. Sie ist schwer zu definieren, aber wenn sie auftritt, dann handelt es sich ohne Zweifel um Komplexität. Ihre Schwierigkeit ist ebenso wie beim Grad der Komplexität, dass sie nicht endgültig nach unten hin abgegrenzt werden kann. Es gibt Extremfälle, an denen nicht eindeutig für oder gegen sie entschieden werden kann. Im Kontext der Sozial- und Geisteswissenschaften liefert Emergenz zudem ein interessantes Modell für Komplexität, insbesondere für die Periodisierung von Zeiträumen. Sie definiert sich als das Auftreten eines neuen Phänomens, das mehr ist als die Summe seiner Teile und deshalb eine neue Qualität besitzt. Eine Epoche zielt ebenso auf neue Qualitäten ab, die das Verständnis des Menschen prägend verändern. Ein Abgleichen anhand der Kategorie Emergenz scheint deshalb vielversprechend. Entlang der Unterscheidung von starker und schwacher Komplexität und Emergenz lassen sich auch komplexe Systeme unterscheiden.

Die verschiedenen Vertreter der Komplexitätsforschung lassen sich entlang dieses Schemas einordnen.

3. Information

If we picture a number of things that can be distributed in a variety of ways within a given space, we may say that the fewer places these things can occupy the more orderly the system; the more places the things can occupy the more disorder.¹⁶⁰

Bei Information handelt es sich um ein weiteres Konzept, das an einer Schlüsselstelle von Digitalisierungsprozessen und Komplexität steht. Nicht von ungefähr wird bei den neu entstandenen Disziplinen rund um die Technologie des Computers von Informatik, Informationstechnologie und Informationswissenschaften gesprochen oder der Computer als eine *Information Machine*¹⁶¹ bezeichnet. Diese Beispiele zeigen, dass ein bestimmter Umgang mit Information tatsächlich der Kernbereich von Computertätigkeit ist. Darüber hinaus gilt es jedoch zuerst einmal den Begriff selbst abzuhandeln, denn er spielt auch bei Signalverarbeitung von CAS sowie der quantitativen Bewertung von Komplexität, Ordnung und Entropie eine zentrale Rolle. Schlussendlich wird in diesem Kapitel die bereits besprochene Parallele zwischen Information, Entropie und Ordnung näher beleuchtet, wodurch eine Nähe zu komplexen Systemen entsteht. Darüber hinaus betrifft es auch den Aspekt der Signalverarbeitung von komplexen Systemen.

Zu Beginn zeigt sich ein kleiner Widerspruch: Einerseits gibt es ein Konzept wie die *General Definition of Information* (GDI), andererseits unterschiedliche Verwendungen des Begriffs und es wird sogar beklagt, dass es keine wirkliche Wissenschaft zu Information als solche gibt. Die *Stanford Encyclopedia of Philosophy* zeigt sogleich die Bandbreite der Auseinandersetzung mit dem Begriff auf, der ausgehend von einer frühen Konjunktur in der Mathematik im 20. Jahrhundert den Weg in viele Bereiche der Naturwissenschaften sowie Sozial- und Geisteswissenschaften gefunden hat.¹⁶²

Umgekehrt vermisst Wolfgang Hofkirchner einen Zugang, der über die praktischen Anwendungen von Informationswissenschaften hinausgeht, die sich ihrerseits vor allem mit Aspekten der Repräsentation in Systemen und dem Umgang damit beschäftigen und demnach beinahe dasselbe wie Informatik sind. Laut ihm bedarf es eines breiteren Geltungsbereichs mit einer allgemeinen bis universal-theoretischen Auseinandersetzung.¹⁶³ Für die gesamte Auseinandersetzung ist die Informationstheorie wichtig, die stark mathematisch geprägt ist. Sie gründet auf der Tätigkeit von Claude Shannon und dessen statistische und probabilistische Zugangsweise

¹⁶⁰ Blum, *Time's Arrow and Evolution*, 201.

¹⁶¹ Campbell-Kelly u. a., *Computer*.

¹⁶² Adriaans, *Information*.

¹⁶³ Hofkirchner, *Emergent Information: A Unified Theory Of Information Framework*, 2–5.

zu Informationsübertragung, speziell hinsichtlich Kriegstechnologie und deren störungsanfälligen Kommunikationsmedien. Die mathematische und ingenieurwissenschaftliche Zugangsweise konzentrierte sich fast ausschließlich auf syntaktische Dimensionen von Information, so dass bald ein Ruf nach Verbesserungen hinsichtlich der Bedeutungskomponente und einer Praxeologie, auch als Semantopragmatik bekannt, erfolgte. Seither erfolgten aber kaum zufriedenstellende Umsetzungen. Immer noch ist Shannons Modell omnipräsent und eine Alternative, die Semantik miteinschließen würde und einen Standard darstellen könnte, praktisch nicht vorhanden.¹⁶⁴ Für den vorliegenden Kontext lohnt sich dennoch ein genauerer Blick auf Shannons Modell, immerhin steht genau diese Überlappung von Technologie und Theorie ebenso wie die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlich geprägten Zugangsweisen im Mittelpunkt dieser Untersuchung.

Zuvor allerdings soll ein Blick auf die gegenwärtige Auseinandersetzung mit Information, sowie deren Dimensionen geworfen werden. Luciano Floridi gibt einen Einblick in die Bereiche von Information, die durch die GDI – von ihm als *Operational Standard* bezeichnet – untersucht werden können. Gleichzeitig beinhaltet sein Modell auch eine semantopragmatische Seite, was noch den Vorteil der Inkludierung des Menschen und der Bedeutungszuweisungen der symbolischen Struktur von dessen Kultur umfasst. Die Definition lautet: Information = Datum/Daten¹⁶⁵ (*data*) + Bedeutung (*meaning*).¹⁶⁶ Ausgeschrieben heißt das: Information besteht zuerst aus einer Rohzutat, den Daten, die zusätzlich noch wohlgeformt sein soll. Dafür müssen die Daten nach den jeweils systeminternen Regeln, was einer Art Syntax oder Code entspricht, ausgerichtet sein. Die beiden müssen sehr breit gedacht werden, denn ein beliebiger Code zählt genauso dazu wie eine natürliche Sprache. Als letzten Schritt benötigt es noch die Sinnesgenerierung bei einem Empfänger, wenn bei vorherrschender Kongruenz diese Daten bei einem Rezipienten landen. Enthält das System Akteure, so spricht Floridi von *Informant/Produzent* (*Informant/Producer*) auf der hervorbringenden Seite und von *Informierter* (*Informee*) auf der anderen. Sinnhaftigkeit ist demnach gleichzusetzen mit dem Zugang zur verwendeten Syntax.

¹⁶⁴ Hofkirchner, *Emergent Information: A Unified Theory Of Information Framework*, 2–5.

¹⁶⁵ Datum ist im vorliegenden Fall nicht als eine kalendarische Angabe zu verstehen, sondern in seiner alternativen Diktion, laut Duden ein „Faktum“ (Duden, *Datum.*) und in dieser Bedeutung das Singular von Daten. Letzteres wiederum scheint aufgrund seines üblichen Auftretens in Mengen (vgl. ≥ 1) beinahe wie ein Mehrzahlwort (Plurale tantum) aufzutreten.

¹⁶⁶ Formalisiert sieht die Definition folgendermaßen aus:

„GDI) σ is an instance of information, understood as semantic content, if and only if:

GDI.1) σ consists of n data, for $n \geq 1$;

GDI.2) the data are well formed;

GDI.3) the well-formed data are meaningful.“ Vgl. Floridi, *Information*, 21.

Andernfalls kann ein Datensatz nicht sinnvoll verarbeitet werden, etwa ein Buch in einer fremden Sprache und Schrift.¹⁶⁷ Ein leeres Blatt kann ebenso Information sein, in dem Fall die Information abwesender Information (*Silent Asset*). Deshalb ist die komplette Abwesenheit von Daten nur in absoluter Uniformität also der Eliminierung aller möglichen Differenzen vorstellbar. Umgekehrt kann deshalb ein Datum schlussendlich auf einen *Mangel an Uniformität* reduziert werden.¹⁶⁸ Hierin findet sich auch eine frühe Definition von Information nach MacCrimmon MacKay wieder: „Information is a distinction that makes a difference.“¹⁶⁹ Lyre wiederum bezeichnet das als die „Differenz zweier semantischer Ebenen“. Er fasst die Auseinandersetzung mit Information in die drei Bereiche Syntax, Semantik und Pragmatik zusammen. Obwohl diese Dreiteilung das wichtigste Paradigma auf dem Gebiet darstellt, ist auch hier keine eindeutige Trennung gegeben. Ganz im Gegenteil wirken sie jeweils miteinander.

Drei mögliche Formen von Daten sind auch grundsätzlich vorstellbar, die meist aufeinander aufbauen: (1) *Dedomena* (griechisch für „Daten“) sind Daten, bevor sie von irgendeiner Instanz verarbeitet wurden. (2) *Signale* sind sodann die physikalische Instanz von Daten, ebenso als Zustände zu bezeichnen. (3) *Symbole* sind auf Signalsätzen aufbauende Daten.¹⁷⁰ Diese Taxonomie besagt in letzter Konsequenz auch, dass etwas gleichzeitig Datum und Information sein kann, denn durch den gestaffelten Aufbau ergibt sich auf für Information eine hierarchische Ordnung. Ein Buch stellt dafür ein gutes Beispiel dar, denn es hat die Sinnebene des physikalischen Signals (Druckerschwärze), daraus ergeben sich Formen, die Information über den Buchstaben liefern, diese Daten wiederum fügen sich zusammen zu Wörtern, weiter zu Sätzen und schlussendlich zum Text, wobei alle Ebenen noch zusätzliche Informationen transportieren. Noch etwas wird daran offensichtlich – ein Teil der Information könnte ebenso auf anderem Weg transportiert worden sein, ohne ihren Informationswert einzubüßen. Dabei ist Handschriftlichkeit noch die kleinste Unterscheidung, ebenso wäre eine auditive Darstellung möglich. Das gilt jedoch nur für die intendierte Botschaft, immer geht kontextuelle Information bei der Übertragung in ein anderes Medium verloren. Das ist eines der grundlegenden Probleme der Digitalisierung.

¹⁶⁷ Floridi, *Information*, 20–21.

¹⁶⁸ Wiederum eine formalisierte Definition: „Dd) datum = def. x being distinct from y, where x and y are two uninterpreted variable and the relation of ‚being distinct‘, as well as the domain, are left open to further interpretation.“ Floridi, *Information*, 23.

¹⁶⁹ Zitiert nach: Floridi, *Information*, 23.

¹⁷⁰ Floridi, *Information*, 25.

Auf dieser vielfältigen Art von Information, die durch unterschiedliche Datensätze und verschiedenste Syntax realisiert werden kann, lässt sich ein vielfach ausdifferenziertes Kategorisierungsschema anwenden. Dieses verhilft dazu, einerseits unterschiedliche Aspekte der Betrachtung anzuwenden, andererseits verschiedene Formen von Information darin zu verorten. Die Vielfältigkeit dieser Taxonomien ist auf diverseste Anwendungen zugeschnitten, weshalb der Großteil der Kategorien hier nicht relevant ist. Ein zentrales Unterfangen stellt die Differenzierung nach der Art der Darstellung von Daten dar, wobei zwischen analog, digital und binär unterschieden wird, mehr dazu später. Ebenso betrifft die Auseinandersetzung mit Information erneut eine ontologische Seite, also inwieweit Information ein Phänomen ist, das bereits in sich selbst besteht oder nur in Zusammenhang mit dem Menschen denkbar ist. Der Begriff der *Dedomena* lässt bereits die Weltsicht erkennen, dass Daten eine Größe sind, die für sich selbst existiert. Gleichzeitig widerspricht dieser Ansicht die Ausgerichtetheit an einem Informierten, wo sich erst die Bedeutung generiert. Ein Buch lässt sich deshalb nicht absolut quantifizieren, denn es hat für jeden Betrachter unterschiedlichen Informationswert, dessen Unterscheidung bereits bei Kenntnis der abgedruckten Sprache beginnt und sich auf vielen Ebenen darüber fortsetzt.¹⁷¹ Das Maß für den Informationswert ist also stets das Wissen des Rezipienten. Diese semantische Differenz setzt sich fort in der Pragmatik, wenn man an den Prozess des Verstehens denkt, darstellbar durch den hermeneutischen Zirkel.¹⁷² Information ist also relativ. Das ruft wiederum Parallelen zu Erkenntnissen der Physik hervor, denn die Auseinandersetzung mit Information wird vielfach in einem Newton'schen Sinne betrieben, der jedoch größtenteils von Relativitätstheorie und Quantentheorie abgelöst wurde.¹⁷³ Mark Burgin aktualisiert daran erneut die Rolle des Beobachters: „In the light of the general theory of information, we can understand the relativity principle in quantum physics interpretation in the following way. Any (material) thing exists for people only when they have information from (in a generalized sense, about) this thing.“¹⁷⁴

Um eine Informationsübertragung anzustellen, benötigt es überdies keine Intention, etwas, das schon beim Silent Asset deutlich wurde. Paul Watzlawicks berühmter Satz lautete passend dazu: „Man kann nicht nicht kommunizieren.“¹⁷⁵ Wenn aber von Akteuren in jedem dynami-

¹⁷¹ Burgin, *Theory of Information*, 92–93.

¹⁷² Floridi, *Information*, 50–60.

¹⁷³ Burgin, *Theory of Information*, 95–96.

¹⁷⁴ Burgin, *Theory of Information*, 95–96.

¹⁷⁵ Watzlawick, Bavelas und Jackson, *Menschliche Kommunikation*, 53–70.

schen Prozess semantisch differenziert wird und dadurch syntaktische Einheiten bei der Anwesenheit von Rezipienten ständig Informationen übermitteln, dann kann man diese in breiter Lesart ganz allgemein als Kapazität interpretieren, die Änderungen in einem anderen System hervorzurufen. Das entspricht wiederum dem pragmatischen Aspekt von Information.¹⁷⁶ Sie lässt sich in dieser Konsequenz mit Transformation gleichsetzen, denn sie bewirkt immer eine Veränderung im Wissen des Rezipienten. Selbiges gilt für Energie, weshalb Carl Friedrich von Weizsäcker Information und Energie gleichgesetzt hat.¹⁷⁷

Wenn Information stets relativ ist, dann lässt sich eine Messung nur anhand des Verhältnisses zu Wissen anstellen. Information kann in dem Sinne nicht als Menge ermittelt werden, sondern nur als gradueller Wert relativ zum Rezipienten und dessen Wissen. Das beinhaltet Kategorien wie Korrektheit, Eindeutigkeit, Sinnhaftigkeit und Vollständigkeit.¹⁷⁸ Darüber hinaus sind Aspekte von Information quantifizierbar, wenn man die bewusste Übertragung in physikalische Werte durchsetzt. Eine Leitung hat ein gewisses Durchgangsvolumen, eine Festplatte begrenzten Speicherplatz. Das ist eine allgemeine Anschauung, die von Shannons *Mathematical Theory of Communication* (MTC) geprägt wurde. Zusätzlich dazu ist es eine Missinterpretation, wobei der Träger der Information mit der Information gleichgesetzt wird.¹⁷⁹ Anders gesagt: Auf einem Gigabyte Daten kann sich abhängig vom jeweiligen Rezipienten und von dessen Wissenstand (Computer, Mensch, Programm, Informant, usw.) ein unterschiedlicher Informationswert befinden.

Information lässt sich also verschiedentlich behandeln und außerdem kaum definieren, denn da sie sich immer in Bezug auf einen Informierten und dessen Erfahrungs- und Erwartungshorizont auslebt, zählen für den Informationswert der mögliche Auswahlbereich und die Selektionshorizonte, aus denen die Bedeutung generiert wird. Diese stehen in semantischer Hinsicht kaum jemals fest, etwa wenn man an menschliche Kommunikation denkt, die von nonverbaler Kommunikation, Kontextualität, dem Verstehensprozess des hermeneutischen Zirkels und der Diskrepanz zwischen Intention und Wahrnehmung geprägt ist. Die einzige Einschränkung ist der Bereich des Unsag- und Udenkbaren, wo sich Tabus, Konventionen und Regeln finden. Liegt etwa die Syntax fest, dann lässt sich wenigstens eine Ebene von Information eindeutig übermitteln und durch einen Beobachter isolieren. So können beispielsweise über fixierte und kodifizierte Zeichensysteme Informationen encodiert werden und später eindeutig decodiert

¹⁷⁶ Lyre, *Informationstheorie*, 20.

¹⁷⁷ Burgin, *Theory of Information*, 102.

¹⁷⁸ Burgin, *Theory of Information*, 131.

¹⁷⁹ Floridi, *Information*, 37, 44.

werden. Dann kennt man zumindest den Auswahlbereich. Aufgrund der Vorteile von Eindeutigkeit und Quantifizierbarkeit, die sich daraus ergeben, sind derartige Informationen mehrheitlich das Objekt der Beschäftigung mit ihnen. Es ist vielmehr eine Auseinandersetzung mit der Übertragung als mit der Interpretation, wodurch es sich dabei eher um Daten als um Informationen handelt.

Es böte sich deshalb generell an, mit Daten anstelle von Information zu operieren. Sie haben nicht den relationalen Charakter von Information, indem sie den Zustand vor der Interpretation bezeichnen. Das ist aber zweifach problematisch, denn einerseits wird ein objektiver Wahrnehmungsprozess vorausgesetzt, andererseits eine ontologische Position eingenommen, welche Gegenstände der Erkenntnis unmöglicherweise vor einem Beobachtungsprozess bereits als existierend annimmt.¹⁸⁰ Daten besitzen bereits Syntax und umfassen damit bereits einen der drei Aspekte von Information, wodurch sie nicht gänzlich außerhalb davon stehen.¹⁸¹ Beispielgebend bezieht sich die MTC explizit auf die syntaktische Komponente von Information, also Daten, und können deshalb quantifiziert werden. Sobald jedoch jemand die Daten rezipiert, werden diese bereits zu Information. Beispielsweise werden die Daten der Data Science als noch nicht ausgewertete Information verstanden, für die erst ein Bedeutungsschema modelliert und auf sie angewandt werden muss. Tschiggerl, Walach und Zahlmann präzisieren den Datenbegriff für die Geschichtswissenschaft und weisen dabei auf eine Scheinobjektivität hin:

Daten sind für die Geschichtswissenschaft vor diesem Hintergrund strenggenommen das, was man als ‚Stellvertreterquelle‘ bezeichnen könnte: Sie sind eine Übersetzung von subjektiv interpretierten Beobachtungen in ein scheinbar objektives Zeichensystem. Sie sind nicht mit einer vermeintlich historischen Wirklichkeit zu verwechseln, die abzubilden sie vorgeben; sie erzeugen die neue Wirklichkeit einer logischen Ordnung – und damit sind sie eigentlich auch nur als Quellen für diese Ordnung geeignet.¹⁸²

Information ist immer angewiesen auf einen Interpreten, bei dem erst Bedeutung entsteht. Binärcode entspricht wie gesehen gleichzeitig physikalischen Daten und der Anwendung von Syntax, auf der nächsthöheren Ebene jedoch wieder nur Daten bis zu einer weiteren Interpretation. Dieses Spiel lässt sich im Grunde ewig weiterspielen: Binärcode wird als Dezimalcode interpretiert, wird als lateinisches Alphabet interpretiert, wird als Wort, Satz, Text interpretiert, wird in immer wieder neuer Form symbolisch interpretiert. Wenn etwas gleichzeitig Datum und Information sein kann, dann benötigt es für den operativen und eventuell quantifizierenden

¹⁸⁰ Tschiggerl, Walach und Zahlmann, *Geschichtstheorie*, 37–38.

¹⁸¹ Wie bereits gesehen ist für eine Syntax bereits Semantik vonnöten, was eine Annäherung zur Information bedeutet.

¹⁸² Tschiggerl, Walach und Zahlmann, *Geschichtstheorie*, 38.

Umgang damit entweder eine Festlegung auf eine Interpretationsart (eine Syntax) oder, wie das die MTC macht, eine Beschränkung auf den Datumsbegriff.

Daten sind nun eigentlich der Kunstgriff, Information ohne Semantik und damit vor dem Prozess der Verarbeitung vorliegen zu haben.¹⁸³ Gerade dafür benötigt es aber eine Syntax, die wiederum auf eine semantische Unterscheidung angewiesen ist. Der Kunstgriff ist ontologischer Art, was man an Dedomena sehen kann, die laut Definition als Unterscheidungen in der Natur (*in the wild*) vorhanden sind.¹⁸⁴ Der Sinn hinter dieser Hilfsdefinition liegt in den vielfältigen semantischen Ebenen des Interpretationszirkels versteckt. Hier gibt es quasi unendliche Möglichkeiten der Interpretation, wovon jede eine eigene Syntax benötigt. Daten bezeichnen nun einen Zustand, zu dem bereits Interpretationen stattgefunden haben, somit eine syntaktische Wohlformiertheit vorliegt und die erst dadurch offen für vielfältige weitere Interpretationen ist. So impliziert beispielsweise die klassische Verwendung von digitalen Daten Information, die physikalisch wohlformiert ist (etwa durch den Binärcode) und die, wenn man von einer Datenbank spricht, sodann nach mehreren Kriterien zugeordnet und darum auch symbolisch wohlformiert ist. Dadurch ermöglichen sie Interpretationen, sind jedoch gleichzeitig selbst welche. Dedomena sind der eigentliche Kunstgriff, denn sie sagen, dass dieser Zirkel bis auf einen ontologisch wirklichen Gegenstand ohne jegliche Semantik reduzierbar wäre. Pure Daten vor jeder Interpretation sind aber doch immer noch Daten und die definiert Floridi über unterscheidbare Einheiten, also Syntax und also Semantik und über Interpretation. Man sieht – hier ist ein logischer Fehlschluss vorhanden.

Welchen Nutzen kann man dennoch daraus ziehen? (1.) Daten sind praktisch dasselbe wie Information, denn in beiden Fällen ist Semantik inkludiert. Allein im Begriff der Information ist per definitionem der Prozess der semantischen Bedeutungszuweisung und deshalb ein Rezeptionsvorgang inklusive eines Akteurs enthalten (2.) Allgemein sind mit Daten vor allem Informationen vor einem bestimmten Interpretationsprozess gemeint. Aus praktischen Gründen bezeichnet dabei das Datum das Eingangs- und Information das Ausgangsprodukt. (3.) Geht man konsequent vor, so gibt es eigentlich keine Daten, denn stets ist bereits Bedeutung im Prozess ihrer Beobachtung inkludiert. Zudem haben sie immer eine Art von Syntax inkludiert, die die Wohlformiertheit ergibt und Semantik voraussetzt.

¹⁸³ Vgl. Nassehi, *Muster*. allgemein und speziell S. 25, 70-71.

¹⁸⁴ Floridi, *Information*, 23.

3.1. Kybernetik

Dabei handelt es sich um die Wissenschaft von Steuerung und darum Informationsverarbeitung. Bearbeitet werden vor allem Aufbau und Funktionen von Systemen, speziell der Kommunikationen zwischen oder innerhalb derselben. Hier wird mitunter die Optimierung von Kommunikationsflüssen zum Ziel einer praktischen Anwendung. Die Kybernetik ist eine Disziplin, die vor allem in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts äußerst produktiv war, als sie sich zuerst mit Systemen und dann deren Beobachtung beschäftigte und viele Erkenntnisse zutage förderte. Gegenwärtig sind ihre Errungenschaften vielfach zu Allgemeinwissen geworden, andere Bereiche hingegen ausgelagert worden. So war die Kybernetik in den 1960er Jahren federführend an Überlegungen zu künstlicher Intelligenz beteiligt.¹⁸⁵ Heute sind viele ehemalige Teilbereiche in eigene Disziplinen ausgelagert. Zur Komplexitätsforschung gibt es einige Verbindungslinien, wie etwa grundsätzlich das informationsverarbeitende System, das Black-Box-Modell oder diverse Auseinandersetzungen mit Loops. Die Kybernetik fungiert gewissermaßen als Dachdisziplin, unter der sich auch die Komplexitätsforschung teilweise einfindet.¹⁸⁶ In der vorliegenden Arbeit soll sie keine bedeutende Rolle einnehmen, da sie in ihrer Relevanz von der Komplexitätsforschung selbst ersetzt worden ist. Der Vollständigkeit halber soll sie jedoch erwähnt werden.¹⁸⁷

3.2. Informationstechnologien

Zu Beginn steht wiederum die Illusion, dass Daten und deren Syntax ohne Semantik denkbar wären und dass der Mensch Daten erfassen kann, ohne den Zirkel der Bedeutungsgenerierung zu eröffnen. In dieser Hinsicht ist der Titel auch viel zutreffender als eine eventuelle *Datentechnologie*. Dass der Begriff der Daten dennoch so omnipräsent ist, liegt an der dahinterstehenden Implikation. Er insinuiert zwar einen Zustand vor jeglicher beobachterbedingten Interpretation, tut dies aber nur, um eine gewisse Alltagspraxis zu erreichen: Datum ist die Bezeichnung für die Ausgangsinformation vor einem bewussten Interpretationsprozess. Diese Verwendung hat einschneidende epistemologische Konsequenzen. Vorerst wird der Begriff jedoch weiterverwendet, wobei die Hintergründe mitbedacht werden sollen.

¹⁸⁵ Franchi und Güzeldere, *Mechanical bodies, computational minds*.

¹⁸⁶ Vgl. Frank, *Kybernetik*; Krohn, *Konzepte von Chaos und Selbstorganisation in der Geschichte der Wissenschaften*.

¹⁸⁷ Ashby, *An Introduction to Cybernetics*; Wiener, *Cybernetics*.

Die Erstellung von (physikalischen) Daten kann digital und analog erfolgen. Am Beispiel von Tonträgern ist der Unterschied gut erkennbar: Wenn eine Schallplatte aufgenommen wird, dann wird die Schwingung des Schalls mechanisch auf die Oberfläche geritzt, wohingegen bei einer CD die kontinuierliche Welle in serielle Vertiefungen transformiert wird, die danach auf die Oberfläche encodiert wird.¹⁸⁸ Handelt es sich beim Rezipienten (Informierten) um einen Menschen, dann hat auch er schon Jahrtausende lang Daten und also Informationen erstellt. Seine Informationstechnologien sind Sprache, Schrift, Tinte, Papier, Schreibmaschine und vieles mehr, was in der menschlichen Vergangenheit zum Umgang mit Information entwickelt wurde. In jüngster Vergangenheit hingegen ist erstmals der Begriff der Informationsgesellschaft gefallen. Information wurde zu einer ökonomischen Kategorie und die Schaffung digitaler Informationstechnologie veränderte das Leben der Menschen. Burgin nennt diese Vorgänge „the most important revolution in human evolution“¹⁸⁹ und Floridi spricht parallel dazu von einer vierten Revolution, dem Entstehen einer Infosphäre und von einer re-ontologischen Verschiebung der Wahrnehmung hin zu einer Situation, in der Informationstechnologie die Realitätswahrnehmung des Menschen zunehmend beeinflusst und bestimmt.¹⁹⁰ Insgesamt lässt sich jedenfalls eine gewisse Abhängigkeit der Gesellschaft von Informationen erkennen.¹⁹¹

Der Computer als die Informationsmaschine schlechthin ist dabei nicht zwangsläufig abhängig von digitalen Daten, es gibt im Gegenteil sogar analoge Computer. Ihre auf kontinuierlichen Phänomenen beruhenden Kalkulationen ermöglichen etwa eine Sanduhr oder die Simulation von elektrischen Leitungsnetzen. Da sie über keine universelle Programmierbarkeit verfügen, beschränken sich analoge Rechner auf die reale Simulation von Problemstellungen, die sie in Echtzeit berechnen.¹⁹²

Die Konstruktion eines digitalen Computers wurde erst praktikabel durch die Darstellung von Daten in binärer Form. Dabei handelt es sich um einen Code aus nur zwei Zuständen, deren Symbole *Bits* (binary digits) genannt werden. Es sind die zwei Zahlen 0 und 1, die jeweils nur die Ab- oder Anwesenheit eines Signals anzeigen. Will man über diese zwei Zeichen hinaus gehen, so bildet man auf einer nächsthöheren Symbolebene Reihen. Mit zwei Symbolen können

¹⁸⁸ Im Englischen ergibt sich hier eine sprachlich schöne Gegenüberstellung der beiden Verfahren, die ich dem Leser nicht vorenthalten möchte: „A vinyl record is recorded, a compact disc encoded.“

¹⁸⁹ Burgin, *Theory of Information*, 39.

¹⁹⁰ Floridi, *Information*, 8–12.

¹⁹¹ Mark Burgin fasst das zusammen als eine Verschiebung von *Information Society* zu *Society dependent on Information*. Vgl. Burgin, *Theory of Information*, 41.

¹⁹² Campbell-Kelly u. a., *Computer*, 46–49.

bereit $2^2=4$ Zeichen dargestellt werden. Erweitert man das auf eine Serie von acht Bits, bekannt als ein *Byte*, so ergibt sich eine Anzahl von $2^8=256$ Zeichen. Dieses wurde eine elementare Maßeinheit, auf der viele Rechnerarchitekturen basieren.

Dieses System der Datenencodierung hat mehrere Vorteile: (1.) Bits können gleichzeitig physikalisch (aus/ein, Strom/kein Strom, magnetisiert/nicht magnetisiert, usw.), logisch-mathematisch (1/0) und semantisch (richtig/falsch) dargestellt werden. Das ermöglicht (2.) die Konstruktion von Maschinen, die genau diese drei Ebenen kombinieren und physikalisch Bits erkennen, damit logische Operationen durchführen sowie Daten manipulieren, die der Mensch für bedeutsam ansieht. Genau an diesem Punkt verwandelt sich die beschränkte Fähigkeit eines Computers, zwischen zwei Zeichen unterscheiden zu können, in eine Art von Intelligenz. (3.) Daraus ergibt sich, dass ein digitaler Computer völlig präzise funktionieren kann, weil es im binären System die geringstmögliche Anzahl an Zwischenzuständen gibt.¹⁹³ Dadurch ist der Unterschied der Zustände maximiert, was die Eindeutigkeit der syntaktischen Interpretation erhöht.

Diese Art von Information ist nun leicht quantifizierbar und, da es sich um physikalische Signale handelt, kann sie codiert, übertragen und gespeichert werden. Eine Theorie zu diesen Eigenschaften resultiert aus den Forschungen Claude Shannons. Seine Auseinandersetzung mit Wahrscheinlichkeiten von Information gipfelte in der einflussreichen *Mathematical Theory of communication* (MTC)¹⁹⁴, später oftmals auch als Informationstheorie bezeichnet. Diese bereitete den Grund für alle Phänomene, die digitale Datencodierung und -übertragung beinhalten, ebenso wie für beinahe jede darauffolgende Auseinandersetzung mit den Phänomenen Information und Kommunikation. Es gab jedoch aufgrund des strikt mathematischen Zuganges Einwände von Verfechtern, die für einen semantischen und pragmatischen Zugang im Umgang mit Information plädieren.

Shannon hatte vor allem eine effiziente Übertragung im Sinn, weshalb er eine Form der Quantifizierung von Information anvisierte. Damit lässt sich Effizienz als Menge übermittelter Information pro Zeichen betrachten. Zu diesem Zweck näherte er sich Information wahrrscheinlichkeitstheoretisch über die Ungewissheit und nannte die Größen *Neuigkeitswert* oder *Überraschungswert*. In einer idealtypischen Situation wird eine Folge von Zeichen aus einem Alphabet oder Vorrat an Zeichen übermittelt, woraus sich eine Wahrscheinlichkeit ergibt, mit der

¹⁹³ Floridi, *Information*, 25–29.

¹⁹⁴ Shannon und Weaver, *The Mathematical Theory of Communication*. Das Buch stellt eine Erweiterung eines zuvor von Shannon alleine publizierten Artikels dar. Er hat dazu den unbestimmten Artikel in einen bestimmten umgewandelt. Warren Weaver hat zudem einen Artikel beige-steuert, der einen Überblick für Laien beinhaltet.

jedes einzelne daraus auftritt. „Vor dem Auftreten eines Zeichens besteht eine Ungewissheit; sein Auftreten hat einen Überraschungswert und ist in diesem Sinne eine Information für den Empfänger. Welche Menge an Ungewissheit wird durch das tatsächliche Auftreten des Zeichens beseitigt? [...] Je geringer die Wahrscheinlichkeit des Auftretens, desto größer der Überraschungswert, der Neuigkeitswert, die Information.“¹⁹⁵ Dieser wiederum ist umso kleiner, je geringer der Möglichkeitsraum der verwendeten Syntax ist. Eine 0 im Binärcode ist weit wahrscheinlicher als ein x im lateinischen Alphabet, weshalb bei Letzterem der Überraschungswert höher ist. Die Einheit dieser Wahrscheinlichkeit nannte er aufgrund seiner Ähnlichkeit zur thermodynamischen Entropie die *Informationsentropie*. Mit dem so errechenbaren Wert lässt sich schlussendlich ein Übertragungscode und -kanal dimensionieren, um eine Botschaft effektiv und effizient zu übertragen.

Semantik tritt in diesem Modell nur insofern auf, als dass jedem Beteiligten die Syntax (auf der darunterliegenden Ebene sind das symbolische Daten) bekannt sein muss, um diese auch ein- und auslesen zu können. Das ist gleichbedeutend mit den Daten in ihrer syntaktischen Dimension, wie sie in der GDI notiert werden. Darüber hinaus ist keine Aussage über Bedeutung enthalten. Von zwei Nachrichten mit gleichem Shannon'schem Informationswert kann eine für den Informierten von großer Bedeutung sein, die andere hingegen reinen Nonsens übermitteln, was selbst in der ersten Publikation von Mitautor Weaver betont worden ist.¹⁹⁶

Eine wichtige Unterscheidung ist dabei zwischen *aktueller Information* gegenüber *potenzieller Information* anzustellen. Informationsentropie gibt nur die Wahrscheinlichkeit des Neuigkeitswertes eines ausgelesenen Zeichens an, also die Eintrittswahrscheinlichkeit. Die thermodynamische Entropie hingegen ist eine Wahrscheinlichkeitsverteilung eines materiellen Systems. Die Parallelen, vor allem der Namensgebung, hängen damit zusammen, dass die mathematische Formeln beider Wahrscheinlichkeiten formal übereinstimmen. Hägerle warnt aber vor einer Gleichsetzung der beiden:

Oft spricht man auch von Entropiezunahme = Informationsabnahme. Hier ist die aktuelle Information gemeint! Die Verwechslung von aktueller und potenzieller Information hat seit Brillouin einige Verwirrung und Vorzeichen-Unklarheiten in der Literatur gestiftet. Der Satz von der Entropiezunahme [der Welt] lautet in informationstheoretischer Formulierung: Mit fortschreitender Zeit wird mit überwiegender Wahrscheinlichkeit die aktuelle Information des zu dieser Zeit vorliegenden Makrozustandes abnehmen, seine potenzielle Information zunehmen.¹⁹⁷

¹⁹⁵ Hägele, *Was hat Entropie mit Information zu tun?*, 3.

¹⁹⁶ Shannon und Weaver, *The Mathematical Theory of Communication*, 18.

¹⁹⁷ Hägele, *Was hat Entropie mit Information zu tun?*, 6.

Für Shannon war der Zugang über potenzielle Information und den Neuigkeitswert entscheidend, da es ihm an einer Theorie zur Kommunikation im technischen Kontext gelegen war. Das betrifft Fragen der Übertragung, Codierung und technischen Umsetzbarkeit im Bereich der Elektronik.¹⁹⁸ Darauf basiert die gesamte heutige Informationstechnologie mitsamt ihrer digitalen Signalstruktur. Für den Umgang mit deren Auswirkungen und Konsequenzen hingegen ist sie nicht so bedeutsam.

3.3. Schnittmengen zwischen Information und Komplexität (oder: Information weitergedacht im Kontext von Erkenntnis)

An welchen Punkten treffen sich diese Überlegungen mit Komplexität? Zuerst steht hinter beidem ein erkenntnistheoretisches Gebilde, das sich teilweise gleicht, an anderen Stellen aber stark voneinander abweicht. Weiters bietet sich ein Zugang über Entropie an, denn immerhin spielt deren thermodynamische Ausformung eine gewichtige Rolle für die Komplexitätsforschung und Shannon hat in seiner MTC das Pendant der Informationsentropie benannt. Das korreliert mit einer Betrachtung der Struktur oder Ordnung komplexer Systeme bezüglich eines Informationswertes. Vierter Berührungspunkt ist die Informationsverarbeitung, die im Zentrum der Funktionsweise von CAS steht. An letzter Stelle wird noch die Rolle der Informationstechnologie in der Durchdringung von Komplexität erörtert.

3.3.1. Episteme

Die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Komplexität und Information geht direkt in das Gebiet der Bewertung von Information im Umfeld naturwissenschaftlicher Forschung über. Da die Komplexitätsforschung ihre Basis genau dort hat, sind ihre Zugänge in ontologischer und epistemologischer Hinsicht daran gekoppelt. Dasselbe gilt für deren Informationsbegriff. Lyre hat in seinem Einführungswerk eine allgemeine Verortung der Verwendungen dieser beiden vorgelegt. Dabei wird klar, dass sich die naturwissenschaftliche Empirie der Hilfskonstruktion eines empirischen Subjekts bedient. Dieses spart den zwangsmäßig bei Erkenntnissen einge-

¹⁹⁸ Redundanz entspricht hier einer Komponente von Störungsreduzierung. Näheres dazu unter *Resilienz* (Kapitel 2.7.4).

bundenen Beobachter kurzerhand aus und sieht dessen Begriffe und Koordinatensystem als objektive Kriterien an – „Die Übersetzung von subjektiv interpretierten Beobachtungen in ein scheinbar objektives Zeichensystem.“¹⁹⁹ Damit schafft es der Empirismus erst, einen ontologisch ausgerichteten Informationsbegriff anzuwenden.

Lyre skizziert diesen in einer Zugangsweise namens „Information a priori“. Ohne die menschliche und beobachterabhängige Bedingtheit zu beachten, reduziert sie Erkenntniszuwachs auf die zwei Faktoren von Unterscheidbarkeit und Zeitlichkeit. Mithilfe dieser beiden lassen sich sodann die ganzen bisher skizzierten Konzepte erläutern. Erst die Unterscheidung von Einheiten ermöglicht es, einen „lack of uniformity“, eine „difference that makes a difference“²⁰⁰ festzumachen. Information ist demnach der Grad der Unterscheidbarkeit und seine Basiseinheit ist die Unterscheidung zwischen zwei Zuständen, die *Binary Unit* oder *Bit*. Es handelt sich um das einfachste, weil nur zweiteilige Alphabet. Erkenntnis, Schlüsse und Erfahrungen benötigen zusätzlich Zeitlichkeit, denn in ihr entwickeln und entfalten sie sich und formt sich die Unterscheidbarkeit aus. Der Prozess der Festlegung benötigt Zeitlichkeit und in ihr vollzieht sich der Übergang von potenziellen Möglichkeiten der Zukunft zur festgelegten Faktizität der Vergangenheit. Dieses Gegensatzpaar wurde bereits verwendet, dabei jedoch als potenzielle und aktuelle Information bezeichnet. Dort, wo empirisch vorgegangen wird, wird folglich stets die aktuelle Information ermittelt. Durch den Prozess der Messung und jedweder Ermittlung wird Faktizität aus den potenziellen Möglichkeiten hergestellt, mit dem Resultat gespeicherter Information.²⁰¹

Der Zusammenhang zwischen diesem Prozess und der Haltung, die ein Subjekt darin einnimmt, wird erneut deutlich, wenn man sich die Aspekte von Syntax, Semantik und Pragmatik in diesem Schema ansieht. Syntax betrifft nun grundsätzlich das Auftreten von Unterscheidbarkeit. Semantik hingegen bezieht sich auf Unterscheidbarkeiten, die eine Voraussetzung für den syntaktischen Aspekt darstellt. Pragmatik bezeichnet schlussendlich die Entfaltung neuer Unterscheidbarkeiten und damit die Zeitlichkeit.²⁰² Die dichte Verflechtung der drei wird mehrfach bewusst: einerseits an der gegenseitigen Bedingtheit von Syntax und Semantik, andererseits an der erwähnten Verbindung der Semantopragmatik. Gerade Erstere weist eine inhärente Zirkularität auf, bei dem in Analogie zum hermeneutischen Zirkel Wahrnehmung, Erfahrung und

¹⁹⁹ Tschiggerl, Walach und Zahlmann, *Geschichtstheorie*, 38.

²⁰⁰ Floridi, *Information*, 23.

²⁰¹ Lyre, *Informationstheorie*, 195–202.

²⁰² Lyre, *Informationstheorie*, 198–99.

Erkenntnis stets wieder aufeinander aufbauen und so eine Hierarchie herstellen: „Zunächst konstituieren wir qua Information Objekte – und letzten Endes auch das menschliche Bewusstsein als legitimes Objekt empirischer Wissenschaft. Die Semantik, die dabei jeweils vorausgesetzt ist, kann ebenso gut verobjektiviert werden.“²⁰³ Die ontologische Bejahung dieser Objekte wird anhand empirischer Forschung offensichtlich, die sich den beschriebenen Kunstgriff erlaubt. Problematisch wird der Zugang erst, wenn man die Rolle des Subjekts und die Objektivierung seiner *Forschungs-Syntax* näher beleuchtet. Die Frage, die sich stellt, ist, ob es Information unabhängig von diesem Subjekt gibt und diese quasi an sich und materiell existiert. Da die Physik die Disziplin ist, die sich am intensivsten mit dieser Frage auseinandergesetzt hat, kann man Antworten auch am ehesten dort erwarten. Sie hat jedoch bisher kein zufriedenstellendes Konzept abgeliefert, in dessen Rahmen Materie als die Grundkonstituente der Welt erschöpfend erklärt wird. Mit den Einsichten der Quantentheorie lässt sie sich eher auf den Komplex Materie-Energie-Information erweitern. Darin spielt wieder der Vorgang der Messung oder Beobachtung eine große Rolle, der Zustände erst herstellt.²⁰⁴ Würde man auf solche Ergebnisse den naturwissenschaftlichen Realismus anwenden, dann würde die erfahrbare Realität subjektabhängig – das Ende des Empirismus! Gerade vonseiten der Naturwissenschaft kommt damit also eine Tendenz und Notwendigkeit, den Beobachter als Teil des epistemologischen Prozesses zu sehen, wobei die empirische Hilfskonstruktion dennoch fortgeschrieben und aufrecht erhalten wird.

Damit kommt man folglich zurück zu einer beobachterabhängigen Wirklichkeit und einer transzendentalen Auffassung des Subjekts, dessen Eigenschaften nun auch von der Forschung reflektiert werden müssen.²⁰⁵ Eine Konsequenz daraus ist eine Verneinung objektiver Konzepte von Information, denn das beteiligte Subjekt bringt zwangsläufig Subjektivität mit in den Pro-

²⁰³ Lyre, *Informationstheorie*, 201.

²⁰⁴ Burgin, *Theory of Information*, 96.

²⁰⁵ Solch ein Subjekt ist aber nicht gleichzusetzen mit dem Informierten bei Floridi, der die notwendigerweise subjektive Instanz der Bedeutungsgenerierung innehat. Sobald nämlich in einem Informationsprozess der Informierte objektiv behandelt wird, öffnet sich bereits wieder eine höhere Ebene der Betrachtung und erneut wird ein Subjekt der Beschreibung vorausgesetzt.

zess. „Das Subjekt der Information selbst kann nicht im gleichen Atemzug verobjektiviert beschrieben werden wie das Objekt.“²⁰⁶ Der endlose Zirkel, der sich aus der ständigen Objektivierung des Subjekts auf nächsthöherer Ebene ergibt, charakterisiert die Unerreichbarkeit, Unreduzierbarkeit und Transzendenz des Subjekts.²⁰⁷

Wie verhalten sich nun Mensch und Subjekt hinsichtlich der Komplexitätstheorie und den darin auftretenden informationsverarbeitenden Agenten? Der Mensch ist darin einerseits selbst ein komplexes System, andererseits das außerhalb der Systematik agierende, empirisch forschende Subjekt. Gerade deshalb scheint die Transzendenz desselbigen im Rahmen der Komplexitätsforschung für manche fassbar, handelt es sich doch bei einem der Forschungsziele um die Modellierung des menschlichen Bewusstseins. Die Zukunft wird zeigen, wie produktiv sich dieses Betreiben erweist. Die Stellung des Beobachters in der Systemtheorie ist bereits in der Vergangenheit Gegenstand der Überlegung gewesen, wobei etwa Luhmann diesen auch epistemologisch verortet. Er kritisiert dabei eine analytische Systemtheorie, die transzendentaltheoretisch ist. Die Systeme treten dort erst durch einen Beobachter zusammen, wobei dessen Begriffe und Sichtweise die Erscheinung des Systems formen. An dieser klassischen Definition kritisiert Luhmann den pragmatischen Positivismus der Wissenschaftspraxis, von Lyre als die empirische Seite des Erkenntnisprozesses bezeichnet. Er versucht das zu umgehen, indem er eine Ebene im Zirkel des subjektiven Wahrnehmens höher geht. Er setzt den Beobachter in das System hinein und stellt dann Beobachtungen des Beobachters an.²⁰⁸ Diese Vorgangsweise ermöglicht sowohl einen höheren Grad an Reflexion als auch eine Betrachtung zweiter Ordnung, kann aber dennoch keine Ansprüche an eine Auflösung des Subjektivismus und einen Blick hinter die Transzendenz ermöglichen. Auf jeden Fall zeigt sich auch hier die konstruierte Verfasstheit der objektivierten Wissenschaft und die Bedingtheit eines Beobachters in systemtheoretischen Zugängen.

²⁰⁶ Lyre, *Informationstheorie*, 209.

²⁰⁷ Schlussendlich bedeutet jedoch der zirkuläre Zusammenhang zwischen den Aspekten von Syntax und Semantik (eine Syntax schließt bereits semantische Zuweisungen mit ein), dass es für Informationsprozesse ein Subjekt benötigt, das gleichzeitig empirisch und transzendental verfährt. Wenn es sich also bei dem ontischen und epistemologischen Charakter von Information um zwei Seiten einer Medaille handelt, wobei die Medaille das Subjekt ist, wie ist dann ein Subjekt vorstellbar? Aufgrund des semantoprägnanten Aspekts von Information muss das transzendente Subjekt Metareflexion betreiben und kognitiv kommunizierbare Wissensinhalte erzeugen können, um so den Zirkel der für Informationsgenerierung notwendigen Bedeutungszuweisung gehen zu können. Das Subjekt muss ein Bewusstsein von sich selbst haben, um die objektiven Begriffe seiner empirischen Erkenntnisyntax erstellen zu können und schlussendlich als transzendentes Subjekt agieren zu können. Lyre, *Informationstheorie*, 210.

²⁰⁸ Luhmann, *Einführung in die Systemtheorie*, 60–63.

Die Stellung des informationsverarbeitenden Menschen zu Komplexitätstheorie ergibt sich an zwei Stellen. Die Verbindung von Komplexitätstheorie und Information ist erstmal an der empirischen Konstruktion aufzuhängen. Der in den Naturwissenschaften übliche Realismus ist auch in der Komplexitätstheorie vorherrschend. Dementsprechend werden auch soziologische Betrachtungen vor allem auf diese Art betrieben.²⁰⁹ Das Subjekt als Erkenntnishorizont wird zumeist ausgespart und speziell bei der vorherrschenden Big Data Analyse scheinbar getilgt. Die Versprechung, dass auf diese Weise eine objektive Wissenschaft betrieben werden kann, löst sich jedoch in Luft auf, wenn man die bisherigen Überlegungen zum Empirismus hier mitbedenkt. Die Praxis der Informationsverarbeitung benötigt den Zirkel aus empirischer Objektivierung der verwendeten wissenschaftlichen Objekte und transzendentaler Erkenntnis. Demnach steht das Subjekt am Beginn jeder Modellierung von Forschungsdesigns, Studien, quantitativen Analysen jeder Art, Computerprogrammen und EDV-Prozessen sowie im Zentrum jedes Erkenntnisprozesses.²¹⁰ In der Komplexitätsforschung wird demnach mit der üblichen positivistischen Pragmatik der speziell in den Naturwissenschaften angewandten Objektivierung gearbeitet. In der auf dem Konzept Komplexität aufbauenden Big History wird einleitend explizit auf eine sie stützende moderne Ursprungsgeschichte verwiesen. Wie die konstituierenden Mythen früherer Zeit handelt es sich um ein Narrativ, das die Welt erklärt und erleichtern soll, sie zu verstehen. „Sie ist eine moderne Ursprungserzählung für alle modernen Menschen, und sie stützt sich auf die globalen Traditionen der modernen Wissenschaft.“²¹¹ Wie später noch genauer ergründet werden soll, wird hier das Prinzip der empirischen Objektivierung als Leitnarrativ der gegenwärtigen Weltergründung angesehen. Selbiges kann problemlos auf die Komplexitätsforschung übertragen werden.

Weiters ergibt sich eine Verbindung zwischen der Informationsverarbeitung im menschlichen Erkenntnisprozess der Komplexitätsforschung und der Informationsverarbeitung der Agenten in komplexen Systemen. Ein wichtiger Mechanismus in diesen empirischen Vorgehensweisen ist die Ontologisierung der Gegenstände von Forschung. Genau das ist bei Komplexitätsforschung erkennbar – es wird stets von tatsächlich existierenden Objekten ausgegangen. Diese werden zuerst analytisch modelliert, um im nächsten Schritt daraus weiterführende, zusätzliche Information erhalten zu können. Wiederum erkennbar ist der Zirkel, bestehend aus empirischer und transzendentaler Seite. Information ist in dieser Methode unterschiedlich vorhanden. Ei-

²⁰⁹ Beispielsweise Turchin u. a., *Quantitative Historical Analysis Uncovers a Single Dimension of Complexity*.

²¹⁰ McCarty, *Modeling: A Study in Words and Meanings*.

²¹¹ Christian, *Big History*, 17.

nerseits wird der Zirkel im Erkenntnisprozess des Subjekts, der nun bereits in Zügen beschrieben wurde, beschränkt, andererseits in der Komplexitätsforschung selbst. Die Informationsverarbeitung ist einer der wichtigsten Mechanismen der Veränderung in komplexen Systemen. Diese immanent wichtige Systemfunktion unterscheidet sich stark von ihrer Ausformung bei einem erkenntnisorientierten Subjekt und umfasst vor allem regelhaftes Operieren von Rezeptoren und Sensoren. Bei Lyre findet sich sogar explizit der Hinweis auf CAS, wobei laut ihm der überwiegenden Mehrheit aufgrund fehlendem Bewusstseins und begrifflichem Denken die transzendente Ebene fehlt. Er reduziert die Auswahl transzendentaler Subjekte ausschließlich auf den Menschen.²¹² Spannend wäre es, an dieser Stelle die Entwicklung von künstlicher Intelligenz unter diesem Aspekt detailliert zu untersuchen, was jedoch den Rahmen sprengen würde. So schwierig es bereits sein mag, diesen Begriff mitsamt den Erweiterungen von Bewusstsein, Metasprache und dergleichen erst einmal zu definieren, die Wissenschaft ist sich zumindest einig, dass es bisher nicht gelungen ist, eine vollständige AI zu entwickeln und dass die getroffenen Vorhersagen für deren Entwicklungshorizont überwiegend zu optimistisch waren.²¹³

Folgt man der regelhaften Funktionsweise bei der Bewertung von Agenten und Instanzen komplexer Systeme, so kommt man bereits wieder in Richtung des Informanten-Informierten-Schemas von Floridi. Hier setzt sich Information aus einer Art von Sender und Empfänger zusammen, ohne dabei die Linearität des Shannon-Weaver-Modells zu befolgen. Laut Floridi gibt es ein wie auch immer geartetes Objekt, das Information bereitstellt und eine ebenso unbestimmte Instanz, die sie rezipiert. Die Gemeinsamkeit mit Lyres Subjekt ist, dass ohne diesen Rezipienten im Grunde keine Information vorstellbar ist, da sich diese erst durch ihre Verarbeitung an einem Ort manifestieren muss. Dazu benötigt es wiederum die Grundierung im syntaktisch-semantischen Zirkel. Schlussendlich ist der Informierte gleich dem Subjekt mit Ausnahme von dessen transzendentaler Komponente und sein Agieren entspricht einem überwiegend empirischen Verfahren. Man könnte auch sagen, der Informierte hat noch keine epistemologische Qualität, da er Information zwar verarbeitet, aber das nicht hinsichtlich Erkenntnis macht. Während er in einem empirischen Prozess der letztträngige Interpret von Information ist, tritt in einem epistemologischen Prozess das wahrnehmende Subjekt an seine Stelle.

²¹² Lyre, *Informationstheorie*, 211.

²¹³ Aaronson, *Why Philosophers Should Care about Computational Complexity*, 10–16.

3.3.2. Entropie und strukturelle Information

Entropie ist ein Konzept, das in beiden Bereichen auftritt: Sowohl die Thermodynamik als auch die Informationstheorie sprechen von Gleichförmigkeit und Differenzen, von Zufälligkeit, Wahrscheinlichkeiten und Ordnung. Es gibt auch eine Möglichkeit, die Komplexitätssteuer über die umgekehrte Entropie zu definieren. Die Negentropie als negatives Gegenstück zur Entropie wurde deshalb zu einem „Negentropy Principle of Information“²¹⁴ erhöht. Darin wird eine Kongruenz von Information mit Negentropie, aufgestellt. Viel ist um diese Formel diskutiert worden. Die Herangehensweise über potenzielle und aktuelle Information löst die entstandenen Differenzen großteils auf.²¹⁵

Es handelt sich um zwei unterschiedliche Definitionen und Auffassungen des Begriffs *Information*, wobei aktuelle Information die Makroebene eines Systems betrifft und potenzielle Information die Mikroebene. Die aktuelle Information entspricht dabei einer regelhaften Beschreibung der Struktur, wohingegen die potenzielle Information eine Beschreibung jedes einzelnen Teils beinhaltet. Beide Herangehensweisen stützen sich auf Konzepte der syntaktischen Differenz zwischen den einzelnen Einheiten. Der Bedarf einer Unterscheidung zwischen Mikro- und Makrozuständen ist deshalb nötig und problematisch, da er eigentlich nur in einer physikalischen Betrachtungsweise funktioniert. Offensichtlich ist ähnlich der Emergenz auch Information in eine dualistische Weltsicht eingebettet.²¹⁶

Die potenzielle Information bezeichnet die grundsätzlichen Möglichkeiten vor einer tatsächlichen Messung. Darum handelt es sich um ein probabilistisches Maß, das die Wahrscheinlichkeiten der Mikrozustände angibt. Aktuelle Information und damit der bisher gepflegte Ansatz entspricht hingegen einer regelhaften Beschreibung dieser Zustände in übergeordneten Konzepten wie beispielweise der Temperatur eines Bereichs oder der räumlichen Abgrenzung von Eis in einer Limonade jeweils nach einer Messung und Erfassung.

Die Entropie bezeichnet nun die potenzielle Information, die in einem System in Form von möglichen Mikrozuständen enthalten ist. Das heißt, im thermodynamischen Gleichgewicht – benannt wird damit ein Makrozustand – ist bei höchster Entropie aufgrund der Uniformität oder Einförmigkeit des Zustandes (ein einziger Zustand im ganzen Universum) die aktuelle Infor-

²¹⁴ Brillouin, *The Negentropy Principle of Information*.

²¹⁵ Lyre, *Informationstheorie*, 44–48.

²¹⁶ Burgin, *Theory of Information*, 57.

mation am kleinsten. Gleichzeitig ist aufgrund des Zustandes der höchsten möglichen Durchmischtheit der Teile die potenzielle Information am höchsten, da ohne eine Ordnung auf jedes Teilchen potenziell alle möglichen Eigenschaften zutreffen können. In dem Beispiel mit der Limonade und dem Eiswürfel im System „Trinkglas“ wären nach der vollständigen Schmelze von Letzterem die Wassermoleküle, die zuvor in einem reduzierten Bereich des Raumes konzentriert waren, nun im ganzen Glas verteilt. Die räumliche Information der Wassermoleküle wurde damit aktuell niedriger und potenziell höher, da die Angabe dazu länger und schwieriger ist.²¹⁷ Die Informationsentropie bezeichnet wie gesehen ebenso einen Neuigkeitswert eines noch nicht geschehenen Ereignisses und damit potenzielles Wissen. Damit liegt ein logischer Schluss nahe: „Informationsentropie und thermodynamische Entropie sind formal identisch. Beide Größen sind gleich, wenn man Entropie als potenzielle Information, also als Maß der Anzahl der möglichen Mikrozustände im Makrozustand deutet.“²¹⁸

Damit korreliert höhere thermodynamische Entropie mit höherer Information. Wird der Entropiewert größer, werden die möglichen Zustände immer mehr, da die einschränkenden Strukturen verfallen. Bei höherer Informationsentropie werden die möglichen Aussagen und Informationen auch immer mehr, da der Möglichkeitsraum der Syntax immer mehr Kombinationen dieser zulässt. Dafür wird jedoch ein syntaktisches System benötigt. Das heißt thermodynamische Entropie und das Konzept der aktuellen Information beziehen sich auf einen empirisch erfassbaren Zustand der Welt, wohingegen Informationsentropie und potenzielle Information auf symbolische Ordnungen verweisen. Höhere Formen von Komplexität benötigen mehr Negentropie-Import und setzen lokal die Entropie herab. Dadurch werden die Makrozustände benennbar und die aktuelle Information über das System wächst. Die Ausbildung von Systemen und Grenzen verringert also die Anzahl an möglichen Mikrozuständen, indem sie Makrozustände herstellt. Für systemische Operabilität benötigt es unterscheidbare und durch Makrozustände abgegrenzte Einheiten.

Die Entropie als mögliche Messung für das Ausmaß von Ordnung benötigt für ein besseres Verständnis eine Auseinandersetzung mit einer möglichen Syntax der Ordnung. Wie gesehen,

²¹⁷ Es besteht hier eine Nähe zur Kolmogorow-Komplexität, die einen Wert der kürzesten Beschreibung eines Sachverhalts abbildet. Plakatives Beispiel wäre die Kürze von 5×1 im Vergleich zur Länge von $1+1+1+1+1$. Ersteres ist wie die regelhafte Beschreibung eines Makrozustandes, Letzteres wie eine detaillierte Auflistung jedes Mikrozustandes. Siehe Kapitel 2.4.

²¹⁸ Lyre, *Informationstheorie*, 48.

hängt die Informationsentropie vom Möglichkeitsraum der verwendeten Syntax ab. Dieser Anlauf geschieht über den differenzialistischen Zugang der Systemtheorie, die komplexe Systeme zu deren Umwelt abgrenzt, was bereits der Definition von Daten entspricht: „A datum is a lack of uniformity.“²¹⁹ Diese Abwesenheit von Uniformität bedeutet eine Unterscheidung von Elementen und Einheiten. Wenn zusätzlich eine regelhafte Kombination dieser vorliegt, dann ist auch der syntaktische Aspekt von Information erfüllt.²²⁰ Gerade im Modell der CAS ist Hierarchie allgegenwärtig, denn ein derartiges System besteht aus immer weiteren Subsystemen, den Bausteinen. Dabei können vielfach Einheiten typisiert werden, etwa die Zelle in organischen Systemen, oder der Mensch als Agent in sozialen Systemen. Aus diesen Einheiten lassen sich Relationen untereinander ableiten, Operationen, die diese mit jeweiligen anderen durchführen können. In dem Sinne liegt in unterschiedlichem Ausmaß eine abstrakte Syntax vor, wie ja auch in einer analytischen Herangehensweise komplexe Systeme über formalisierte Grammatiken modelliert werden. In diesem Zugang wird ein Alphabet in den Bausteinen des Systems und im Zusammenspiel derselben die möglichen Operationen der Syntax ausgemacht.²²¹

Umberto Eco hat sich mit der Modellierung von Information im Rahmen seiner semiotischen Theorie auseinandergesetzt. Für ihn, der eigentlich die semantische Komponente von Kommunikationsprozessen im Fokus hatte, war das jedoch wichtig, da es sich hierbei um die untere Schwelle der Semiotik handelt.²²² In einer Hierarchie der Informationsprozesse kommt vor einer Interpretation eines Wesens mit Bewusstsein (er reduziert das auf den Menschen) die Reiz- und Signalverarbeitung von Organismen und technischen Schöpfungen. Man möchte hinzufügen, dass diese den vielfältigen Subroutinen komplexer Systeme entsprechen. Es handelt sich dabei um eine mechanische Kausalität ohne die symbolische Breite eines tatsächlichen Codes. Dementsprechend nennt er die syntaktischen Elemente vor dem Signifikationsprozess den System-Code (S-Code). Dieser besteht nur aus der Signalreihe und wird erst durch den Vergleich über das System hinweg erkennbar. Jeder Wert darin entsteht über Position und Differenz. Es ist ein Code in Form eines rein syntaktischen Systems ohne Semantik:

Die strukturelle Anordnung eines Systems hat eine wichtige praktische Funktion und zeigt gewisse Eigenschaften. Sie macht eine Situation verstehbar und mit anderen Situationen vergleichbar und bereitet damit eine mögliche Codierungs-Korrelation vor. Sie ordnet einen Bestand von Elementen zu einem strukturierten Ganzen, in dem jede Einheit sich von den übrigen durch eine Reihe *binärer Exklusionen*

²¹⁹ Floridi, *Information*, 23.

²²⁰ Lyre, *Informationstheorie*, 198–99.

²²¹ Holland, *Complexity*. Speziell S. 34–39.

²²² Eco, *Semiotik*, 43.

absetzt. Ein System (oder ein S-Code) besitzt also eine *innere Grammatik*, die in den Bereich der Informationsmathematik fällt.²²³ [Hervorh. im Original]

Bei Eco ist Information also vielgestaltig. Seine Unterscheidung in Code und Systemcode findet entlang der Unterscheidung von Information und Datum statt. Man vergleiche nur Ecos System ohne Semantik mit Floridis Daten, die erst durch Bedeutung zur Information werden. Die Grundlage symbolischer Interpretation liegt bei Eco also im Bereich der Reiz- und Signalverarbeitung, die entscheidend auf syntaktischer Abgrenzung beruht. An diesem Punkt wird Struktur zu einem System-Code und basaler Information. Die Syntax eines System-Codes ist also das, woraus komplexe Systeme aufgebaut sind.

Mit Ecos Schema lassen sich nun auch die Agenten-Instanzen von CAS einordnen. Es handelt sich meist um Sender und Empfänger von Reizen und Signalen, die jedoch keine signifizierte oder interpretierte Information enthalten. Vielmehr ist es die mechanische Programmierung, die hier ihre Konditionen und Schleifen abarbeitet. Eine Syntax ist dennoch enthalten, nämlich der System-Code. Es erscheint an dieser Stelle, dass ein komplexes System weit schwieriger zu modellieren ist, sobald die Ebene der Signifikation, bisher auch als Interpretation oder Bedeutungszuweisung bezeichnet, hinzukommt. Da der Mensch laut den meisten Autoren als einzige Instanz dazu fähig ist, sind gerade die sozialen und kulturellen Systeme besonders schwierig zu durchdringen. Es ist die Uneindeutigkeit der symbolischen Information und der semantischen Ebene, die hier zutage tritt.

Damit ergeben sich zwei Möglichkeiten: Erstens, die grundsätzliche Differenz und Struktur, die sich aus dem systemischen Charakter und der dabei erfolgenden Abgrenzung zur Umwelt ableiten, stellen Information dar. Diese entsprechen der Darstellung eines Systems in Form eines Netzwerks. Eco nennt diese Information ein Datum, jedoch habe ich bereits weiter oben herausgestrichen, dass die Grenze zwischen den beiden fließend ist und die Verwendung des Begriffs *Datum* oder *Daten* nur Sinn macht, wenn sie die Basis für einen konkreten Interpretationsprozess sind, in syntaktischer Struktur aber jedenfalls Bedeutung vorhanden ist. Es lassen sich also Informationen bereits in der differenzialistischen Struktur, auf der die systemische Komplexität beruht, ausmachen. Die zweite Möglichkeit ist die Modellierung der CAS von John Holland, die bereits über formale Grammatik geschieht. Darin wird eine regelrechte Syntax in der Funktionsweise der komplexen Systeme erkannt. Auch diesem Zugang nach handelt es sich um Information.

²²³ Eco, *Semiotik*, 66–67.

Will man diese nun quantifizieren, um so über einen Umweg zu einer Aussage des Komplexitätsgrades zu gelangen, steht zuerst eine positive Nachricht. Die Anzahl der Systeme und damit der unterscheidbaren Einheiten gibt bereits einen ersten Wert vor. Leider lassen sich über diesen jedoch keine Rückschlüsse auf die Funktionalität und Komplexität ziehen. Man stelle sich nur ein System vor, das aus einer Unmenge immer desselben Bauteils besteht. Diese Art von Information lässt sich also nicht mit Komplexität gleichsetzen. Umgekehrt weist ein System mit hohem Komplexitätsgrad, einer großen Anzahl an Subsystemen und hierarchischen Ebenen wohl auch hier einen hohen Wert auf. Die Kausalität läuft nur in eine Richtung.

Bei der Form der Informationsfestlegung über die syntaktischen Regeln ist es anders. Hier kann mithilfe der Syntax Information übermittelt werden. An dieser Stelle erfolgt die Rückbindung an Entropie: Aus der Anzahl der Bausteine, den Elementen des Alphabets sowie deren syntaktischer Kombinationsmöglichkeiten ergibt sich die mögliche Informationsentropie. Diese gibt also an, wieviel Information durch welche syntaktische und systemische Gegebenheit übermittelt, dargestellt und schlussendlich medialisiert werden kann. Sie gibt an, wieviel Information potenziell mit einer bestimmten Anzahl an syntaktischen Elementen, einem gewissen Alphabet und gewissen grammatischen Regeln dargestellt werden kann. Es handelt sich bereits um eine Metaebene, auf welcher hier agiert wird. Erkennbar wird, dass eine hohe Informationsentropie teilweise mit hoher Komplexität korreliert. Sie ist der Hinweis auf ein elaboriertes System der internen Informationsübermittlung, das selbst bereits Komplexität aufweist. Die Informationsentropie ergibt sich aber aus dem Verhältnis der drei bestimmenden Faktoren zueinander, weshalb direktere Rückschlüsse gefährlich sind.

An diesem Punkt muss man sich fragen, welche Vorteile die Gleichsetzung von thermodynamischer und Informationsentropie schlussendlich hat. Der ursprüngliche Verdacht zielte auf eine Kongruenz von empirischer Zustandsbeschreibung der Struktur komplexer Systeme und deren Informationsgehalt. Das entspräche einer Gleichsetzung der Quantität von Komplexitätsgrad und dem Ausmaß der Information. Eine Bestätigung dieser Überlegung schien die Entropie zu liefern, was sie tatsächlich mit dem Konzept der aktuellen Information tut. Niedrige thermodynamische Entropie korreliert mit hoher aktueller Information und mit einem hohen Strukturanteil. Die Informationsentropie beschreibt mit ihrem potenziell möglichen Informationswert nichts anderes als den Strukturanteil eines Systems in Form von syntaktischer Einschränkung. Je höher der Komplexitätsgrad ist, umso mehr Regelmäßigkeit tritt auf, umso mehr Makrozustände werden beschreibbar und umso mehr Syntax ist vorhanden. Es bedeutet auch, dass

der Informationsentropiewert am höchsten ist, wenn die einzelnen Mikrozustände aufgrund der Syntax die unterschiedlichsten Wahrscheinlichkeiten aufweisen. Man könnte mit Hollands Terminologie sagen, dass dort die formale Grammatik der Beschreibung höher ausdifferenziert und ihre Funktionalität höher ist.²²⁴

Für die Ermittlung beider Formen von Entropie ist eine überaus feine und präzise Modellierung der Systeme nötig. Mit meinem Wissen kann ich prinzipiell den mathematischen Vorgang sowie dessen Umfang und Schwierigkeit der Berechnung kaum bewerten. Es scheint mir jedoch, dass auch die beiden Entropiewerte ein mögliches Indiz für Komplexität abgeben. Für die systemisch-strukturelle Information gilt dasselbe wie für die Netzwerkmodellierung: Die Kausalität ist hier gerichtet; und eine hohe Anzahl an Knoten und Kanten bedeutet noch keine Angabe zum Komplexitätsgrad. An dieser Darstellung sieht man erneut die ontologische Sinnesfrage, ob Information in komplexen Systemen als solche selbst existiert. Das wird in den meisten Auseinandersetzungen damit verneint.²²⁵ In einem berühmten Satz von Norbert Wiener klingt die Kritik an derartiger Naturalisierung so: „Information ist Information, weder Materie noch Energie. Kein Materialismus, der dieses nicht berücksichtigt, kann den heutigen Tag überleben.“²²⁶

3.3.3. Informationsverarbeitung in und von komplexen Systemen

Information bedeutet im Zusammenhang mit thermodynamischer Entropie noch etwas Zusätzliches. Für CAS kann sie ein Mittel zum Negentropie-Import sein, wenn Organismen in ökonomischer Hinsicht Information für sich nützlich machen. Damit haben sie die Möglichkeit, der Entropie in Form des biologischen Zerfalls zu widerstehen, indem sie sich in für sie optimalere Positionen und Situationen bewegen können (Nahrungsaufnahme, Schutz).²²⁷ Es handelt sich um die Möglichkeiten, die ein Agent wahrnimmt, wenn er Adaption übt. Schon in der Beschreibung eines CAS kam Information als etwas vor, das Reaktion ermöglicht. Sie lässt sich über die Performance eines Agenten erfassen. Die weiteren Prozesse der Adaption (Credit Assignment, Rule Discovery) sind ebenso informationsverarbeitender Natur, wenngleich sie systemintern ablaufen. Hierfür sind Loops ein gutes Beispiel. Diese informationelle Charakteristik hat

²²⁴ Lyre, *Informationstheorie*, 23–27.

²²⁵ Lyre, *Informationstheorie*, 21–22.

²²⁶ Wiener, *Cybernetics*, 166.

²²⁷ Floridi, *Information*, 91.

einen weiteren Kristallisationspunkt in der Modellierung über Computational Theory, die eine wichtige Rolle in der Analyse von komplexen Systemen spielt.

Informations- und meist Signalverarbeitung steht im Zentrum von CAS: Hier ist jeweils eine Syntax am Wirken, die von einfacher Logik bis hin zu ausdifferenzierter Funktionsweise reicht.²²⁸ Ähnlich der zuvor erwähnten Entropievermeidung ist sie der Schlüssel zur Kommunikation²²⁹ innerhalb der Systeme und damit ihrer Erhaltung ebenso wie ihrer Dynamik und den Prozessen der kurzfristigen wie langfristigen Veränderung. So finden sich etwa einfache boolesche Operatoren von der molekularen Ebene bis hin zum globalen Finanzmarkt. Sie werden jeweils begleitet von Syntax und *Tagging*-Mechanismen. Wie bereits bei Eco gesehen, handelt es sich meist um mechanische Signalverarbeitung. So funktioniert beispielsweise die DNA, die jeweils Sequenzen aus nur vier Alphanennungen bildet, in denen die ganze Erbinformation system-codiert ist. Mithilfe weiterer Instanzen der Informationsverarbeitung wird diese abgefragt, weitergegeben und als eine Art Bauplan verwendet.²³⁰

Je mehr Hierarchien ein System hat, je mehr interagierende Bausteine es aufweist und unter Vorbehalt auch je komplexer es ist, desto mehr Relationen in Form von Informationsaustausch und damit Kommunikation liegen vor. Das läuft innerhalb eines Systems zwischen seinen Komponenten und Subsystemen genauso ab wie zwischen System und Umwelt. Aus dieser Funktionsweise lässt sich ableiten: Höhere Komplexität korreliert mit höherer Funktionalität, korreliert auf eine Art mit einer größeren Zahl an Kommunikationsprozessen. Umgekehrt gilt das jedoch nicht, denn bei unterschiedlichen Signalverarbeitungsstrukturen ist der Informationsaustausch unterschiedlich. Ein Loop kann mit sich selbst lange und viel kommunizieren. Erneut stößt man auf die Schranke einer Unmöglichkeit der Quantifizierung von Komplexität. Laut Spier bleibt also das Problem der Bewertung des Ausmaßes von Komplexität bestehen.²³¹ Die Menge an Teilen und Bausteinen eines Systems korreliert zwar direkt und eindeutig mit der Menge an syntaktischen Einheiten. Ohne einen Zugang zum zugehörigen Alphabet lässt sich jedoch kein Schluss treffen. Wiewohl hier, wie bei Holland gesehen, analytische Modellierung

²²⁸ Holland, *Complexity*, 85.

²²⁹ Kommunikation lässt sich so verstehen: Eco definiert Kommunikation als einen Prozess, bei dem ein Signal von einer Quelle auf einen Empfänger übergeht. Dabei handelt es sich nicht zwangsläufig um einen Signifikationsprozess, denn dieser ist nur bei einem menschlichen Empfänger denkbar, der durch einen Code eine Interpretationsreaktion hervorruft. Die Kommunikation selbst kann weiters noch modelliert werden mit Sender und Kanal, über welche sie abläuft. Eco, *Semiotik*, 28–29; Luhmann, *Einführung in die Systemtheorie*, 173; Heintz, *Emergence and Reduction*, 22–23.

²³⁰ Gribbin, *Deep Simplicity*, 169–73.

²³¹ Spier, *Complexity in Big History*, 149–53.

gen vorgenommen werden können, ist ein Zugang zur Funktionalität des Systems kaum zu bewerkstelligen. Die Schwierigkeit vieler dieser Versuche der Gradmessung liegt darin, Semantik zu quantifizieren, was sich als kaum durchführbar erweist. Dennoch entsteht mit Komplexität und Ordnung immer Information. Gegengleich lässt sich diese Kausalität hingegen nicht herstellen.

Spannend ist diese Herangehensweise unter anderem aufgrund ihrer epistemologischen Konsequenzen. Wenn man einen (naturwissenschaftlichen) Realismus verfolgt, dann gibt es feststellbare Unterscheidungen in einer objektiv erfahrbaren Welt und weiters abgrenzbare Systeme und Systemelemente. Bei diesen handelt es sich um das beste Synonym für den Komplexitätsgrad. Somit ist der Informationswert mehr oder minder die Erweiterung des Netzwerkmodells, da über das Alphabet und die Regeln der Syntax zusätzlich zur rein mengenmäßigen Abbildung der Bausteine oder syntaktischen Elemente auch noch die Funktionalität abgebildet werden kann. Von einer daraus abgeleiteten Quantifizierung des Funktionalitätsgrades und damit des Komplexitätsgrades selbst ist die gegenwärtige Forschung hingegen weit entfernt.

Informationstechnologie spielt eine Rolle für Komplexität, indem sie ein Mittel zur Durchdringung dieser bereitstellt. Breitest aufgefasst ist bereits das menschliche Gehirn mit seinen erstaunlichen Fähigkeiten hinsichtlich des Bewusstseins und der Logik eine Informationstechnologie. Enger geführt versteht man unter dem Begriff vor allem Computertechnologie, die grundsätzlich eine Informationsverarbeitungsmaschine darstellt. Durch die Verbindung der drei Aspekte von binärer Information (physikalisch, logisch-mathematisch und semantisch) wurde eine Vielzahl an Operationen geschaffen, die teilweise Vorgänge des menschlichen Gehirns ersetzen. Auf dem Gebiet der Mustererkennung, der Verarbeitung riesiger Datenmengen und der Abarbeitung repetitiver Vorgänge sind die Programme eines Computers mittlerweile haushoch überlegen. Auf dieser Grundlage entstand die Methode der Big Data Analyse, die genau diese Aspekte verbindet und Zusammenhänge und Muster in Datensammlungen findet, die für den Menschen aufgrund des Umfangs nicht zu bearbeiten wären. Unter anderem wird das auch in der Komplexitätsforschung eingesetzt, um die dahinterliegenden Funktionsmechanismen von Systemen zu enttarnen. Auch bei Simulationen, einem weiteren wichtigen Tool der Komplexitätsforschung ebenso wie für viele Bereiche der Wissenschaft, werden die Eigenschaften von Informationstechnologie zunutze gemacht. Es handelt sich jeweils um eine Frage der Informationsverarbeitung, die jedoch grundsätzlich noch von menschlichen Akteuren angeleitet werden. Das Subjekt steht am Beginn des Forschungsprozesses. Das weiterführende Thema der künstlichen Intelligenz ist ein ambivalentes, wie noch zu sehen sein wird.

Zusammengefasst ist Information mehrfach mit Komplexität verbunden. Dazu zählt die Quantifizierung über die grundsätzlich systemisch-strukturelle Information, welche die Systeme selbst darstellen. Bewertbar ist bis zu einem gewissen Grad auch die Entropie, die allgemein als Abnahme von Information bezeichnet werden kann, da die erfassbaren Zustände immer weniger werden. Komplexe Systeme hingegen zahlen ihre Komplexitätssteuer, um Ordnung aufrecht zu erhalten und halten so die Entropie in ihnen niedrig und die Information hoch. Bei all dem ist die Aussagekraft von thermodynamischer und Informationsentropie ähnlich – beide enthalten ein Indiz zum Komplexitätsgrad. Außerdem ist Information funktional in Mechanismen komplexer Systeme eingebunden, da sie Einheiten aufweisen, die Information verarbeiten. Diese Agenten reagieren auf Reize außerhalb ihrer Systeme. Eine derartige Einbindung in die zentralen Abläufe eines CAS bedeutet auch, dass Information zwar im Kern komplexer Systeme liegt, dabei jedoch die unterschiedlichsten Ausformungen annehmen kann. Eine Pflanze reagiert auf andere Informationen als ein Mensch oder ein Gesellschaftssystem. Dabei ist die Vielfalt von physikalischen Informationen bereits groß, die von symbolischen tendiert jedoch zu wirklich riesigen Zahlen, da sich jeder Mensch auf unzähligen unterschiedlichen Bedeutungsebenen gleichzeitig bewegt.

4. Digitalisierung

Mit einer Verzwölfachung an Nennungen in gedruckten Publikationen seit dem Jahr 2000 hat das Wort *Digital* mittlerweile eine omnipräsente Stellung im allgemeinen Sprachgebrauch eingenommen.²³² Das zeigt die Allgegenwart des globalen Phänomens *Digitalisierung*, das aus der Technik im engeren Sinne kommt und erhebliche Auswirkungen auf heutige Gesellschaften hat. Darüber hinaus ist es vor allem ein mediengeschichtlicher Umwälzungsprozess, der das Verhältnis zwischen dem einzelnen Individuum, der Gesellschaft und der Wissenssphäre entscheidend verändert.

4.1. Analog vs. Digital oder: Das digitale Prinzip und die Digitalisierung

Dem Wort *digital* ist in dem gesamten Unterfangen ein prominenter Platz einzuräumen: Es ist Namensgeber für vielfältige Vorgänge, Gegenstände und Beschreibungen rund um entscheidende technologische Veränderungen der letzten Jahrzehnte. Dennoch entzieht sich gerade für nicht englisch sprechende Menschen der Begriff dem Verständnis. Digital bezieht sich in erster Linie auf das englische Wort *digit* für Ziffer, in zweiter Linie und etymologisch auf das lateinische Wort *digitus*, den Finger. Im deutschen Wortschatz gibt es jedenfalls vor der gegenwärtigen Verwendung nur einen Begriff im fachmedizinischen Vokabular, von dem die heutige klar abgekoppelt ist.²³³ Die Referenz auf den Finger hat sich über das Abzählen der Ziffern mit ihnen auf Letztere übertragen.²³⁴ Die Adjektivierung entstand über die Verwendung von digitalen physikalischen Signalen. Das Oxford Dictionary definiert das englische Adjektiv *digital* gegenwärtig so: “(of signals or data) expressed as series of the digits 0 and 1, typically represented by values of a physical quantity such as voltage or magnetic polarization. Often contrasted with analogue.”²³⁵ Der Verweis auf Binärzahlen ist also die erste und wichtigste Beschreibung, danach folgt die Bezeichnung für etwas, das Computertechnologie inkludiert („the digital revolution“) und die Bezugnahme auf den weiteren Umgang mit digitalen Signalen („digital TV“).

Bereits mehrfach genannt wurde das *digitale Signal*, das nun auch für eine Erklärung seinen Gegensatz, das analoge Signal benötigt. Digital bedeutet in diesem technischen Sinn einen diskreten Wert, also einen, der in Nummern umwandelbar ist. Diskret ist dabei das Gegenstück zu

²³² Vgl. Abb. 1, Abbildungsverzeichnis.

²³³ DWDS, *digital*.

²³⁴ Lexico, *digit*.

²³⁵ Lexico, *digital*.

kontinuierlich. Analoge Maschinen benötigen in dem Sinn keinen Umweg über eine symbolische Datenstruktur, sondern bilden direkt jene Vorgänge ab, die sie simulieren. Man denke an eine Sanduhr im Vergleich zu einer Digitaluhr. Beide Signaltypen stellen Ordnung über Differenzierung aus der Uniformität her. Der Unterschied liegt in der Darstellung, Aufzeichnung und Auslesung. Das analoge Signal stellt mithilfe einer Hilfsfunktion einen Verlauf dar, während das digitale Pendant in Zeit (oder Raum) und Wert diskrete Einheiten abbildet. Diskret entspricht in dem Sinne nichts anderem als einem Zuweisungsprozess, bei dem kontinuierliche Werte mit einer Ordnungsskala abgeglichen werden. Das Phänomen der Farbe kann zum Beispiel heruntergebrochen werden auf die 12 Farben eines Malfarbkastens oder die 16,7 Millionen Farben des RGB-Farbencodes. In beiden Fällen gibt es eine Referenzliste, mithilfe derer ein visuelles Signal einem Wert zugeordnet wird. Im RGB-Verfahren geschieht das etwa in den drei Farbenbereichen Rot, Grün und Blau auf jeweils einer Skala von 0 – 255. Ein Digitalisierungsprozess entspricht also einem Encodierungsvorgang.

Signale sind physikalische Daten, für die es wie gesehen die Unterscheidung voneinander, ein Mangel an Uniformität benötigt.²³⁶ In den Dimensionen, in denen sich die Signale kontinuierlich oder diskret abbilden, also in Raum, Zeit und Wert, wird die Uniformität gebrochen. Nun sind aber Daten wie bereits gesehen nur eine Hilfskonstruktion für ein beobachtendes wie auch wahrnehmendes und deshalb deutendes Subjekt. Es handelt sich um subjektiv interpretierte Information, die in scheinbar objektiven Systemcode übertragen werden. Signale und Daten sind damit im menschlichen Betrachtungsvorgang eigentlich nur Quellen einer symbolischen Ordnung.²³⁷ Diese analogen Quellen beziehen sich schlussendlich nur darauf, dass sie nicht explizit in diskrete Werte übertragen wurden. Ein Gemälde ist nicht in Farbpunkte zerteilt, eine Schallplatte produziert ihre Musik über eine Nadel, die eine Furche nachzieht und nicht über genug Einzelwerte, um insgesamt für das menschliche Ohr einen Verlauf abzubilden. Sobald der Mensch eine Messung oder Zählung vornimmt, ist das Hinzuziehen einer Syntax notwendig und werden Einzelelemente festgelegt.

Wird ein Objekt oder Signal nun digitalisiert – der Einfachheit halber soll ein zweidimensionales Foto als Beispiel herangezogen werden –, so wird mithilfe einer Abtastrate in Raum (Zeit) und Wert eine Rasterung über das Objekt gelegt. Pro Rastereinheit wird dann mit einem Sensorium ein Wert ermittelt, der dann encodiert wird. Das kann ebenso als eine Reduktion der

²³⁶ Floridi, *Information*, 24.

²³⁷ Tschiggerl, Walach und Zahlmann, *Geschichtstheorie*, 38.

verfügbaren Information auf einen Wert formuliert werden: „Grundsätzlich ist Digitalisierung stets Komplexitätsreduktion – ein potenziell unendlicher Datenraum wird in diskrete Einheiten übersetzt. Dieser Vorgang zielt darauf ab, Datenmengen besser handhabbar zu machen.“²³⁸ Nähme man nun eine feinere Abtastrate, zum Beispiel die vierfache räumliche Genauigkeit, wird die Einheit von zuvor geviertelt, wobei wiederum jede neue und unterschiedliche Werte aufweisen kann. Damit wird die diskrete Information vervierfacht. Dasselbe ginge noch in der Dimension der Diskretisierung des Wertes, indem man einen größeren Farbraum als Referenz heranzieht. Es fragt sich, wie weit dieser Prozess getrieben werden kann. Mathematisch gesehen ist er unendlich, es gilt nur immer wieder die nächste Dezimalstelle kleiner zu gehen, wobei hier keine Grenze vorhanden ist. Physikalisch sind eher Grenzen vorstellbar, wobei man sich bereits wieder an den Laplace’schen Dämon annähert. Eine immer noch genauere Approximation an ein analoges Original zieht einen überproportionalen Aufwand nach sich.²³⁹ Will man alle physische, absolute Informationen eines Objekts erfassen, dann ist der Informationsgehalt bereits größer als der des tatsächlichen Objekts.

Da Digitalisierungsvorgänge eine Übertragung in diskrete Daten und damit begrenzte Information beinhalten, kann umgekehrt ein analoges Objekt durch eine potenzielle Unterteilung in immer kleinere Maßeinheiten theoretisch unendlich viel Information umfassen. Digitalisierung impliziert ein digitales Format und die Übertragung in rechenbare Einheiten. Sie ist schlussendlich eine Codierung und ähnlich einer Messung ein Festlegungsprozess von potenzieller zu aktueller und konkreter Information.

Dieser Vergleich eines analogen und digitalen Abbilds bedeutet, dass Ersteres eine ungemein feinere Darstellung liefern kann, da in ihm potenziell unendlich viele Zustände enthalten sind.²⁴⁰ Eine Schwelle stellt dabei das menschliche Sensorium dar, der bestimmendste Faktor von Wahrnehmung und Wirklichkeitskonzepten. Beide werden zunehmend von Maschinensensorik ergänzt und erweitert, was unter anderem von Schmale und Floridi herausgestrichen worden ist.²⁴¹ Technische Bilderfassung, beispielsweise durch ein Mikroskop, ist dem menschlichen Auge bereits um Größenordnungen überlegen. Dennoch liefert der Sinnesapparat des Menschen zusätzliche Informationen, da es normalerweise stets auf mehreren Dimensionen agiert, also die einzelnen Sinne (auditiv, olfaktorisch, gustatorisch, visuell, taktil) zusammen-

²³⁸ Walach, *Geschichte Des Virtuellen Denkens*, 82–83.

²³⁹ Gribbin, *Deep Simplicity*, 15–18, 36–37, 69.

²⁴⁰ Walach, *Geschichte Des Virtuellen Denkens*, 79.

²⁴¹ Schmale, *Digital Construction of Reality*, 9–18; Floridi, *Information*, 10–11.

arbeiten und deren Wahrnehmung voneinander abhängig ist. Durch technische Geräte und Sensortechnik ist es mittlerweile in unterschiedlichem Ausmaß ebenso möglich, diese Informationen mit zu erfassen. Hier wird der Umstand, dass ab einem gewissen Punkt eine Darstellung digitalen Inhalts für das menschliche Sensorium in qualitativer Hinsicht nicht von einem analogen unterschieden werden kann, offenbar. Es gibt eine Schwelle, an der die Sinne des Homo Sapiens nicht mehr die einzelnen diskreten Einheiten wahrnehmen können und diese als kontinuierlich wahrgenommen werden (man denke an die Bildrate eines Videos oder Ultra HD-Bildschirme).

In punkto Abstrakte und Darstellung können also bereits Digitalisate erstellt werden, die genauer abbilden, als von einem menschlichen Sensorium erfasst werden kann. Ebenso kann Information inkludiert werden, die qualitativ darüber hinausgeht, indem Daten erfasst werden, die nur mit technischen Hilfsmitteln ermittelt werden können, wie etwa die Darstellung von Infrarot- oder Ultraviolettstrahlung oder die chemische Zusammensetzung. Die analoge Wahrnehmung der Wirklichkeit durch menschliche Sinne wird damit zunehmend durch einen nicht wahrnehmbaren digitalen Zwischenschritt mitgeprägt.

Diskrete Einheiten sind somit ein Phänomen, das eindeutig mit dem Menschen zusammenhängt, denn erst seine Ordnungsschemata, seine Referenzwerteskalen ermöglichen es, Messungen Werten zuzuteilen. Wie Alan Turing bemerkt hat, gibt es etwa bei Bewegung (!) und somit dem Fluss von Veränderung tatsächlich eigentlich nur kontinuierliche Daten: „These [definite] states are sufficiently different for the possibility of confusion between them to be ignored. [...] Everything really moves continuously.“²⁴² Das führt zurück auf die Natur von Daten, die im Grunde nur subjektiv erfasst werden können und deshalb als Stellvertreterquelle angesehen werden müssen. In ihrem interpretierten Informationscharakter haben sie bereits eine syntaktische Referenz, den Code, beinhaltet. Wenn also das Datum bereits eine Hilfskonstruktion ist, dann ist ein *analoges Datum* das noch viel mehr. Dieses existiert umso mehr nur in Hinblick auf eine zu erfolgende Interpretation. Im Rahmen dieser wird bereits syntaktisch differenziert, denn auch wenn die Beschreibung einer Kontinuität analog erfolgen kann, die Wahrnehmung und interne Bezeichnung kann es nicht. Jeder Verlauf wird als Summe einzelner Farbtöne erfasst, jeder Vektor als Summe seiner Positionen und jede auditive Kurve als Summe ihrer Einzelwerte. Veränderung ist kontinuierlich, ihre Beobachtung diskret. Schlussendlich wird auch ein Regenbogen stets über die in ihm enthaltenen Farben bezeichnet.

²⁴² Copeland, *The Essential Turing*, 446.

Im Zentrum des Umgangs mit diskreten Daten steht der Messvorgang und die Benennung des Ergebnisses, wobei ein operationalisierbares syntaktisches System aufgestellt wird. Dafür benötigt es Maßeinheiten und diese sind stets eine Vereinfachung der vielfach kontinuierlichen Wirklichkeit. Dieser Prozess reicht weit in die Vergangenheit zurück. Es gibt wohl Objekte, die sich problemlos zählen lassen. Das sind solche, die als Einheitensystem nur die Zählung benötigen, da sie sich durch scheinbar offensichtliche Systemgrenzen klar voneinander unterscheiden lassen wie etwa Menschen, Äpfel oder Tage.²⁴³ Hier findet sich die Rückanbindung zur Etymologie des Begriffs *digital*, der ja aus dem Abzählen stammt. Es handelt sich bei der Zählung bereits um einen Vorgang der Digitalisierung, das damit eindeutig zu einem Phänomen symbolischer Ordnungen wird. Schlussendlich basieren alle digitalen Zuweisungen auf der Symbolstruktur der Zählung. In den Worten Nelson Goodmans erfüllt sich der Anspruch, digital zu sein, durch das Einhalten der „Erfordernis der syntaktischen Differenzierung.“²⁴⁴ Offenbar wird hier der erkenntnistheoretische Zugang, der bereits bei der Unterscheidung von Datum und Information erörtert wurde. Für den Digitalisierungsprozess wird eine erste semantische Komponente benötigt, um mithilfe der so erstellten Syntax diskrete Werte erhalten zu können. Das ist die Symbolstruktur der Zählung.

Das Wort *digital* bezeichnet somit in erster Linie einen Umgang des Menschen mit seiner Umwelt. Dieser Modus der Wirklichkeitserzeugung teilt Aspekte der menschlichen Lebenswelt syntaktisch in konkrete Bereiche und beziffert diese. In historischer Perspektive handelt es sich dabei um eine wichtige Fertigkeit auf dem Weg zu technologischer Unterwerfung der Welt und naturwissenschaftlicher Erkundung derselbigen, wobei diese zwei Hand in Hand einher gehen. Der digitale Modus lässt sich sodann auch weit in die Vergangenheit zurückverfolgen, und offenbart sich als zunehmende Utilisierung von Artefakten durch Unterwerfung in Maßeinheiten.²⁴⁵ Die Messung der Zeit wurde vom bereits digitalen Unterschied von Tag und Nacht über eine analoge Zeitauffassung, ablesbar etwa an einer Sonnenuhr, zu einer durchgetakteten Einteilung des als absolut empfundenen Fortschreitens der Zeit in eine Richtung.

²⁴³ Diese Beispiele sind nur anscheinend eindeutig, weil es auch bei ihnen Grenzfälle gibt. Was ist etwa mit der Hybride aus Apfel und Birne? Ab welchem Moment der Entwicklung ist ein Mensch als Mensch zu werten? Wie sind Tage in einer Indoor-Farming-Anlage zu zählen? Die aufgestellten Systemgrenzen sind durch das menschliche Sensorium vorgegeben. Neben der Problematik bei Grenzfällen ergibt sich auch eine ganz andere Bewertung, wenn ein anderes Sensorium herangezogen wird.

²⁴⁴ Goodman, *Sprachen der Kunst*, 151–52.

²⁴⁵ Walach, *Geschichte Des Virtuellen Denkens*. Besonders S. 176-177.

Der Betrachtungswinkel erweitert sich noch, wenn man die Bedeutungsebene der Informationsverarbeitung des Menschen inkludiert. In dem Fall steht die Art des Signals oder die Perception von mindestens zwei physikalischen Zuständen im Mittelpunkt und nicht die grundsätzliche Verfassung von Information. Wird ein Thermometer zum Beispiel über ein mechanisches System betrieben, das eine Quecksilbersäule steigen lässt, dann ist für Vertreter dieser Anschauung ein kontinuierliches Signal vorhanden. Je höher der Balken desto wärmer ist die Temperatur. Zieht man jedoch die aufgetragenen Messvorrichtungen heran, dann ist auf einer höherliegenden Informationsebene eine semantische Deutung des kontinuierlichen Signals in Form einer dort angebrachten Skala, die die Daten deutet, vorhanden. Man könnte in der Begrifflichkeit, die im Kapitel zu Information dargelegt wurde, auch sagen, dass die physikalischen Daten die Grundlage für symbolische Daten sind. Der Vorgang, der Erstere mit Bedeutung versieht, macht die analogen Daten zu digitaler Information. Beim Thermometerbeispiel wird auf der ersten Ebene das Steigen der Messbalkens uminterpretiert, zum Beispiel 4 cm Höhe = -10° Celsius. Die symbolischen Daten werden daraufhin noch unterschiedlich und potenziell unendlich mit weiterer symbolischer Bedeutung versehen, etwa -10° Celsius = kalt.

Dennoch hat der Zugang über die Signalebene ebenso eine Relevanz. Im Grunde lässt sich aus der Unterscheidung über die Art der Daten (physikalisch – symbolisch), die verarbeitet und mit Bedeutung versehen wird, eine Unterscheidung zwischen zwei Aspekten der Digitalisierung anstellen. Da ist auf der einen Seite die Auseinandersetzung mit der menschlichen Kulturfähigkeit, in diesem Fall das Erstellen einer symbolischen Ordnung in Form eines Bemessungssystems (den Zahlen) und darauf beruhend sowie daraus folgend die Interpretation kontinuierlicher Daten als diskrete über diverseste Einheitenschemata. Dabei wurde Kulturgut entwickelt, das erst ermöglichte, bereits diskret vorhandene Systeme zu beziffern und dann damit Bemessungsregeln zu entwickeln. Das *digitale Prinzip*, in Form einer Art zu denken, wurde geboren und machte sich auf, zum dominierenden Ordnungssystem aufzusteigen.²⁴⁶

Folgende Zugänge zum Thema digital und analog sind nun möglich: (1) Über Information und Daten: Sobald ein Informierter oder ein epistemologisches Subjekt existiert, gibt es die Symbolstruktur von Code, Syntax und deshalb Digitalität, denn syntaktische Einheiten sind diskrete Einheiten. (2) Über Umgang damit und Verarbeitung davon: Digitales benötigt eine symbolische Syntax. Vor einem epistemologischen Vorgang kann auf einer niedrigeren hierarchischen

²⁴⁶ Walach, *Geschichte des Virtuellen Denkens*.

Ebene digitale ebenso wie analoge Information stehen. Vorgänge sind kontinuierlich, weswegen eine direkte Abbildung ohne den Umweg einer Messung oder Abbildung, wie das etwa eine Sanduhr macht, analog funktioniert. (3) Über Wirklichkeitskonzepte: Gesellschaftliches, referenzielles Wissen²⁴⁷ ist nötig, um die jeweiligen Typen der Informationsverarbeitung zu ermöglichen. (4) Die andere Form von Digitalität, die der gegenwärtigen Populärmeinung entspricht, beruht auf der Scheinobjektivität der Signalebene und beinhaltet die Verwendung digitaler physikalischer Daten. Sie ist ohne das digitale Prinzip nicht denkbar, weil es zuerst eine Basis im Denken und in der Technologie benötigt, auf der sie aufbauen kann. Das bezeichne ich als *Digitalisierung als solche*.

4.2. Informationstechnologie und Datenmanagement.

Die spannendste Eigenschaft von binär-digitalen Daten, dem omnipräsenten Rohstoff der *Digitalisierung als solcher*, ist vermutlich die Übereinstimmung der drei Ebenen von physikalischer, logisch-mathematischer und semantischer Darstellung. Daraus ergeben sich völlig neue Möglichkeiten hinsichtlich der Operationalisierbarkeit und Verarbeitung. Mithilfe des Computers wurde dafür ein optimales Instrument geschaffen. Dessen Geschichte reicht ins 19. Jahrhundert zurück und besteht aus mehreren Komponenten. Es handelt sich um Rechenmaschinen, die grundsätzlich analog und digital funktionieren können. Erstere bilden einen Prozess eins zu eins ab, wodurch sich spezielle Vorgänge bereits simulieren und erforschen ließen. So existierten etwa von General Electric analoge Abbildungen des amerikanischen Stromnetzes.²⁴⁸ Charles Babbage, heute gern als Vordenker des Computers angesehen, entwickelte bereits in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts seine *Differential Engine*, die ebenso nur mathematische Tabellen errechnen konnte. Vor der tatsächlichen vollständigen Fertigstellung entwickelte er in der Theorie das, womit seine Person heute zumeist verbunden wird: die *Analytical Engine*. Diese wäre grundsätzlich schon gleich konstruiert gewesen wie heutige Computer, mit einer Trennung in Rechen- und Speichereinheit, und hätte damit einem *General-Purpose Computer* entsprochen. Bereits der Jacquard-Webstuhl von 1802 besaß eine universelle Programmierbarkeit, denn mithilfe von Lochkartenprogrammierung konnte er jedes erdenkliche Muster produ-

²⁴⁷ Berger und Luckmann, *Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit*.

²⁴⁸ Campbell-Kelly u. a., *Computer*, 46–49.

zieren. Das System der Lochkarten wurde von Babbage und seinen Nachfolgern auch übernommen, wodurch es schlussendlich die gesamte Programmierung bis in die Nachkriegszeit des 20. Jahrhunderts dominierte.²⁴⁹

Viele Bereiche trieben in weiterer Folge die Entwicklung des digitalen Universal Computers an, die im Zusammenhang einer forcierten Weiterentwicklung von Büro-, Bank-, Buchhaltungs- und Verwaltungsinstrumenten stand. Im Rahmen militärischer Forschung wurden ebenso große Fortschritte erzielt, wobei die gesamte Entwicklung in den USA stattgefunden hat. Mathematiker und Physiker intensivierten in den 1930er und 1940er Jahren ihre Entwicklungstätigkeit, wodurch in Harvard der erste als solcher zu bezeichnende digitale Computer, der Harvard Mark I, mit seinen zirka 3,25 Millionen Bauteilen entstand sowie die theoretische Basislegung in Form der von-Neumann-Architektur stattfand.²⁵⁰ Die weitere Entwicklung umfasste eine Zusammenführung der Rechentätigkeit mit Büroaufgaben, was mit der Dominanz von IBM einher ging. In Folge entstand in den 1970er Jahren eine Hinwendung zum Benutzer und Anwender, was in erster Linie eigene Programmierung und eine Öffnung gegenüber einer breiteren Palette an Softwareprodukten bedeutete. Diese Nische wurde von Apple und Microsoft aufgegriffen, die durch die Bündelung von grafischen Benutzeroberflächen (*Graphic User Interface – GUI*), einem nützlichen Softwarepaket, den mittlerweile billigen Mikroprozessoren und einem billigen Gesamtpreis den *Personal Computer (PC)* kreierten. Damit findet der Übergang von *Mainframe Computing* zum PC, auch als *User Shift* bezeichnet, seinen größten Ausdruck. Diese Benutzer waren erst Enthusiasten und Amateure, dann Hobbyisten und Menschen, die Bürotätigkeiten auf den Computer verlagerten. Dementsprechend vervielfältigte sich schnell die Palette an Möglichkeiten, die bald viele Spiele und diverse Software für die Heimanwendung enthielt. Mit dem PC wurde der Computer zu einem Konsumprodukt und die Ausbreitung dieser zum „most life-changing consumer phenomenon in the 2nd half of the twentieth century.“²⁵¹

Trotz der steigenden Angebote war der Nutzen von PCs beschränkt. Er ermöglichte zwar einige Tätigkeiten, der Medienkonsum limitierte sich jedoch auf Inhalte, die über mühselige Wege bei speziellen Firmen und Händlern erworben werden mussten. Zudem waren es jeweils in sich abgeschlossene Einheiten. Ein Spiel konnte nur mit sich selbst gespielt werden und ein digitales CD-Lexikon war ähnlich seinem papiernen Gegenpart jenseits der internen Hyperlinkstruktur

²⁴⁹ Campbell-Kelly u. a., *Computer*, 46–49.

²⁵⁰ Campbell-Kelly u. a., *Computer*, 53–77.

²⁵¹ Campbell-Kelly u. a., *Computer*, 229.

nicht vernetzt. Als Prätext des sich daraufhin entwickelnden Internets gab es bereits früher digitale Projekte der Vernetzung. So etwa die 1960-1963 aufgrund des Umfangs notwendige Umstellung der Buchung von Flügen auf ein simultan agierendes, digitales System (*SABRE*).²⁵² Ähnlich verlief die Einführung von Kreditkarten und Barcodes beziehungsweise *Universal Product Codes* in der Supermarktlogistik. Es existierten in den 1990ern außerdem bereits verschiedene Netzwerktechnologien und Kommunikationsangebote für Wissenschaftler, Unternehmen und Konsumenten. Diese waren jedoch stets auf einen Bereich limitiert. Die stärkste Antwort auf den allorts wahrnehmbaren Hunger nach Information war die Einführung von *Videotex*, einem dem Teletext ähnlichen Service, das jedoch in beide Richtungen übertragen konnte. Erst die Benutzerfreundlichkeit des PCs brachte eine Hinwendung der Netzwerkkidee zum Computer. Im Internet bündelten sich schlussendlich drei gegengleiche Vorgänge: Das militärische Bestreben, ein resilientes Netzwerk zu erstellen, die Verbindung aller lokalen Computernetzwerke und einen Zugang zu Information zu schaffen. Die Entwicklung dorthin wurde immer wieder selbstverstärkt durch Problemlösung der unterwegs auftretenden Schwierigkeiten und Füllung von Lücken. So wurden technische Standards umgesetzt, Protokolle zur Kommunikation entstanden. Mit diesem Zugang verband Tim Berners-Lee die Vernetzung des Internets mit der Struktur des Hyperlinks und schuf das *World Wide Web*. Ebenso zur Organisation der Information wurden Möglichkeiten zur Orientierung im World Wide Web geschaffen, wie beispielsweise Suchmaschinen und Browser als Instrumente zur idealen Verarbeitung programmiert. Mit diesen Mitteln der effizienten Informationsübermittlung fand ein Take-off statt, der wiederum weitere Effekten stimulierte. Die E-Mail als niederschwelligere, elektronische Form eines Briefs veränderte das Leben und die Arbeitswelt der Menschen zusätzlich. Es ergaben sich neue Geschäftsmodelle und eine Kommerzialisierung fand statt. Ähnlich dem Markt für PCs fanden sich auch im Rahmen des Internets vielfältige Möglichkeiten monopolistische Positionen in den neuen Feldern zu erreichen. Es handelt sich dabei jeweils um das Erkennen und Ausreizen der sich neu eröffnenden Potenziale des neuen Mediums.²⁵³

Den nächsten Sprung stellte die Entwicklung dar, die zum Entstehen des Web 2.0 führte. Aus dem Zusammenspiel einer Mobilisierung der Internetnutzung und den sozialen Netzwerken, die im virtuellen Raum entstanden, ergab sich eine neue Stellung des Internets im Leben der Menschen. Im Laptop, noch viel mehr aber im Smartphone, fand die Konvergenz von Computern und Telekommunikationstechnologie statt. Damit war die Möglichkeit gegeben, unterwegs

²⁵² Campbell-Kelly u. a., *Computer*, 152–55.

²⁵³ Campbell-Kelly u. a., *Computer*, 273–95.

und nahezu jederzeit Zugang zum Internet zu haben. Als Konsequenz konnte die Kommunikation, die zuvor auf die Möglichkeiten der Telefonie mitsamt deren Kurznachrichtenformaten beschränkt war, intensiviert werden. Das neue Medium ermöglichte breiteren, netzwerkartigen und vielfältigeren Austausch von Information. Der große Player auf diesem Feld ist oder war Facebook, das innerhalb weniger Jahre zum einflussreichsten Akteur unter den sogenannten *sozialen Netzwerken* aufstieg.²⁵⁴ Als Nachsatz muss angefügt werden, dass trotz überwältigender Mitgliederzahlen Facebook gerade bei jüngeren Menschen zunehmend Territorium an sein Tochterunternehmen Instagram abgeben muss.²⁵⁵

Die spannendste Eigenschaft von binär-digitalen Daten, dem omnipräsenten Rohstoff der *Digitalisierung als solcher* und Grundelement des elektronischen Computers, ist vermutlich die Vervielfältigbarkeit. Das Original wird durch die Übereinstimmung der drei Ebenen von physikalischer, logisch-mathematischer und semantischer Darstellung obsolet, denn es kann einfach in Form eines Zahlenwerts dupliziert werden.²⁵⁶ Analoge Maschinen und Signaldaten bilden außerdem immer realiter ab, so etwa die Sanduhr die Realzeit. Das bedeutet umgekehrt für digitale Daten eine erstaunliche Einfachheit der Speicherung, eine andere Dimension der Bearbeitbarkeit wie etwa parallele Rechenvorgänge und schlichtweg keine Gebundenheit an die Realzeit eines natürlichen Vorgangs. Daraus ergibt sich bereits die Ursache für das rasche Anwachsen verfügbarer Information. Man darf an der Stelle jedoch nicht vergessen, dass die Übertragung und Darstellung im digitalen Modus bereits von vorneherein eine Reduktion bedeutet und dass analoge Daten potenziell unendlich viel digitale Information enthalten. Was sich tatsächlich verändert hat, ist die grundsätzliche Verfügbarkeit sowie die Menge symbolischer Daten und damit gespeicherter expliziter Information. Im Prozess der bewussten Informationsproduktion gewährt der zugrundeliegende System-Code des physikalischen Signals die einfachste Speicherung und Bearbeitung. In der Menge und der vereinfachten Generierung von Information, der Verfügbarkeit, Verknüpfung sowie den Verarbeitungsmöglichkeiten liegt ebenso die Ursache für die Entstehung von Big Data begraben. Für diese, konkreter für ihre Auffassung von *big* und *großen Mengen*, gilt stets eine relative Betrachtungsweise, je nach den historischen Möglichkeiten des Umgangs damit. Dennoch kann in absoluten Werten eine Steigerung festgehalten werden.²⁵⁷

²⁵⁴ Campbell-Kelly u. a., *Computer*, 296–301.

²⁵⁵ Ortiz-Ospina, *The Rise of Social Media*. Vgl. hierzu auch Abb. 2 im Abbildungsverzeichnis.

²⁵⁶ Floridi, *Information*, 28.

²⁵⁷ *Schmale, Big Data in den historischen Kulturwissenschaften*.

Wenn aufgrund der ureigensten Eigenschaft der Digitalisierung mehr gespeicherte aktuelle Information vorliegt, dann bedeutet das ein Mehr an Struktur, höheren Energieeinsatz und lokal weniger Entropie. Das bedeutet aber nicht, dass damit auch die Komplexität steigt, wie mit dem erneuten Verweis auf Spiers Erkenntnis zu praktisch unmöglicher Feststellbarkeit des Komplexitätsgrads gesagt werden muss. Der Zusammenhang ist vielmehr umgekehrt – mit hypothetisch höherem Komplexitätsgrad steigt auch die Informationsmenge. Allein die Anwesenheit von Information ist noch kein direkter Beweis für vorhandene Komplexität. Sie kann jedoch als Indiz fungieren, da sie grundsätzlich ein Ausdruck von Struktur ist.

Das Datenmanagement greift jedoch auch selbst auf Werkzeuge der Verarbeitung aus dem digitalen Raum zurück. Wie bereits im Zusammenhang mit Komplexitätsforschung gesehen, ist eine Vielfalt von Programmen im Einsatz, um große Datenmengen zu bearbeiten. Neben elaborierten mathematischen Simulationen und Machine-Learning-Algorithmen beginnt das bereits auf unterster Ebene. Da der Computer als Anwendergerät vor allem Zweckdienlichkeit und Komfort ermöglichen soll, füllt er in erster Linie auch seine Rolle als Bürodienstleister aus. Mit ihm wird Material verwaltet und Information beschafft.

Ein sehr gutes Beispiel für diesen Bereich bietet etwa die Wissenschaft. Zunehmend wichtiger werden hier wie im Internet Werkzeuge zur Beschaffung von relevanter Information, was mit Filtern gleichzusetzen ist. Sie ermöglichen die Suche nach Artikeln, Monografien und anderen Inhalten über Suchmasken. Allein das Programm *u:search* hat hier eine riesige Menge an Informationen verfügbar. Alle siebeneinhalb Millionen physisch verfügbaren Titel an der Universität Wien inklusive umfangreicher Metadaten, wie neben den herkömmlichen Karteiinformationen mitunter sogar Inhaltsverzeichnisse und vielfältige Verschlagwortung. Weiters ist ein vielfältiges Angebot an ungefähr 600.000 Elementen digital abrufbarer Lizenzware vorhanden. Neben diesen von der Universität Wien bereitgestellten Titeln gibt es noch die Möglichkeit, 572 spezialisierte Datenbanken zu gewissen Informationsfeldern zu durchsuchen. Zumeist korrespondieren deren Abgrenzungen mit denen der jeweiligen wissenschaftlichen Disziplinen.²⁵⁸

Zu ergänzen sind weitere Möglichkeiten der Suche, wie etwa in Journalen oder anderen Anbietern wissenschaftlicher Schriften. All diese Angebote unterscheiden sich nur geringfügig von den zuvor gängigen Methoden der Informationsbeschaffung, die ebenso entlang von Disziplinen stattfand und Fachbibliotheken, Experten oder Handbücher zu einem thematischen Feld umfasste. Über Ähnlichkeiten wurden dann mündlich oder schriftlich Reihungen und Verweise,

²⁵⁸ DLE Bibliotheks- und Archivwesen der Universität Wien, *Jahresbericht 2018*.

schlussendlich Empfehlungen, abgegeben. Diese Möglichkeiten wurden nur durch die Digitalität zeitlich beschleunigt, der Umfang wurde größer und die Werkzeuge präziser. Interessanterweise entfaltet sich der Vorgang der Informationsbeschaffung grundsätzlich in einer algorithmischen Charakteristik, mit der ein Abarbeiten verschiedener Aufgaben und ein gewisser vorgegebener Reaktionsraum in spezifischen Situationen verbunden ist. Eine Übertragung des Vorgangs in die Digitalität lag somit nahe. Gleichzeitig mit dieser Veränderung stieg jedoch die verfügbare Information an. Die Gründe dafür finden sich im Zusammenwachsen der Wissenschaftsgemeinde, einer Vereinheitlichung in Richtung der Lingua Franca Englisch, was sich insgesamt zu einer größeren Zahl an Teilnehmer*innen sowie leichtere Möglichkeiten der Produktion und Verteilung durch die einfache Replizierbarkeit der digitalen Produkte zusammenfassen lässt.

Das digitale Prinzip tritt auch hier als Vorläufer der konkreten medialen Veränderung auf. Erst durch die formelhaften Bibliothekssysteme war eine Basis geschaffen, die sich in die überaus praktische Kongruenz der binären Darstellbarkeit von semantischer Information, physikalischen Zuständen und mathematischen Operatoren übertragen ließ. Informationstechnologie und Datenmanagement sind keine Erfindungen eines eventuellen digitalen Zeitalters, sondern waren bereits lange davor wichtige Instrumente vielfältigster Kommunikations- und Dokumentationsprozesse. Anders ist maximal der gegenwärtige Vorstoß in den Bereich von *Machine Learning* und Artifiziereller Intelligenz (AI). Diese werden zur Durchdringung und Aufbereitung großer Datenmengen speziell von den derzeitigen Monopolisten des Internets entwickelt. Sie schaffen damit als Filterwerkzeuge zusätzlich neue Dimensionen der Personalisierung von Inhalten.

4.3. Digitale Wirklichkeit

4.3.1. Algorithmen

Bei Algorithmen handelt es sich grundsätzlich um Handlungsanweisungen zur Abarbeitung von Aufgaben oder Lösung von Problemen. In dieser Funktion gibt es sie in der menschlichen Gesellschaft bereits lange. Ein Kochrezept ist ebenso ein Algorithmus im weiteren Sinne wie ein Gesetzestext. Mit zunehmender Abstrahierung wanderte er jedoch in den Bereich der Logik und Mathematik.²⁵⁹ Mit der Entwicklung von Universalcomputern wurde ein ideales Instrument

²⁵⁹ Drösser, *Total berechenbar?*

gefunden, um präzise Handlungsanleitungen in der Informationsverarbeitung vorzugeben und durchzuführen. Dementsprechend war es Ada Lovelace, die für Charles Babbages Analytical Engine den ersten Algorithmus nach heutigem Verständnis programmierte.²⁶⁰ Dieser ist als Rechenvorschrift mit einer Eingabe und Ausgabe sowie einer Folge von dazwischen stattfindenden Rechenschritten zu präzisieren. Gegenwärtig sind Algorithmen unüberschaubar vielfältig und vielseitig. Sie umfassen Aufgaben wie sehr effiziente Suchalgorithmen genauso wie die Entzifferung von Genomen und alltägliche Operationen in Mikrochips wie das Rechnen in Taschenrechnern oder die vielfältigen Assistenzfunktionen eines Autos. Mit diesen Anwendungen sind sie eindeutig dem Bereich der Informatik zuzuordnen, denn die Hauptfunktionsweisen ist die Verarbeitung von Information.²⁶¹ Der Algorithmus ist sozusagen die Basis der massiven Verbreiterung von Informationstechnologien, sein Charakter der Handlungsanweisungen ermöglicht die Übernahme von menschlichen Aufgaben und demzufolge die performative Konstituierung von neuen Gegebenheiten des menschlichen Verhaltens. In dieser Tätigkeit verändern sie unter anderem die Information, indem sie diese als Gatekeeper verwalten und unter anderem sortieren und aussparen – ein durchaus beidseitig gewünschter Mechanismus.²⁶² Sozusagen als Nebeneffekt dieser Konstellation ergibt sich Scheinobjektivität, die in algorithmischer Kultur auf die äußere Welt projiziert wird und sich dadurch selbst legitimiert.²⁶³

Durch die Eigenschaften der binär-digitalen Informationsstruktur, die eine Zunahme der expliziten Informationsproduktion und -speicherung bedeutet hat, wurden Anwendungen und Medien geschaffen, die sich nur mit der Aufbereitung dieser beschäftigt. Dafür wurden elaborierte und raffinierte Werkzeuge, Filter und Mechanismen konzipiert und geschaffen, die ähnlich der Komplexitätsreduktion aus dem riesigen Möglichkeitsraum wählen und diesen einschränken.²⁶⁴ Dazu zählen in erster Linie verschiedene *Soziale Netzwerke*, wie etwa Facebook, mit jeweils personalisierten Newsfeeds, die algorithmisch auf beim User beliebten Content zugeschnitten werden. Selbiges gilt für die Google-Suche. Für beide gilt, dass sie Wirklichkeit medialisieren, indem sie die verfügbare Information ordnen, aufbereiten und dadurch überhaupt erst hervorbringen. Der User wird dabei im Unklaren gelassen, wie das genau geschieht, er hat lediglich in die algorithmische Definition von Relevanz zu vertrauen. Was ausgespart wird, kann aufgrund der Monopolstellung beziehungsweise der Hilfslosigkeit des Informationskonsumenten

²⁶⁰ Campbell-Kelly u. a., *Computer*, 44.

²⁶¹ Krieger-Hauwede u. a., *Algorithmen – Eine Einführung*, 5–7.

²⁶² Mittelstadt u. a., „The Ethics of Algorithms“.

²⁶³ Seyfert und Roberge, *Algorithmuskulturen*, 17.

²⁶⁴ Füllsack, *Gleichzeitige Ungleichzeitigkeiten*, 125.

ohne diese Instrumente bei der Bewertung und Filterung kaum erkannt werden. „Der Algorithmus hilft auf diese Weise dabei, mit den vielen Informationen zurecht zu kommen.“²⁶⁵ Er ermöglicht all dies auf eine Weise, die auf den ersten Blick verlockend simpel erscheint. Gleichzeitig gibt es keine Einsicht in dessen Funktionsweise, er hat die Eigenschaften einer Black Box.²⁶⁶ Die leistungsfähigsten Algorithmen des Bereichs künstlicher Intelligenz werden nur noch nach Parametern in eine Startposition verfrachtet. Danach richtet sich der Prozess entlang dieser Vorgaben aus und lernt selbstständig dazu. Was genau er bei diesem Machine Learning tut und wohin die Entwicklung geht, bleibt selbst den Entwicklern einer solchen Software meist verborgen. Die Black Box wird in dem Bereich „tiefschwarz“.²⁶⁷

4.3.2. Mensch und Technologie

Veränderung und Geschichte wird unter verschiedenen Vorzeichen betrachtet. Eine prägnante Formulierung aus der Umweltgeschichte geht von einer Reziprozität zwischen Mensch, Technologie und Umwelt aus.²⁶⁸ Nancy Katherine Hayles spricht analog dazu von einem reziproken Verhältnis von Technologie und Kultur.²⁶⁹ Die Wirkung auf die jeweils anderen ruft im weiteren Verlauf Rückwirkungen hervor, es ist ein Feedbackloop. Im Rahmen dieses Verhältnisses wirkt also nicht nur der Mensch auf die Welt, sondern schlussendlich auch wieder auf sich selbst zurück. Wenn man die gesellschaftliche Wirklichkeitskonstruktion von Berger und Luckmann heranzieht, wird die Wirklichkeit des wahrnehmenden Subjekts entscheidend von der Gesellschaft und anderen Subjekten geprägt.²⁷⁰ Dabei spielt jedoch Technologie eine große Rolle, denn sie ist ein Medium der Wahrnehmung. Die Welt wird vermittels Technologie empfangen, auch Gesellschaft beruht teils darauf. Beide sind das Ergebnis eines synchronen und diachronen menschlichen Kumulationsprozesses. Die Umwelt in Form der Geosphäre ist als dritter Faktor entscheidend. Sie ist der große Pool, in dem der Mensch sich bewegt, auf den er angewiesen ist und auf den er wiederum mithilfe seiner Technologie einwirkt. Insgesamt ist die Wahrnehmung des Subjekts, die intersubjektiv abgeglichen wird, von technologischer Medialität entscheidend geprägt.

²⁶⁵ Stegbauer, *Shitstorms*, 67.

²⁶⁶ Seyfert und Roberge, *Algorithuskulturen*, 8.

²⁶⁷ Drösser, *Total berechenbar?*, 197–212.

²⁶⁸ Pritchard, *Toward an Environmental History of Technology*, 231.

²⁶⁹ Hayles, *How We Think*, 1–18.

²⁷⁰ Berger und Luckmann, *Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit*.

Das kommt nicht von ungefähr, denn immerhin ist Technologie ein Ergebnis menschlicher Schaffenskraft. Bereits erste Werkzeuge der Urgeschichte veränderten die Wirklichkeit der frühen Menschen, indem etwa das Verhältnis zu anderen Organismen (Tieren, Pflanzen), zu sich selbst und damit zur Welt als Ganzes verändert wurde.²⁷¹ Diese Instrumente der Ermächtigung wurden stets wirkungsvoller. Waffen loteten die Beziehungen der Menschen untereinander neu aus, Verkehrsmittel veränderten die Empfindung von Bewegung und Raum. Es handelt sich insgesamt um eine Spirale, in der Veränderungen der drei Bereiche kontinuierlich aufeinander einwirken. Die Digitalisierung verändert also nachhaltig das Verhältnis des Individuums zu sich selbst. In weiterer Folge wirkte sich das auch auf die Relation zwischen dem einzelnen Individuum, dem Kollektiv und gesellschaftlichem Wissen aus.

In diesem Sinne sind die Vorgänge rund um die Digitalisierung als Ausdruck jener Spirale zu sehen. Die historische Entwicklung zeichnet sich dabei durch eine Dynamik aus, die von Rückwirkungen geprägt ist. Neue technische Funktionen entwickelten sich, woraufhin neue soziale Gegebenheiten entstanden, woraus wieder neue Technologien entstanden und so weiter. Miteman dem Einfluss auf die Umwelt und umgekehrt ergaben sich aus dem Gesamtgemenge Veränderungen in der Wirklichkeit der Menschen und dessen Gesellschaften. Am erstaunlichsten an diesen Vorgängen ist die Geschwindigkeit und der Umfang, den die Dynamik erreichte. Erkennbar ist das einerseits in den Zäsurempfindungen der Menschen, andererseits in den Auswirkungen in den jeweiligen Bereichen. So haben sich Gesellschaften zum Teil um soziale Netzwerke neu ausgerichtet. Auch die Entwicklung und Innovationskraft auf dem Sektor der Informationstechnologie und ihm nahestehenden Bereichen ist wie bereits geschildert erstaunlich. Selbst in der Umwelt gibt es vielfältige Auswirkungen, vom Energiebedarf des mit Digitalisierung verbundenen Turbokapitalismus bis hin zur zunehmenden Industrialisierung des Umgangs mit ihr. Ein Grund für all das liegt in der Digitaltechnologie selbst. Da sie ihrem Charakter nach vor allem Informationsverarbeitung und Kommunikation ermöglicht, befördert sie jedenfalls die Vernetzung von Menschen. Wie ein Blick in die Vergangenheit zeigt, ist die Wirkmächtigkeit des Homo Sapiens immer dann gestiegen, wenn auch sein Vernetzungsgrad gewachsen ist. Die ersten Zivilisationen entstanden etwa zu einem großen Teil aus der Spirale von Verdichtung, Spezifizierung und Kumulation. Mit Technologien, die Mobilität erleichterten wie das Schiff, den Austausch von Ideen und Gütern befördern wie Schrift oder das Rad

²⁷¹ Die Entwicklung des Menschen kann nur unter einer Vielfalt von Interdependenzen gesehen werden.

und der Ertragssteigerung von Nahrungsmitteln wie viele landwirtschaftliche Innovationen das geschafft haben, wurde etwa genau das erreicht.²⁷²

4.3.3. Realität und Erkenntnis

All walks of life are being transformed by machine learning, by software platforms that amplify human ability to manipulate mathematics and statistics, by the availability of Massive Open Online Courses, and by unprecedented access to data and collective insights through networks like Wikipedia and Stack Exchange.²⁷³

Die Auswirkungen von Digitaltechnologie – egal ob das die algorithmischen Gebilde oder die Fortschritte bei Hardware und Kommunikationstechnologie betrifft – auf den Menschen und seine Wirklichkeit machen den Großteil der kulturwissenschaftlichen Beschäftigung mit dem Thema aus.

Ein großer Block davon beschäftigt sich mit der Integration digitaler Technik in den menschlichen Alltag. Das subjektive Individuum mit seinem Sinnesapparat als Basis des Erkenntnisvorgangs wird dabei zunehmend in Abhängigkeit davon gesehen. Durch die Fortschritte der Sensorik wurden Wahrnehmungsebenen geschaffen, die den menschlichen bei weitem überlegen sind. Das betrifft nicht nur die Auflösung und den Feinheitsgrad, sondern auch Bereiche, die dem Menschen nicht zugänglich sind, wie etwa Ultraviolettes Licht. Durch technische Lösungen wie Live-View kann zudem problemlos Raum überwunden werden. Wolfgang Schmale spricht von einer *Augmented Reality*, einer durch Digitalität vermittelten, erweiterten Wirklichkeit.²⁷⁴

Als zweiter Bereich dieser Argumentation wird die Algorithmenkultur herangezogen. Die angesprochene Problematik bezieht sich auf die Scheinobjektivität gepaart mit Relevanz, die den Algorithmen zugesprochen wird. Aufgrund ihrer Vermittlerposition als zuarbeitendes Filter-, Aufbereitungs- und Abarbeitungswerkzeug, die sie vielfach bedeutend besser als der Mensch ausüben können, gibt es ein Abhängigkeitsverhältnis und eine Unterwerfung unter die algorithmische

²⁷² Es handelt sich um eine evolutionäre Ansicht der menschlichen Zivilisation, die bereits vielfach dargelegt wurde. Das machen beispielsweise die Big History (vgl. David Christian, *Big History*) oder andere Formen von Makroerzählungen der Menschheit (vgl. Harari, *Eine kurze Geschichte der Menschheit*; Henrich, *The Secret of Our Success*). Selbst zyklische Darstellungen von Kulturen sehen jedoch eine langfristige Entwicklung und Akkumulation von Wissen und Praktiken (vgl. Mcanany und Yoffee, *Questioning Collapse*; Wright, *Eine kurze Geschichte des Fortschritts*).

²⁷³ Santa Fe Institute, *Complex Intelligence*.

²⁷⁴ Schmale, *Digital Construction of Reality*, Abschn. 9–13.

mische Allmacht. Gleichzeitig darf nicht vergessen werden, dass sie stets nur eine perspektivische Vermittlung der Wirklichkeit anbieten können. Auch sie wurden von Menschen programmiert, die ihnen Parameter der Wahrnehmung eingeschrieben haben. Aus der sturen Abarbeitung der Aufgaben, ohne den Verlockungen anderer Parameter ausgesetzt zu sein, einerseits und dem subjektiven Fundament davon andererseits ergibt sich die Scheinobjektivität. Vielfach werden algorithmisch erlangte Informationen und Ergebnisse deshalb fälschlicherweise als direkte Abbildung einer tatsächlich inexistenten objektiven Realität angesehen – die Wirkungsweise des empirischen naturwissenschaftlichen Realismus.²⁷⁵

In ihrer Funktionsweise sind sie jedoch mittlerweile in vielen Bereichen des Lebens omnipräsent. Auch sie wirken deshalb auf die Episteme des Menschen und seine Wirklichkeitserfahrungen. Dazu zählen etwa die erwähnte Allmacht der Google-Suche oder Facebooks Newsfeed-Algorithmus, der vorgibt, welche soziale Information relevant ist und welche nicht. Ein essenzielles Feature der Digitaltechnologie ist zweifellos die Entkoppelung von innerer Funktionsweise und oberflächlicher Bearbeitung. Die User benötigten ab einem gewissen Zeitpunkt keine Programmierfähigkeiten mehr, sondern nur noch ein basales Wissen zur Anwendung von Software.²⁷⁶ Usability und Intuitivität als Norm des Designs von Digitalität werden zu den bestimmenden Faktoren der Benutzung. So werden Smartphone-Gesten wie das *Wischen* über den Touchscreen zu omnipräsenten Alltagsgesten, die jeder Person vertraut sind. Auf der anderen Seite des Spektrums kann kein Mensch die 0/1-Zahlenreihen des Maschinencodes sinnvoll entziffern oder effizient programmieren. Erst mithilfe des Compilers wird eine Übersetzung zwischen Programmiercode und Maschinencode möglich. Die Lösung dagegen ist gleichzeitig eine Vertiefung des Dilemmas, denn die Medialisierung des Inhalts hat einen weiteren Zwischenschritt erhalten. Somit liegt die Intuitivität in einem Spannungsfeld zwischen dem Menschen als Generalisten und dem Algorithmus als Spezialisten. Die Menschheit hat komplizierte Informationstechnologien entwickelt, die bereits sich selbst zur Verarbeitung benötigt. Ähnlich wird hinsichtlich der Singularität argumentiert. Schon jetzt wird das Design von Computerchips leistungsfähigen Algorithmen überlassen. Laut manchen Stimmen entsteht aus diesem Prozess der Selbstoptimierung langfristig eine künstliche Intelligenz – der Moment der Singularität.²⁷⁷

²⁷⁵ Seyfert und Roberge, *Algorithmenkulturen*, 17.

²⁷⁶ Campbell-Kelly u. a., *Computer*, 273.

²⁷⁷ Kurzweil, *The Singularity Is Near*.

Die Nachhaltigkeit der Einwirkungen von Digitalisierung lassen sich in der Verwendung ihrer Produkte erkennen. Vielfache Aufmerksamkeit richtet sich etwa seit Jahren auf die Jugend und deren Mediengebrauch. Dafür wurden Generationskohorten eingeteilt und typisches Verhalten beschrieben. Die *Generation Y* ist demnach geprägt von der Entwicklung der digitalen Medien, weshalb deren Vertreter auch *Digital Natives* genannt werden. Durch das Aufwachsen mit den Gegebenheiten integrieren sie Digitaltechnologie weit selbstverständlicher in ihren Alltag und nutzen ganz selbstverständlich mobiles Internet und *Soziale Netzwerke*.²⁷⁸ Obwohl solche Reduktionen immer Gefahr in sich bergen, wird damit recht gut eine neue Alltagswirklichkeit von vielen Menschen beschrieben. Ein selbstverständlicher Gegenstand des Alltags wird grundsätzlich nicht mehr explizit behandelt, was wieder der Komplexitätsreduktion des Menschen entspricht. Auch Psychologen beschäftigen sich vielfach mit den neuen Gegebenheiten und dem idealen Umgang damit, speziell bei Kindern.²⁷⁹ Erkennbar wird hier, wie in Beobachtungen in meinem persönlichen Alltag, dass gerade Kinder mit ihrer Offenheit gegenüber den Möglichkeiten des Lebens die digitalen Angebote immer wieder vor sich her treiben.

Die Integration der digitalen Technologie in den Alltag wird ebenso aktuell mehrfach behandelt. Der Informatiker und Publizist Ray Kurzweil prophezeite bereits zur Jahrtausendwende, dass Computer in den kommenden Jahren verschwinden würden. Damit meinte er genau diese Umwandlung von expliziten Geräten zu selbstverständlichen und impliziten Gegenständen des Alltags.²⁸⁰ Was von ihm als Fortschrittsoptimisten noch positiv gesehen wird, ist beim Medienwissenschaftler Roberto Simanowski negativ besetzt. Er konstatiert ein Verschwinden in der Transparenz, bei dem Technik als sozialer Akteur zunehmend ausgeblendet wird.²⁸¹ Auch der populäre Historiker Yuval Noah Harari geht auf das Verhältnis des Menschen zu seiner Technologie ein. Er sieht dort einen Unterwerfungsvertrag mit algorithmischen Maschinen.²⁸² Insgesamt kann man sagen, dass sich das Verhältnis zwischen Mensch und seiner digitalen Technologie verändert hat. Das darf nicht überraschen, wenn man die Reziprozität der beiden Bereiche bedenkt. Am prägnantesten hat diese Veränderung vermutlich Steven Jones beschrieben, der von *Eversion*, also Umstülpung spricht. Er bedient sich dabei einer räumlichen Komponente und des Begriffs des Cyberspace. Laut Jones war der Terminus über lange Jahre eine Bezeich-

²⁷⁸ Dahlmanns, *Generation Y und Personalmanagement*, 25–32.

²⁷⁹ Katzer, *Cyberpsychologie*.

²⁸⁰ Kurzweil, *Spiritual Machines*, 18.

²⁸¹ Simanowski, *Stumme Medien*.

²⁸² Harari, *Homo Deus*.

nung für einen Raum, der parallel zur Realität existierte. Durch die vermehrte Integration desselbigen in den Alltag über Mobilgeräte und Web 2.0 fand eine Änderung statt und der Raum stülpte sich um und riss die Grenze zwischen den beiden Welten ein.²⁸³ Nancy Katherine Hayles argumentiert ähnlich und sieht nach dieser Veränderung eine Mixed Reality.²⁸⁴ Luciano Floridi geht in seiner Argumentation über die Augmentation hinaus und bescheinigt dem Digitalen eine re-ontologisierende Qualität. Er fasst die relevante Technologie als *Information and Communication Technology (ITC)* zusammen und betont deren Rückwirkung auf den Menschen, der durch sie neue Welterfahrungen macht. Sie unterscheiden sich insofern von Vorgängern, als dass sie durch ihre spezielle Verfasstheit eine Pforte bereitstellen, durch die der Mensch hinsichtlich der neuen Ontologie initialisiert wird.²⁸⁵ Dementsprechend wird etwa die Facebook-Website als eigenes Universum wahrgenommen, in dessen Zusammenhang über die Räumlichkeit von Digitalität diskutiert wird. Mithilfe der ITCs interagieren die Menschen mit einem wie auch immer gearteten Gegenüber und damit stellen sie Ontologie und Realität her. Floridis Satz dazu ist prägnant: „To be is to be interactable.“²⁸⁶

4.3.4. Geschichte und Wissenschaft

Für die Wissenschaften kann dasselbe gelten wie für das gesamte menschliche Leben. Digitalität und neue Informationstechnologien wurden eingeführt und das System veränderte sich dadurch. Die Realität eines Forschungsalltags unterscheidet sich damit bereits stark von dem vor Jahrzehnten oder Jahrhunderten.²⁸⁷ Anders verhält sie sich nur teilweise aufgrund ihrer starken Institutionalisierung, die der Dynamik entgegen wirkt, da die Reflexion grundsätzlich ein wichtiges Element von ihr ist. Das bedeutet einerseits, dass neue Praktiken manchmal erst spät übernommen werden und andererseits, dass insgesamt und intensiviert in Spezialdisziplinen über die Veränderungen durch Digitalisierung geforscht wird: „Digitalität“ wird, mit besonderem Blick auf die Kulturwissenschaften entscheidend durch Rationalisierung, Verflüssigung,

²⁸³ Jones, *The emergence of the digital humanities*.

²⁸⁴ Hayles, *Cybernetics*; Weitere Begriffe wären „enmeshed bzw. augmented reality“ (Jurgenson), „x-reality“ (Coleman) oder „every-ware“ (Greenfield). Vgl. Jones, *The emergence of the digital humanities*, 18.

²⁸⁵ Floridi, *Information*, 10–12.

²⁸⁶ Floridi, *Information*, 12.

²⁸⁷ Hayles, *How We Think*, 1–18.

Entgrenzung, Dekontextualisierung und Personalisierung sowie durch das – oftmals noch ungenutzte, aber stets *gegebene* – Veränderungspotenzial, das Digitalität für die Kulturwissenschaften besitzt, charakterisiert.²⁸⁸

Beide Entwicklungen fanden Niederschlag in einer neuen sozial- und geisteswissenschaftlichen Disziplin, den *Digital Humanities*, in deren Umkreis auch von einer *Digital History* gesprochen wird.²⁸⁹ Deren Ausrichtung besteht zum Einen in der Anwendung der neuen digitalen Werkzeuge auf dieselben oder ähnliche Inhalte und Fragestellungen sowie Möglichkeiten der Kommunikation und Publikation. Darüber hinaus werden Veränderungen, die zum digitalen Vormarsch beigetragen haben und die im Gefolge davon stattgefunden haben, erforscht. Kurz, sie behandeln die medialen Veränderungen. Die Anwendung des ersten Bereichs führte durch die Methodik zu einer Verschiebung in Richtung Naturwissenschaften, wobei durch die Scheinobjektivität der Empirie die Erkenntnis des freien Subjekts untergraben wird:

Die einseitige Fokussierung auf Big Data, Quantifizierung und Statistik auch in den Geisteswissenschaften macht diese lediglich zu Pseudowissenschaften, weil sie die kritische und unentbehrliche Funktion der subjektiven Welterkennung, die ja keine willkürliche Erkenntnis ist, leugnet und alles auf eine maschinenlesbare Verarmung reduziert.²⁹⁰

Davon abgesehen sind durchaus enorme Möglichkeiten in der Hinwendung zu digitalen Tools enthalten. Die Frage, die gerade in der Fokussierung auf immer größere Datenmengen auftaucht, ist, ob das überhaupt sinnvoll ist. Immerhin besteht die Gefahr, immer nur die Bestätigung derselben Ergebnisse zu bekommen. Die Suche nach Mustern soll also laut Schmale von einem theoretischen Korrektiv kontrolliert werden.²⁹¹ Für Stefan Zahlmann gilt grundsätzlich zweiterer Strang der Beschäftigung mit Digitalisierung als spannender für die (Geschichts-)Wissenschaft. Analog zum vorhergehenden Kapitel bedeutet für ihn Digitalisierung erstmals eine Veränderung der technischen Lebenswelt, dann aber noch viel wichtiger eine andere Selbstwahrnehmung des Menschen. Immerhin ist dieser der axiomatische Referenzpunkt der Digital Humanities. Er stellt außerdem bereits die Frage nach neuen historischen Akteuren, welche die Möglichkeit der Emergenz von digitalen komplexen Systeme eröffnet.²⁹²

²⁸⁸ Schmale, *Digitale Vernunft*, 94.

²⁸⁹ Winters, *Digital History*; Robertson, *The Differences between Digital Humanities and Digital History*.

²⁹⁰ Schmale, *Digital Humanities*, 13.

²⁹¹ Schmale, *Big Data in den historischen Kulturwissenschaften*, 133–38.

²⁹² Zahlmann, *Die Digital Humanities und der Mensch*, 175–77.

5. Der Mensch, die Geschichte und Komplexität

Die zentrale Fragestellung dieser Arbeit ist, wie sich die Ergebnisse, Konzepte, Modelle und Erkenntnisse aus der Komplexitätsforschung auf die Geschichtswissenschaft auswirken und wie sie auf den geschichtlichen Prozess wirken. Dabei geht es um Auseinandersetzungen mit Komplexitätszuwachs, die theoretischen Modelle dazu und die Entschlüsselung vielfältigster komplexer Systeme. Es handelt von Modellierungen der Veränderungsprozesse durch Konzepte der Komplexitätsforschung sowie den Anstieg empirischer Komplexität durch den Menschen.

5.1. Verbindung zur Geschichtswissenschaft

Ein Zusammenhang ergibt sich allein aus der vielfach bescheinigten Komplexität der Geschichte und des Weltgeschehens oder, wie Max Weber es formulierte, aus dem „ungeheuren chaotischen Strom von Geschehnissen, der sich durch die Zeit dahinwälzt.“²⁹³ Bernd-Olaf Küppers sieht die Ursachen dafür in der Abwesenheit von naturgesetzlichen Regelmäßigkeiten und damit von Berechenbarkeit sowie in der Dynamik, die sich aus der freien Willensentscheidungen der Menschen ergibt. Ein weiterer Grund für diese kaum zu durchdringende Dynamik stellt für ihn die große Anzahl beteiligter Ursachen, also die Masse an beteiligten Akteuren dar.²⁹⁴ Das entspricht prinzipiell bereits der Unterscheidung von schwacher und starker Komplexität. Es beinhaltet einerseits die Vielzahl an Elementen und weiters die Undurchdringbarkeit von deren gemeinsamer Funktionsweise, also der daraus emergierten Dynamik. Wenn die Geschichtsforschung versucht, in dieser Unordnung Regelmäßigkeiten zu erkennen, dann betreibt sie im Grunde Komplexitätsforschung.

Vorsicht ist grundsätzlich bei der Anwendung von systemtheoretischen Zugängen auf die Geschichtswissenschaft geboten. Obwohl die Systemtheorie unter anderem Niklas Luhmann prominent in den Sozialwissenschaften vertreten ist und deren Fokus ebenso ein geisteswissenschaftlicher ist, der den Menschen ins Zentrum des Interesses rückt, gibt es leichte Differenzen zur Geschichtswissenschaft. Hier unterscheidet man Herangehensweisen an die Ergründung der zeitlichen Veränderung und tatsächlich sind auch sozialwissenschaftliche Analysen enthalten. Dennoch nimmt die systemische Beschreibung keinen großen Raum ein, da dem Individuum

²⁹³ Weber, *Die ‚Objektivität‘ sozialwissenschaftlicher und sozialpolitischer Erkenntnis*, 86.

²⁹⁴ Küppers, *Chaos und Ordnung*, 69.

zumeist eine recht eigensinnige Position zugesprochen wird.²⁹⁵ Jedenfalls ergeben sich an dieser Schnittstelle zur Systemtheorie einige Schwierigkeiten.

Gerade die Rolle der Systemtheorie Luhmann'scher Prägung wird hinsichtlich ihrer möglichen Anwendung in der Geschichtswissenschaft immer wieder diskutiert. Nun ist aber das umfassende Theoriegebäude Luhmanns nicht gleichzusetzen mit dem Zugang der Komplexitätsforschung. Deckungsgleich ist der Fokus auf das System als Einheit der Analyse und die strukturalistische Sicht auf Veränderung. Kausalitäten treten hier anders auf als in der Geschichtswissenschaft. In Letzterer ist die gegenwärtige Situation aus der Gesamtheit an Ereignissen der Vergangenheit kausal erklärbar, beziehungsweise wird es mithilfe eines Narrativs in einen Deutungszusammenhang gebracht. Dabei wird Veränderung stets ursächlich mit vorangehenden Gegebenheiten erklärt. Bezeichnend ist bereits die argumentative Verwendung der Sprache, etwa von *weil*, *wegen*, *deshalb* und ähnlichen Begriffen, die dafür verwendet werden. Systemtheoretische Betrachtungen sind vorerst achronisch, denn sie umfassen in erster Linie eine systemische Beschreibung eines Zustands, um die Funktionen erklären zu können. Danach wird Veränderung unterschiedlich gehandhabt, von Resonanz bei Luhmann zu den drei Ebenen bei John Hollands CAS (Performance, Credit Assignment, Rule Discovery), dem sprunghaften Phasenübergang von CPS oder chaotischem Verhalten in der Chaostheorie. Das bezieht sich zumeist auf die Veränderung eines Systems und behandelt kaum das Verhalten von Systemen zueinander.²⁹⁶ Kausalitäten liegen maximal in Form von im Hintergrund aktiven Triebkräften, die die Ausformung von Systemen befördern, und von regelhaftem Verhalten vor. Der Rest der Veränderung besteht aus Zufall. Damit sind dieselben Probleme enthalten, die bereits in Bezug auf strukturalistische Methoden geäußert wurden: Der Eigensinn des Akteurs und seines Handelns geht verloren. Dennoch besitzen systemische wie strukturalistische Zugänge auch Vorteile. Mit ihnen lassen sich Funktionalismen beschreiben, die auf Veränderung wirken.²⁹⁷ Es sind dies beispielsweise die Muster in komplexen Systemen. Die Kritik daran sowie die Versuche der Überwindung tragen den Namen des Poststrukturalismus. Es handelt sich um eine Zusammenführung der beiden Bereiche, um das Verhältnis von strukturellen Gegebenheiten und individuellem Verhalten auszuloten. Der Fokus dieser Forschung liegt deshalb vor allem auf (*Wirk-*)*Macht*. Will die Komplexitätstheorie Hilfestellungen für die Geschichtswissenschaft bereitstellen, so muss sie Antworten zu diesen Problematiken anbieten können.

²⁹⁵ Rathmann, *Ereignisse Konstrukte Geschichten*, 6–12.

²⁹⁶ Becker, *Geschichte und Systemtheorie*, 11.

²⁹⁷ Rathmann, *Ereignisse Konstrukte Geschichten*.

In Geschichtswissenschaft und -philosophie wurde schon vielfach der Zusammenhang von Zufall und Kausalität erörtert. Zu einem Teil wurde diese Debatte bereits im vorliegenden Kapitel aufgegriffen, ist sie doch mit der Charakterisierung des Ereignisses und dessen Rolle in der Wahrnehmung von Wirklichkeit verbunden. Reinhart Koselleck reduziert den Zufall komplett auf die Perspektive eines Betrachters²⁹⁸ und Thomas Rathmann hat das Ereignis sogar als den Inbegriff des Kontingenten bezeichnet.²⁹⁹ Ähnlich argumentiert auch Jörn Rüsen, wenn er Kontingenz (neben anderen Sichtweisen) als „ein Ereignis im Sinne eines historischen Deutungszusammenhangs von Zeit“³⁰⁰ betrachtet, das narrativ mit anderen verbunden wird und sich so auflöst. Wie bei Rüsen herrscht insgesamt der Begriff der *Kontingenz* anstelle des *Zufalls* vor. Zumeist synonym gebraucht,³⁰¹ werden von einigen Autoren unterschiedliche Aspekte davon unterschieden: Etwa die „semantischen Binnendifferenzen zwischen einem verfügbaren Möglichen [Kontingenz] und einem verfügbaren Wirklichen [Zufall]“³⁰² Eine weitere Unterscheidung nimmt Arnd Hoffmann vor, indem er im Zufall eine Referenz auf das Ereignis und in der Kontingenz eine Parallele zur Struktur sieht.³⁰³ Dessen umfangreiche Studie stellt neben dem Aufsatz Kosellecks von 1989³⁰⁴ die einzige intensivere Beschäftigung mit der Thematik dar, wie Peter Vogt in seiner Reflexion anmerkt. Während Koselleck den Zufall als reine Gegenwartspektive des Historikers behandelt, plädiert Hoffmann für eine ebensolche Wirkung auf die historischen Akteure: „Zufall und Kontingenz in der Geschichte, so macht Hoffmann gegen Koselleck deutlich, sind nicht oder nicht nur historiografische Perspektivbegriffe, sondern sie sind immer auch ein Bestandteil historischer Wirklichkeit.“³⁰⁵ Vogt sieht bei Koselleck sogar eine ontologische Diskreditierung des Zufalls. Dieser Punkt ist für meine Untersuchung am spannendsten, setzt doch die Naturwissenschaft Prämissen, die von der Erkenntnistheorie hin-

²⁹⁸ Koselleck, *Der Zufall als Motivationsrest in der Geschichtsschreibung*, 158.

²⁹⁹ Rathmann, *Ereignisse Konstrukte Geschichten*, 6.

³⁰⁰ Rüsen, *Die Kultur der Zeit*, 26.

³⁰¹ Vogt, *Kontingenz und Zufall*, 328. Vogt selbst kritisiert diese synonyme Verwendung, s. u.

³⁰² Vogt, *Kontingenz und Zufall*, 25. Vogt sieht für Zufall und Kontingenz den Nezeßarismus als Fundament an, ohne den die beiden nicht denkbar sind. Dieser wiederum argumentiert sich über Verfügbarkeit oder genau gegenteilig Unverfügbarkeit der Geschichte. Deshalb gilt die zitierte Binnendifferenzierung genauso zwischen unverfügbarem Möglichen und Wirklichen. Vgl. Vogt, *Kontingenz und Zufall*, 191-192.

³⁰³ Hoffmann, *Zufall und Kontingenz in der Geschichtstheorie*, 58; Vgl. Vogt, *Kontingenz und Zufall*, 336. „Den Zufall definiert Hoffmann als eine Ereigniskategorie im Sinne einer Koinzidenz voneinander unabhängiger Handlungsketten; der Zufall ist ferner subjektiv wie objektiv, eine Kategorie der Erfahrung wie der Erkenntnis. Kontingenz bezeichnet Hoffmann hingegen als eine ‚Bereichsangabe‘, mit Hilfe eines Terminus *mithin*, der Rüdiger Bubners Diskussion von Zufall, Kontingenz und Anders-sein-können in Geschichtsprozesse und Handlungsnormen entlehnt ist, und diese ‚Bereichsangabe‘ referiert Hoffmann zufolge nun nicht auf Ereignisse, sondern auf Strukturen. Zufällig ist demnach stets ein Ereignis. Kontingent sind demnach stets Strukturen.“

³⁰⁴ Koselleck, *Der Zufall als Motivationsrest in der Geschichtsschreibung*.

³⁰⁵ Vogt, *Kontingenz und Zufall*, 332.

terfragt werden. Einen Schritt früher, vor der Einführung der Betrachterabhängigkeit, wirft Koselleck noch einen anderen Blick auf den Untersuchungsgegenstand: „Gemessen an dem Modell einer naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeit mag der Zufall das Wesen aller Geschichte ausmachen [...]“. ³⁰⁶ In der in den Naturwissenschaften genauso wie in der Komplexitätsforschung vorherrschenden Empirie nimmt der Zufall durchaus die Rolle einer ontologischen Realität ein, etwa wenn evolutionstheoretische Mutationen auftreten ³⁰⁷ oder deterministisches Chaos konstatiert wird. Die Komplexitätsforschung widmet sich überdies der grundsätzlichen Erforschung vordergründiger Zufälligkeit. Ähnlich der historiografischen Realität ³⁰⁸ sind zufällige Phänomene hier oftmals nur dem Schein nach zufällig und folgen eigentlich kausalen Mustern.

Im Rahmen der Komplexitätsforschung wird auch bereits an Inhalten, die in den Bereich von Sozialwissenschaft und Geschichte fallen, geforscht. Da die Funktionsweise der Disziplin zwangsweise auf Datensätzen aufbaut, ist sie auf eine Modellierung von Inhalten angewiesen – eine Schwierigkeit, welche die Digital Humanities als Ganzes prägt. Eine große Forschergruppe rund um Peter Turchin hat beispielsweise zu ergründen versucht, ob sich für Kulturen rund um den Globus Ähnlichkeiten in Struktur und Entwicklung ausmachen lassen. Für diese Fragestellung haben die Wissenschaftler eine riesige Datenbank mit dem Namen *Seshat* aus systematisch gesammelter und strukturierter Information aufgebaut. ³⁰⁹ Die Modellierung umfasst die Einteilung von Weltregionen, die Festlegung auf die Analyseeinheit „independent political unit“, das Aufstellen von 51 für soziale Komplexität relevante Variablen und deren Aggregation in neun *Complexity Characteristics*. ³¹⁰ Es handelt sich hierbei letzten Endes um die Erforschung steigender Komplexität menschlicher Gesellschaften, von den Autoren als soziale Komplexität bezeichnet. Deren erfolgreiche Evolution wurde bereits vor der Gründung der Komplexitätsforschung konstatiert und je nach theoretischer Untermauerung mit unterschiedlichen Ursachen erklärt. Die Zugangsweise von *Seshat* ist gegenüber diesen relativ theorieoffen, da eines ihrer Ziele das empirische Austesten der Erklärungsmodelle ist. Deshalb ist die Klammer des Projekts die Theorie der *Cultural Multilevel Selection*, die unterschiedliche Triebkräfte auf den jeweiligen Ebenen der vielschichtigen Phänomene wirken lässt. Auf einer Metaebene

³⁰⁶ Koselleck, *Der Zufall als Motivationsrest in der Geschichtsschreibung*, 158.

³⁰⁷ Rüsen, *Die Kultur der Zeit*, 26.

³⁰⁸ Vogt, *Kontingenz und Zufall*, 338–41.

³⁰⁹ Turchin u. a., *Seshat*.

³¹⁰ Turchin u. a., *Quantitative Historical Analysis Uncovers a Single Dimension of Complexity*, 145.

ist hingegen sowieso Komplexitätstheorie eine Metakategorie, die über der gesamten Untersuchung schwebt. Wichtig ist den Betreibern jedoch eine Modellierung der Informationen zu „theoretically relevant variables“. Mithilfe dieser soll das Ziel, „to identify empirical patterns in aspects of human history that need to be explained“ ermöglicht werden.³¹¹ Es wird also eine gründlichere Einsicht in die Prozesse gesucht, die laut den Proponenten den geschichtlichen Werdegang aller menschlichen Kulturen und Gesellschaften determinieren. Der dafür übergreifend verwendete Begriff ist der der sozialen Komplexität, weswegen der kontinuierliche Komplexitätszuwachs der menschlichen Gesellschaften mitsamt deren Organisationsformen im Fokus der Untersuchung ist.

5.1.1. David Krakauers Versuch einer theoretischen Verknüpfung

David Krakauer, ein renommierter Forscher des SFI, Biologe, Physiker und Historiker, hat sich mit der Anwendung von Konzepten und Modellen der Komplexitätsforschung auf die Geschichtsforschung beschäftigt. Dabei bewegt er sich grundsätzlich in einer quantitativen Tradition. Ein weiterer Artikel des zugrundeliegenden Sammelbands bezieht sich analog dazu explizit auf die *Cliometrics* und deren Zugang als Punkte der Anknüpfung.³¹² Krakauer prognostiziert jedenfalls eine Bedeutungssteigerung der *Cliometrics*, einer laut ihm derzeit eher nur wenig wertgeschätzten Subdisziplin, was parallel mit einer erhöhten Bedeutung von Empirismus und naturwissenschaftlichem Realismus einhergeht.³¹³ Das lässt sich bereits in der vielmaligen Forcierung, unter anderem der Digital Humanities, auf die Analyse von Datenmengen erkennen. Die Sicht auf diese Entwicklungen ist wenig überraschend zwiegespalten.³¹⁴

Im weiteren Verlauf seines überaus dichten Aufsatzes charakterisiert Krakauer sehr knapp und dementsprechend verkürzt die Komplexitätsforschung. Sein Fokus liegt speziell auf deren Modellierung von Veränderung, Dynamik und Übergängen. Diese stammen ursprünglich vorrangig aus der Physik und der Biologie, können seiner Meinung nach jedoch auf Geschichte und geschichtswissenschaftliche Erklärungsmuster angewandt werden. Dazu ist diese als eine Folge von Ereignissen (*Events*) zu sehen, die aneinandergereiht eine Datenreihe ergeben. Krakauer unterteilt den Umgang damit in drei mögliche gangbare Wege: Eine *Chronik* erklärt jedes ein-

³¹¹ Turchin u. a., *Seshat*, 80.

³¹² Gell-Mann, *Regularities in Human Affairs*, 99.

³¹³ Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*, 146.

³¹⁴ *Schmale*, *Big Data in den historischen Kulturwissenschaften*.

zelne Geschehnis, verbindet diese jedoch nicht kausal miteinander. *Narrative Geschichtsforschung* passt ein Narrativ in Form eines Mittelwerts in die Reihe ein und richtet jedes Event kausal daran aus. Dabei wird ein Rahmen in Form einer Theorie erstellt, der möglichst jedes Detail umfassen soll. In einer möglichen zukünftigen *Scientific History* kann die bisherige Binariät jedoch in einem neuen Schema aufgelöst werden, das Krakauer in den Konzepten der Komplexitätsforschung sieht. Im Groben bedeutet das, eine dynamische und approximatorische Gesetzmäßigkeit für die Ereignisse einer Reihe zu finden und diese auf alle möglichen Bereiche, die außerhalb des ursprünglichen Datensatzes liegen, projizieren zu können. Da die Komplexitätsforschung Umgangsmöglichkeiten für beide Seiten ihrer Wesensart – Regularität und Zufälligkeit – hat, können auch Abweichungen inkludiert werden.³¹⁵ Krakauer möchte mit seiner *Scientific History* die Eleganz der großen, eleganten naturwissenschaftlichen Theorien erreichen, bei denen eine Vielfalt an Phänomenen mit einem simplen, gesetzmäßigen Mechanismus erklärt werden kann. Komplexitätsforschung macht genau das. Sie versucht, hinter einer Ansammlung von anscheinender Zufälligkeit Regelhaftigkeit zu erkennen, was vor allem mithilfe einer Fokussierung auf Datenanalyse geschieht.³¹⁶

Die Typisierung der historischen Kausalitätsdarstellungen formt sich also entlang dieser zwei Gegensätze aus. Wie in der Komplexitätsforschung steht die Ergründung von Regelmäßigkeiten in einem auf den ersten Blick komplexen Gefüge im Zentrum. Krakauer ermittelt die Komplexität einer historischen Darstellung und Deutung über Zeitreihen, die in einem Koordinatensystem sowohl die quantitativen, zeitlichen Bausteine als auch die historischen Ereignisse abbilden.³¹⁷ Das Ereignis an sich ist keineswegs eine akzeptierte Einheit der Geschichtswissenschaft, sondern im Gegenteil ein vieldiskutiertes und -kritisiertes Konzept.³¹⁸ Es findet großen Widerhall in der ereignisgeschichtlichen Darstellungen und erfährt die starke Kritik von den auf Strukturen fixierten Theorien und dem darauf folgenden Poststrukturalismus. Von einem positivistischen, objektiven Ereignisbegriff führte die Auffassung zu Strukturen, in denen das

³¹⁵ Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*, 118, 121–22.

³¹⁶ Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*, 126–28.

³¹⁷ Damit lassen sich Events auf einer Zeitachse anordnen und schlussendlich das Muster eines historischen Zeitpunkts abbilden. Ein Event oder Ereignis ist das Konzept, das notwendig sein wird, um diese Beobachtungen („well-curated, quantitative data sets“) in den Reihen zu organisieren. „Events will represent preferred and principled levels of granularity for these observations.“ Elemente der Zeitreihen sind schlussendlich “salient events and their corresponding dates“. Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*, 119–121

³¹⁸ Empfehlenswert für eine Übersicht über die Diskussionen der letzten Jahrzehnte bieten zwei Sammelbände, die jeweils das Produkt von Tagungen darstellen. Vgl. Koselleck, *Geschichte – Ereignis und Erzählung*; Rathmann, *Ereignis*.

Ereignis nur noch als kontingentes Element auftritt und schlussendlich zur völligen Diskreditierung im Rahmen der dekonstruktivistischen Textkritik. Trotz dieser breiten Ablehnung lässt sich das Ereignis jedoch nicht abschaffen. Gerade durch die kulturgeschichtliche Hinwendung zum historischen Akteur kommt es in Form eines kontingenten Konstrukts kommunikativen, diskursiven oder rituellen Handelns zurück.³¹⁹ So entstand eine gegenwärtige Situation, in der das Ereignis dennoch nicht verschwindet. Daher fragt etwa Žižek, ob das Ereignis eine Veränderung in der Weise sei, wie die Realität uns erscheint oder doch eine erschütternde Transformation der Realität selbst darstelle.³²⁰ Er kommt zu dem Schluss, dass es sich um eine Veränderung des Rahmens handelt, durch den der Mensch die Welt wahrnimmt und sich in ihr bewegt. „In einem Ereignis ändert sich eben jener Parameter, an dem wir die Tatsachen der Veränderung messen.“³²¹ In dieser Perspektive bündeln sich in dem Konzept des *Events* die Konstruiertheit der Wirklichkeit³²² und die Einschätzung von Zäsuren als wichtigem Element der Periodisierung.³²³

Krakauers Ereignisbegriff ist schwer zu fassen, da er ihn praktisch nicht erklärt und als gegeben annimmt. Feststellen lässt sich jedenfalls, dass es um kontingente beziehungsweise zufällige Einheiten geht. Diese sind für ihn gleichzeitig die Grundstruktur jeder Geschichtsdarstellung, wobei sie der Ontologie des naturwissenschaftlichen Zugangs unterstellt ist. Dabei werden in zeitlicher Ausdehnung die entscheidenden *Events* oder Ereignisse abgebildet, indem sie anhand eines dazugehörigen Datensatzes eingetragen werden. Es soll sich bei Letzteren um Beobachtungen in Form von „well-curated, quantitative data sets“ handeln, wie etwa Bevölkerungszahl, Armeestärke, Geburtsraten, BIP, Wechselkurse und so weiter. Aus den Zeitpunkten und Datenwerten ergeben die Events schlussendlich ein Muster, mit dem je nach historischem Erklärungsmodus unterschiedlich umgegangen werden kann. Zwangsläufig treffen sich dabei regelhafte und zufällige Anteile.³²⁴ Krakauer definiert sodann den Komplexitätsgrad eines solchen zeitlichen Prozesses folgendermaßen: Es handelt sich um die Funktion der kleinsten Zahl an maxi-

³¹⁹ Rathmann, *Ereignisse Konstrukte Geschichten*, 4–12. .

³²⁰ Žižek, *Was ist ein Ereignis?*, 11.

³²¹ Žižek, *Was ist ein Ereignis?*, 177.

³²² Vgl. Kapitel 3.3.1.

³²³ Vgl. Kapitel 7.

³²⁴ Eine ähnliche Umgangsform mit Events findet Nathan Coombs. Er definiert sein Projekt so: „This book will contend that its essence lies in its ability to rationally articulate events (protests, riots, revolutions) with longer, drawn-out processes (changes in the mode of production, imperial expansions, demographic drifts).“ (S. 2) Er argumentiert dann, dass Komplexität die besten Möglichkeiten für ein „scientific interface between the rational and the empirical“ (S. 165) darstelle. Coombs' Herangehensweise fokussiert sich jedoch stark auf den klassischen marxistischen Materialismus und Althusserianische Theorie. Vgl. Coombs, *History and Event*.

mal komprimierten Ereignisreihen, die das Muster eines Zeitpunktes der Vergangenheit abbildet. Das beinhaltet die *Kolmogorow-Komplexität*, welche ein Maß für die kürzeste Darstellung einer Zeichenkette ist und deshalb die Anzahl von zufälligen Elementen im Gegensatz zu strukturierten Teilen abbildet. Ebenso enthalten ist die Komplexität, derer in der Komplexitätsforschung angehangen wird und die sich auf mitunter verborgene, regelhafte Elemente in scheinbar zufällig konstituierten und derart agierenden Phänomenen konzentriert. Eine leicht vereinfachte Version von Krakauers Definition wäre demnach folgende: Die Komplexität eines Prozesses ist die kürzestmögliche Beschreibung aller maximal komprimierten beteiligten Zeitreihen. Will man das in einen numerischen Wert fassen und in quantitativer Hinsicht bearbeiten, dann kann man daraus noch die Kolmogorow-Komplexität berechnen.³²⁵ Fraglich bleibt die Aussagekraft und Relevanz dieser Werte. Sie zeigen nicht die Komplexität eines untersuchten Systems, sondern die der geschichtlichen Deutung.

Wenn nun eine Sequenz etwa eine Linie darstellt und dementsprechend keine zufälligen Elemente aufweist, dann ist die Beschreibung in einem simplen Vektor möglich. Sollte jedoch eine komplett randomisierte Sequenz vorliegen, dann muss jedes Event einzeln beschrieben werden, was die Komprimierung verunmöglicht und die Komplexität dementsprechend um ein Vielfaches erhöht. Je höher der Anteil der zufälligen Teile ist, umso schwieriger wird die Darstellung des Systems.³²⁶ In der dynamischen Komplexität sozialer Systeme mit schwer festzustellenden Systemgrenzen und einem verhältnismäßig schnellen Veränderungsprozess ist es nicht nur schwer, Mechanismen zu erkennen, sondern es gibt auch viele Phänomene, die Zufälligkeiten darstellen. Schlussendlich machen diese einen nicht unwichtigen Teil der Geschichte aus. Krakauer schlägt für die Komplexität von historischen Deutungen den Umgang in Form eines Wertes für zufällige und reguläre Ereignisse vor, um die jeweiligen Anteile vergleichen zu können. In dem Verhältnis von regelhaften zu zufälligen Anteilen zeichnet sich wiederum die Typologie der Wissenschaften ab.³²⁷ Entscheidend scheint mir noch die Bemerkung, dass für Krakauer und seine Bewertung der Komplexität eines Prozesses ein solcher grundsätzlich nur über Zeitreihen darstellbar ist. Diese ist das Fundament seines Modells und eine Alternative dazu ist nicht vorhanden. Zudem handelt es sich ohnehin um eine konzeptuelle Studie, also um den

³²⁵ Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*, 126.

³²⁶ Das ist auch die Ursache dafür, warum in der Naturwissenschaft ein Großteil der Erkenntnisse aufeinander aufbaut. Die regelhaftesten Systeme sind am leichtesten zu erkennen und helfen im weiteren Verlauf in der Beschreibung schwierigerer. Einsteins berühmte allgemeine Relativitätstheorie ist unter anderem deshalb so geschätzt, weil sie die unzulässige Beschreibung einer Vielzahl an Phänomenen durch eine kurze und elegante Formel ersetzte.

³²⁷ Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*, 126–28. Die grafische Aufbereitung findet sich auch im Abbildungsverzeichnis, vgl. Abb. 3.

Versuch einer Anwendung von Komplexitätstheorie auf das historische Fach. Keineswegs darf es als fertige Methode angesehen werden.

An diesem Punkt wird gleichzeitig eine Auflösung dieses derzeit vorherrschenden Gegensatzes deutlich. Er formt sich mehrfach im Text aus und sieht gesammelt folgendermaßen aus:

| <i>Narrative Geschichtsschreibung</i> | <i>Chronik</i> |
|---------------------------------------|-------------------------|
| mechanistic & regular | incidental & particular |
| mechanistic | statistical |
| mechanical fit | phenomenological fit |
| regularity | randomness |
| analytical | synthetical |
| extrinsic | intrinsic |
| Generalities | Singularities |

Tab. 1: Synonymische Auflistung von David Krakauers Gegensatz zwischen narrativer Geschichtsschreibung und Chronik

Genauso wie die unterschiedlichsten Phänomene immer Teile von beiden aufweisen, hat auch Komplexität beide Eigenschaften. Die Kategorien sind also nicht gezwungenermaßen binär, sondern skalierbar. Ein weiterer Forscher des SFI hat sich mit genau diesem Verhältnis beschäftigt: Murray Gell-Mann spricht dabei von Gesetzmäßigkeiten und probabilistischen Zufällen. Manche dieser Zufälle schaffen weitere Stufen von Komplexität. Diese nennt er *Frozen Accidents*, denn durch die informationsverarbeitenden Mechanismen in CAS (Performance, Credit Assignment, Rule Discovery) können diese neuen Formen und Funktionen stabilisiert werden – das bereits bekannte Prinzip der *Emergenz*.³²⁸ In *Frozen Accidents* und *Emergenz* verbinden sich also die Gegensätze und die Entwicklung jedes komplexen Systems kann damit beschrieben werden. Die beiden stellen damit mögliche Konzepte für eine Anwendung auf historische Disziplinen dar.

Da die Komplexitätsforschung versucht, speziell die Organisationsform und gemeinsame Muster in der Funktion von unterschiedlichsten komplexen Systemen auszumachen, hat sie eine ausgewiesene Expertise auf dem Gebiet der simplifizierenden Darstellung von komplexen Vorgängen. Aus vielen hierarchischen Ebenen des Systems werden multiple relevante Aggregate

³²⁸ Gell-Mann, *Regularities in Human Affairs*; Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*, 140.

zur Beschreibung und kausalen Erklärung herangezogen, das sogenannte *Coarse-Graining*.³²⁹ Angewandt wird dieses auf die Einheiten und Funktionen komplexer Systeme. Frozen Accidents und Emergenz modellieren das grundsätzliche Verhalten aller komplexen Systeme, das Coarse-Graining hingegen beschreibt diese jeweils funktionalistisch, indem jeweils die relevanteste Ebene der Betrachtung ausgewählt wird. Krakauer betreibt es in erster Linie hinsichtlich der Akteure eines Systems – Einzelteile werden dabei zu Gruppen aggregiert. Da die Aggregate nach Wirkmächtigkeit erkannt und ausgewählt werden, sind damit auch Eigenschaften und Funktionen dieser Systeme formalistisch vereint, z.B. Motivationen wie *Nationalstolz*.³³⁰

Ähnliches passiert in der Geschichte, die zwangsläufig nicht bis zur psychischen Verfasstheit jedes einzelnen Individuums ins Detail gehen kann, was die gründlichste und objektivste Art der Darstellung wäre. Statt einer solchen undarstellbaren und unendlichen Detailgeschichte muss mit Vereinfachungen und Aggregaten gearbeitet werden. Schlussendlich werden auch die Ereignisse einem Coarse-Graining unterzogen, wenn Geschehnisse aggregiert und je nach Wichtigkeit genannt oder beiseite gelassen werden. Je gröber die Körnung, desto stärker wird dadurch auch das Argument. Krakauer zieht aus alledem einen logischen Schluss: „Historians have been practicing an informal complexity science for as long as there has been a history, switching between alternative coarse grains (individuals and groups) in search of effective explanations.“ Er zitiert dazu ein Beispiel von Herodot: “The Thasians at the king's command destroyed their walls and brought all their ships to Abdera.”³³¹

Genauso wie ein Raubtier in der Natur nicht auf zellulärer Basis seine Beute orten und niederstrecken kann, sondern diesen Vorgang durch hochentwickeltes Zusammenspiel und Ausdifferenzierung von Zellen auf mehreren Systemebenen bewerkstelligt, enthält auch der Satz von Herodot nicht eine Beschreibung der Tätigkeit jeder Individuen, sondern eine der relevanten Ebenen: der König oder das Volk der Thasier als System. Geschichtliche Erklärungen sind damit ähnlich strukturiert wie komplexe Systeme. Sie bestehen aus einer Vielzahl an Subsystemen und Akteuren, die hierarchisch organisiert sind. Das System formt sich hier vor allem als soziale Gruppe aus, was es in Richtung der Sozialwissenschaften rückt. Neben einer solchen punktuellen Zustandsanalyse ist es aber vielmehr die daraus entstehende Dynamik von Interesse. Mit

³²⁹ Ein bestechendes Beispiel der Naturwissenschaft ist etwa das Aggregat der Temperatur, das sich aus den mikroskopischen Bewegungen von Einzelteilchen ergibt. Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*, 132.

³³⁰ Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*, 133.

³³¹ Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*, 139; Herodotus, *Book 6*, Abschn. 48. Vgl. <http://data.perseus.org/citations/urn:cts:greekLit:tlg0016.tlg001.perseus-eng1:6>.

der Aggregation in Teilsysteme gehen bereits Funktionen, die diese aufweisen, und deshalb funktionalistische Beschreibungen einher.

5.1.1.1. Grundstruktur komplexer Systeme

Die funktionale Beschreibung ist untrennbar verschränkt mit der Beschreibung von Veränderung und Entwicklung eines Systems. Aus einer evolutionären Veränderung der Funktionen ergibt sich in Form des Rule Discovery ein Testmodus für neue Funktionen; aus den Accidents emergiert ein System mit völlig neuen Eigenschaften und Fähigkeiten. Die inhaltliche und empirische Erfassung dieser ist gleichzeitig die einzige Möglichkeit, Emergenz festzustellen, die ja in ihrer Neuartigkeit nur über Abgrenzung in Eigenschaft und Funktion erkannt werden kann. Die neuen Systemebenen entstehen dabei aus der Zufälligkeit oder *Mutation*, welche immer mitmischt. Wiederum handelt es sich um die drei Ebenen der Veränderung von CAS. Diese können auf biologische Phänomene genauso angewandt werden wie auf historische Veränderungen – Krakauer vergleicht hier zum Beispiel den Übergang von Nomaden zu sesshaften Siedlern mit dem Entstehen von Photosynthese.³³² Dabei treten zufällige Accidents auf, werden gespeichert und zur weiteren Konstruktion eingesetzt. Notwendig dafür sind Speicher- oder Erinnerungseinheiten sowie Antriebs- und Fixiermechanismen für die Accidents, Möglichkeiten der Wiederverwendung der gespeicherten Information sowie Anreize für die Aggregation und Schaffung von Komplexität. Ohne diese Notwendigkeit von Zufall und Regelmäßigkeit würden Veränderungen und Neuerungen genauso schnell und leicht wieder verschwinden wie sie aufgetaucht sind. Einmal plakativ durchgespielt könnte solch ein Accident zum Beispiel die Erfindung eines Schriftsystems sein. Die Erfindung allein genügt nicht, denn es benötigt für eine erfolgreiche Kodifizierung Stabilisierungsmechanismen in Form einer Überlieferung in kollektiven Gedächtnisformen. Sodann der Accident einer Bibliothek zur stabilen Aufbewahrung eines *passierten* Schriftstücks und weiters muss es Lesern zur Verfügung stehen, um produktiv sein zu können. Ein emergentes Phänomen, das solcherart entstehen konnte, ist etwa ein Steuersystem oder die Wissenschaft.

Einen weiteren Anteil am regelhaften Prozess der Veränderung machen Antriebskräfte aus, die die Entwicklung von komplexeren Systemen befördern. Krakauer zählt zu diesen die Theorie

³³² Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*, 141.

der Minimalisierung von freier Energie (oder den Abbau freier Energie) und die der stets effektiveren Energieversorgung großer Massen.³³³ Beide spielen auch eine wichtige Rolle in der Big History. Weiters nennt er Entropie als einen Treiber von Robustheit und deshalb komplexen Stützsystemen, da fragile Strukturen einfacher der Entropie anheimfallen. Diesen Widerstand gegen den Zerfall, der komplexe Systeme ständig begleitet, bezeichnet bereits die Resilienz mitsamt ihren Mechanismen. Am Ende spricht er von einem Wettbewerb um die verfügbare Energie, die auch die Ausdifferenzierung verschiedentlich anregt.³³⁴

Wiewohl diese Antriebskräfte in ihrer zeitlichen Entfaltung eine ständige Ausdifferenzierung in höhere Komplexität nahelegen, ist dieser Schluss gefährlich. Das ist zum Beispiel die Hauptkritik an der Big History. Auch Gell-Mann betont, dass die empirische Komplexitätsveränderung so etwas wie eine Bilanz der Steigerung und Verringerung von ihr ist.³³⁵ Will man eine solche aufstellen, dann macht es einen Unterschied, welche Ebene und welche Zeiträume man in den Blick nimmt. Auf jeden Fall lassen sich temporäre Komplexitätsverluste beobachten. Die Frage nach den Entwicklungen in einem sehr langen Zeitraum muss an dieser Stelle offen bleiben. Jedenfalls aber modelliert Krakauer auch Kräfte hinter Simplifizierungsprozessen. Eines davon ist das Mutations-Selektions-Verhältnis: „When rates of change are significantly greater than rates of repair, or of freezing (fixation), there is no possibility of memory being preserved, and consequently no prospect for interesting structures to be built.“³³⁶ Als Beispiel wird hier der Bau beziehungsweise die Reparatur und Zerstörung von Kathedralen sowie die jeweiligen Auswirkung auf den Glauben und die Frömmigkeit genannt. Den zweiten Pfad zu Simplifizierung sieht er in dem Dreigespann von Koevolution, Autonomie und Minimalismus. In fixierten Abhängigkeitsverhältnissen führt die damit einhergehende Sicherheit vielfach zu parasitärem Verhalten und es wird ein Teil der eigenen Komplexität und aggregierten Mechanismen aufgegeben. Eine mögliche Anwendung dieses argumentativen Pfades ergibt sich bei der Entwicklung von sozialen Gruppen, die vom Surplus anderer leben.

Ziemlich entscheidend für die Gesamtbewertung der Konzepte ist die Auseinandersetzung mit dem Verhältnis von Ursache und Wirkung bei Veränderung und damit eine weitere Vertiefung der Aspekte von Relevanz und Kausalität in der Geschichte. Ist die Handlung einer Person eines Moments wichtiger für die weiteren Geschehnisse oder sind es strukturelle gesellschaftliche Kräfte? Das Modell des komplexen Systems liefert dafür analytische Konzepte. In dem Fall

³³³ Spier, *Complexity in Big History*; Chaisson, *The Natural Science Underlying Big History*.

³³⁴ Spier, *Complexity in Big History*, 143–45.

³³⁵ Gell-Mann, *Regularities in Human Affairs*, 77, 97.

³³⁶ Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*, 145.

liegt eine Gesamtgemengelage aus Triebkräften und CAS-Strukturen vor. Vorschläge liefern die Unterteilungen in systeminterne und systemexterne Ursachen, sowie die in kritisches Einzelevent (analytisch) und kritisches System (synthetisch), wenn es um den Auslöser von Veränderung geht.

Der Gegensatz findet Ausdruck in vieldiskutierten Fragen der Geschichtswissenschaft wie etwa, ob der Erste Weltkrieg von der Ermordung des Habsburger Thronfolgers Franz Ferdinand oder von der labilen politischen Lage ausgelöst wurde.³³⁷ Die beiden Zustände wiederum lassen sich durch bereits bekannte Begriffe aus der Komplexitätsforschung verdeutlichen. Ein kritisches System ist durch selbstorganisierte Kritikalität gekennzeichnet, die an einem Kippunkt eine große Dynamik entfacht, wie zum Beispiel eine Infektionskrankheit. Das kritische Event bezeichnet einzelne Störungen, die groß genug sind, um das gesamte System zu erschüttern, wie etwa ein Gummiband, das ab einem gewissen Moment der Überdehnung reißt.³³⁸ In den überwiegenden Fällen handelt es sich um eine Gesamtgemengelage ohne monokausale Erklärungen. Erinnert ist man hier an den eingangs beschriebenen Gegensatz in der Form von *Generalities vs. Singularities*, der im komplexen System aufgelöst wird. Bei Veränderungen wird daraufhin diskutiert, wie hoch der Einfluss von extrinsischen Störungen und intrinsischer Dynamik war. Dies wird an späterer Stelle noch eine bedeutendere Rolle für Periodisierungsfragen spielen.

5.1.1.2. Bewertung

Ohne ein konkret und universal ausformuliertes Modell vorzustellen, spielt David Krakauer in diesem Aufsatz also in erster Linie die Möglichkeiten durch, die sich aus der Anwendung von Konzepten der Komplexitätsforschung auf empirisch basierte, ereignisgeschichtliche Forschung ergeben. Damit meint er diejenigen Konzepte, die sich auf die Veränderungsprozesse in komplexen Systemen beziehen. Die CAS-Struktur beinhaltet einen Speicher, der sodann Frozen Accidents festhält und diese als Anleitung für weitere Konstruktionsprozesse bereitstellt. Auf diese Elemente wirken die treibenden Faktoren für Veränderung – Energieminimalisierung, Wettbewerb und Robustheit – und ermöglichen die Emergenz von Ebenen, die von der

³³⁷ Gell-Mann, *Regularity in Human Affairs*, 129; Freilich ist die geschichtswissenschaftliche Debatte zu Ursachen dieses Krieges weit vielgestaltiger. Eine gute Zusammenfassung des Forschungsstandes zur hundertjährigen Wiederkehr des Datums lieferte Volker Berghahn in der Ergänzung seines Überblickswerkes „Prolog: Kriegsursachen und Kriegsausbruch 1914: Ein Blick auf aktuelle Debatten“. Vgl. Berghahn, *Der erste Weltkrieg*, VII–XVII.

³³⁸ Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*, 129–30.

Historie bearbeitet werden kann. Darüber hinaus behandelt Krakauer, wenngleich implizit, den Prozess der historischen Deutung als einen epistemologischen Vorgang. Die Deutung wird wie ein komplexes System betrachtet, auf den genauso Konzepte der Komplexitätsforschung angewandt werden können. Entsprechend seiner Fokussierung auf Empirie, quantitative Forschung und Data Science formt sich das dann auch aus. Er ist auf der Suche nach einem „law-like approach to history, which seeks to minimize the role of contingencies and narrative explanation“³³⁹ – Scientific History.

Krakauer stellt damit ein Modell auf, das in historischen Veränderungen bestimmte Mechanismen entdecken will. Damit ist es ein möglicher neuer Akteur auf dem Feld der geschichtlichen Kausalitäten. In der Geschichtsschreibung herrschen bisher vor allem zwei Zugänge vor: Die *Chronik* beschreibt Ereignisse und Daten und stellt kausale Zusammenhänge nur implizit durch die Auswahl der relevanten Akteursebenen und deren Funktionsweise her (Coarse-Graining). Die *narrative Geschichtsschreibung* legt über ihre Auswahl der Ereignisse und Daten zusätzlich ein theoretisches Erklärungsmuster, eine Handlungsanleitung der kausalen Interpretation, die jedes Ereignis in die Deutung einbindet. Krakauers Idee der *Scientific History* möchte demgegenüber einen regelhaften Mechanismus wie eine mathematische Funktion in die Zeitreihen einpassen, der gleich der Komplexitätsforschung zufällige Abweichungen inkludiert. Krakauer identifiziert dazu Elemente historischer Erklärungen als Konzepte der Komplexitätsforschung. Diese bereitet er dann grob für empirisch-quantitative Geschichtsforschung auf, wobei er sich laut seiner Conclusio durchaus auf Kritik vonseiten der Kulturwissenschaften einstellt. Er sieht seine Aufstellung in erster Linie als ein Angebot.

5.1.1.3. Kritik

Bleibt vorerst die Frage, wie gut sich das insgesamt auf die historische Forschung anwenden lässt. Das enthält die weiterführende Frage, inwieweit Systeme und Aggregate von ihrer Umwelt abgrenzbar sind. Was bei materiellen Systemen noch relativ eindeutig erscheint – der Mensch lässt sich relativ leicht als Einheit definieren³⁴⁰ und auch für biologische und physikalische Systeme mag das gelten – fällt bei sozialen sehr schwer. Die Probleme, die unter dem

³³⁹ Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*, 123.

³⁴⁰ Auch hier gibt es Punkte, an denen Widerspruch einhaken kann. Wie weit ist etwa das Mikrobiom, speziell im Verdauungstrakt, Teil eines menschlichen Individuums? Biologiegeschichtlich gesehen hat die menschliche DNA ebenso Viren inkorporiert, deren Status hinsichtlich einer Bewertung, ob es sich dabei um Organismen handelt, bisher nur unbefriedigend beantwortet werden konnte. In die andere Richtung der Größenordnung kann

Kapitel zu Digitalität bereits für erstere Kategorie an Systemen erkannt wurde, vertiefen sich noch für deren soziale Pendant. Es liegt einerseits an der Subjektivität des jeweiligen Sensoriums, andererseits an selbst für menschliche Sinne kaum mehr auszumachende Grenzen. Wo beginnt und endet Stadt, Gesellschaft, Verwandtschaft, jedewede soziale Gruppe, Kultur oder Zivilisation? Für alle sozialen und behavioristischen Wissenschaften kann darum gelten, dass ihre Objekte und deren Grenzen schwierig zu definieren sind, Regelmäßigkeiten und Aggregationen jedoch attestiert werden müssen und nicht einfach komplett negiert werden können. Gell-Mann betont bewusst diese Erkenntnis und bündelt die darin enthaltenen Probleme der Abgrenzung zu einer grundsätzlich in den Sozial- und Geisteswissenschaften bestehenden Anfälligkeit für Ausnahmen und einem sich daraus ergebenden approximatorischen Charakter.³⁴¹ Krakauer attestiert in ähnlicher Manier den Sozialwissenschaften eine Tendenz zur Erstellung von elaborierten regelhaften Theorien, die möglichst viele Phänomene umfassen und sich kaum mit der Problematik von Ausnahmen beschäftigen.³⁴²

In der Zugangsweise wird ein positivistischer Zugang zu Quellen und Datenmaterial gewählt. Bei Krakauer weisen diese erneut eine Scheinobjektivität auf, worin die Ansicht, Vergangenheit wäre über Quellenmaterial direkt zugänglich, durchscheint. Geschichte wird von Anhängern einer Vernaturwissenschaftlichung³⁴³ mit einer kurzen Definition versehen. Versucht wird, die Berechenbarkeit von mathematischen Modellen auf die Geschichte anzuwenden. Am Beginn steht deshalb jedes Mal eine Ereignisgeschichte, die analog zum Vorgehen in den empirischen Naturwissenschaften mithilfe von Datensätzen eine Art der Berechenbarkeit erlauben. Die Kausalitäten laufen dabei stets in eine Richtung: Aus den vergangenen Gegebenheiten heraus und von diesen determiniert entwickelt sich die Gegenwart in jedem Moment in die Zukunft. Es ist dies ein evolutionäres Modell eines Weltenlaufs. Im Gegensatz dazu vertritt die Geschichtsphilosophie die Ansicht, dass zum Geschehen in der Vergangenheit nur ein medialisierter Zugang möglich ist und dass die Theorie diesen überhaupt erst ausformt. Die Vorrangstellung der Theorie besagt, „dass sich das historische Geschehen am geschichtswissenschaftlichen Narrativ, das heißt, dem historischen Erkenntnisinteresse und seiner Darstellungsabsicht, ausrichtet.“³⁴⁴ Dennoch treten auch hier Fakten und Quellen auf, die jedoch erst zur Bestätigung oder Korrektur des Narratives herangezogen werden. Dieses entwickelt sich aus den Fragestellungen und

auch argumentiert werden, dass ein Mensch allein in Dysfunktionalität absinkt. In biologischer wie auch sozialer Hinsicht benötigt der Einzelne Formen des Kollektivs.

³⁴¹ Gell-Mann, *Regularities in Human Affairs*, 77.

³⁴² Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*, 126.

³⁴³ Küppers, *Chaos und Ordnung*; Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*; Gell-Mann, *Regularities in Human Affairs*; Christian, *Big History*.

³⁴⁴ Tschiggerl, Walach und Zahlmann, *Geschichtstheorie*, 13.

der Herangehensweise aus der Gegenwart. Geschichte ist demnach in erster Linie eine Disziplin der Bedeutungserstellung – eine Verhandlung, auf deren Bühne die Akteure des Diskurses stehen und vergangene Geschehnisse aus einer gegenwärtigen Perspektive und für die aktuelle Gegenwart deuten. So entsteht ein sich ständig wandelndes Geflecht der Bedeutungen. Krakauer sucht in Analogie zu Vertretern von Komplexitätsforschern und manchmal der Digital Humanities objektive Wahrheiten in den verhandelten Geschehnissen. Geschichte ist aber dementsprechend eine Form der symbolischen Welterschließung. Vergangenheit selbst geschieht nur, sobald aber irgendeine Form der Beschäftigung damit angestellt und folglich interpretiert wird, kann es sich nur um die Konstruktion einer Ordnung handeln.³⁴⁵

Schlussendlich stellt eine Scientific History – ebenso wie das unterschiedlichste theoretische Zugänge, historische Disziplinen und geschichtliche Darstellungen tun – ein Narrativ auf, das in dem Fall jedoch hinter seiner Argumentation verborgen liegt. Indem die Kausalitäten im historischen Geschehen (bzw. in dessen medialisierten Datensätzen) auf mechanistische Regeln reduziert werden, gelangt man in den Bereich der Teleologie. Das Narrativ erzählt demnach von einer naturwissenschaftlich berechneten, unumgänglichen Zwangsentwicklung. Eine Korrelation mit dem Verhältnis zwischen System und Individuum, das in der Systemtheorie vorherrscht, ist offenkundig. Zweifach wird hier der Eigensinn des Individuums unterbunden.

5.1.1.4. Zusammenfassung

David Krakauers Aufsatz behandelt einerseits positivistisch die empirisch erfassbaren Auswirkungen der Spezies Mensch auf die Komplexität der Welt, andererseits, wie auch das Ziel der vorliegenden Arbeit lautet, die Anwendungsmöglichkeiten von Konzepten der Komplexitätstheorie auf Veränderungsprozesse und deren Bewertung. Beides steht im Kontext einer Fokussierung auf Empirie und auf Methoden der Naturwissenschaft und ist eingebettet in Überlegungen zu *Metahistory*, verstanden als Muster der Erklärung und Deutung, die das gesamte Sammelwerk und Krakauers Aufsatz durchziehen. Diese zweifache Behandlung liegt fairerweise auch meinem Text zugrunde, wo die Möglichkeiten, welche die Modelle der Komplexitätsforschung bringen, und die empirisch feststellbaren Komplexitätsveränderungen zur Diskussion stehen.

³⁴⁵ Vgl. Kapitel 3.

Dazu muss ein weiterer Punkt herausgestrichen werden: Es wird von Krakauer parallel zur Komplexitätsforschung zweierlei betrieben – einerseits werden die Funktionsweise von CAS und damit die grundlegenden Ecksteine der Veränderung komplexer Systeme erläutert, andererseits wird gezeigt, dass sich aus dieser Verfasstheit vielfältige Mechanismen, Funktionsweisen und Eigenschaften ergeben können. Letzterer Teil kann dazu herangezogen werden, diverse Phänomene der Geschichte zu untersuchen und sich den dabei auftretenden komplexen Systemen empirisch anzunähern, wie das etwa der bereits genannte Artikel zur Modellierung der Entwicklung von Kulturen tut.³⁴⁶ Ersteres hingegen kann für die Modellierung von Veränderungsprozessen selbst instrumentalisiert werden.

Hier spricht Krakauer dann explizit von einer „Scientific History“ und auch der gesamte zugrundeliegende Sammelband des SFI zu Geschichte hat ein weiteres Diktum. Es lautet, das Feld der Geschichtswissenschaft über die Sozial- und Geisteswissenschaften auf Naturwissenschaften und speziell die Disziplinen auszudehnen, die sich grundsätzlich mit Prozessen der Veränderung und Vergangenheit beschäftigen. Die Komplexitätsforschung ist neben Physik, Biologie, Geologie und weiteren eine davon. Eine Disziplin der Geschichtswissenschaft hat sich speziell um dieses Anliegen bemüht gemacht und wird deshalb gesondert behandelt – die Big History. Sie stellt außerdem das beste Beispiel für die direkte und quantitative Bearbeitung von Komplexität und den empirischen Veränderungen ihres Ausmaßes dar. So ergibt sich die Geschichte einer zunehmend ansteigenden Komplexität. Krakauers Gedanken zu einer Scientific History hingegen sind an einer anderen Art von Fusion der Disziplinen interessiert. Er untersucht nicht die Komplexität einer positivistischen Welt, sondern die der Geschichtsschreibung selbst. Dazu analysiert er geschichtliche Darstellungen und bringt sie in die formalisierte Form der Ereignisreihen, die dann hinsichtlich ihres Umgangs mit regelhaften und zufälligen Elementen betrachtet werden können.

5.2. Big History

Diese geschichtswissenschaftliche Strömung besteht aus zwei aktiveren Vertretern, die Anhänger aus dem eigenen Feld und weit darüber hinaus gewinnen konnten.³⁴⁷ Das sind der Historiker und Begründer David Christian, der in den 1990ern den Begriff einführte, und Fred Spier,

³⁴⁶ Turchin u. a., *Quantitative Historical Analysis Uncovers a Single Dimension of Complexity*.

³⁴⁷ Zu erwähnen ist unter anderem die breitenwirksame Unterbringung der Ansichten im Rahmen eines Ted-Talks von David Christian. Diese Vortragsreihe findet vor allem bei digital umtriebigen, technophilen Menschen

ein Biochemiker und Anthropologe, der ebenso früh in das Thema einstieg. In den 2000er Jahren festigte sich das Genre durch die erste wichtige Monografie von David Christian, „Maps of Time“³⁴⁸, und die Gründung der *International Big History Association (IBHA)*³⁴⁹. Der Anspruch der Vertreter ist eine komplette Darstellung der vergangenen Zeit vom Urknall bis zur Gegenwart, womit sie sich weit über den Horizont der üblichen Geschichtsdarstellungen hinausbewegt, der umgekehrt zumeist an der Stelle endet, wo schriftliche Artefakte verstummen.³⁵⁰ Die Big History verfolgt dabei die Absicht, die gegenwärtige Situation der Menschheit, der Gesellschaft und des Planeten Erde, auf dem all das verortet werden kann, in die Vergangenheit gehend zu ergründen. Es handelt sich um eine „große Einheitstheorie der Geschichte“³⁵¹. Die Zugangsweise ist geprägt von naturwissenschaftlichen Kategorien und deren technischen Begrifflichkeiten. Die Geschichte des biologischen Lebewesens *Homo sapiens* und des Kulturwesens Mensch wird dabei als eine Entwicklung zunehmender Komplexität gesehen. Es ist ein Versuch, die beobachtbare Ausdifferenzierung der Welt aus dem uniformen Urknall zu erklären und daraus eine kohärente Erzählung zu formen. Die Denkart tritt nicht zum ersten Mal auf. Neben vielen Vertretern einer steten moralischen Verbesserung der Welt und evolutionären³⁵² wie sozialdarwinistischen Ansichten sticht eine spezielle Aussage aus dem klassischen Buch „The Science of the Artificial“ von Herbert Simon heraus: „one might conjecture there has been a long-run trend toward variety and complexity [...] forms can proliferate because the more complex arise out of a combinatoric play upon the simpler.“³⁵³ Die hierarchische, evolutionäre Funktionsweise von komplexen Systemen bereitet demnach den idealen Boden für teleologische Theorien, wiewohl sie selbst die Möglichkeit eines Zusammenbruchs und einer Abnahme von Komplexität genauso enthält und daher nicht zwangsläufig eine stete Verbesserung abbildet.

mit einer großen Wertschätzung für naturwissenschaftliche Forschung Anklang. In dieses Setup fügt sich auch Microsoft-Gründer Bill Gates, der ein Projekt von Fred Spier unterstützt, bei dem für den Schulunterricht frei zugängliches Online-Kursmaterial bereitgestellt wurde (<https://school.bighistoryproject.com/bhplive#>). David Christian wiederum legte in seinem ersten grundlegenden Monografie in den *Acknowledgements* eine Liste mit Kollaborateuren vor. Vgl. Christian, *Maps of Time*, xix-xxii.

³⁴⁸ Christian, *Maps of Time*.

³⁴⁹ *International Big History Association*, www.bighistory.org.

³⁵⁰ Die Rolle der Naturgeschichte ist grundsätzlich nicht zu unterschätzen, denn auch in historischer Zeit sind geologische, klimatische, biologische und damit verwandte Phänomene essenziell in Geschichtsdarstellungen vertreten. Man denke nur an den Zweig der Umweltgeschichte, Naturkatastrophen oder die Auswirkungen von Krankheitsmutationen. Küppers stellt in seiner methodisch-konzeptionellen Annäherung an ein mathematisches Modell der Geschichte das Weltgeschehen ebenso in Naturgeschichte und menschliche Geschichte ein. Küppers, *Chaos und Ordnung*, 72

³⁵¹ Spier, *Big History*, 8.

³⁵² Blum, *Time's Arrow and Evolution*.

³⁵³ Simon, *The Sciences of the Artificial*, 189.

Die Entwicklungen hat David Christian in Stufen untergeteilt, wobei er die von ihm am wichtigsten angesehenen als Schwellen bezeichnet. An diesen Punkten bildete sich aus bestehenden Bausteinen etwas Neues aus – die bereits diskutierte Emergenz tritt in Erscheinung. Diese entscheidenden Übergänge sind: (1.) Der Urknall, (2.) Die ersten Sterne beginnen zu glühen, (3.) Neue Elemente werden in großen sterbenden Sternen gebrannt, (4.) Bildung unserer Sonne und unseres Sonnensystems, (5.) Frühestes Leben auf der Erde, (6.) Der Homo Sapiens tritt auf, (7.) Holozän, Agrarzivilisationen entstehen, (8.) Die Nutzung fossiler Energie, (9.) Eine nachhaltige Weltordnung.³⁵⁴ Leicht erkennbar ist, dass sich die ersten Schwellen auf physikalische Vorgänge beziehen, dann tritt die Chemie hinzu und frühestens mit Schwelle fünf tritt die Biologie auf den Plan. Mit Schwelle sechs schließlich ergeben sich humanwissenschaftliche Fragen, soziologischer Natur etwa. Während die ersten acht ganz klar historisch ausgerichtet sind, ist Schwelle neun bereits ein Programm für die Zukunft. Abgebildet wird so auch das wissenschaftstheoretische Konzept von Emergenz, in dem die Disziplinen in der Ausformung der Welt aus der physikalischen Basis heraus emergierten, ohne darauf wieder reduziert werden zu können.³⁵⁵

Bei der Erklärung der Veränderungen spielen bereits bekannte Konzepte aus der Komplexitätsforschung eine Rolle. Es wird die Emergenz von neuen Formen an Komplexität genannt und es wird implizit zwischen CPS und CAS unterschieden, die bei Christian zum Beispiel ab der Schwelle frühesten Lebens auftreten. Zudem wird von Selbstorganisation und kritischen Zuständen gesprochen. Auch bei ihm gehen Information, Energie und Komplexität Hand in Hand. Er betont die wichtige Rolle von Informationsverarbeitung und -speicherung für adaptive Systeme und erkennt gerade die Fähigkeit des Menschen, diese beiden Aspekte technologisch immer weiter zu verfeinern und effizienter zu gestalten, als zentral für die Entwicklung von komplexen Gesellschaften an. Er spricht in dem Zusammenhang auch die Beschleunigung dieser Entwicklungen rund um industrielle Revolution und die gegenwärtige Informationsgesellschaft an. Darüber hinaus legt David Christian einen Fokus auf die Rolle von Ursprungsgeschichten, deren mythische Funktion er gegenwärtig von einer naturwissenschaftlichen Sicht auf die Welt überformt sieht. Seine Big History ist demnach selbst wie eine Ursprungserzählung aufgebaut und erfüllt auch diese Funktion in der Anhängerschaft. Demgemäß unterstützt etwa Bill Gates eine Verbreitung der Big History als Lehrmaterial an Schulen, weil sie es schaffe „to form a

³⁵⁴ Christian, *Big History*, 19–22.

³⁵⁵ Dedié, *Die Kraft der Naturgesetze*, 80.

single story that helps us better understand people, civilizations, and how we are connected to everything around us.”³⁵⁶

Die Entropie bekommt bei Christian einen prominenten Platz, denn sie wird als der Gegenspieler zum Aufbau von Komplexität bezeichnet. In ihrem Mechanismus, der zu einem schlussendlichen Chaoszustand führt, der mit einem ständigen, unwiederbringlichen Ordnungsverlust gleichzusetzen ist, braucht es für Komplexität und Ordnungsaufbau einen extra Energieeintrag, der die Entropie lokal verringert und sie außerhalb erhöht. Dieser Vorgang, bei dem der Entropie kurz- und mittelfristig entgegengewirkt wird,³⁵⁷ bekommt von ihm den Namen *Komplexitätssteuer*. Je komplexer ein System ist, umso höher ist auch die allein für den Erhalt aufgewendete Energie und umso höher ist die Komplexitätssteuer. Das gilt auch für die sozialen komplexen Systeme, wenn man etwa den Anteil fossiler Energie betrachtet, der unproduktiv als Abfall, in Form von Schmutz und Wärme zerstreut wurde, der für den Bau, die Instandhaltung der Infrastruktur von Megastädten und die lokale bis globale Vernetzung der Menschen aufgewendet wird.³⁵⁸

In seinem etwas technischeren Zugang versucht Fred Spier Komplexität präziser einzuteilen und zu beurteilen. Er tut dies in erster Linie über den Energiebedarf zur Aufrechterhaltung derselbigen. Dabei bedient er sich bei Eric Chaisson, der Berechnungen und Schätzungen zur Energieverdichtung angestellt hat.³⁵⁹ Laut diesem zeichnet sich die menschliche Geschichte mitsamt ihren technischen Errungenschaften vor allem durch eine zunehmende Energieverdichtung je Masseinheit und Zeitperiode aus. Es handelt sich dabei um eine Verdichtung und Beschleunigung von Energienutzung, die beispielsweise hinsichtlich des Menschen von der Nutzbarmachung von in Nahrung gespeicherter Sonnenenergie bis hin zu Atomenergie enorm zugenommen hat. Diese einseitige Entwicklungstendenz parallelisiert Spier mit den konstatierten, gleichzeitig auftretenden Komplexitätszuwächsen.³⁶⁰ Das funktioniert teilweise recht gut, stößt sich jedoch an der Bewertung von Komplexitätsstufen. Beim Versuch, diese einzuteilen, kristallisieren sich einerseits mehrere Dimensionen der Bewertung heraus, andererseits gibt es kein Verhältnis dieser zueinander. Es spielen die Anzahl und die Varietät der Bausteine eines komplexen Systems genauso eine Rolle wie die der Verbindungen. Fügt man noch den Faktor der Sequenz

³⁵⁶ Big History Project, *About*.

³⁵⁷ Langfristig bedeutet dieser Vorgang nur eine Beschleunigung des entropischen Vorgangs, da das lokale Herabsetzen der Entropie eine größere Erhöhung außerhalb bedeutet.

³⁵⁸ Christian, *Big History*, 314–15.

³⁵⁹ Chaisson, *Cosmic Evolution*; Chaisson, *Cosmic Evolution State of the Science*; Chaisson, *The Natural Science Underlying Big History*.

³⁶⁰ Spier, *Complexity in Big History*, 153–57.

hinzu, der sehr bedeutsam für Informationsübermittlung wie etwa in der DNA ist und am bekanntesten im Binärcode auftritt, dann weiß man zwar um die Komponenten Bescheid, nicht jedoch um das Ausmaß der Komplexität. Überdies verkompliziert wird eine solche Bewertung durch die vielfachen hierarchischen Verflechtungen der Bausteine und dadurch, dass die Bestimmung dieser Verbindungen mitunter sehr schwierig sein kann.³⁶¹ Gerade bei sozialen komplexen Systemen wie beispielsweise in einem Kulturvergleich ist es kaum möglich, die bedeutsamen Faktoren zu isolieren.³⁶²

Spannend ist auch das bei beiden Autoren auftretende *Goldilocks Principle*. Der Begriff ist eine Anlehnung an das Märchen „Goldlöckchen und die drei Bären“ und bezeichnet Umstände, die genau auf etwas passen.³⁶³ Aus einer analytischen Perspektive beschreibt dieses Prinzip den Zustand, der nötig ist, um ein komplexes System zu ermöglichen und aufrecht zu erhalten. Angewandt auf das System Mensch ergibt das zum Beispiel eine Atmosphäre mit Sauerstoff, ein gewisses Maß an Gravitation und Luftdruck, sowie Nahrung. Für das CPS eines Sterns benötigt es beispielsweise große Mengen Wasserstoff und darum herum kaltes Vakuum. In einer Metaanalyse des Modells der Big History stellt das Goldilocks Principle eine eigene Komponente dar: Jedes komplexe System ist auf seine spezielle Umwelt angewiesen, mit welcher es interagiert. Demnach ist die Benennung in ein beinahe zum Akteur erhobenes „Prinzip“ eigentlich nichts anderes als eine retrospektive Erhöhung der jeweiligen und vielfach sehr zufälligen Umstände eines komplexen Systems. Unterstreichen lässt sich dieses Argument dadurch, dass sich Goldilocks Principles ohne ein zugehöriges System nicht erkennen lassen. Der Grund dafür ist einfach – diese jeweiligen Goldilocks-Bedingungen existieren bis dahin noch gar nicht. Erst mit der Emergenz eines Systems werden auch sie konstituiert. Die Aussage dahinter lässt sich also wie folgt herunterbrechen: Komplexe Systeme sind explizit und in einem großen Ausmaß von den Zuständen in ihnen und um sie sowie von deren Zusammenspiel abhängig.

Mehrere Aspekte der Theorie wurden kritisiert, insbesondere die grundsätzliche Ausrichtung der Big History. In ihrem Rückgriff auf den Empirismus eines naturwissenschaftlichen Realismus von Physik, Chemie, Biologie und Komplexitätstheorie übernimmt die Big History auch deren Prämissen. Problematisch ist dabei, dass der notwendige Ausgangspunkt von scheinbar objektiver Forschung dennoch ein menschliches Subjekt benötigt. Indem sich Big History auf

³⁶¹ Spier, *Complexity in Big History*, 149–53.

³⁶² Vgl. Turchin, *Quantitative Historical Analysis Uncovers a Single Dimension of Complexity*. Was sind Faktoren für Hochkulturen? Schlussendlich ist es der Vorgang des Modellierens, der hier zum Tragen kommt.

³⁶³ Im Märchen kommt ein Mädchen in ein Haus, wo die drei unterschiedlich großen Bären leben. Es ist niemand zuhause und so speist und ruht sie. Dabei sind die Umstände stets einmal überdimensioniert, einmal zu klein und im Fall des mittleren Bären genau richtig.

die Aussagen dieser Disziplinen stützt, schafft sie es einerseits, eine Perspektive zu vermitteln, die sie und ihre Position über die vermeintlich unzureichende Vorgangsweise der restlichen historischen Wissenschaft stellt. Andererseits wird sie gleichzeitig das menschliche Subjekt als Urheber der Erkenntnis nicht los, weshalb ihre gesamte Erkenntnis konsequenterweise vor allem ein einziges Narrativ gegenüber der Menschheit betont: Es handelt sich dabei um die Mythisierung der empirischen Erkenntnisse zu einer neuen Ursprungsgeschichte, deren teleologischen Ausrichtung den Menschen aus dem Fokus rückt, um diesen am Ende der Erzählung als wundersame Besonderheit wieder ins Zentrum zu stellen. Der Referenzpunkt dieser Betrachtungen bleibt auch hier stets auf der Gegenwart mit ihren Praktiken, Diskurse und Probleme. Das Resultat ist eine „idealized world of big history, where humans are the special subject of a grand evolutionary epic, where they have ultimate agency over their evolutionary future.“³⁶⁴ An anderer Stelle bringt es Ian Hesketh auf eine noch kürzere Formel: “Paradise may be lost, but with the help of big history it may also be regained.“³⁶⁵

Die Stoßrichtung der Mythisierung ist auf die Gegenwart und die zu kommende Zukunft ausgerichtet. Christian und spricht von einem Auftrag, der eine Abwendung ökologischer Katastrophen ermöglicht und schlägt Handlungsanweisungen dazu vor.³⁶⁶ Sobald Geschichte in eine politische Richtung gedacht wird – wobei hier nicht das politische System gemeint ist, sondern die allgemeinen Überlegungen zu Ausrichtungen menschlichen Tuns und eines Gemeinwesens – steht gleichzeitig immer die Frage im Raum, inwieweit man aus ihr Handlungsweisen ableiten und für Gegenwart sowie Zukunft lernen kann. Komplexitätstheorie und Chaosforschung stehen diesem Umgang mit der Zeit nahe, denn auch in diesen Forschungsgebieten geht es um die Simulation und Vorhersage von Veränderungen mithilfe von Big Data. Nun wird verschiedentlich kritisiert, dass gerade in der erwähnten Erhöhung des Menschen zu einem einzigartigen Gegenstand der evolutionären Entwicklung und einer Überhöhung der jeweils aktuellen Zeit als einem kritischen Wendepunkt im Narrativ eine Teleologie errichtet, die sich in dieser Art auf mehrere Vorgänger bezieht. Allan Megill erwähnt die Tradition von Formen der *largest-scale*-Geschichte, zu denen er die seit Jahrtausenden präsente, religiös umformte Universalgeschichte, die Weltgeschichte und Globalgeschichte sowie die der Big History nahestehende Deep History zählt.³⁶⁷ Er benennt deren Problem folgendermaßen: „Largest-scale history

³⁶⁴ Hesketh, *The Story of Big History*, 196.

³⁶⁵ Hesketh, *The Story of Big History* 196.

³⁶⁶ Christian, *Big History*, 324, 333–37.

³⁶⁷ Vgl. Megill, *‘Big History’ Old and New*, 2015. Eine detaillierte Ausformulierung und Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Formen von large-scale History findet sich bei Allan Megill. Darin erläutert er mehrere

presumes that we always already know the basic underpinnings of the human social order and the likely course of human history.”³⁶⁸ Passend zu einem solchen fixen Entwicklungspfad nennt Christian des Öfteren jene Mechanismen, die den Lauf der Geschichte determinieren und von ihm schon allein sprachlich auf Akteursebene gehoben werden. Er spricht dann von der Entropie, die die Komplexitätssteuer eintreibt, Strukturen die „Erlaubnis“ erteilt und „ähnlich Peter dem Großen noch mehr Chaos schaffen kann.“³⁶⁹ Vergleichbar sind die Aussagen zur Evolution, die „neue biologische Ansätze fand [...] und erprobte“, „Konstruktionstricks“ hat und von Veränderungen dazu gezwungen wird „Hals über Kopf neue und unerwartete Wege einzuschlagen.“³⁷⁰ Dieser typische Vorgang der Narrativisierung zeigt zugleich den Charakter des Narrativs. Die so zu Akteuren erhobenen Mechanismen bekommen den Status von Steuereinheiten. Trotz der vielfachen Betonung eines ungerichteten Prozesses entsteht das Bild einer Entwicklung, in der die Akteure bewusst ein bestimmtes Ziel ansteuern. Das Paradoxon dahinter ist, dass diese Mechanismen aus der Komplexitäts- und Chaostheorie stammen, dort aber ungerichtet und ohne Intention wirken. Ein Determinismus ist also grundsätzlich nicht möglich. Demnach ist für die Big History sowohl die Gegenwart als auch die jederzeit gegenwärtig werdende Zukunft das Ziel ihrer Geschichtsschreibung, die zugleich unvorhersehbar ist. In deterministischer Art wird der Determinismus als unmöglich abgetan.

Einen weiteren Kritikpunkt bringen Jürgen Osterhammel und Megill hervor. Er betrifft die Marginalisierung von Details zugunsten des großen Bildes, was einer Generalisierung und Vereinfachung von Zusammenhängen entspricht. Auch wenn Generalisierung an sich ein wichtiges und vor allem notwendiges Instrument der Geisteswissenschaft darstellt, verbirgt sich darin die Neigung, Widersprüche der Wirklichkeit und deren Vielfältigkeit nicht ausreichend abzubilden. Zusätzlich schafft ein derartiges beindruckendes und vereinfachtes Narrativ neben einer metaphysischen Erhöhung die Illusion von Tiefgründigkeit und Expertise.³⁷¹

Insgesamt steht die Big History exemplarisch für die sich gegenwärtig in Hochkonjunktur befindliche Hinwendung der Geisteswissenschaft zum Empirismus der Naturwissenschaft. Letztere wird vielfach in den Rang einer Ideologie erhoben, was sich bei David Christian in der

Zugänge zu Universalgeschichte im Laufe der vergangenen Jahrhunderte ebenso wie die deutsche Tradition dieser und die Ähnlichkeit der deutschen Weltgeschichte. Ebenso lässt sich eine Unterscheidung von large-scale und largest-scale History finden. Megill definiert Letztere als „(a) of the largest possible scope and (b) affirmable as a history of, and for, all human beings, no matter who or where“. Vgl. Megill, *Big History' Old and New*, 2015, 308.

³⁶⁸ Megill, *Big History' Old and New*, 324.

³⁶⁹ Christian, *Big History*, 36.

³⁷⁰ Christian, *Big History*, 151–54.

³⁷¹ Megill, *Big History' Old and New*, 324; Osterhammel, *Global History*, 27, 39, 41.

Formulierung verdichtet, er möchte eine Ursprungserzählung, einen Mythos kreieren. Dabei lehnt sich die Big History bewusst an die Erkenntnisse der Komplexitätsforschung an, jedoch nur bis zu deren empirischer Anwendung. Es ist die Rede davon, welche empirischen Ergebnisse zutage gefördert werden können, die eine durchgängige Erzählung vom Beginn der Zeit bis zur Gegenwart unterstützen. Infolgedessen handelt es sich erneut um eine Narrativisierung der aufgestellten geschichtlichen Ordnung. Konzepte aus der Komplexitätstheorie werden soweit eingebaut, als sie diese Ergebnisse deuten helfen. Somit ist nur ein Aspekt der Komplexitätstheorie angewandt: Empirische Ergebnisse von Veränderungsprozessen werden ermittelt, womit Deutungen angestellt werden. Unbeachtet blieb die Zugangsweise von Krakauer, der ein Modell für Geschichtswissenschaft entwickelt und eine Deutung historischer Vorkommnisse als komplexe Systeme vorgenommen hat.

5.3. Komplexitätszuwachs durch den Menschen

In der Big History wird der Mensch mit seiner Sozial- und Kulturfähigkeit zentral in Vorgänge der Komplexitätssteigerung eingebunden. Durch die Koppelung der Komplexität mit Energienutzung lässt sich dabei die Komplexität der Menschheit sogar empirisch und in Zahlen ausdrücken. Die Problematik dieses Vorgangs ist nun bereits vielfach angesprochen worden. Es gibt mehrere Näherungswerte, wobei aber keiner davon eine direkte Abbildung von Komplexität ermöglicht. Bei jedem dieser Kennwerte handelt es sich nur ein Indiz für das Ausmaß des Komplexitätsgrades.³⁷² Die Verdichtungs- und Vernetzungstendenz, die mit Digitalisierungsprozessen einhergeht, legt dennoch einen Komplexitätszuwachs in menschlichen Sozialsystemen nahe. Am ehesten lässt sich dieser als Netzwerk abbilden, wobei er trotzdem nicht berechenbar ist. Auf der anderen Seite der Skala ist aber auch Komplexitätsreduktion durch den Menschen vorstellbar, wenn man an die Inbesitznahme des Planeten denkt.³⁷³ So lässt sich ein direkter Einfluss des Menschen auf die Biodiversität und die Zahl der Organismen erkennen, der darüber hinaus bereits vielfach als dramatischer und problematischer als der Klimawandel gesehen wird.³⁷⁴ Eine große Mengen an Organismen sowie ganze Arten fielen damit bereits der menschlichen Ermächtigung zum Opfer. Wenn Tier- oder Pflanzenarten aussterben, dann entspricht das einem Verlust biologisch-genetischer Komplexität und Information. Der Rückgang

³⁷² Spier, *Complexity in Big History*, 149–53.

³⁷³ Bauer, *Die Vereindeutigung der Welt*.

³⁷⁴ Brondizio u. a., *IPBES 2019*.

vieler Organismen in absoluten Zahlen entspricht auch bereits einer Schwächung der Resilienz dieser Systeme. Eine Verringerung der Komplexität hinsichtlich Biodiversität geschieht.³⁷⁵ Inwieweit sich das auf die Gesamtbilanz der Komplexität des Planeten auswirkt, kann wiederum aufgrund fehlender Möglichkeiten der Messung nicht gesagt werden. Die Digitalisierung dürfte dem Anschein nach eine wichtige Rolle in den Veränderungsvorgängen einnehmen. Sie ist ein weiteres Instrument der menschlichen Ermächtigung, mithilfe deren kumulierender Wirkung der Einflussfaktor des Menschen zunahm und weiter zunimmt. Eine näher Charakterisierung nimmt das folgende Kapitel vor.

³⁷⁵ Bereits im Kapitel zur Resilienz wurde versteckt in einer Fußnote auf den Zusammenhang zwischen Diversität und Resilienz hingewiesen. Diversität nimmt den Faktor des Vernetzungsgrads eines Systems ein und kann bei Störungen und Teilausfällen eine Stützfunktion für das Gesamtsystem einnehmen.

6. Komplexitätszuwachs durch Digitalisierung

Es gibt die Eigenschaft der Digitalisierung, lebensweltliche Komplexität zu steigern, indem sie der „Verflüssigung, Entgrenzung, Variabilität, Beschleunigung“ von Wissen, kulturellen Handlungsformen und sozialen Verhältnissen Vorschub leistet.³⁷⁶

Es ist hier nicht der Platz, um die neuen Möglichkeiten der Durchdringung von Komplexität wie Big Data oder *Machine Learning* abzuhandeln. Auch die Erkundung von Zuständen wird nur indirekt verhandelt. In der Tradition des naturwissenschaftlichen Empirismus gibt es in ontologischer Perspektive messbare Zustände der Welt, wobei epistemologische Bedenken vorerst ignoriert werden. Durch Digitalisierung wurden bestehende Systeme komplexer, indem mehr Komponenten verbunden wurden und neue Funktionen wie auch Eigenschaften entstanden. Diese sind folglich bereits schwieriger von menschlicher Kausalität zu durchdringen. Untersucht werden können diejenigen, die durch Digitalisierung grundlegend verändert oder erst konstituiert wurden. Alle diese bauen auf den Möglichkeiten von Datenverarbeitung und -kommunikation auf. In den Worten des CSH „Every living, social, economic and ecosystem is a complex system.“³⁷⁷ bildet sich noch einmal die Breite der Phänomene ab.

Betroffen sind die Felder, die durch Digitalisierung verändert wurden, womit neben der noch zu untersuchenden Technologie vor allem die Systeme der menschlichen Sozialität gemeint sind: Logistik und Handel, Veränderungen durch Robotik, Automatisierung und Internet der Dinge, aber auch Veränderungen des Mediensystems und weitere, das Internet betreffende Entwicklungen. Diese Beispiele sind insgesamt Ausdruck einer Verdichtung von Information sowie einer neuen Intensität an Verfügbarkeit und Verarbeitung, was in hohem Maße auf die menschliche Kommunikation und damit auf die Gesellschaft wirkt. Durch die Vorgänge der Digitalisierung wurden viele Systeme verändert. Dabei handelte es sich aber meist um keine derart einschneidende Veränderung, dass eine neue Qualität auftritt, sondern um eine Modifikation von Systemteilen. Die Einschätzung dieser Prozesse ist dennoch zwiespältig. Immerhin wirken bei der Wahrnehmung stets subjektive und intersubjektive beziehungsweise gesellschaftliche Anteile zusammen. Im Kapitel zur Periodisierung wird sich außerdem noch zeigen, dass das Zäsurbewusstsein in der Wirklichkeitswahrnehmung der Menschen und in den Änderungen darin begründet ist, dieses also auch von gesellschaftlichen Vorgängen der Emotionali-

³⁷⁶ Walach, *Geschichte des Virtuellen Denkens*, 82.

³⁷⁷ Complexity Science Hub Vienna, *Complexity Science*.

sierung beeinflusst wird und nicht auf einer objektiv gearteten Empirie beruht. In diesem Kontext werden die Diskussionen um Revolutions- und Evolutionscharakter von Veränderungen ausgetragen.

In der Komplexitätsforschung ist ebenso eine intensive Beschäftigung mit evolutionären Prozessen erkennbar. Das reicht von Konzepten in der Theoriebildung bis hin zu nur am Rande damit verbundenen Monografien, die Entropie und Evolution verbinden. Mit den drei Veränderungsdimensionen von Holland ist eine langsame Veränderung grundsätzlich im Modell verankert. Aus einer Konkurrenzsituation, die damit eine Triebkraft darstellt, ergibt sich der sogenannte *Red-Queen-Effekt* der ständigen Weiterentwicklung und Ausdifferenzierung aufgrund der Ressourcen-Konkurrenz der Systeme.³⁷⁸ Mit teilweise anderer Terminologie verbanden andere Autoren umgekehrt schon früh Evolution, Komplexitätsaufbau und Entropie miteinander.³⁷⁹ Hier sei nochmals an David Krakauers Auseinandersetzung mit Ursache und Wirkung von Veränderung in komplexen Systemen erinnert, wo er schließlich ein Zusammenwirken von kritischen Ereignissen und einem kritischen System verantwortlich machte. Auch Emergenz besteht aus beidem, womit schlussendlich die Unterscheidung Interpretationssache bleibt.

Bezüglich der Digitalisierung wird jedenfalls meist von einer immer komplexer werdenden Welt und einer Komplexitätssteigerung der Welt gesprochen. Auch der Mensch errichtet laut dieser Diktion zunehmend komplexere Systeme.³⁸⁰ In den überwiegenden Fällen kann es sich dabei aber nur um die zu Beginn definierte schwache Komplexität handeln. Das heißt, sie lässt sich überwiegend auf eine Vergrößerung und Verdichtung der Netzwerke und damit ihrer Knoten und Kanten zurückführen. Daneben kommt die zentrale Frage auf, ob durch Digitalisierungsprozesse auch neue Systeme emergierten. Immerhin setzt Digitalisierung überwiegend an einer Übertragung bereits bekannter Umstände in digitale Prozesse an. So wurde zu Beginn vorwiegend ein Outsourcing von Routineaufgaben an den Computer vorgenommen, darunter längere und aufwendige Rechnungen, EDV-Aufgaben im Büro und dergleichen. Erst in langfristiger Perspektive ergaben und ergeben sich immer wieder größere Umwälzungen und Migrationsprozesse. Man darf nicht vergessen, dass auch die Entwicklung von Hard- und Software einen auf sich selbst aufbauenden und darum evolutionären Prozess darstellt. In erster Linie handelt es sich jedoch bei Digitalisierung um eine Verdichtung. Darauf aufbauend wurden Sys-

³⁷⁸ Holland, *Complexity*, 30–33, 54–55.

³⁷⁹ Blum, *Time's Arrow and Evolution*; Chaisson, *Cosmic Evolution*; Wicken, *Evolution, Thermodynamics, and Information*.

³⁸⁰ Walach, *Geschichte des Virtuellen Denkens*, 82.

teme gegründet, bei denen sich die Frage stellt, ob sie nicht bereits eine gänzlich neue Systemebene darstellen. Von den Ebenen der Undurchdringbarkeit, die uns umgeben, sind diesem Zugang nach also manche nur deshalb so unzugänglich, weil die korrespondierenden Systeme durch Digitalisierung anwachsen und nun eine immense Größe aufweisen. Die anderen jedoch entziehen sich der Analyse, weil neue Funktionsebenen eine neue Herausforderung für die menschliche Kausalität darstellen.

6.1. Verdichtung schwacher Komplexität

Obwohl vielfach Innovationen eine Reduktion ermöglichten – so besteht ein heutiger Rechner aus weit weniger Teilen als der 3,25 Millionen umfassende Harvard Mark I³⁸¹ – stiegen die Anwendungsmöglichkeiten und ihr Markt stets an. Ein Zuwachs lässt sich ebenso bei der Vernetzung der Menschen beobachten, wo die Netzwerke mittlerweile weit mehr Knoten und Kanten umfassen. Es gibt wohl keine Vergrößerung des engeren Personenkreises, mit dem ein Individuum Umgang pflegt, was aber in erster Linie mit psychologischen Ursachen zusammenhängen dürfte.³⁸² In den digitalen Kommunikationstechnologien lässt sich ebenso mithilfe der personalisierten Filterung von Information eine Orientierung an dieser Verarbeitungsgrenze beobachten. Darüber hinaus fand jedenfalls eine Intensivierung des Austauschs statt, wozu Innovationen Informations- und Telekommunikationstechnologie führten, die zum Beispiel durch Dienste wie GitHub oder Videofonie auch kollaboratives Zusammenarbeiten über größere räumliche Distanzen hinweg ermöglichten. Die E-Mail wurde bereits kurz nach ihrer Erfindung in den 1980er Jahren zu einem neuen formellen wie informellen Austauschmedium, das einerseits das höchste Volumen von Briefen aufgrund der Niederschwelligkeit leicht übertrifft, andererseits neue Formen der Gruppenkommunikation wie Mailinglisten kreierte. Darüber hinaus ist eigentlich *ein* Begriff für das Internet am bezeichnendsten, nämlich das *World Wide Web*. An manchen Punkten muss es hier Abstriche bezüglich des Anspruchs der Globalität geben, wie etwa für China, wo eine strikte Zensur herrscht. Abgesehen von einigen Ausnahmen existiert jedoch für einen großen Teil des Globus eine Art von Internetöffentlichkeit.

Insgesamt hat Digitalisierung eine äußerst intensive Dynamik auf dem großen Gebiet der Informationsverarbeitung losgetreten. Der Umgang damit wurde erleichtert, indem gegenwärtig

³⁸¹ Campbell-Kelly u. a., *Computer*, 54, 57.

³⁸² Fuchs, Sornette und Thurner, *Fractal Multi-Level Organisation of Human Groups*.

das Erstellen, Sammeln, Abrufen, Auswerten und Austauschen einfacher und effizienter möglich sind als davor. In Konsequenz wurden weitere Intensivierungen und Verdichtungen möglich, wie eine einfacher zu bewerkstellende Kumulation von Wissen und Arbeit. Man sieht bereits, dass ökonomische Aktivitäten und Informationsflüsse eng gekoppelt sind. Dafür fungiert das Smartphone als hervorragendes Beispiel. Es stellt das Produkt vielfältiger Forschungstätigkeiten dar, das aus dem Alltag einer großen Anzahl von Menschen nicht mehr wegzudenken ist. Mittlerweile besitzen bereits mehr als 40 Prozent der Menschen weltweit ein solches Gerät.³⁸³ Die Produktion eines Smartphones ist umgekehrt nur durch eine intensive Arbeitsteilung möglich, vor allem hinsichtlich von Rohstoffbereitstellung und Produktionsketten, Softwareentwicklung oder globalen Logistikketten und mitunter großes Anwenderwissen.

6.2. Verdichtung starker Komplexität

So wie schon in Kapitel 5.3 gezeigt, wurden vom Menschen bereits in der Vergangenheit vielfältige soziale komplexe Systeme geschaffen. Beim Zusammenschluss unterschiedlicher Mengen an Personen entstehen verschiedene Eigenschaften und Funktionen dieser Gruppen. Das betrifft nun die von mir so bezeichnete starke Komplexität, deren entscheidendes Merkmal Emergenz ist. Ein plakativer Vergleich aus dem Tierreich wäre das Schwarmverhalten von Fischen oder Vögeln. Beim Menschen sind es etwa die unterschiedlichen Untersuchungsebenen der Sozialwissenschaften, die nur dann Sinn ergeben, wenn sich jeweils Phänomene in diesen äußern und darauf abbilden. Derart werden etwa Clans, Stammesgruppen, Gemeinschaften, Staaten oder Gesellschaften untersucht.³⁸⁴ Bei David Krakauer liest sich das ähnlich, wenn er den Wandel von Gruppen, von Familienverbänden bis hin zu Staaten betrachtet. Emergenz ist laut seinem Zugang die Bezeichnung für Übergänge, die somit auch unterschiedliche Phänomene der Geschichte bezeichnen können.

From our perspective, this question can be thought about in terms of those lower-level mechanisms promoting the emergence of higher-level aggregates with novel functions. These emergent levels can then be understood in terms of new effective theories that are level-specific, and are not explanations couched in terms of those levels below, while remaining fully compatible with them.³⁸⁵

³⁸³ Holst, *Smartphone Penetration Worldwide 2014-2021*.

³⁸⁴ Auch hier steht wieder stellvertretend: Turchin u. a., *Quantitative Historical Analysis Uncovers a Single Dimension of Complexity*.

³⁸⁵ Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*, 141.

Die emergente Perspektive ist zwangsläufig eine funktionalistische Betrachtungsweise, was bedeutet, die Erklärung ergibt sich aus der Funktion von Systemen.³⁸⁶ Das System einer mittelalterlichen Dorfgemeinschaft hätte demnach andere Funktionen und Möglichkeiten aufgewiesen als das einer Grundherrschaft. Gleichzeitig stellte Ersteres eine zentrale Teileinheit in Letzterem dar. Ein hierarchischer Aufbau und die Kompatibilität der Systeme zueinander können also in Ansätzen auch hier erkannt werden. Eine Auseinandersetzung mit der Emergenz sozialer Gruppen gibt es in den Sozialwissenschaften bereits seit Durkheim, der sogar explizit diesen Begriff verwendete.³⁸⁷ Er betonte, dass die sozialen Phänomene unabhängig vom Bewusstsein der Individuen entstünden und eine Erscheinung der Gruppe darstellen.³⁸⁸

Gleichzeitig ist es schwierig festzustellen, ab welchem Punkt soziale Systeme emergent sind und deren Phänomene als einzigartige Qualitäten zu erkennen sind. In dem oben genannten Beispiel wäre etwa die stark vereinfachte Funktion der Dorfgemeinschaft eine Form der Arbeitsteilung und gegenseitiger Unterstützung, wohingegen die Funktion der Grundherrschaft darin bestand, regionalen und überregionalen Austausch sowie Mediation in Form von Gerichtsbarkeit bereitzustellen. Somit baut das soziale System der Grundherrschaft auf der Arbeitsleistung der Dorfgemeinschaften auf und bietet im Gegenzug gewisse Spezialfunktionen, die für die darunterliegende Ebene nicht durchführbar wären.³⁸⁹ Nur weil neue Eigenschaften durch einen Zusammenschluss in den Fokus rücken, ist das aber noch nicht starke Komplexität, denn vielfach lassen sie sich einfach in Form eines Skaleneffekts aus den einzelnen Teilen addieren. Demnach ergäben sich die Existenz des Systems Grundherrschaft allein aus dem aufsummierten Surplus, das die darunterliegenden Ebenen erwirtschaften. Die Funktionen wären damit nur eine Fortführung von denen innerhalb des Dorfes. Und tatsächlich lassen sich auch dort Austausch oder Handel sowie Formen der Mediation im Streitfall festmachen. Anhand

³⁸⁶ Heintz, *Emergence and Reduction*, 12. Heintz geht hier auf den philosophisch sehr bedeutsamen Funktionalismus von Hilary Putnam ein. Dieser spricht von einer höheren Beschreibungs- und Erklärungsebene, auf der funktionale Organisationen beschrieben werden. Es handelt sich um eine Abstraktion, ein coarse-graining wenn man so will, der Einzelteile.

³⁸⁷ Terrier, *Die Verortung der Gesellschaft*, 196.

³⁸⁸ Die Gesellschaft ist ähnlich wie das Bewusstsein „nicht bloß eine Summe von Individuen, sondern das durch deren Verbindung gebildete System stellt eine spezifische Realität dar, die einen eigenen Charakter hat. Zweifellos kann keine kollektive Erscheinung entstehen, wenn kein Einzelbewusstsein vorhanden ist; doch ist diese notwendige Bedingung allein nicht ausreichend. Die einzelnen Psychen müssen noch assoziiert, kombiniert und in einer bestimmten Art kombiniert sein; das soziale Leben resultiert also aus dieser Kombination und kann nur aus ihr erklärt werden. Indem sie zusammentreten, sich durchdringen und verschmelzen, bringen die individuellen Psychen ein neues, wenn man so will psychisches Wesen hervor, das jedoch eine psychische Individualität neuer Art darstellt.“ Durkheim, *Die Regeln der soziologischen Methode*, 187.

³⁸⁹ Vgl. Sonderegger, *Landwirtschaft auf dem Papier und in der Praxis*.

dieses kleinen und verkürzten Beispiels zeigen sich erneut die Schwierigkeiten beim Festmachen von Emergenz.

Digitalisierung reiht sich mit ihren Konsequenzen nahtlos in die Reihe der Emergenz sozialer komplexer Systeme ein. Ihre Technologie ermöglicht dabei Verdichtung und Vernetzung. Man darf aber nicht vergessen, dass auch Emergenz nicht völlig eindeutig definiert werden kann und deshalb ebenso in schwache und starke Erscheinungsform aufgeteilt wurde. Die Abgrenzung zu den zuvor behandelten schwach komplexen Systemen ist oftmals schwer zu ziehen, was erneut die problematische Handhabung von Emergenz in den Sozialwissenschaften unterstreicht. Bettina Heintz weist auf die Notwendigkeit epistemologischer Irreduzibilität hin, eine Unerklärbarkeit der emergenten Ebene aus der Subebene.³⁹⁰ Eine eventuelle Weltöffentlichkeit durch das Internet wäre in dem Sinne nur eine Fortführung der Idee von Gesellschaft. Es zeigt sich wiederum die Schwierigkeit der Argumentation in diesem Bereich.

Mehrfach diskutiert wird der Status des *Web 2.0*, das ja in seiner Beschreibung bereits die Neuartigkeit der Interaktion enthält. Es bezeichnet die Umwandlung von einem statischen Gebilde mit passiven Teilnehmern zu einem dynamischen Austausch benutzergenerierter Inhalte und zu sozialen Aktivitäten in „sozialen Netzwerken“ wie Facebook, Twitter oder Instagram.³⁹¹ Floridi nennt die Allgegenwart von Information und der ihr zugehörigen Technologie – bisher bereits als Eversion oder Mixed Reality – die Umwandlung in eine globale Informationsgesellschaft im Rahmen einer *vierten Revolution*. Die Menschen sind dabei „not standalone entities, but rather interconnected informational organisms or *inforgs*, sharing with biological agents and engineered artefacts a global environment ultimately made of information, the infosphere.“³⁹² Als Einschränkung muss hier angefügt werden, dass Digitalisierung und die Entwicklung des Internets keineswegs den gesamten Globus umfasst. Neben den Menschen, die aufgrund von Armut oder zivilisatorischen Gegenentwürfen keinen Zugang dazu haben, gibt es Bereiche, die bewusst von der Globalität abgeschirmt werden. Hierfür ist erneut die Zensurpolitik Chinas als das sicherlich anschaulichste Beispiel zu nennen. In diesem riesigen Staatsbereich wird de facto ein Intranet betrieben, mit beschränktem Zugang zu ausländischen Servern sowie exzessiver Kontrolle und Zensur des Informationsaustausches, die von *The Great Firewall* und anderen spezifisch chinesischen Programmen gewährleistet werden.³⁹³

³⁹⁰ Heintz, *Emergence and Reduction*, 4–5.

³⁹¹ Campbell-Kelly u. a., *Computer*, 299–305.

³⁹² Floridi, *Information*, 9.

³⁹³ Strittmatter, *Die Neuerfindung der Diktatur*, speziell 59, 73.

Das Erkennen von (starker) Emergenz ist für ein System dennoch der beste Weg, Komplexität zu identifizieren. Jedoch zeigen erkenntnistheoretische Überlegungen, dass letztlich der menschliche Verstand die einzige agierende Instanz ist. Ein Empirismus naturwissenschaftlicher Prägung blendet das aus und verarbeitet vermeintlich unberührtes Material einer realen Welt. In den Sozial- und Geisteswissenschaft ist diese Herangehensweise wohl besonders auf dem Gebiet der digitalen Datenverarbeitung auf dem Vormarsch, gleichzeitig jedoch wird von der Erkenntnistheorie die menschengemachte Verfassung der Wirklichkeit betont.³⁹⁴ Aussagen unter diesem Blickwinkel erheben weniger den Anspruch auf Endgültigkeit und sind grundsätzlich differenzierter. Der empirische Zugang, der etwa bei naturwissenschaftlichen Auseinandersetzungen mit komplexen Systemen wie in der Biologie stattfindet, hat demgegenüber den Vorteil, einen klaren Code der Generierung von legitimen Aussagen und Wissen zu besitzen. Allein unter diesem Gesichtspunkt ist eine eindeutige Bewertung sozialer komplexer Systeme kaum möglich, basieren diese doch nicht auf naturwissenschaftlichen Methoden der Wirklichkeitsbewertung. Gerade im Gegenteil handelt es sich um eine Verhandlung von Aussagen, die sich in Narrativen und Bedeutungsebenen bewegen.

Der wahrgenommene Komplexitätszuwachs ist damit in erster Linie ein Phänomen, das die enorme Verdichtung und Vernetzung bezeichnet. Es ist bei vielen Aussagen in diversen Medienkanälen von komplexen Problemen die Rede, die in erster Linie an der Interdependenz und der großen Anzahl Beteiligter liegen. So sind etwa Binnenfelder der Politik enorm von gegenseitiger Beeinflussung abhängig. Als bestes Beispiel dienen die großen Herausforderungen der Zukunft wie Klimanotstand und Biodiversitätsverlust, die zeigen, wie viele Nebenfaktoren in die politischen Lösungsansätze mithineinspielen.

6.3. Emergenz digitaler komplexer Systeme

Letztlich laufen in all diesen komplexen, sich selbst organisierenden und anpassungsfähigen Systemen Vorgänge ab, die sie von statischen Objekten wie Computerchips oder Schneeflocken unterscheiden, die „nur“ kompliziert sind.³⁹⁵

Diese bisher nur sozialen Entwicklungen werden aber auch visionärer gesehen. So wird dem Internet die Emergenz einer kollektiven Intelligenz vorausgesagt. Als Vorreiter dieser Vertreter kann H. G. Wells mit seiner Idee der *Brain Organization of the Modern World* gesehen werden.

³⁹⁴ Tschiggerl, Walach und Zahlmann, *Geschichtstheorie*, 13–38.

³⁹⁵ Waldrop, *Inseln im Chaos*, 13.

Das Konzept aus den 1930er Jahren enthielt eine Speicherung, Aktualisierung und Aufbereitung des menschlichen kollektiven Wissensschatzes in Form eines Netzwerkes. Diese Idee wurde später von Vannevar Bush und seiner *Memex*-Maschine konkreter ausgestaltet, wenn auch nicht verwirklicht.³⁹⁶ Die Entwicklung des Internets hat einen Teil dieser Vision eingelöst. Danach wurde über die Umwandlung in das Web 2.0 eine Dynamisierung ausgelöst. Entlang dieser Veränderung gibt es bereits Diskussionen über die Definition einer kollektiven Intelligenz. Inwieweit soll diese einfach nur den Ist-Zustand des vernetzten Informationsangebots des Internets umfassen oder eine unabhängigere und eigenständigere Struktur aufweisen? Dynamisierung ist ein Stichwort dazu: Tatsächlich geschah mit der Einbindung von benutzergeneriertem Inhalt ein erster Schritt in diese Richtung. Relevanter ist jedoch erst die Integration von dynamisch reagierenden Algorithmen in die Struktur des Internets. Damit könne eventuell ein *Global Brain* entstehen, das in seinen Funktionen einem Nervensystem ähnelt. Erneut zeigt sich die Schwierigkeit der Definition eines solchen komplexen Systems. Anders ist jedoch der Umstand, dass aufgrund der Fundierung in Technologie eine empirische und damit auch quantitative Basis vorhanden ist.³⁹⁷

Parallel dazu muss die grundsätzliche Möglichkeit künstlicher oder artifizieller Intelligenz (*KI*, *AI*) betrachtet werden. Bezeichnenderweise gibt es etwa das Forschungsprojekt des *Human Brain Project*, das die neuronalen Netze des menschlichen Gehirns in ihrer Funktionsweise zu modellieren versucht.³⁹⁸ Hier wie dort gibt es bereits seit Jahrzehnten umfassende theoretische Auseinandersetzungen, wie und unter welchen Umständen eine künstliche Intelligenz entstehen oder gebaut werden kann. Es scheint jedenfalls, dass man nicht sagen kann, in welcher Form eine KI schlussendlich überhaupt emergieren würde.³⁹⁹ Eine Möglichkeit ist ein Zugang über die genannte Modellierung des menschlichen Gehirns, des derzeit intelligentesten Apparats, welcher in seiner neuronalen Netzwerkstruktur nachgebaut wird. Hier lassen sich die größten und konkretesten Fortschritte erzielen, wie unzählige Projekte beweisen, wie zum Beispiel die von Google mit Open-Source-Lizenz zur Verfügung gestellten neuronalen Netze.⁴⁰⁰ Deren Funktionsweise ist eine Art von Intelligenz, die sich mithilfe von Machine Learning selbst entwickelt. Es wird dem Lernalgorithmus ein Input und ein Output sowie die Lernstruktur vorgegeben. Im Fortgang eines längeren Prozesses wird über das Durchlaufen der Feedbackloops das

³⁹⁶ Campbell-Kelly u. a., *Computer*, 276–78.

³⁹⁷ Vgl. Dyson, *Darwin among the Machines*.

³⁹⁸ *Human Brain Project*, www.humanbrainproject.eu.

³⁹⁹ Aaronson, *Why Philosophers Should Care about Computational Complexity*, 10–16.

⁴⁰⁰ Gordon u. a., *MorphNet*.

Ergebnis ständig besser, während der Algorithmus eine interne Struktur aufbaut. Diese ist von einem menschlichen Beobachter kaum zu durchschauen und entspricht einem Black-Box-Phänomen, welches grundsätzlich in Elektronik, Kybernetik und Systemtheorie sowie zunehmend in den Sozial- und Geisteswissenschaften zum Einsatz kommt. Die erste intensive Auseinandersetzung findet sich 1956 bei Ross Ashby.⁴⁰¹ Es wird auch mehrfach als Betrachtungsweise für komplexe Systeme herangezogen, da bei beiden Modellen Systemgrenzen gezogen werden und eine Undurchschaubarkeit der internen Prozesse am Anfang steht. So wird etwa auch das menschliche Gehirn unter diesen Aspekten betrachtet.⁴⁰² Als Reaktion darauf gibt es bezüglich elaborierter Algorithmen Forderungen, wonach der Anwender ein Recht auf Erklärung automatisierter Entscheidungswerkzeuge hat.⁴⁰³

Auch wenn sich nun mithilfe von Machine Learning und neuronalen Netzen bereits beeindruckende Fähigkeiten demonstrieren lassen, ist die entscheidende Frage, ob AI-Systeme etwas hervorbringen, das einem Bewusstsein entspricht. Dabei kommt ein Einteilungsschema zum Tragen, das Formen der künstlichen Intelligenz unterschiedliche Stärkegrade zuweist. So wie mit gegenwärtiger Software Programme auf die Lösung gewisser expliziter Problemstellungen trainiert werden können, ist eine schwache Form von AI vorhanden. Eine starke AI sollte Fähigkeiten wie Adaption angesichts unbekannter Umstände und schlussendlich ein Bewusstsein aufweisen. Der Moment, in dem dieses erreicht wird, darf jedoch keineswegs als zwangsläufige zukünftige Entwicklung gesehen werden. Vielmehr sind die meisten Experten mittlerweile skeptisch, ob das grundsätzlich möglich ist. Gar nicht erwähnt wurden bisher die vielfältigen Auseinandersetzungen mit moralisch-ethischen Implikationen solcher Entwicklungen, die sowohl den Nutzen als auch die Gefahr erwähnen. Auch dazu gibt es eine lebendige Debatte.⁴⁰⁴

Zur Bewertung der Emergenz könnte bereits die Maschine des Computers als Beispiel herangezogen werden. Es ließe sich argumentieren, dass etwa durch das Zusammentreffen von grafischer Benutzeroberfläche, billiger Rechenleistung, einer breiten Softwarepalette und dem Internet als Zugang zu einem potenziell riesigen Informationskonsum der PC oder das Smartphone zu dem einen Alltagsgegenstand wurden. Jedoch fehlen dem Computer nach Holland die informationsverarbeitenden Instanzen der adaptiven Agenten. Es handelt sich um eine schwache Emergenz.⁴⁰⁵

⁴⁰¹ Ashby, *An Introduction to Cybernetics*, 86–120.

⁴⁰² Mitchell, *Complexity*, 247.

⁴⁰³ Wachter, Mittelstadt und Floridi, *Why a Right to Explanation of Automated Decision-Making*.

⁴⁰⁴ Für eine Auseinandersetzung damit ist hier leider kein Platz, siehe ferner Mittelstadt u. a.

⁴⁰⁵ Füllsack, *Gleichzeitige Ungleichzeitigkeiten*, 119; Brunner, *What's Emergent in Emergent Computing?*

Bei Machine Learning wird es spannender, denn hier liegen sehr wohl adaptive Instanzen vor. Diese beruhen überdies auf denselben Konditionalschleifen (if-then), die Holland zur Modellierung aller CAS heranzieht. Zusätzlich verwendet der Komplexitätsforscher das System des Universalcomputers zur Beschreibung der Speicherung und Fortschreibung von Prozessen und Veränderungen. Ein Machine-Learning-Algorithmus ist grundsätzlich auf diesem Paradigma aufgebaut. Während klassische Programme keine Entwicklung über den abgesteckten Pfad und damit über die vorgegebenen Programmpfade zur Verfügung haben, ist der Mechanismus der Adaption nicht nur integriert, sondern das zentrale Element des Algorithmus. Es handelt sich nicht mehr um ein vollständig determiniertes System, in dem alles Potenzielle durch Regeln bestimmt wird.⁴⁰⁶ Die Bewertung als emergentes System hängt also davon ab, inwieweit dieses System auch auf Informationsebenen jenseits seiner Bestimmung zugreifen kann und zu einem *Meta Algorithmus*⁴⁰⁷ wird. Erneut sei das Beispiel der Klimaanlage in einem brennenden Haus erwähnt, das diesen Zustand bereits perfekt beschrieben hat. Deep Learning ist ein Konzept, das die Entwicklung von Lernalgorithmen durch neuronale Netze bezeichnet. Es nähert sich eindeutig einem Metaalgorithmus an.⁴⁰⁸ Machine Learning ist demnach aufgrund seiner Adaptivität nahe daran, ein komplexes System zu sein. Die wirklich entscheidende Frage wird sein, inwieweit die gegenwärtigen Mechanismen auf andere semantische Ebenen ausgedehnt werden können, um eine breitere Form der Adaptivität und damit eventuell eine künstliche Intelligenz zu ermöglichen.

Das führt zum Merkmal der Selbstorganisation, ebenso ein zentrales Merkmal von Emergenz. Da diese grundsätzlich bei menschengemachten Systemen nicht vorliegt, ist sie für einen Großteil der Technologie erstmals nicht zu beobachten.⁴⁰⁹ Anders verhält es sich, wenn beim Machine Learning die Mittel zur Selbstorganisation vorgegeben werden. Genau das tut im Grunde der Algorithmus, wenn er nur eine Lernstruktur zur Verfügung stellt, der Weg zum Ergebnis jedoch nicht bestimmt wird. Die Black Box bildet das Phänomen direkt ab, indem der Mensch in Form des Programmierers keine Einsicht in die Funktionalität hat. Genau in dieser Argumentationslinie wird von den meisten Vertretern die Singularität gesehen. Ihre Herkunft ist in einer Hardware und Software vereinenden Perspektive vor allem über den bereits jetzt Black-Box-artigen Konstruktionsvorgang bei Prozessoren denkbar. Bei einer Betrachtungsweise, die

⁴⁰⁶ Füllsack, *Gleichzeitige Ungleichzeitigkeiten*, 89.

⁴⁰⁷ Marc Lenglet interviewte IT-Entwickler zu ihrer Einschätzung von Algorithmen. Lenglet, *Conflicting Codes and Codings*, 53.

⁴⁰⁸ Lecun, Bengio und Hinton, *Deep Learning*.

⁴⁰⁹ Dedié, *Die Kraft der Naturgesetze*, 24.

diese Tendenz fortführt, können diese Optimierungsvorgänge zu selbstorganisiertem Verhalten führen.⁴¹⁰ An dem Punkt ist auch die Nichtlinearität vertreten, die sich aus der Dynamik, die in Selbstorganisation auftritt, ergibt.

Machine intelligences may devote their abilities to designing the next generation of machine intelligence. This next generation will be even smarter and might be able to design their successors in even shorter time. Some authors have speculated that this positive feedback loop will lead to a ‘singularity’ – a point where technological progress becomes so rapid that genuine superintelligence, with abilities unfathomable to mere humans, is attained within a short time span.⁴¹¹

Mitunter werden Algorithmen bereits als Akteure in Systemen gesehen, so etwa beim *High Frequency Trade* in globalen Finanzmärkten, bei diagnostischen Programmen der Medizin oder von den Militärs eingesetzte Drohnen beziehungsweise *lethal autonomous weapon systems (LAWS)*. Sie können bereits in entscheidendem Ausmaß das Geschehen und den geschichtlichen Prozess mitgestalten, wobei sie mitunter in ihrer Rolle über die zugeordneten Aufgaben hinaus Wirkung entfalten und sich auf eine Art verselbstständigen. Thomas Walach nennt diese schwachen künstlichen Intelligenzen demzufolge auch *elektronische Subjekte*.⁴¹² Die Frage nach der Neubewertung des Akteurs- und Subjektbegriffs wurde an anderer Stelle auch schon von Zahlmann angedacht.⁴¹³

Die Funktionsweise dieser Algorithmen ist dabei vielfach nicht wirklich durchschaubar, wiewohl bereits an der Entwicklung von codeinterpretierenden Algorithmen gearbeitet wird. Dieser soll helfen, enorme Konvolute wie zum Beispiel den über zwei Milliarden Zeilen langen Code des Google-Suchalgorithmus zu durchdringen und dessen Funktionen sichtbar zu machen.⁴¹⁴ Daran wird auch offenbar, dass bei der Entwicklung solcher Programme und ihrer Quellcodes das Vorhaben eindeutig in einzelne Bauteile aufgespalten werden und eine hierarchische Einteilung vorherrschen muss. Derartig riesige Unternehmungen können nur noch mithilfe von Aufteilung und Zusammenführung ermöglicht werden. Hierarchie als konstituierendes Merkmal von komplexen Systemen wird an dem Beispiel jedoch nur teilweise gerechtfertigt verwendet. Schließlich werden die nicht selbstorganisierten Teile betrachtet. Dennoch lässt sich auch bei künstlicher Intelligenz von Hierarchie sprechen, denn immerhin ist diese auf die Ebenen der sprachlichen Codierung und auf die Hardware angewiesen, die im Hintergrund notwendige Funktionen ausführt. Eine Art von Hierarchie ist gegeben.

⁴¹⁰ Bostrom, *When machines outsmart humans*.

⁴¹¹ Bostrom, *When machines outsmart humans*, 763.

⁴¹² Walach, *Geschichte des Virtuellen Denkens*, 168–73.

⁴¹³ Zahlmann, *Die Digital Humanities und der Mensch*.

⁴¹⁴ Wachter, Mittelstadt und Floridi, *Why a Right to Explanation of Automated Decision-Making*.

7. Über Periodisierung und Epochen

Epochen sind einmal ganz grundlegend das Ergebnis von Periodisierungsvorgängen. Dabei handelt es sich um die Gliederung von Zeit und in erster Linie von vergangenem Geschehen in Form eines Ordnungssystems. Dieses stellt sich nicht von selbst auf und muss deshalb stets als retrospektive Deutung, durchgeführt von Subjekten, gesehen werden. Diese interpretatorische Strukturierung des Zeitablaufs tritt grundsätzlich auf mehreren Ebenen zutage und lässt sich bereits im Alltag des einzelnen Menschen beobachten. Thomas Luckmann formuliert das folgendermaßen: „Horizonte des Vergangenen und des Zukünftigen umgeben immer schon auch die Alltagserfahrung.“⁴¹⁵ Luckmann ist auch einer von zwei Autoren des einflussreichen Werkes „Gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit“⁴¹⁶, dessen Konzeption die vorliegende Arbeit teilweise stark beeinflusste. Auch in seiner Analyse der verschiedenen Zeithorizonte des Menschen sieht er einen zentralen Punkt in den intersubjektiven Synchronisierungsprozessen zwischen den Individuen. Dabei wird eine innere Zeitstruktur über Interaktion, den gesellschaftlichen Wissensvorrat und soziale Zeitkategorien vergesellschaftet. Darin enthalten sind zum einen formale Notationen wie die Uhrzeit und die kalendarische Einteilung. Daneben existieren wesentliche Sinnzuordnungen, mithilfe derer das Individuum seinen Lebenslauf an größeren Narrativen über Familie, Nation, Klasse, Religion und Ähnlichem abgleicht. Im gesellschaftlichen Wissen manifestiert sich somit auch das Geschichtsbewusstsein, der historische Sinn. Durch die Anbindung an das Individuum und seinen Alltag erweist sich Geschichte als grundlegende Kategorie der Sinnkonstruktion, ebenso wie die menschliche Bewusstseinsleistung immer eine historische Komponente enthält.⁴¹⁷

Periodisierung ist in diesem Prozess als strukturelle Gliederung der Zeit vertreten, die für das Individuum und seinen Tagesablauf genauso wichtig ist wie für den gesellschaftlichen und historischen Wissensvorrat. Als Mittel gegen die zwangsläufige Perspektivierung, die dadurch geschieht, hat schon Johan Huizinga eine Empfehlung abgegeben: „Eine farblose Benennung der Zeitalter, die man äußerlichen und zufälligen Zäsuren entnimmt.“⁴¹⁸ Dem entsprechen die formalen Zeiteinteilungen in Stunden, Tage, Jahre, Jahrhunderte, usw. Passenderweise behandelt auch David Blackbourn Letztere als wichtigstes Konstrukt im Periodisierungsprozess.⁴¹⁹ Indirekt untermauert er im weiteren Verlauf der Argumentation die zwangsläufige Verknüpfung

⁴¹⁵ Luckmann, *Gelebte Zeiten*, 304.

⁴¹⁶ Berger und Luckmann, *The Social Construction of Reality*.

⁴¹⁷ Luckmann, *Gelebte Zeiten*, 284–301.

⁴¹⁸ Huizinga, *Aufgaben der Kulturgeschichte*, 29.

⁴¹⁹ Blackbourn, *The Horologe of Time*, 301.

verschiedener Arten gesellschaftlichen Wissens im Sinnbildungsprozess mit dem vorerst arbiträren Konstrukt, wenn er auf die unterschiedlichen Deutungen von Jahrhunderten eingeht. Blackbourn schlüsselt die Vorgänge auf, bei denen Jahrhunderte verkürzt wurden oder zu *langen Jahrhunderten* ausgedehnt wurden. Jedes Mal wird das arbiträre Produkt mit Narrativen durchsetzt – vielfach entlang von Subdisziplinen der Geschichtswissenschaft –, indem Zäsuren und Kontinuitäten gesucht werden.⁴²⁰ Die formalen Zeitkonstrukte, von denen ausgegangen wird, sind allein kosmischen Konstellationen, deren willkürlicher Unterteilung oder der Aufstellung eines metrischen Zählsystems geschuldet. Aus einer Drehung der Erde um ihre eigene Achse wird dann ein „schwärzester Tag für XY“, aus einer Umrundung der Sonne durch den Planeten ein „entscheidendes Jahr für XY“ und aus der 10x10-fachen Abfolge davon „das Jahrhundert von XY“.⁴²¹ Luckmann hat in seinem Text zu Sinnbildung bei Zeiterfahrungen klargestellt, dass Geschichte grundsätzlich eine Kategorie der Sinnkonstruktion ist, bei der soziale Zeitkategorien Erfahrungen gliedern.⁴²² Im historischen Zeitsinn geschehen Synchronisierungsprozesse, welche die Zeiterfahrungen der individuellen und intersubjektiven Ebene transzendieren. Individuen können im Abgleich mit dem persönlichen Lebenslauf aus ihrer inneren Zeit Bezüge herstellen. Durch gesellschaftliche Narrative wird es mit Sinn und übergreifender Bedeutung versehen.⁴²³ Die Probleme der historischen Sinngebung sieht auch Jörn Rüsen, gerade im Auftreten von beschleunigter Dynamik: „Drohender Sinnverlust durch zeitlichen Wandel gedeuteter Zeit ist eine dauernde Quelle dafür, Zeit neu zu denken und zu deuten.“⁴²⁴ Selbst die farbloseste und zufälligste Einteilung von Zeit wird mit zunehmender Verwendung ihrer Offenheit beraubt und mit Deutung aufgeladen. Zwangsläufig vereint sich im historischen Zeitsinn temporales Empfinden mit Deutung.

Epochen sind die stärkste Kategorie der Periodisierung, denn sie stellen die stärksten Aussagen bezüglich der Qualität der Deutung auf. Gesehen wird eine Epoche als Zeitabschnitt, der von gleichbleibenden Merkmalen geprägt ist und durch Zäsuren davor und danach abgegrenzt wird. Es handelt sich bei einer Epoche also um die Kombination der Konzepte von Kontinuität und Zäsur.⁴²⁵ Die Krux liegt in der Definition dieser Zäsuren. Aufgestellt werden sie anhand unterschiedlicher Indikatoren, die mitunter den Anspruch objektiver Gültigkeit stellen und oftmals

⁴²⁰ Blackbourn, *The Horologe of Time*, 303–5.

⁴²¹ Die Zeichenfolge „XY“ darf hier als Platzhalter für verschiedenste einzusetzende Instanzen gelten.

⁴²² Luckmann, *Gelebte Zeiten*, 284, 296.

⁴²³ Luckmann, *Gelebte Zeiten*, 284, 297.

⁴²⁴ Rüsen, *Die Kultur der Zeit*, 51.

⁴²⁵ Blackbourn, *The Horologe of Time*, 305.

auf empirischen Befunden beruhen.⁴²⁶ Grundsätzlich ist deren Auswahl ebenso wie die dadurch realiter gemachte Deutung immer als Referenz in der Gegenwart verortet. Der Prozess ist ja eine Interpretation und Wertung, die für die Gegenwart strukturierende Effekte hat.⁴²⁷ Eine Epoche ist deshalb immer perspektivisch konstituiert, mit einem Ausgangspunkt wie beispielsweise einem Forschungsinteresse, von dem aus eine heuristische Hilfskonstruktion erstellt wird, die das „wirre Bild der Vergangenheit ordnen“ hilft.⁴²⁸ Die Motivation hinter einer (Epochen-)Periodisierung liegt damit nicht auf der Sinndeutung eines universalen Weltenlaufs, wie das in der Vergangenheit mehrfach der Fall war. Vielmehr wird eine Hilfskonstruktion für den Umgang und die Diskussion von Geschichte erstellt.⁴²⁹ Die vielfältigen Diskussionen von ForscherInnen beziehen sich meist nur auf den konkreten Ausgangspunkt der Deutungsrichtung, also welche Kriterien tatsächlich den Anforderungen einer Zäsur genügen und welche nicht.⁴³⁰

Als Hilfestellung und Untermauerung wird oftmals die Wahrnehmung von Zeitgenossen herangezogen, die davon berichten, dass sich die Welt verändert habe. Diese Zeugnisse sind im Grunde nicht anders als die Überführung des grundsätzlichen menschlichen Bedürfnisses nach Periodisierung in Form einer Übertragung von formellen Notationssystemen in den Bereich der Deutung. Epochenbewusstsein entsteht also der Not, neue Narrative und Deutungen für Veränderungen zu benötigen. Diese Situation benennt Reinhart Koselleck als die Differenz von Erwartung und Erfahrung. Das bedeutet, dass die erwartete Entwicklung nicht eingetroffen ist und dem entgegen von der neuen Erfahrung korrigiert wurde. Aus dieser Diskrepanz entsteht das Bewusstsein, einer Zäsur beizuwohnen.⁴³¹ Derartiges Epochenbewusstsein lässt sich in einer Welt, die grundsätzlich als eine der wenigen Konstanten im Zeitenlauf die Veränderung besitzt, leicht herstellen.

Wenn man es mit der gesellschaftlichen Konstruktion der Wirklichkeit von Berger und Luckmann vergleicht, bedeutet Epochenbewusstsein, dass sich der gesellschaftliche Wissenstand

⁴²⁶ Die Zäsur gibt eine Änderung des Indikators an, womit es sich bei diesem um eine kennzeichnende Dimension handelt, innerhalb derer Veränderung auftreten kann. Darunter fällt die Wirklichkeitswahrnehmung (vgl. Schmale, *Digital Construction of Reality*) genauso wie der Umgang mit Geschichtserfahrung und Erleben in der Diskussion um die Periode der *Zeitgeschichte* (vgl. Bösch und Bartlitz, *Zeitgeschichte*).

⁴²⁷ „Der Universalhistoriker rückt von der neuesten Weltlage aufwärts dem Ursprung der Dinge entgegen.“ Schiller, *Was heißt und zu welchem Ende studiert man Universalgeschichte?*, 127–28.

⁴²⁸ Graus, *Epochenbewusstsein – Epochenillusion*, 533.

⁴²⁹ Becher, *Grundbegriffe der Geschichtswissenschaft*; Cornelißen, *Grundbegriffe der Geschichtswissenschaft*.

⁴³⁰ Vgl. dazu die Aussage von David Blackbourn in seinem Aufsatz: „History is a generous discipline, in the sense that virtually nothing is ever falsified and discarded. Some historians refer rather pompously to ‘Clio’s many mansions.’ As I suggested elsewhere, we should imagine instead ‘a large hotel where new guests check in but old residents are never asked to leave.’“ Blackbourn, *The Horologe of Time*, 302

⁴³¹ Herzog und Koselleck, *Epochenschwelle und Epochenbewußtsein*, VII–VIII.

verändert, somit auch die wahrgenommene Alltagswirklichkeit der Menschen. Diese ist die gemeinsamste Basis einer Pluralität von Wirklichkeiten und ergibt sich aus den intersubjektiven Objektivierungen subjektiv sinnvoller Vorgänge. Sprache als wichtigstes Instrument dieser Objektivierungen setzt dabei den Ordnungsrahmen. Allein durch die Benennung einer neuen Qualität und der Namensgebung der dazugehörigen Epoche wird der Wirklichkeitseffekt dieses Teils von Wissen intensiviert. Der zunehmende Einfluss auf die Alltagswelt der Individuen wird verstärkt und die Deutung der neuen Phänomene formalisiert. Solcherart verfestigt sich historisches Wissen und seine Deutung ist frei zugänglich für die historisch-gesellschaftliche Sinnggebung der Individuen und ihre Alltagswirklichkeit.⁴³² Dabei gilt noch festzuhalten, dass es sich keineswegs um einen determinierten Pfad handelt, der zwangsläufig in der Verfestigung eines Konzepts enden muss. Auf dem Weg der Objektivierung gibt es eine Vielfalt an Wissenskonzepten und einen Wettbewerb dieser untereinander.

Vielerorts verdeutlichtes und vielfach rezipiertes Epochenbewusstsein kann damit als eine Quelle für ein erfolgreiches Konzept der Sinnggebung und Veränderung der Wirklichkeitswahrnehmung betrachtet werden. Wenn sich in der Alltagswirklichkeit also ein Element der historischen Deutung durchsetzt und zum prägenden Wissensselement wird, dann ist es gleichzeitig zu einem entscheidenden Faktor des Koordinatensystems der Wirklichkeit geworden. Wenn beispielsweise jeder von einem digitalen Zeitalter spricht und der Begriff im Alltag omnipräsent ist, dann handelt es sich um den objektivierten Ausdruck einer veränderten Wirklichkeitswahrnehmung. Demgemäß ist ein Epochenbewusstsein ein direkter Indikator für eine veränderte Alltagswirklichkeit. Wenn diese als Indikator für eine Periodisierung herangezogen wird, dann kann eine Epochisierung entlang der Kontinuitäten und Veränderungen von Wirklichkeitserfahrungen aufgestellt werden. Jörn Rüsen hat sich unter anderer Terminologie ebenso mit dem Sinnstrukturen von Periodisierung beschäftigt: „Zeitdeutung geschieht also in einer eigenen inneren Zeitlichkeit, in einer Dynamik, die sie in sich selbst, in der Logik ihres Vollzuges, zeitlich macht, also einem historischen Prozess überantwortet, der aller Sinnbildung voraus- und über alle Sinnbildung hinausgeht.“⁴³³ Zeitdeutung selbst hat also ebenso eine Geschichte, die sich auf dasselbe bezieht wie die obigen Metabetrachtungen von Vorgängen der Periodisierung. Die von ihm aufgestellten Kategorien der Deutung bezeichnen bereits Erwähntes.⁴³⁴

⁴³² Berger und Luckmann, *Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit*, 24–43.

⁴³³ Rüsen, *Die Kultur der Zeit*, 43.

⁴³⁴ Unter dem anthropologischen Zugang versteht er die Grundmuster menschlicher Weltbewältigung und Selbstverständigung. Das entspricht der Deutung von Zeitkonzepten entlang des Prozesses der Konstituierung von

Da die Feststellung von Zäsuren und Kontinuitäten über unterschiedlichste Indikatoren läuft, gibt es je nachdem unterschiedliche Perspektiven. Die Auswahl der Indikatoren wurde von einer Mannigfaltigkeit an AutorInnen bereits vielfach analysiert, die Jürgen Osterhammel zusammengefasst hat.⁴³⁵ Aufgezählt ergäbe das eine Reihe von Ereignis-, Kultur-, Politik-, Kommunikations-, Makro-, Sozial-, Wirtschafts-, Umwelt- Ideen- und Strukturgeschichte.⁴³⁶ Für derartige Schlüsse werden Befunde aus unterschiedlichsten Quellen und Artefakten herangezogen. Schlussendlich handelt es sich bei Zeugnissen zu Epochenbewusstsein auch um nichts anderes als Quellen, die in ideen- und mentalitätsgeschichtlicher Denkrichtung verarbeitet und gedeutet werden. So etwas kann ein historischer Abriss des Epochenbewusstseins genauso sein, wie eine Periodisierung und Epocheneinteilung nach gefundenen Indikatoren im Prozess der Wirklichkeitswahrnehmung. Aus einer wiederum anderen Perspektive kann der Inhalt von zeitgenössischen Berichten eines Epochenbewusstseins gegenwärtig leicht mit der weiteren Entwicklung verglichen werden und unter den Rahmenbedingungen eines empirisch-objektiven Wissenschaftszuganges auf seine *Richtigkeit* geprüft werden. Die Empfindung kann dann mitunter als *Epochenillusion* bezeichnet werden, was jedoch die Wahrnehmung selbst nicht widerlegt, maximal nur deren gesuchtes Ventil.⁴³⁷

In seiner Untersuchung der unterschiedlichen Begriffe zur Benennung der aktuellen Veränderungen behandelt Wolfgang Schmale die Epochenbezeichnung als Ausdruck eines veränderten Diskurses und einer gesellschaftlicher Wahrnehmung von Wirklichkeit.⁴³⁸ Er folgt dabei explizit dem Wirklichkeitsbegriff von Berger und Luckmann mit der Betonung von deren sozial konstruierter Wesenheit.⁴³⁹ Schmale stellt sich damit in die Tradition der Neuzeitforschung und in die Nähe zum Schöpfer dieses Epochenbegriffs, Christophorus Cellarius.⁴⁴⁰ Er erkennt für die Veränderungen, welche die Epochenbezeichnungen benennen, eine „Erheblichkeit“, die er

Wirklichkeit. Unter dem historischen Zugang versteht er eine Metabetrachtung entlang üblicher geschichtswissenschaftlicher Kategorien. Seine Beispiele von Säkularisierung und Verwissenschaftlichung sind nichts anderes als Deutungen in der Tradition der Ideengeschichte. Unter dem theoretischen Zugang schlussendlich versteht er die Überleitung der Veränderungen in die Abstraktion und eine Ableitung davon. Das Ergebnis daraus ist stark übergreifend mit generalisierenden Aussagen und universalistischen Deutungen. Rösen, *Die Kultur der Zeit*, 43–45.

⁴³⁵ Osterhammel, *Über die Periodisierung der neueren Geschichte*, 55–58.

⁴³⁶ Diese Reihe ließe sich noch grundsätzlich in wissenschaftliche und gesellschaftliche Epochenkonstruktionen unterscheiden. Diese verläuft parallel zur Grenzziehung zwischen einer Kategorie der Analyse und einer der Wirklichkeitswahrnehmung. Diese Verschiedenartigkeit ist schlussendlich aber auch im Verlauf des weiteren Textes eingebunden. Dazu sei speziell auf die Unterscheidung zwischen Punkt eins und Punkt drei am Ende dieses Kapitels verwiesen.

⁴³⁷ Barner, *Zum Problem der Epochenillusion*; Graus, *Epochenbewusstsein – Epochenillusion*.

⁴³⁸ Schmale, *Digitales Zeitalter*.

⁴³⁹ Schmale, *Digital Construction of Reality*.

⁴⁴⁰ Jaeger, *Neuzeit*.

als Austausch des Koordinatensystems der menschlichen Selbstverortung, also als Zäsur in der Wahrnehmung der Wirklichkeit für einen Großteil der Menschheit definiert.⁴⁴¹ Von dem her ist die Vorgangsweise nicht unähnlich den meisten anderen Periodisierungsentwürfen: Schmale benennt ein Kriterium, das als Maßstab fungiert, legt damit Perspektive sowie Deutungsabsicht offen und konstatiert schlussendlich, ob und inwieweit es sich um eine Epochenschwelle handelt. Das verwendete Kriterium ist der Modus der Wirklichkeitswahrnehmung. Imminent ist dieser kurzen Schrift der Verdacht, dass die jüngste Zäsur durch Digitalisierungsprozesse genau diese Qualität aufweist, was noch abzuhandeln ist.

Davor kommt noch der Versuch einer Zusammenfassung der Charakteristika von Epochenzuweisungen und den Vorgängen dabei. Periodisierung in Form einer Epocheneinteilung (ein Behelf wäre eventuell der artifizielle Begriff *Epochisierung*) kann gesehen werden als:

- (1) *Deutung aus der jeweiligen Gegenwart*. Demnach offenbart sie stets eine Sichtweise der Gegenwart. Sie existiert in einer Pluralität und wird in erster Linie als heuristisches Analyseinstrument eingesetzt, d. h. es werden unterschiedliche Epochen je nach Disziplin und dahinterstehender Aussage definiert. Dementsprechend werden jeweils dazu passende Indikatoren herangezogen.
- (2) *Epochenbewusstsein von Zeitgenossen*. Dieses ist Ausdruck des Zäsurempfindens der jeweiligen Zeit, das an als prägend empfundenen Merkmalen aufgehängt wird. In späteren Jahren können HistorikerInnen diese Indikatoren überprüfen und dann zustimmen oder widersprechen.
- (3) *Metabetrachtung über Epochenbewusstsein*. Zeitgenössisches Epochenbewusstsein wird dabei als Ausdruck veränderter Wirklichkeitswahrnehmung gesehen. Darauf aufbauend können wiederum Epochen entlang der Kontinuität von Wirklichkeitserfahrungen postuliert werden.
- (4) *Ausdruck der jeweiligen Gegenwart*. Die Deutungen von historischen Epochen und jeder Periodisierung sagen einiges über die zuweisende Instanz und deren Gegenwart aus. Eine Charakterisierung jedes Zeitpunkts ist also auch über die jeweiligen zeitgenössischen Epochisierungen möglich. Es handelt sich um eine historische Bewertung anhand

⁴⁴¹ Schmale, *Digitales Zeitalter*, Abschn. 12–13.

der jeweils verwendeten Periodisierungen der Vergangenheit, die damit zur Quelle werden. Dadurch wird eine Geschichte der Zeitdeutung ermöglicht.

(5) *Werkzeug der Periodisierung*. Epochen sind nur eine, wenngleich die stärkste, Einheit unter vielen, mit denen Periodisierung betrieben wird. Diese sind notwendige Werkzeuge, ohne die eine Erfassung der Wirklichkeit nicht möglich ist.

8. Digitales Zeitalter?

Vor allem anderen ist ein Digitales Zeitalter eine Zuschreibung der Gegenwart, abgegeben von gegenwärtigen Zeitgenossen. Die Bewertung hängt also von deren Epochenbewusstsein ab. Beim behandelten digitalen Zeitalter manifestiert sich ein solches, wie schon an vielen Zeitpunkten der Geschichte. Betrachtet man ein Digitales Zeitalter unter Punkt zwei des vorhergehenden Kapitels (2. *Epochenbewusstsein von Zeitgenossen*) und als empirischen Befund gewisser Indikatoren, dann sind derartige Empfindungen und ihre Aussagen leicht zu einem späteren Zeitpunkt überprüfbar. Für das Digitale Zeitalter gilt jedoch dasselbe wie für die konkurrierende Postmoderne und grundsätzlich jeden *Postism*: „Sie verbinden das Schlagende aller binären Zeitvorstellungen mit der Offenheit für Erwartungen, die der Widerlegung noch nicht ausgesetzt sind.“⁴⁴² Damit widersetzen sich Epochendeutungen zur Gegenwart, gleich dem Epochenbewusstsein, der Kritik. Das tun sie durch ihre Stärke und Unempfindlichkeit gegenüber der Vergleichbarkeit, da die zukünftige Entwicklung und Abgeschlossenheit gegenüber nachfolgenden Entwicklungen noch nicht berücksichtigt werden können.

Umgekehrt beinhaltet das gegenwärtige Epochenbewusstsein die Stärke der beschriebenen Differenz von Erwartung und Erfahrung, was eine Diskrepanz zwischen dem erwarteten Pfad und den sodann eintretenden Entwicklungen bedeutet. Kurz, die Menschen empfinden die Entwicklung jedenfalls als etwas entscheidend Neues. Eine Bewertung der verschiedenen Ausdrücke dieser Empfindung und deren sprachlich objektiviertem sozialen Wissen sowie ein Vergleich dazu findet synchron statt. Als Ergebnis davon hat der Begriff *Digitales Zeitalter* seine Konkurrenten bezüglich technologischer Entwicklung bereits weit überholt.⁴⁴³ Die Google-Hits zu möglichen (und eventuell weit hergeholt) Begriffen für diese *neue Zeit* liefert Einsichten. In einer absteigenden Reihenfolge nimmt sich die Liste so aus:

| <i>Begriff</i> | <i>Anzahl der Suchergebnisse</i> |
|-----------------------|----------------------------------|
| Digitales Zeitalter | 14 400 000 |
| Internetzeitalter | 291 000 |
| Informationszeitalter | 279 000 |
| Computerzeitalter | 91 600 |
| Cyberzeitalter | 8 810 |

⁴⁴² Barner, *Zum Problem der Epochenillusion*, 521.

⁴⁴³ Wolfgang Schmale hat einen Vergleich zwischen Computerzeitalter und Digitalem Zeitalter angestellt. Vgl. Schmale, *Digitales Zeitalter*, Abschn. 1–4; Bei Christoph Drösser findet sich ein Beispiel für die omnipräsente Verwendung des Begriffs „Zeitalter“, hier anhand des Zeitalters der Algorithmen. Vgl. Drösser, *Total berechenbar?*, 9–20.

Tab. 2: Anzahl der Ergebnisse einer Google-Suche für mehrere Zeitalterbegriffe rund um Digitalisierung (14.11.2019).

Auch wenn der heutige Begriff eines Digitalen Zeitalters vermutlich einmal verworfen wird, gegenwärtig ist er der dominanteste unter allen Benennungen von herrschendem Epochenbewusstsein.

Wird das Digitale Zeitalter jedoch unter Aspekt eins betrachtet (*1. Epochisierung als Deutung aus der jeweiligen Gegenwart*), dann wird derzeit eine Interpretation der Gegenwart angestellt, die in der Benennung von Ursachen, Ereignissen, Veränderungen, Zäsuren und Kontinuitäten jeweils bereits eine Deutung enthält. Am deutlichsten offenbart sich diese in den Benennungen der Indikatoren für die Epoche. Digitalisierung wird zumeist entweder als technischer Vorgang, als mediale Veränderung oder als alltagspraktische Umwälzung gesehen. Dementsprechend werden die Indikatoren in technischen Neuerungen, medialen Umbrüchen oder den Veränderungen der Alltagswirklichkeit gefunden und sind technik-, medien- und sozialgeschichtlich geprägt. Dahingehend ähnelt der Vorgang bereits Punkt drei (*3. Metabetrachtung über Epochenbewusstsein*), nämlich dann, wenn man von einer sozial und medial konstituierten Wirklichkeit ausgeht. Interessanterweise ist im vielfachen Gebrauch des Begriffs *Digitales Zeitalter* noch nicht zwingend eine Argumentationslinie enthalten, wie sie für Professionisten der Periodisierung notwendig ist. Er entspringt einfach dem Alltag der Menschen und deren Wahrnehmung. Damit wird das gegenwärtige Epochenbewusstsein ebenso zum Ausdruck der Alltagswirklichkeit und deren Veränderung. Punkt vier (*4. Ausdruck der Gegenwart*) fällt bei Deutungen zur Gegenwart de facto auch mit dem ersten Punkt zusammen.

Auch Punkt fünf (*5. Werkzeug der Periodisierung*) wirkt auf spezielle Art, wenn es um eine Epochisierung der Gegenwart geht. So wie der historische Zeitsinn auf den großen Wissensvorrat von Gesellschaften zurückgreift, um durch Periodisierungen Sinn zu generieren, genauso ist die Gegenwart in einem Zeitgefüge von Vergangenheit und Zukunft eingebettet. Über vielfältige Synchronisierungsprozesse wirkt der historische Zeitsinn und das gesellschaftliche Wissen auf die Wahrnehmung der inneren Zeit des Individuums und dessen Deutung der Gegenwart. Das alltägliche Leben wird mithilfe dieser Referenzen schlussendlich erst gegliedert, weshalb beide Instanzen der Synchronisierung gleichen Anteil am Generieren von Wirklichkeit und Sinn haben.⁴⁴⁴

⁴⁴⁴ Luckmann, *Gelebte Zeiten*.

Grundsätzlich ähneln sich manche Teile in den Punkten des aufgestellten Schemas, was darin gründet, dass es sich bei einem möglichen digitalen Zeitalter um eine beginnende Epoche handelt und es die Gegenwart betrifft. Der Vorgang ist, wie gesehen, anders als bei abgeschlossenen historischen Epochen, wo andere Bedingungen zu erfüllen sind.

8.1. Digitales Zeitalter im Kontext von Komplexität

Wenn nun Komplexität in dem Konstrukt bedacht wird, dann tritt sie in überwiegender Mehrzahl als perspektivischer Blickwinkel und Indikator einer Epochisierung aus der Gegenwart entsprechend Punkt eins auf. Die bereits vielfach angestellten Überlegungen vieler Forscher führen meist zu dem Ergebnis, dass die Komplexität der Gegenwart zugenommen hat und die Digitalisierung großen Anteil daran hat.⁴⁴⁵ Dieser Komplexitätszuwachs lässt sich über zwei Zugänge betrachten: Einerseits über die Verdichtungen und Vernetzungstendenzen, die sich aus Digitalisierung ergaben, andererseits über die Emergenz entscheidender neuer Systeme, die als Indikatoren fungieren können. Gerade dieses Konzept bietet sich für eine Periodisierung besonders an.

Die Big History hat bereits den Versuch beschritten, die empirischen Ergebnisse zu Komplexität in ein Epochenmodell einzugliedern. Dabei wird ein konstatiertes Komplexitätszuwachs der Gegenwart in ein Schema eines ständigen Komplexitätszuwachses eingegliedert, der dabei jedoch zwischenzeitliche Rückschläge und Einbuße berücksichtigt. Dennoch treten Digitalisierungsprozesse bei den Vertretern der Big History nur als Fortführung der Informationstechnologien des fossilen Zeitalters auf. Laut Christian ermöglicht die auf fossilen Energien beruhende Verwandlung der ICT eine effizientere Sammlung, Speicherung, Bereitstellung und Nutzung von Information. Das Ergebnis daraus ist eine veränderte Form des kollektiven Lernens, vor allem sichtbar in der Innovationskultur im Zusammenhang mit moderner Naturwissenschaft.⁴⁴⁶ Der Informationsaustausch ist aus dieser Sicht schon über den Verlauf von Jahrhunderten und Jahrtausenden die Stärke des Menschen, die es ihm erst ermöglicht, kollektiv zu lernen, Technologien zu entwickeln und weiterzugeben und schlussendlich auch immer größere Netzwerke mit einer wachsenden Anzahl an Einzelteilen respektive Bausteinen aufzubauen. Die gegen-

⁴⁴⁵ Walach, *Geschichte Des Virtuellen Denkens*, 82; Köstlbauer, *Spiel und Geschichte im Zeichen der Digitalität*, 95.

⁴⁴⁶ Christian, *Big History*, 298–301.

wärtigen und so auch die digitalen Informationstechnologien sind nach Christian in überwiegendem Maße von Energie abhängig – man denke hier nur an die mittlerweile vorherrschenden Flashspeicher, die Information in elektrischen Zuständen abspeichern – und demnach auch davon stärker geprägt als von der diskreten Verfasstheit. Er sieht demnach den Vorgang der Utilisierung fossiler Energien in großem Stil als gewichtiger an. Das Anthropozän als ein Zeitalter des menschlichen Einflusses auf die Erde ist dann bedeutsamer als ein Digitales Zeitalter.⁴⁴⁷

Die notwendige Intention dahinter ist in diesem Fall die erwähnte Erhöhung des Menschen und der zukünftigen Zeit sowie die Errichtung eines naturwissenschaftlichen Gründungsmythos. Es handelt sich um eine Sinngebung, die versucht, einen neuen Modus zu finden. Dieser soll die Sozial- und Geisteswissenschaften mit naturwissenschaftlichen Erkenntnissen vereinen, um die Skepsis Letzterer gegenüber dem Erkenntnisvorgang Ersterer aufzulösen. Dadurch erscheint die aufgestellte Periodisierung von der starken Subjektivierung und Perspektivierung der Sozial- und Geisteswissenschaften entkoppelt. Wie bereits gesehen ist jedoch selbst die objektivste Einteilung der Zeit, vorgeschlagen von Huizinga, auf längere Sicht nicht ohne Deutungsebenen vorstellbar. Das geht ebenso einher mit der Erkenntnis, dass die empirische Herangehensweise des naturwissenschaftlichen Realismus nur eine vermeintliche Tilgung des Subjekts in Form einer bewussten a priori Annahme des Subjekts als einzigem Erkenntnisapparat vornimmt.

Rüsen führt den Teil zur Sinngebung im Zusammenspiel von Human- und Naturwissenschaften noch genauer aus: Kultur und Natur sind dabei begriffliche Unterscheidungen, die nur im Hinblick auf Erkenntnisverfahren Sinn machen. „Wenn die Sinnbestimmtheit (Deutungsleistungen und ihre kulturellen Objektivationen) maßgebend für die menschliche Welt ist, dann wäre ‚Natur‘ Gegenstandsbereich eines Denkens, das seine eigene Subjektivität als Sinnquelle methodisch von der Gegebenheit seiner Objekte ausklammert.“⁴⁴⁸ Das ist der Unterschied zwischen der bewussten Ausklammerung des Subjekts bei naturwissenschaftlichem Realismus und der Möglichkeit der sozial-geisteswissenschaftlichen Reflexion, bei der das Subjekt mitgedacht wird.⁴⁴⁹ Die menschliche Welt aber ist beides, historische Zeit ist gekoppelt an die formalen Konzepte physikalischer (chronometrischer) Zeit. Ebenso ist der Erkenntnisprozess an beide Vorgangsweisen gebunden. Analog dazu kann man die Verbindung von Natur und Kultur bei der Deutung von Veränderungsprozessen sehen:

⁴⁴⁷ Christian, *Big History*, 292–317.

⁴⁴⁸ Rüsen, *Die Kultur der Zeit*, 52.

⁴⁴⁹ Vgl. Kapitel 3.3.1

Die Natur hat freilich im Licht einschlägiger physikalischer, astronomischer, chemischer, geologischer und biologischer Erkenntnisse eine ‚Geschichte‘, die von einem absoluten Anfang bis zur Gegenwart reicht und ihrem zukünftigen Geschehen nicht vorausgesagt werden kann. In formaler Hinsicht teilt sie damit den geschichtlichen Charakter der menschlichen Kultur. Diese ist ein Teil von ihr, und umgekehrt ist die Natur ein Teil der menschlichen Geschichte.⁴⁵⁰

Diese Zeilen klingen beinahe wie eine Beschreibung der Agenda der Big History, ohne dass diese jedoch ein einziges Mal erwähnt wird. Der Zugang der Big History ist jedoch stets nur ein Zeitdeutungskonzept unter vielen. Gleiches gilt für den Epochenbegriff des Digitalen Zeitalters, der vor allem anderen eine Deutung der Gegenwart anstellt.

Ähnliche Sinnkrisen sieht Rösen für die Geschichte im Zusammenhang mit den jüngeren medialen Entwicklungen. Da die Ausprägungen des Zeitsinns und sein historischer Wandel wesentlich von den Medien der Vermittlung abhängen, muss sich ein Wandel Letzterer zwangsläufig auch in diese Richtung auswirken. Die „Ordnung des Historischen“ verliere demnach zunehmend seine handlungsleitende Funktion des Zeitzusammenhangs zwischen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft, was sich unter anderem auch im Terminus *Posthistoire* und der dazugehörigen Diskussion manifestiert hat.⁴⁵¹ Die Fülle von Möglichkeiten und die Mannigfaltigkeit der Stimmen in den Kommunikationsräumen der digitalen Medien erschaffen eine enorme Pluralität der Zeitvorstellungen, die in ihrer Offenheit und Dynamik fixere Vorstellungen ersetzen. Neben einer eventuellen Krise des historischen Zeitsinns beinhaltet auch diese Argumentation implizit die Big History, die als Ausweg zu dieser Menge an unter anderem periodisierenden Deutungen der Geschichte den naturwissenschaftlichen Empirismus inkludiert und ins Zentrum rückt.

Die Argumentation unterstützt zudem ein Digitales Zeitalter. Dadurch, dass der vom Digitalen getragene mediale Wandel als Ursache für neue Alltagswirklichkeit angesehen wird, ist der daraus resultierende Begriff der *Posthistoire* eigentlich ein weiterer Konkurrent um die Deutungshoheit der Veränderung rund um Digitalisierungsprozesse. Da dieser aber seine Hoheit maximal im Feld der Geschichtswissenschaft ausspielen kann, ist er wohl eine präzise Analyse, nicht jedoch ein ernstzunehmender Terminus im populären Diskurs: „Die [der Geschichtswissenschaft] eigene relativistische Position kann mit den angemäßen Gewissheiten historistischen Denkens in öffentlichen Geschichtsbildern kaum konkurrieren.“⁴⁵²

⁴⁵⁰ Rösen, *Die Kultur der Zeit*, 53.

⁴⁵¹ Rösen, *Zeit deuten*, 49.

⁴⁵² Walach, *Das Unbewusste und die Geschichtsarbeit*, 88.

Ich habe bereits festgemacht, dass gewisse Formen von künstlicher Intelligenz als komplexes System zu bewerten sind. Ob eine vollständige starke Intelligenz oder womöglich der Wendepunkt der Singularität jemals eintreten kann, wird jedoch bezweifelt. Derart eignet sich dieser Indikatoren gegenwärtig auch nicht für eine Zäsur. Am hilfreichsten ist noch die konstatierte *Infosphere*, die im Rahmen des Internets entstanden ist. Deren Status bezüglich der Komplexität ist aber in ihrer qualitativen Natur nur schwer und uneindeutig festzumachen. Zudem ist auch hier die Einschätzung hinsichtlich des Ausmaßes der kollektiven Intelligenz nicht eindeutig. Sie ist umgekehrt auch ein Ausdruck einer mediengeschichtlichen Interpretation von Digitalisierung. Das heißt, ihre Komplexität ist maximal eine Bestätigung dieser Betrachtungsweise.

Das Heranziehen von Komplexität als Indikator hat eindeutige Nachteile. Sie ist allenfalls näherungstechnisch über Hilfskategorien bestimmbar, ein Grad oder konkretes Ausmaß der Komplexität ist aber nicht zu messen. Bereits mehrfach habe ich auf Fred Spier verwiesen, der sich damit auseinandergesetzt hat.⁴⁵³ Die Annäherung über den Energiebedarf zur Aufrechterhaltung der Komplexität ist eine gangbarer Weg, der von der Big History auch beschritten wird. Deshalb argumentiert Christian für ein Anthropozän, da sich dieses über den Impact des Menschen auf die Erde definiert, wobei ebenso Energie und ihre Nutzung eine entscheidende Rolle spielt. Eine weitere Näherung läuft über die Anzahl der Knoten und Kanten in einem Netzwerk. Gerade durch Digitalisierung wurde eine enorme Verdichtung der Kommunikationsnetzwerke erreicht, die sich als Indiz erweist. Zurück bleibt die Nichtfeststellbarkeit von Komplexität selbst, da (noch) keine Erkenntnisse zum Zusammenspiel der Kennwerte vorliegt. Am bezeichnendsten für diesen Zustand steht der Faktor der Sequenz, der bei vielen komplexen Systemen eine wichtige Rolle spielt und auch in der digitalen Technologie die Basis darstellt, insgesamt jedoch kaum in ein Verhältnis zum Grad der Komplexität gebracht werden kann. Es lässt sich lediglich sagen, dass sie in dem Zusammenhang bedeutsam ist.

Der zweite Zugang zu Epochenzuweisung und Periodisierung mithilfe von Komplexitätstheorie zielt auf die Modellierung von komplexen Systemen sowie der Anwendung dieser Modelle samt der zugehörigen Konzepte auf den Prozess der Geschichte und ihre Deutung. Verdient gemacht haben sich hierbei die Theoretiker der Komplexitätsforschung und speziell einige wenige Vertreter, die zudem ein ausgeprägtes Interesse an Geschichte haben. Dazu zählen Murray Gell-Mann und vor allem David Krakauer. Letzterer hat in einer ersten Annäherung versucht,

⁴⁵³ Spier, *Complexity in Big History*, 149–53.

genau diesen Konnex zwischen den beiden Disziplinen herzustellen. Sein Zugang läuft über die Darstellung der Deutung von historischen Vorgängen und Veränderungen über das Modell des komplexen Systems.⁴⁵⁴

8.2. Emergenz eines (digitalen) Zeitalters?

Dabei handelt es sich um die Anwendung des entscheidenden Konzeptes der Komplexitätsforschung auf Geschichtswissenschaft. Fraglich ist, inwieweit es sich tatsächlich auf Periodisierung umlegen lässt. Auf den ersten Blick scheint es sehr geeignet, zumal es es die Entstehung von etwas Neuartigem bezeichnet. Ein Teil des Themas, die Konstituente des Zeitalters oder der Epoche, bedingt in erster Linie das Postulat von Zäsuren. Diese sind wiederum direkt gekoppelt an ein Momentum der Veränderung, denn erst dieses stellt die Ruptur her. Emergenz wird definiert als das selbstorganisierte Entstehen neuer Eigenschaften und Funktionen, die nicht aus den Teilen allein erklärbar ist. Diese mögen für ein betrachtendes Subjekt Zäsuren darstellen und schlagen sich sogar meistens in quantitativen Bemessungen der Netzwerke und deren Charakteristik nieder. Die Kombination der Konzepte erscheint also grundsätzlich möglich, denn in empirischer Zugangsweise lassen sich vielerorts emergente Phänomene ausmachen, die sodann prinzipiell als Indikatoren herangezogen werden können.

Die grundsätzliche Problematik einer Zäsur wird dabei wieder deutlich, denn auch Emergenz ist nicht eindeutig. Schließlich hat sie mit ihrer dualistischen Position zwischen evolutionärer und revolutionärer Charakteristik dieselbe Position inne, die auch Zäsuren in der Geschichte prägen. Dementsprechend gibt es auch die Unterteilung in starke und schwache Emergenz, je nachdem wie weit die Neuerung aus den Teilen heraus beschrieben werden kann, inwieweit sie also irreduzibel ist. Da sie aber zuallererst die Beschreibung einer Veränderung ist und zusätzlich das Entstehen neuer Eigenschaften beschreibt, kann sie gut als Indikator einer Zäsur dienen.

Der zweite Aspekt betrifft die Feststellbarkeit von Emergenz. Hier wird es bereits schwieriger, denn an dem Punkt findet sich bereits eine hohe Varianz der Befunde. Außerdem wird auch das Feld der Komplexitätsforschung vielfach verlassen. Gerade für Sozialwissenschaften hat Bettina Heintz die Unschärfe deutlich benannt.⁴⁵⁵ Auch darüber hinaus wird etwa vielfach

⁴⁵⁴ Krakauer, *The Star Gazer and the Flesh Eater*.

⁴⁵⁵ Heintz, *Emergence and Reduction*.

Emergenz für den Bereich der menschlichen Technologie völlig verneint⁴⁵⁶ und andernorts wie selbstverständlich wieder integriert.⁴⁵⁷ Am besten funktioniert das Konzept dort, wo es zuerst und am intensivsten eingesetzt wird, wie beim Leben oder dem Bewusstsein. Dabei handelt es sich um jene Phänomene, die sich in ihrer Entstehung bisher nicht befriedigend erklären lassen.

Unter den fünf Aspekten einer *Epochisierung*⁴⁵⁸ bedeutet das folgendes: Die Ambivalenz einer subjektiven Deutung aus der Perspektive der Gegenwart lässt sich mit Emergenz leicht ergänzen, denn gerade im sozialen Bereich herrscht eine relativ beliebige Anwendung vor. Ebenso lässt sich bei Bedarf ein Epochenbewusstsein damit begründen, denn Neuartigkeit ist jeweils zentral platziert. Grundsätzlich lässt es sich auch auf einer Metaebene der Wirklichkeitswahrnehmung als Treiber identifizieren. Damit kann jede Argumentation einer Zäsur prinzipiell mit dem Konzept der Emergenz auf sozialer Ebene untermauert werden, was auch indirekt vielfach geschieht. Es wird nicht darauf hingewiesen, aber die Argumentationen beziehen sich auf gänzlich neue Zustände, wie etwa gerade bei der Digitalisierung Floridis vierte Revolution, mit einem völlig neuen menschlichen Subjekt und ebensolchen Gesamtsystem, der Infosphere.⁴⁵⁹

Diese Einschätzung ändert sich mit der Miteinbeziehung von empirisch erfassbaren Emergenzen, die ein höheres Level an Kreditabilität und geringe Möglichkeiten der subjektiven Deutung zulassen. Derart ist in historischer Rückschau die Entstehung des Homo Sapiens prinzipiell immer als Zäsur bewertet. Selbiges kann für das erste Auftauchen von Leben in erdgeschichtlicher Hinsicht gelten. In einer kosmologischen Sicht sind ähnliche Schranken mit eindeutigen Neuigkeitswert zu erkennen. So etwa die ersten chemischen Prozesse der Welt. Diese Beispiele sind bereits bekannt, denn sie werden in der Big History auf diese Art beschrieben. Dabei wird nicht direkt auf emergente Qualitäten eingegangen, vielmehr wird sie über einen mehr oder weniger sprunghaften Anstieg des Komplexitätsgrades festgestellt und dann als Schwelle bezeichnet. Es ist das der Bezug auf Emergenz in ihrer stärksten Form, wozu eine naturwissenschaftliche Ideologie zur Untermauerung herangezogen wird. Selbiges wäre in einem potenziellen zukünftigen Szenario der Emergenz einer künstlichen Intelligenz möglich. Das würde die konsequenteste Durchsetzung eines Digitalen Zeitalters und gleichzeitig ihr Ende bedeuten, da aufgrund der beherrschenden Neuerung die Epoche in der künstlichen Intelligenz ein neues, beeindruckenderes Merkmal hätte.

⁴⁵⁶ Abbott, *Emergence Explained*, 16.

⁴⁵⁷ Das geschieht etwa vielerorts bei Füllsack, *Gleichzeitige Ungleichzeitigkeiten*.

⁴⁵⁸ Vgl. Kapitel 8.

⁴⁵⁹ Floridi, *Information*, 9.

Eine Epoche an sich ist kein System. Sie mag sich wohl an solchen ausrichten oder sie als Indikator heranziehen, bleibt aber doch nur eine Deutung von Zeit, Veränderung und Vergangenheit in Bezug auf die jeweilige Gegenwart.⁴⁶⁰ Das Hinzuziehen von Emergenz eines Systems als Indikator für Periodisierung ist aus konventioneller Sicht jedoch grundsätzlich einwandfrei. Für ein Digitales Zeitalter kann Emergenz also theoretisch als Indikator der Zäsur dienen. Praktisch bedeutet das, es muss ein neues soziales System ausgemacht werden, das zudem eine qualitativ einzigartige Funktion aufweist. Nach den Bewertungen zur Digitalisierung ist erstens ein technischer Prozess auszumachen, zweitens ein medialer Umbruch und drittens eine veränderte Alltagswirklichkeit festzustellen. Beim technischen Prozess ist meiner Meinung nach keine Emergenz zu finden, wiewohl die Bereiche von künstlicher Intelligenz und Machine Learning eine solche zukünftig denkbar machen. Die anderen beiden sind schlussendlich beinahe deckungsgleich, denn der Zugang des Menschen zu seiner Umwelt ist ausschließlich medialisiert vorstellbar.⁴⁶¹

8.3. Anthropozän vs. Digitales Zeitalter vs. Entropozän

Das Anthropozän entsteigt der Welt der Geologie. Es handelt sich dabei um den jüngsten Vorschlag, die Einwirkung des Menschen auf den Planeten in einem geologischen Zeitalter zu benennen. Der Begriff entstammt einer spontanen Prägung von Paul Crutzen. Dahinter steht die Erkenntnis, dass der Mensch zunehmend zu *dem* bestimmenden Faktor für den Lauf des Planeten wird.⁴⁶² Vorläufer dieser These formulierten diesen Gedanken schon im 19. Jahrhundert und sprachen noch vorsichtiger von einem „anthropozoic age“ oder technikgeleitet von der „Noosphäre.“⁴⁶³ Der Begriff des Anthropozäns, den Crutzen am Beginn des dritten Jahrtausends vorbrachte, traf einen Nerv der Zeit.⁴⁶⁴ Während die doch zahlreichen Vordenker von Crutzen keine größere Aufmerksamkeit über ihren Kreis hinaus bekamen, explodierte das Interesse und die Diskussion rund um den neuen Begriff. Ein Grund dafür mag die Kombination aus geologischer Epochenbezeichnung und geschichtlicher Periodisierung sein. Erstere werden nach dem Prinzip der Ablagerung oder des später feststellbaren Impacts auf die Erde eingeteilt. So ist etwa die Kreidezeit diejenige erdgeschichtliche Epoche, in der Unmengen von Schalentieren die massiven Kreideablagerungen in der Erdkruste hinterließen. Der Gedanke, dass der

⁴⁶⁰ Vgl. Punkt 1 in Kapitel 7 (Auflistungen zu Epochisierung)

⁴⁶¹ Zahlmann, *Die Digital Humanities und der Mensch*.

⁴⁶² Chakrabarty, *Anthropocene Time*.

⁴⁶³ Christian, *Big History*, 196, 272.

⁴⁶⁴ Steffen, Crutzen und McNeill, *The Anthropocene*, 615.

Mensch als tellurische Einflusskraft derartige Wirkung erreicht hat, ist zugegebenermaßen durchaus beeindruckend. Womit ich zum zweiten Grund für den Erfolg des Begriffs Anthropozän komme. Er fiel jedenfalls auf fruchtbaren Boden, da sich bereits verschiedene Gruppen mit dem menschlichen Einfluss auf den Planeten beschäftigten. Demnach spaltete sich der Begriff auch in fünf grobe Richtungen auf:

Zuvorderst steht die *wissenschaftliche Beschäftigung* damit. Es handelt sich dabei um eine Auseinandersetzung mit der Frage, ob die menschlichen Spuren tatsächlich in die Geologie des Planeten eingeschrieben sind und welcher menschliche Abdruck überhaupt der bestgeeignetste ist. Es handelt sich bei diesem Zugang um die bereits bekannte Suche nach einem Indikator, der die Zäsur abbildet. Das Koordinatensystem ist dabei in den global standardisierten Prinzipien der Stratigrafie und bei der *International Commission on Stratigraphy* zu finden. Als Zäsur werden meist Industrialisierungsprozesse und die Auswirkung auf den CO₂-Haushalt der Erde angesehen, wobei daneben auch das Wirken des frühen Menschen oder die Nutzbarmachung von Atomkraft zur Debatte stehen.⁴⁶⁵ Was Jamie Lorimer *Intellectual Zeitgeist* nennt, ist die Beschäftigung außerhalb dieses geologischen Professionistenkreises. Für diese Personen ist das Anthropozän ein „catchy label for a common curiosity and anxiety about the state and future of ‘Earth’ after the ‘end of Nature’ – i.e. the end of the idea of Nature as pure place untouched by human hands that has been so central to modern environmentalism.“⁴⁶⁶ Die Konjunktur des Begriffs in diesem Bereich zeigt an, dass derartige Kritik um die 2000er Jahre zu einer Mainstreamansicht wurde. Der dritte Zugang zum Anthropozän pflegt den Terminus als *ideologische Provokation*, die auf zentrale Konzepte des menschlichen Denkens zurückwirkt und schlussendlich die großen Narrative rund um das Verhältnis des Menschen zur Umwelt verändert.⁴⁶⁷ Daraus entstanden *neue Ontologien* mit menschlicher Dominanz als dem prägenden Faktor für den Planeten, unter dem dann auch Umweltschutz neu gedacht werden muss. Unter diesen Bereich fallen weiters vielfältige Konzepte zum Verhältnis von Technik und Mensch, wie Peter Haffs *Technosphere*, Bruno Latours hybride Entitäten oder Donna Haraways plurales Bewertungssystem von Subjekten je nach deren Nähe zum Humanen.⁴⁶⁸ Schließlich spielt auch

⁴⁶⁵ Lorimer, *The Anthro-Scene*, 119–20.

⁴⁶⁶ Lorimer, *The Anthro-Scene*, 121.

⁴⁶⁷ Lorimer, *The Anthro-Scene*, 123.

⁴⁶⁸ Lorimer, *The Anthro-Scene*, 125–27.

die *Science-Fiction-Kultur* eine Rolle in der Behandlung des Anthropozän. Immerhin kann damit die zukünftige Abgeschlossenheit der gegenwärtig binären Zeitdarstellung umfassender dargestellt und durchgedacht werden.⁴⁶⁹

In dieser Auffächerung lassen sich einige bekannte Elemente der Periodisierung ausmachen. Die sofort einsetzende breite Rezeption des Intellectual Zeitgeist und in der Science-Fiction veranschaulicht etwa das vorhandene Epochenbewusstsein. In der wissenschaftlichen Diskussion zeigt sich die Suche nach Zäsuren und neuen sowie vor allem bestimmenden Faktoren. Beides zusammen findet sodann Ausdruck in den philosophisch-theoretischen Neuausrichtungen, die sich rund um das Anthropozän ergaben und weiter verfolgt werden. Eine geologische Epoche hat jedoch üblicherweise keinen Einfluss auf die zeitlichen Horizonte der Geschichtswissenschaft. Anders verhält es sich beim weit ausgedehnten Geltungsrahmen der Big History, weswegen es kaum überrascht, dass das Anthropozän dort eingebaut wurde. Bei Christian liegt das Kriterium jedoch nicht auf den menschlichen Spuren in der Erdkruste, sondern auf der Ausbeutung fossiler Energien durch den Menschen und der damit einhergehenden Ermächtigung. Aus der Perspektive der Komplexitätsforschung lässt sich eine kausale Kette bilden, bei der aufgrund gesteigerter sozialer Komplexität des Menschen eine systematische Ausbeutung der fossilen Lagerstätten und damit ein enormer Zuwachs des Energieverbrauchs möglich wurde, der wiederum die Einschreibung in die geologische Sphäre ermöglichte.⁴⁷⁰ Die Big History bewegt sich mit ihrer Periodisierung in dem von Lorimer benannten Intellectual Zeitgeist ebenso wie im Bereich der ideologischen Provokation. Die dargelegte Kritik an der Disziplin bringt das zum Ausdruck.

Das Anthropozän der Big History ist nur ein Ausdruck von Komplexitätssteigerung, wenngleich ein sehr eindrucksvoller. Die im Rahmen der neuen verfügbaren Energielevel vollzogenen Veränderungen brachten vielfache Neuerungen hervor, wobei am eindrucksvollsten wohl die von Materialtechnik, Mobilität, Kommunikation und Konsum sind. Im Gefolge dieser Transformation folgte eine weitere Technologie, wobei gerade deren digitale Gestalt intrinsisch mit Energie verbunden ist – Strom fließt, Strom fließt nicht. Durch die Digitalisierung wurden weitere umfassende Veränderungen ermöglicht. Man sieht, dass ein Abwägen zwischen Anthropozän und digitalem Zeitalter nur erneut danach fragt, welche Transformation die bedeutendere sei. Beide sind Ausdruck einer Komplexitätssteigerung, die selbst jedoch als Kriterium kaum taugt. Beide stellen Zäsuren dar und berufen sich auf Indikatoren, die technologischer

⁴⁶⁹ Lorimer, *The Anthro-Scene*, 128–31.

⁴⁷⁰ Christian, *Big History*, 292–320.

und sozialer Natur sind. Beiden gemein ist eine enorme Konjunktur im gegenwärtig artikulierten Epochenbewusstsein. Vermutlich wird sich erst in der Zukunft erweisen, welche Einschätzung mehr Bedeutung für die Menschen jener Gegenwart besitzt.

Das Entropozän soll hier nur eine Zusatznotiz darstellen, denn es ist erstens nur eine sehr griffige Erweiterung des Anthropozäns, zweitens geschieht diese durch die Einbindung von Entropie, die auch für Komplexität eine gewichtige Rolle spielt. Der Begriff stammt von Jeff Robbins, der ihn folgendermaßen zusammenfasst:

We [our species] are the most efficient, most effective, degrader of gradients producer of entropy yet evolved. Calling our epoch, 'the Anthropocene' doesn't capture our essence. Our epoch is the Entropocene. We have turned the bio-geosphere from an accumulator of solar exergy⁴⁷¹ ('free energy', the measure of energy's utility) as in fossil fuels, into a trapper of entropy a.k.a., global warming.⁴⁷²

Robbins nimmt als Ausgangspunkt das Anthropozän, geht jedoch einen Schritt weiter und sieht als bedeutendstes Ergebnis menschlicher Einwirkung auf den Planeten nicht allein den Energieverbrauch, sondern inkludiert die Folgen desselbigen. Als *entropy-dump* sieht er einerseits die Geosphäre, andererseits den Menschen selbst, der von der energieintensiven Hochtechnologie Veränderungen in Gehirn, Körper und Sozialität erfährt. Es handelt sich jeweils um Entropieanstieg, der sich wie gesehen aus dem lokalen Ordnungsaufbau anderswo ergibt und sich in verringerter Nachhaltigkeit bei Mensch und Umwelt niederschlägt. Die Menschheit ist als biologischer Organismus zwangsläufig an die Natur gekoppelt und stellt deshalb nicht nur den besten Akteur des globalen Entropieaufbaus, sondern auch den Empfänger dar.⁴⁷³ Den Aufstieg zu einerseits Kreation aus Komplexitätssteigerung und andererseits erfolgreichstem Akteur derselben hat der Homo Sapiens mit sozialer Organisation in komplexen Systemen und seinen technischen Errungenschaften erreicht. Von Jeffrey Wicken stammt das Konzept der autokatalytischen Organisationen, die mithilfe von Information organisierte Pfade für das Abbauen von Materie und Energie bereitstellen, wie etwa die DNA eines Organismus.⁴⁷⁴ Mithilfe von Ray Kurzweils Diagnose der doppelt exponentiellen Richtung von technologischer Entwicklung⁴⁷⁵ entwirft Robbins auf dieser Grundlage eine autokatalytisch organisierte Technologie, deren Dynamik durch künstliche Intelligenz, Machine Learning und Gentechnik nochmals beschleunigt werden. Jedenfalls sind die Menschen zu den effektivsten Energieverbrauchern aufgestiegen

⁴⁷¹ Robbins, *The Entropocene*, 3. Exergie ist „A measure of the maximum capacity of an energy system to perform useful work as it proceeds to a [thermodynamic] state of equilibrium.“

⁴⁷² Robbins, *The Entropocene*, 1.

⁴⁷³ Robbins, *The Entropocene*, 11.

⁴⁷⁴ Robbins, *The Entropocene*, 15.

⁴⁷⁵ Kurzweil, *The Law of Accelerating Returns*.

und befördern damit die Entropie. Diese Situation mit den daraus folgenden Implikationen veranlasste Robbins zur Ausrufung des Entropozäns.

Vorsicht ist geboten, weil ein sehr pessimistischer Grundton mit negativen Zukunftsvorhersagen vorherrscht. Der Autor setzt dem fairerweise die insgesamt positive Stimmung unter den Autoren der Populärmedien hinsichtlich der technischen Entwicklung und einer ebensolchen Lösung der Umweltproblematik seiner Meinung gegenüber.⁴⁷⁶ Sehr interessant ist jedenfalls die direkte Verbindung der gegenwärtigen Entwicklung mit Komplexität. So erklärt er den enormen Energieverbrauch über den Komplexitätsanstieg, der durch den Menschen selbst, sodann durch seine soziale Organisation und schlussendlich durch autokatalytisch organisierte Technologie entstanden ist. Mithilfe seines Konzepts erklärt Robbins indirekt auch die Möglichkeit, eine künstliche Intelligenz als komplexes System zu klassifizieren. Er wagt damit den Gedanken einer weiteren Beschleunigung und Komplexitätssteigerung durch die zukünftigen Entwicklungen im Bereich artifizieller Intelligenz. Als vielleicht sogar wichtigstes Argument kommen in seiner Betrachtung die Auswirkungen der intensiven Technisierung auf den Menschen selbst vor. Robbins zitiert bereits diagnostizierte kognitive Veränderungen durch die neue mediale Situation. Die Konsequenz davon ist zwangsläufig auch eine veränderte Alltagswirklichkeit der Menschen und eine Neuausrichtung des gesellschaftlichen Wissens. Das ist jedenfalls ein eindeutiger Indikator, der bereits für andere Zeiten zur Periodisierung eingesetzt worden ist. Als direkten Vermittler sieht er die technischen *Convenience*-Produkte, die vor allem durch Digitalisierung und deren Medien aufgekommen sind. Das führt wieder zurück zu einem digitalen Zeitalter als zutreffendere Bezeichnung. Auch das Anthropozän mit seiner Fokussierung auf die intensivierete Energienutzung des Menschen drückt die beinahe gleiche Aussage besser aus. Da Robbins hinter all den beschriebenen Vorgängen die Entropie als Triebkraft sieht, welche die Richtung der Entwicklung angibt und die durch gesteigerte Komplexität gesamt und langfristig immer höher wird, ist seine Bezeichnung des *Entropozäns* berechtigt. Durchsetzten wird es sich höchstwahrscheinlich nicht, denn es ist trotz einer Verwurzelung in der Alltagswirklichkeit der Menschen zu abstrakt und zudem ein eher politischer Begriff als eine treffende analytische Periodisierung.

⁴⁷⁶ Robbins, *The Entropocene*, 5.

9. Schluss

In einer intensiven Betrachtung wurde nun Komplexität als Phänomen charakterisiert, der Zugang der Komplexitätsforschung beleuchtet und die Verbindungen zu Information und Entropie aufgezeigt. Darunter waren Modellierungen zur allgemeinen Funktionsweise komplexer Systeme sowie die der Eigenschaften und Funktionen, die sich daraus ergeben können. Das dabei wichtigste Kriterium ist die Emergenz; sie ergibt sich aus der Systemstruktur und führt zu neuen komplexen Systemen. Für die Veränderungsprozesse in diesen stellt ein Doyen der Disziplin, John Holland, die drei Ebenen von *Performance*, *Credit Assignment* und *Rule Discovery*, sowie das Modell der dabei aktiven Agenten, das auf einer formalen Grammatik beruht, vor. Von den weiteren Charakteristiken sind noch die Selbstorganisation der Systeme, deren hierarchische Verfasstheit und die Darstellbarkeit als Netzwerk zu nennen.

Diesen liegen einige Prämissen zugrunde, wobei als wichtigste die systemtheoretische Verfasstheit zählt. Diese erweist sich mitunter als problematisch, weil sie für die Geschichtswissenschaft die Fokussierung auf eine systemisch-strukturelle Konstellation von Ursache und Wirkung bedeutet. Der Poststrukturalismus hat das bereits in den letzten Jahrzehnten mit der Reintegration des menschlichen Eigensinns in geschichtliche Narrative zu umgehen versucht, was aber von der Komplexitätsforschung nicht nachgemacht werden kann. Für eine Periodisierung kann sie hingegen problemlos herangezogen werden. Die zweite Prämisse betrifft den erkenntnistheoretischen Zugang der Komplexitätsforschung. Hier herrscht beinahe ausnahmslos ein Empirismus der Prägung eines naturwissenschaftlichen Realismus vor. Wie ich vor allem unter Einbeziehung der Theorie der gesellschaftlichen Konstruktion der Wirklichkeit von Berger und Luckmann, der wohl bedeutendsten epistemologischen Theorie der Gegenwart, zeigen konnte, bedient sich dieser Zugang der Illusion einer Beobachtung ohne Beobachter, woraus sich eine Scheinobjektivität von Information ergibt.

Diese beiden Prämissen finden sich in der Abhandlung von *Chaos und Ordnung* sowie *Information* wieder. Ordnung als eine Art Synonym zu Komplexität zeigt die strukturelle Verfasstheit von Systemen, womit Information ebenso korreliert. Somit ergibt sich hier bereits eine Überschneidung von zwei der drei Themencluster. Information bildet Komplexität strukturell ab und ist die zentrale Dimension, in der sich Digitalisierung entfaltet. Für die Beurteilung Letzterer zeigt sich, dass viele Aspekte unterschieden werden können, wovon der wichtigste erneut den Modus der Wirklichkeitswahrnehmung betrifft. Bereits in der Frühgeschichte des Menschen vollzog sich ein Teil des Denkens in diskreten Einheiten, was von mir als *digitales*

Prinzip bezeichnet wurde. Mit der Durchsetzung von Digitalität in Informations- und Kommunikationstechnologie und der medialen Veränderung wurde ebenso die Wahrnehmung einer digitalen Wirklichkeit entscheidend beeinflusst. Eine veränderte Realität wirkt naturgemäß auch auf den Prozess der Wissenschaft, weshalb vor allem die Digital Humanities mitsamt deren mitunter problematischen epistemologischen Implikationen betroffen ist. Hier wird die Scheinobjektivität von Daten offenbar, die nichts anderes ist als der Kunstgriff, Informationen so zu behandeln, als wären diese beobachterunabhängig. Interpretation ist jedoch immer bereits in ihnen inkludiert.

Digitalisierung wirkt auch zurück auf Komplexität. Das tut sie, indem sie dem Menschen ermöglicht, eine Verdichtung und Intensivierung seiner Netzwerke vorzunehmen. Gerade die Basis der Informationsverarbeitung und Kommunikationstechnologie lässt das zustande kommen. Darüber hinaus werden in dem Zusammenhang neue komplexe Systeme kreiert, wobei deren Bewertung analog zur Unterteilung zwischen starker und schwacher Emergenz wie Komplexität erfolgen muss. Die Definitionsgrenzen sind grundsätzlich nicht immer eindeutig, was besonders für soziale Systeme gilt. Dementsprechend kann auch der vielfältigen systemtheoretischen Auseinandersetzung in den Sozialwissenschaften eine überaus unscharfe Verwendung des Begriffs Emergenz attestiert werden. Hinsichtlich einer Komplexitätsveränderung lässt sich mithilfe der Digitalisierung eine weitere Steigerung der menschlichen Inbesitznahme des Planeten attestieren. Für die Biodiversität wirkt sich das zunehmend als Komplexitätsverlust aus. Die Digitalisierung ermöglichte dem Menschen außerdem, sich Instrumente zur Durchdringung von Komplexität zu schaffen, denn um nichts anderes handelt es sich bei den Algorithmen von Big Data und den aufwändigen Simulationsprogrammen der Komplexitätsforschung. Eine zusammenfassende Bewertung dieses Punktes ist schlussendlich kaum möglich.

Legt man in der erkenntnistheoretischen Schablone der Komplexitätsforschung die Entwicklung der Komplexitätsausmaße über das Geschehen der Vergangenheit, dann lässt sich je nach Fokus insgesamt eine Steigerung feststellen. Das hat etwa Christian David in seiner *Big History* gemacht, einer historischen Darstellung, die bis zum Urknall zurückreicht und eine ständige Ausdifferenzierung konstatiert. Die Zahl der Anhänger ist nicht gering, dasselbe kann aber auch für die Kritiker der Theorie gelten. In der Big History wird der Komplexitätsgrad über die Dichte des Energieflusses annäherungsweise gemessen. Wie viele andere Methoden der Messung, etwa der Informationsgehalt, der Entropiewert oder Zahlen aus der Netzwerkdarstellung liefert auch diese nur Indizien und keine direkte Korrelation. Aus diesem Grund und wegen der teleologischen Narrativisierung über ein Erlösungsmotiv ist auch hier Vorsicht angebracht. Im

Rahmen der Komplexitätsforschung selbst wurde auch bereits auf den geschichtlichen Deutungsprozess eingewirkt. Hier ist vor allem die historische Datenbank Seshat zu nennen, mit deren Hilfe versucht wurde, den Entwicklungsweg menschlicher Kulturen regelhaft zu erfassen. Darüber hinaus gibt es einen interessanten Versuch von David Krakauer, dem derzeitigen Leiter des auf dem Gebiet führenden Santa Fe Institute. Er behandelt einerseits die empirisch erfassbaren Auswirkungen der menschlichen Spezies auf die Welt, genauso wie das auch die Big History macht. Darüber hinaus spielt er aber die Anwendung von Konzepten aus der Komplexitätsforschung auf den geschichtlichen Prozess durch. Daraus resultiert eine systemtheoretische Begründung von Ursache und Wirkung sowie der beteiligten Mechanismen hinter dem Ablauf und den Triebkräften von Veränderung. Als dritten Punkt analysiert er die Narrativisierung und Herstellung von Kausalität, also den Prozess der Deutung in geschichtlichen Darstellungen. Aus historischen Geschehnissen baut er einen neuen Weg der Sinngebung, indem er einen regelhaften Mechanismus dahinter zu rekonstruieren versucht. Dazu übernimmt er von der Komplexitätsforschung deren Vorgangsweise, die regelmäßigen und zufälligen Anteile in einer Darstellung zu verbinden. Diese Scientific History ist wohl eine reizvolle Überlegung, ist jedoch genauso wie die gesamte Komplexitätsforschung dem naturwissenschaftlichen Realismus unterworfen.

Für eine Gesamtbewertung fehlt noch ein Blick auf Periodisierung und Epochenzuweisung. Dabei kam heraus, dass es sich wie beim restlichen geschichtlichen Prozess und wie von Berger und Luckmann herausgestrichen um eine intersubjektive Verhandlung von subjektiven Erkenntnissen handelt, die an den Fakten aus dem allgemeinen Wissen einer Gesellschaft geprüft werden. Für Epochen spielt die Zäsur eine einschneidende Rolle, denn mit ihr werden Beginn und Ende definiert. Hier gilt ebenso die grundsätzliche Subjektivität der dafür herangezogenen Indikatoren.

Mit dem bisherigen Rüstzeug wird auch eine Bewertung der eingangs genannten Forschungsfragen möglich: *Welche Konzepte der Komplexitätsforschung behandeln Veränderung? Lässt sich das Modell des komplexen Systems auf die Geschichtswissenschaft anwenden? Können Komplexität und die Konzepte der Komplexitätsforschung auf Periodisierung angewandt werden? Welche Auswirkungen hatte Digitalisierung auf die Komplexität der Welt? Lässt sich ein Digitales Zeitalter über das Merkmal der Komplexität feststellen?* Potenzial der Konzepte aus der Komplexitätsforschung für die Geschichtswissenschaft ist durchaus vorhanden. In erster Linie betrifft das die grundsätzliche Behandlung von Phänomenen als komplexe Systeme, die

damit quantitativ verarbeitet werden können. Da man ihren Komplexitätsgrad praktisch nicht messen kann, sind nur Näherungen möglich, mit deren Hilfe aber bereits Deutungen angestellt werden können. Auch das strukturell-systemtheoretische Narrativ der Komplexitätsveränderung kann damit auf historisches Geschehen angewandt werden. Gerade dabei muss aber die zugrundeliegende Prämisse des objektiven epistemologischen Zugangs bedacht werden.

Komplexe Systeme sind auch bereits direkt in Veränderungsprozesse eingebettet, denn es gibt für sie immer einen Moment der Entstehung. Damit bin ich auch bereits bei den möglichen Konzepten angelangt, die für dessen Modellierung bereitstehen. Zuvorderst ist *Emergenz* zu nennen, das eindeutigste Anzeichen eines komplexen Systems. Sie bezeichnet das Entstehen von Eigenschaften und Funktionen, die irreduzibel sind und sich also nicht aus ihren Teilen erklären lassen. Keineswegs ist das immer eindeutig festzustellen, weswegen eine skalierbare Emergenz mit starker oder schwacher Komplexität konzipiert wurde. Dennoch eignet sich der Begriff sehr gut für geschichtliche Deutungen und noch mehr für Periodisierungen, denn er bezeichnet das Auftauchen von etwas Neuem, das damit eine Zäsur darstellt. Die Komplexitätsforschung hat zudem Antworten zum Dilemma von Ursache und Wirkung parat. Demnach kann es *kritische Ereignisse* ebenso geben wie *kritische Systeme*. Ersteres entspricht dem Konzept der Revolution, zweiteres dem der Evolution. Passenderweise kann meist von einer Gemengelage von beiden ausgegangen werden, womit sich das Wesen der Emergenz dualistisch präsentiert und sich immer noch als Kriterium einer Zäsur eignet.

Darauf bauen die Konzepte von *Selbstorganisation* und *Nichtlinearität* auf. Gerade Ersteres ist im Grunde nur eine andere Ausformung von Emergenz, weshalb das gleiche dafür gilt. Wichtig daran ist die Betonung, dass die Emergenz eines Systems nicht von außen gelenkt werden darf. Mithilfe dieses Merkmals lässt sich bereits vorgehen: Ein Digitales Zeitalter kann nur dann Komplexität als Indikator heranziehen, wenn es sich bei der korrespondierenden Komplexitätssteigerung um die Emergenz eines selbstorganisierten Systems handelt. Die schwache Komplexität eines Computers oder eines deterministischen Algorithmus reicht also nicht aus. Weiters interessant ist das Konzept von Veränderung in komplexen Systemen, das auf drei Funktionen beruht: kurzfristige *Performance*, mittelfristiges *Credit Assignment* und langfristige *Rule Discovery*. Ausgeführt wird das von Agenten, die mithilfe von einfachen grammatischen Regeln, wie etwa Konditionalschleifen, vielfältige Operationen ausführen können. Im Zusammenhang mit Digitalisierung ist in Form des Programmcodes eine agentenähnliche Instanz vorhanden, die nach einer formalen Grammatik agiert und ebenso Signalverarbeitung betreibt. Bei Programmcode ist jedoch keine Adaption möglich und deshalb keine langfristige Veränderung

denkbar. Somit haben Algorithmen einen Rang ähnlich dem Agenten, wodurch sie zumindest teilweise die Funktion eines Akteurs übernehmen können. Der Mensch ist hingegen eindeutig mehrfach als adaptives komplexes System einzustufen, weswegen in der Biologie und auf sozialer Ebene Emergenzen möglich sind.

David Krakauer verweist ebenso auf Elemente der Veränderung sowie Triebkräfte dahinter. Erstere sind, analog zu Hollands Konzepten, die Zufälligkeit von Mutationen oder *Accidents*, auf die in der nächsten Stufe reagiert werden muss, die schlussendlich gespeichert werden müssen und sich in Konstruktionsprozessen entfalten. Als Treiber solcher Vorgänge nennt er die Minimierung von freier Energie beziehungsweise die Reduktion ihrer Verschwendung, die Konkurrenz unter Systemen und die entropieverhindernde Resilienz. Umgekehrt gibt es auch Prozesse, die Komplexitätsreduktion antreiben, wozu das Verhältnis von Mutation zu Selektion und das Parasitentum aufgrund von Koevolution gehören. Mit diesen Konzepten kann sodann Veränderung in einem bestehenden komplexen System gedeutet oder eine Begründung für neue Phänomene gefunden werden.

Das Netzwerkmodell funktioniert ähnlich. Es bildet einen Zustand ab und kann diesen aufgrund der Struktur der Knoten und Kanten charakterisieren. Damit lässt sich etwa Resilienz erkennen, die unter anderem für soziale Netzwerke gut zu ermitteln ist. Beim letzten Konzept handelt es sich um die Entropie. Sie ist als Wert ein gutes Indiz für den Komplexitätsgrad und in Folge für quantitative Bewertungen in der Geschichte. Zudem ist sie laut Krakauer eine Triebkraft hinter der Entwicklung von Robustheit bei Netzwerken und Systemen, was wiederum eine kausale Begründung ermöglicht. Jeffrey Robbins hat sie überdies für seine Definition des Entropozäns herangezogen, das ein alternatives Deutungsangebot zum Digitalen Zeitalter darstellt. Demnach befördert die Gegenwart und das Wirken des Menschen in einem Ausmaß Entropie, wie das noch nie zuvor geschehen ist. Die Ursache liegt darin, dass die vielfältigen und mitunter komplexen Systeme des Menschen zur Schaffung und Aufrechterhaltung die lokale Entropie zulasten der globalen heruntersetzen und ständig niedrig halten müssen. Als Folge davon gibt es eine Beschleunigung der Entwicklung hin zum Hitzetod. Der Epochenvorschlag korreliert mit einer Komplexitätssteigerung, was ihn reizvoll macht. Darüber hinaus hat er wohl eher konzeptuellen Charakter und verblasst neben seinen Konkurrenten. Ein solcher ist sicherlich das Anthropozän, vorgeschlagen unter anderem von der Big History. Es bezeichnet den wahrnehmbaren Impact der Menschheit auf den Planeten und das Ökosystem, denn es handelt sich eigentlich um eine geologische Epochenbezeichnung. Sie wurde jedoch zu Beginn des 21. Jahrhunderts von vielen Seiten aufgegriffen und instrumentalisiert. Ihre nunmehrige geschichtliche Verwendung hat

durchaus seine Stärken, da es ja auch die unter anderem von Digitalisierungsprozessen verstärkte Ermächtigung des Menschen über den Planeten abbildet. Es handelt sich somit um einen starken Konkurrenten gegenüber der Epochenbezeichnung des Digitalen Zeitalters.

Als letzte Beantwortung mag noch die Emergenz eines digitalen komplexen Systems und dessen Auswirkung auf die Komplexität der Welt sowie ein mögliches Digitales Zeitalter dienen. Die Entwicklungen rund um künstliche Intelligenz sind schwierig zu bewerten. In Ansätzen wurde sie bereits umgesetzt, aber dennoch weiß man nicht, ob eine starke künstliche Intelligenz überhaupt möglich ist. Die Machine-Learning-Algorithmen gehen jedenfalls bereits in die Richtung eines adaptiven und selbstorganisierten Systems. Jedoch gilt das nur mit Einschränkung für derzeitige Vertreter, vollständig jedoch für potenzielle künstliche Intelligenzen mit Bewusstsein oder die herbeigesehnte wie gefürchtete Singularität. Emergenz wäre hier sehr eindeutig festzustellen, was an der einfachen empirischen Feststellbarkeit liegt. Ein komplexes System würde dann eine ähnlich prägnante Zäsur wie das Auftreten des Menschen auf der Erde setzen. Die Epochenbenennung wäre jedoch vermutlich von anderen Charakterisierungen geprägt als von Komplexität oder Digitalität. Schlussendlich wird diese Entwicklung ebenso in der Zukunft bestimmt, wie die Durchsetzung eines Begriffs für das Zeitalter oder die Periode der heutigen Gegenwart. Komplexität eignet sich jedenfalls nur bedingt zur Bezeichnung, jedoch bereits besser zur Beurteilung davon. Aber noch mehr kann es bei der Modellierung von Kausalzusammenhängen helfen.

10. Anhang

10.1. Abkürzungsverzeichnis

| | | |
|------|---|--|
| CAS | – | Complex Adaptive Systems |
| CPS | – | Complex Physical Systems |
| CSH | – | Complexity Science Hub (Vienna) |
| GDI | – | General Definition of Information |
| IBHA | – | International Big History Association |
| ITC | – | Information and Communication Technology |
| MTC | – | Mathematical Theory of Communication |

10.2. Literaturverzeichnis

- Aaronson, Scott: „Why Philosophers Should Care about Computational Complexity“. In: *Computability: Turing, Gödel, Church, and Beyond*, von Brian Jack Copeland, Carl J. Posy und Oron Shagrir, 261–328. Cambridge/Mass.: MIT Press 2013.
- Abbott, Russ: „Emergence Explained. Abstractions: Getting Epiphenomena to Do Real Work“. *Complexity* 12/1 (2006), 13–26.
- Adriaans, Pieter: „Information“. In: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, hg. von Edward N. Zalta. Metaphysics Research Lab, Stanford University 2018, online unter: <https://plato.stanford.edu/archives/win2018/entries/information/>, 14.11.2019. [First published Oct 26, 2012; substantive revision Dec 14, 2018]
- Aristoteles: *Metaphysik*. Ins Deutsche übertragen von Adolf Lasson. Jena: Diederichs 1907.
- Ashby, W. Ross: *An Introduction to Cybernetics*. New York: Wiley 1956.
- Barner, Wilfried. „Zum Problem der Epochenillusion“. In: *Epochenschwelle und Epochenbewußtsein*, hg. von Reinhart Herzog und Reinhart Koselleck, 517–30. Poetik und Hermeneutik 12, München: Fink 1987.
- Bauer, Thomas: *Die Vereindeutigung der Welt. Über den Verlust an Mehrdeutigkeit und Vielfalt*. Ditzingen: Reclam 2018.
- Becher, Ursula: „Periodisierung“. In: *Grundbegriffe der Geschichtswissenschaft*, hg. von Stefan Jordan, 234–36. Ditzingen: Reclam 2019.
- Becker, Frank: *Geschichte und Systemtheorie. Exemplarische Fallstudien*. Frankfurt am Main u. a.: Campus-Verlag 2004.
- Becker, Frank und Elke Reinhardt-Becker: *Systemtheorie. Eine Einführung für die Geschichts- und Kulturwissenschaften*. Frankfurt am Main: Campus Verlag 2001.
- Berger, Peter L. und Thomas Luckmann: *Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit. Eine Theorie der Wissenssoziologie*. 26. Auflage, Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch 2016.
- *The Social Construction of Reality: A Treatise in the Sociology of Knowledge*. New York u. a.: Anchor Books 1966.
- Berghahn, Volker R.: *Der erste Weltkrieg*. 5., aktualisierte und ergänzte Auflage, München: C. H. Beck 2014.
- Bertalanffy, Ludwig von: "Zu einer allgemeinen Systemlehre". In: *Biologia Generalis* 1 (1949), 114–129.

- Big History Project: „About“. <https://www.bighistoryproject.com/about>, 14.11.2019.
- Blackbourn, David: „The Horologe of Time‘. Periodization in History“. In: *PMLA* 127/2 (2012), 301–7.
- Bloch, Marc: *Apologie der Geschichtswissenschaft oder der Beruf des Historikers*. Stuttgart: Klett-Cotta 2002.
- Blum, Harold Francis: *Time’s Arrow and Evolution*. Princeton: Princeton University Press 1968.
- Bösch, Frank und Christine Bartlitz: *Zeitgeschichte. Konzepte und Methoden*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 2012.
- Bostrom, Nick: „When Machines Outsmart Humans“. In: *Futures* 35/ 7 (2003), 759–64.
- Braun, Christina von: *Versuch über den Schwindel. Religion, Schrift, Bild, Geschlecht*. Zürich u. a.: Pendo 2001.
- Brillouin, Léon: „The Negentropy Principle of Information“. In: *Journal of Applied Physics* 24/9 (1953), 1152–63.
- Brondizio, Eduardo S., Josef Settele, Sandra Diaz und Hien T. Ngo (Hg.): „IPBES 2019. Summary for the policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services“, 2019. online unter: <https://www.ipbes.net/global-assessment-report-biodiversity-ecosystem-services>, 14.11.2019.
- Brunner, Klaus A. „What’s Emergent in Emergent Computing?“, In: *Cybernetics and Systems 2002: Proceedings of the 16th European Meeting on Cybernetics and Systems Research*. hg. von Robert Trappl. Band 1, Wien: Austrian Society for Cybernetic Studies 2002, 189–192.
- Burgin, Mark: *Theory of Information. Fundamentality, Diversity and Unification*. Singapore u. a.: World Scientific 2010.
- Byrne, David und Gillian Callaghan: *Complexity Theory and the Social Sciences. The State of the Art*. London u. a.: Routledge 2014.
- Campbell-Kelly, Martin, William Aspray, Nathan Ensmenger und Jeffrey R. Yost: *Computer. A History of the Information Machine*. 3. Auflage. The Sloan Technology Series. Boulder, Colorado: Westview Press 2014.
- Chaisson, Eric J.: „Cosmic Evolution. State of the Science“. In: *Cosmos & Culture. Cultural Evolution in a Cosmic Context*. hg. von Stephen Dick und Mark Lupisella, Washington D. C.: NASA SP 2009, 3–24.
- *Cosmic Evolution: The Rise of Complexity in Nature*. Cambridge/Mass. u. a.: Harvard University Press 2001.
- „The Natural Science Underlying Big History“. In: *The Scientific World Journal* 1 (2014), ID 384912.
- Chakrabarty, Dipesh: „Anthropocene Time“. In: *History and Theory* 57/1 (2018), 5–32.
- Christian, David: *Big History. Die Geschichte der Welt – vom Urknall bis zur Zukunft der Menschheit*. München: Carl Hanser Verlag 2018.
- *Maps of Time: An Introduction to Big History*. 2. Auflage, Berkeley/Calif. u. a.: University of California Press 2004.
- „Transcript of ‚The History of Our World in 18 Minutes‘“. https://www.ted.com/talks/david_christian_big_history/transcript, 14.11.2019
- Complexity Science Hub Vienna: „Complexity Science“. <https://www.csh.ac.at/complexity-science/>, 14.11.2019.
- „Mission“. <https://www.csh.ac.at/mission/>, 14.11.2019.

- „Complexity Zoo“. https://complexityzoo.uwaterloo.ca/Complexity_Zoo, 14.11.2019.
- Coombs, Nathan: *History and Event. From Marxism to Contemporary French Theory*. Edinburgh: University Press 2015.
- Copeland, B. Jack: *The Essential Turing*. Oxford/New York: Clarendon Press/Oxford University Press 2004.
- Cornelißen, Christoph: „Epoche“. In: *Grundbegriffe der Geschichtswissenschaft*, hg. von Stefan Jordan, Ditzingen: Reclam 2019, 70–71.
- Dahlmanns, Andreas: *Generation Y und Personalmanagement*. München u. a.: Hampp 2014.
- „Data Science @ Uni Vienna“. <https://datascience.univie.ac.at/>, 14.11.2019.
- Dedié, Günter: *Die Kraft der Naturgesetze. Emergenz und kollektive Fähigkeiten durch spontane Selbstorganisation, von den Elementarteilchen bis zur menschlichen Gesellschaft*. 2. verb. Auflage. Hamburg: tredition 2015.
- DLE Bibliotheks- und Archivwesen der Universität Wien: „Jahresbericht DLE Bibliotheks- und Archivwesen 2018“. https://bibliothek.univie.ac.at/files/Jahresbericht_UB_2018_kurz.pdf, 14.11.2019.
- Drösser, Christoph: *Total berechenbar? Wenn Algorithmen für uns entscheiden*. München: Hanser, 2016.
- Duden: *Datum*. <https://www.duden.de/node/643682/revisions/1922656/view>, 14.11.2019.
- *Emergenz*. <https://www.duden.de/node/750660/revisions/1980964/view>, 14.11.2019.
- *kompliziert*. <https://www.duden.de/node/644216/revisions/1802476/view>, 14.11.2019.
- Durkheim, Émile: *Die Regeln der soziologischen Methode*. Frankfurt am Main: Suhrkamp 1984.
- Dyson, George: *Darwin among the Machines. The Evolution of Global Intelligence*. Reading/Mass. u. a.: Addison-Wesley 1997.
- DWDS: *digital*. <https://www.dwds.de/wb/digital>, 14.11.2019.
- Eco, Umberto: *Semiotik - Entwurf einer Theorie der Zeichen*. 2., korr. Auflage, München: Fink 1991.
- Europäisches Forum Alpbach: „Diversität und Resilienz“ (22.5.2018) <https://www.alpbach.org/de/diversitaet-und-resilienz/>, 14.11.2019.
- Floridi, Luciano: *Information. A Very Short Introduction*. Oxford u. a.: Oxford University Press 2010.
- Fracascia, Luca, Ilaria Giannoccaro und Vito Albino: „Resilience of Complex Systems. State of the Art and Directions for Future Research“. *Complexity* (2018) Article ID 3421529.
- Franchi, Stefano und Güven Güzeldere: *Mechanical Bodies, Computational Minds. Artificial Intelligence from Automata to Cyborgs*. Cambridge/Mass.: MIT Press 2005.
- Frank, Helmar: *Kybernetik. Brücke zwischen den Wissenschaften. 24 Beiträge namhafter Wissenschaftler und Ingenieure*. 7., völlig neu bearb. Auflage, Frankfurt am Main: Umschau 1970.
- Fuchs, Benedikt, Didier Sornette und Stefan Thurner: „Fractal Multi-Level Organisation of Human Groups in a Virtual World“. In: *Scientific Reports* 4/1 (2014), 6526–6526.
- Füllsack, Manfred: *Gleichzeitige Ungleichzeitigkeiten. Eine Einführung in die Komplexitätsforschung*. Wiesbaden: Springer VS 2011.
- Gamper, Markus, Linda Reschke und Marten Düring: *Knoten und Kanten III. Soziale Netzwerkanalyse in Geschichts- und Politikforschung*. Bielefeld: transcript 2015.
- Gell-Mann, Murray: „Regularities in Human Affairs“. In: *History, Big History, & Metahistory*, hg. von David C. Krakauer, John Lewis Gaddis und Kenneth Pomeranz, Santa Fe/New Mexico: SFI Press 2017, 73–100.

- Goodman, Nelson: *Sprachen der Kunst. Entwurf einer Symboltheorie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 1997.
- Gordon, Ariel, Elad Eban, Ofir Nachum u. a.: „MorphNet: Fast & Simple Resource-Constrained Structure Learning of Deep Networks“. In: *The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (2018), 1586-1595.
- Graus, František: „Epochenbewusstsein – Epochenillusion“. In: *Epochenschwelle und Epochenbewußtsein*, hg. von Reinhart Herzog und Reinhart Koselleck, Poetik und Hermeneutik 12, München: Fink 1987, 531–34.
- Gribbin, John: *Deep Simplicity. Chaos, Complexity and the Emergence of Life*. London u. a.: Penguin Books 2005.
- Hägele, Peter C.: „Was hat Entropie mit Information zu tun?“, 2004. online unter: <https://docplayer.org/158027-Was-hat-entropie-mit-information-zu-tun-peter-c-haegel.html>, 14.11.2019.
- Harari, Yuval Noah: *Eine kurze Geschichte der Menschheit*. München: dtv 2013.
- *Homo Deus. eine Geschichte von Morgen*. München: C. H. Beck 2017.
- Hayles, N. Katherine: *How We Think. Digital Media and Contemporary Technogenesis*. Chicago: University of Chicago Press 2012.
- *Chaos and Order. Complex Dynamics in Literature and Science*. 3. Auflage, Chicago: University of Chicago Press 1994.
- „Cybernetics“. In: *Critical Terms for Media Studies*, hg. von William Mitchell und Mark Hansen, Chicago: University of Chicago Press 2010, 145–56.
- Heintz, Bettina. „Emergence and Reduction“. In: *KZfSS – Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 56/1 (2004), 1–31.
- Henrich, Joseph: *The Secret of Our Success. How Culture Is Driving Human Evolution, Domesticating Our Species, and Making Us Smarter*. Princeton/N. J.: Princeton University Press 2016.
- Herodotus: „Book 6“. In: *The Persian Wars, Volume III: Books 5-7*, übersetzt von Alfred Denis Godley, Cambridge/Mass.: Harvard University Press 1920, online unter: <http://data.perseus.org/citations/urn:cts:greekLit:tlg0016.tlg001.perseus-eng1:6>, 14.11.2019.
- Herzog, Reinhart und Reinhart Koselleck (Hg.): *Epochenschwelle und Epochenbewußtsein*. Poetik und Hermeneutik 12, München: Fink 1987.
- Hesketh, Ian: „The Story of Big History“. In: *History of the Present* 4/2 (2014), 171–202.
- Hoffmann, Arnd: *Zufall und Kontingenz in der Geschichtstheorie. Mit zwei Studien zu Theorie und Praxis der Sozialgeschichte*. Frankfurt am Main: Klostermann 2005.
- Hofkirchner, Wolfgang: *Emergent Information. A Unified Theory of Information Framework*. Singapore: World Scientific 2012.
- Holland, John H.: *Complexity: A Very Short Introduction*. Oxford u. a.: Oxford University Press, 2014.
- Holling, C. S.: „Resilience and Stability of Ecological Systems“. In: *Annual Review of Ecology and Systematics* 4/1 (1973), 1–23.
- Holst, Arne: „Smartphone Penetration Worldwide 2014-2021“. Statista, 25. Oktober 2019. <https://www.statista.com/statistics/203734/global-smartphone-penetration-per-capita-since-2005/>, 14.11.2019.
- Huizinga, Johan: Aufgaben der Kulturgeschichte. In: *Wege der Kulturgeschichte. Studien*. hg. von Johan Huizinga, deutsch von Werner Kaegi, München: Drei Masken Verlag 1930, 7-77.
- „Human Brain Project“. <https://www.humanbrainproject.eu/en/>, 14.11.2019.

- „International Big History Association“. <https://bighistory.org/>, 14.11.2019.
- „International Society for the Systems Sciences“. <http://isss.org/world/index.php>, 14.11.2019
- International Society for the Systems Sciences: „History“. <http://isss.org/world/Legacy>, 14.11.2019.
- Jaeger, Friedrich: „Neuzeit“. In: *Enzyklopädie der Neuzeit*, Bd. 9: Naturhaushalt-Physiokratie, Stuttgart u. a.: Metzler 2009, 158–81.
- Jannidis, Fotis, Hubertus Kohle und Malte Rehbein: *Digital Humanities. Eine Einführung*. Stuttgart: J.B. Metzler/Imprint 2017.
- Jones, Steven E.: *The Emergence of the Digital Humanities*. New York: Routledge 2014.
- Kallir, Alfred: *Sign and Design. Die psychogenetischen Quellen des Alphabets*. Berlin: Kadmos 2002.
- Katzer, Catarina: *Cyberpsychologie. Leben im Netz: Wie das Internet uns ver@ndert*. München: dtv 2016.
- „Komplexitätstheorie“. In: *Wikipedia*, <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Komplexit%C3%A4tstheorie&oldid=192133289>, 14.11.2019.
- Koselleck, Reinhart: „Der Zufall als Motivationsrest in der Geschichtsschreibung“. In: *Vergangene Zukunft. Zur Semantik geschichtlicher Zeiten*, 9. Auflage, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2015, 158–75.
- *Geschichte – Ereignis und Erzählung*. Poetik und Hermeneutik 5, München: Fink 1983.
- Köstlbauer, Josef: „Spiel und Geschichte im Zeichen der Digitalität“. In: *Digital Humanities. Praktiken der Digitalisierung, der Dissemination und der Selbstreflexivität*, hg. von Wolfgang Schmale, Historische Mitteilungen, Beihefte 91, Stuttgart: Steiner 2015, 175–80.
- Krakauer, David: „The Star Gazer and the Flesh Eater. Elements of a Theory of Metahistory“. In: *History, Big History, & Metahistory*, hg. von David C. Krakauer, John Lewis Gaddis und Kenneth Pomeranz, Santa Fe/New Mexico: SFI Press 2017, 117–50.
- Krieger-Hauwede, Micaela, Charles E. Leiserson, Karen Lippert, Paul Molitor, Ronald Rivest und Clifford Stein: *Algorithmen – Eine Einführung*. 4., korr. Auflage, München, Wien: De Gruyter Oldenbourg 2017.
- Krohn, Wolfgang: *Konzepte von Chaos und Selbstorganisation in der Geschichte der Wissenschaften*. Selbstorganisation 3. Berlin: Duncker & Humblot 1992.
- Küppers, Günter: *Chaos und Ordnung. Formen der Selbstorganisation in Natur und Gesellschaft*. Stuttgart: Reclam 1997.
- Kurzweil, Ray: „Spiritual Machines. The Merging of Man and Machine“. In: *The Futurist; Washington*, November 1999.
- „The Law of Accelerating Returns“. *Kurzweil. Accelerating Intelligence* (Blog), 7.3.2001. <https://www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns>, 14.11.2019.
- *The Singularity Is near. When Humans Transcend Biology*. New York: Viking 2005.
- Lecun, Yann, Yoshua Bengio und Geoffrey Hinton: „Deep Learning“. In: *Nature* 521/28 (2015) 436–444.
- Lenglet, Marc: „Conflicting Codes and Codings. How Algorithmic Trading Is Reshaping Financial Regulation“. *Theory, Culture & Society* 28/6 (2011), 44–66.
- Lexico: *digit*. <https://www.lexico.com/en/definition/digit>, 14.11.2019.
- *digital*. <https://www.lexico.com/en/definition/digital>, 14.11.2019
- Li, Ming und Paul Vitányi: *An Introduction to Kolmogorov Complexity and Its Applications*. New York: Springer 2008.

- Lorimer, Jamie: „The Anthro-Scene. A Guide for the Perplexed“. In: *Social Studies of Science* 47/1 (2017), 117–42.
- Luckmann, Thomas: „Gelebte Zeiten – und deren Überschneidungen im Tages- und Lebenslauf“. In: *Epochenschwelle und Epochenbewußtsein*, hg. von Reinhart Herzog und Reinhart Koselleck, 283–304. Poetik und Hermeneutik 12, München: Fink 1987.
- Luhmann, Niklas: *Einführung in die Systemtheorie*. Heidelberg: Carl-Auer-Systeme-Verlag 2002.
- Lyre, Holger: *Informationstheorie. Eine philosophisch-naturwissenschaftliche Einführung*. München: Fink 2002.
- McAnany, Patricia und Norman Yoffee: *Questioning Collapse. Human Resilience, Ecological Vulnerability, and the Aftermath of Empire*. Cambridge/UK: Cambridge University Press 2010.
- McCarty, Willard: „Modeling. A Study in Words and Meanings“. In: *A Companion to Digital Humanities*, hg. von Susan Schreibman, Raymond George Siemens und John Unsworth, Malden/Mass.: Blackwell 2004, 254–70.
- Megill, Allan: „„Big History‘ Old and New. Presuppositions, Limits, Alternatives“. In: *Journal of the Philosophy of History* 9/2 (2015), 306–26.
- Mitchell, Melanie, James P. Crutchfield und Peter T. Hraber: „Dynamics, Computation, and the ‚Edge of Chaos‘. A Re-Examination“, 1993, online unter: https://www.researchgate.net/publication/2217605_Dynamics_Computation_and_the_Edge_of_Chaos_A_Re-Examination, 14.11.2019.
- Mitchell, Melanie: *Complexity. A Guided Tour*. Oxford u. a.: Oxford University Press 2009.
- Mittelstadt, Brent Daniel, Patrick Allo, Mariarosaria Taddeo, Sandra Wachter und Luciano Floridi: „The Ethics of Algorithms. Mapping the Debate“. In: *Big Data & Society* 3/2 (2016), 2053951716679679.
- Nassehi, Armin: *Muster. Theorie der digitalen Gesellschaft*. München: C. H. Beck 2019.
- „Negentropie“. In *Wikipedia*. <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Negentropie&oldid=179808609>, 14.11.2019.
- Ortiz-Ospina, Esteban: „The Rise of Social Media“. Our World in Data, 18. September 2019. <https://ourworldindata.org/rise-of-social-media>, 14.11.2019
- Osterhammel, Jürgen: „Global History“. In: *Debating New Approaches to History*, hg. von Marek Tamm und Peter Burke, 26–37. London u. a.: Bloomsbury Academic, 2019.
- „Über die Periodisierung der neueren Geschichte. Vortrag in der Geisteswissenschaftlichen Klasse am 29. November 2002“. *Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berichte und Abhandlungen* 10 (2006), 45–64.
- Pritchard, Sara B.: „Toward an Environmental History of Technology“. In: *The Oxford Handbook of Environmental History*, hg. von Andrew C. Isenberg, Oxford, New York: Oxford University Press 2014.
- Rathmann, Thomas: *Ereignis. Konzeptionen eines Begriffs in Geschichte, Kunst und Literatur*. Köln u. a.: Böhlau, 2003.
- „Ereignisse Konstrukte Geschichten“. In: *Ereignis. Konzeptionen eines Begriffs in Geschichte, Kunst und Literatur*, hg. von Thomas Rathmann. Köln u. a.: Böhlau 2003, 1–20.
- Robbins, Jeffrey H.: „The Entropocene“. *Proceedings of the 61st Annual Meeting of the ISSS - 2017 Vienna, Austria* 2017, Nr. 1 (2018). <http://journals.issis.org/index.php/proceedings61st/article/view/3232>.
- Robertson, Stephen: „The Differences between Digital Humanities and Digital History“. In: *Debates in the Digital Humanities 2016*, hg. von Matthew K. Gold und Lauren F. Klein, Abschnitt 25.

- Minneapolis: University of Minnesota Press 2016.
<https://dhdebates.gc.cuny.edu/read/untitled/section/ed4a1145-7044-42e9-a898-5ff8691b6628>.
- Rüsen, Jörn: „Die Kultur der Zeit. Versuch einer Typologie temporaler Sinnbildung“. In: *Zeit deuten. Perspektiven - Epochen - Paradigmen*, hg. von Jörn Rüsen, Bielefeld: transcript 2003, 23–53.
 ——— *Zeit deuten. Perspektiven – Epochen – Paradigmen*. Bielefeld: transcript 2003.
- Santa Fe Institute: „Complex Intelligence. Natural, Artificial, and Collective“. <https://www.santafe.edu/research/themes/complex-intelligence-natural-artificial-and-collec>, 14.11.2019.
- Saussure, Ferdinand de, Charles Bally und Albert Sechehaye: *Grundfragen der allgemeinen Sprachwissenschaft*. 3. [um ein Nachw. erw.] Auflage, Berlin; Boston: De Gruyter 2011.
- Schiller, Friedrich: „Was heißt und zu welchem Ende studiert man Universalgeschichte?“ *Der Teutsche Merkur* 4 (1789), 105–35.
- Schmale, Wolfgang: „Big Data in den historischen Kulturwissenschaften“. In: *Digital Humanities. Praktiken der Digitalisierung, der Dissemination und der Selbstreflexivität*, hg. von Wolfgang Schmale, Historische Mitteilungen, Beihefte 91, Stuttgart: Steiner, 2015, 125–38.
 ——— „Digital Construction of Reality – Epistemological Aspects“. *Wolfgang Schmale. Mein Europa* (Blog), 2. März 2018. <https://wolfgangschmale.eu/digital-construction-of-reality/>, 14.11.2019.
 ——— *Digital Humanities. Praktiken der Digitalisierung, der Dissemination und der Selbstreflexivität*. Historische Mitteilungen, Beihefte 91, Stuttgart: Steiner 2015.
 ——— „Digitale Vernunft“. *Historische Mitteilungen* 26 (2013/2014), 94–100.
 ——— „Digitales Zeitalter“. *Wolfgang Schmale. Mein Europa* (Blog), 24. August 2017. <https://wolfgangschmale.eu/digitales-zeitalter/>, 14.11.2019.
- Schneider, Eric D. und James J. Kay: „Order from Disorder. The Thermodynamics of Complexity in Biology“, 1997.
- Schrödinger, Erwin: *Was ist Leben? Die lebende Zelle mit den Augen des Physikers betrachtet*. München: Piper ebooks, 2017.
- Seyfert, Robert und Jonathan Roberge: *Algorithmenkulturen. Über die rechnerische Konstruktion der Wirklichkeit*. Bielefeld: transcript 2017.
- Shannon, Claude Elwood und Warren Weaver: *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana/Ill. u. a.: University of Illinois Pr, 1998.
- Simanowski, Roberto: *Stumme Medien. Vom Verschwinden der Computer in Bildung und Gesellschaft*. Berlin: Matthes & Seitz 2018.
- Simon, Herbert Alexander: *The Sciences of the Artificial*. 2. Auflage, Cambridge u. a.: MIT Press 1981.
- Smith, Carl H.: *A Recursive Introduction to the Theory of Computation*. Graduate Texts in Computer Science. New York u. a.: Springer 1994.
- Sonderegger, Stefan: „Landwirtschaft auf dem Papier und in der Praxis“. In: *Adel Und Bauern in der Gesellschaft des Mittelalters. Internationales Kolloquium zum 65. Geburtstag von Werner Rösener*, hg. von Carola Fey, Korb: Didymos 2012, 249–70, online unter: https://www.academia.edu/24360624/Landwirtschaft_auf_dem_Papier_und_in_der_Praxis.
- Spier, Fred: *Big History. Was die Geschichte im Innersten zusammenhält*. Darmstadt: wbg 1998.
 ——— „Complexity in Big History“. *Cliodynamics* 2/1 (2011), online unter: <http://www.escholarship.org/uc/item/3tk971d2>, 14.11.2019.

- Steffen, Will, Paul J. Crutzen und John R. McNeill: „The Anthropocene. Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature?“ *Ambio* 36/8 (2007), 614–21.
- Stegbauer, Christian: *Shitstorms. Der Zusammenprall digitaler Kulturen*. Wiesbaden: Springer 2018.
- Strittmatter, Kai: *Die Neuerfindung der Diktatur. Wie China den digitalen Überwachungsstaat aufbaut und uns damit herausfordert*. München: Piper 2018.
- Terrier, Jean: „Die Verortung der Gesellschaft. Durkheims Verwendung des Begriffs ‚Substrat‘“. *Berliner Journal für Soziologie* 19/2 (2009), 181–204.
- Tschiggerl, Martin, Thomas Walach und Stefan Zahlmann: *Geschichtstheorie*. Wiesbaden: Springer 2019.
- Turchin, Peter, Rob Brennan, Thomas Currie u. a.: „Seshat. The Global History Databank“. *Clodynamics* 6/1 (2015), online unter: <https://escholarship.org/uc/item/9qx38718>, 14.11.2019.
- Turchin, Peter, Thomas E. Currie, Harvey Whitehouse u. a.: „Quantitative Historical Analysis Uncovers a Single Dimension of Complexity That Structures Global Variation in Human Social Organization“. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115/2 (2018), E144–51.
- Vogt, Peter: *Kontingenz und Zufall. Eine Ideen- und Begriffsgeschichte. Mit einem Vorwort von Hans Joas*. München: De Gruyter 2011.
- Wachter, Sandra, Brent Mittelstadt und Luciano Floridi: „Why a Right to Explanation of Automated Decision-Making Does Not Exist in the General Data Protection Regulation“. *International Data Privacy Law* 7/2 (2017), 76–99.
- Walach, Thomas: *Das Unbewusste und die Geschichtsbearbeitung. Theorie und Methode einer öffentlichen Geschichte*. Wiesbaden: Springer 2019.
- : *Geschichte des Virtuellen Denkens. Geschichte des Digitalen Zeitalters*. Wiesbaden: Springer 2018.
- Waldrop, M. Mitchell: *Inseln im Chaos. die Erforschung komplexer Systeme*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt 1993.
- Watzlawick, Paul, Janet Beavin Bavelas und Don D. Jackson: *Menschliche Kommunikation. Formen, Störungen, Paradoxien*. 11. Auflage, Bern: Verlag Hans Huber, 2007.
- Weber, Max: „Die ‚Objektivität‘ sozialwissenschaftlicher und sozialpolitischer Erkenntnis“. *Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik* 19/1 (1904), 22–87.
- Weick, Karl E.: *Making Sense of the Organization*. Nachdruck, Malden/Mass u. a.: Blackwell 2011.
- Wicken, Jeffrey S.: *Evolution, Thermodynamics, and Information. Extending the Darwinian Program*. New York u. a.: Oxford University Press, 1987.
- Wiener, Norbert: *Cybernetics. Or Control and Communication in the Animal and the Machine*. 2. Auflage, Cambridge/Mass: MIT Press 1961.
- Winters, Jane: „Digital History“. In: *Debating New Approaches to History*. hg. von Marek Tamm und Peter Burke, London u. a.: Bloomsbury Academic 2019, 277–85.
- Wright, Ronald: *Eine kurze Geschichte des Fortschritts*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt 2006.
- Zahlmann, Stefan: „Die Digital Humanities und der Mensch“. In: *Digital Humanities. Praktiken der Digitalisierung, der Dissemination und der Selbstreflexivität*. hg. von Wolfgang Schmale, Historische Mitteilungen, Beihefte 91, Stuttgart: Steiner 2015, 175–80.
- Žižek, Slavoj: *Was ist ein Ereignis?* Frankfurt am Main: S. Fischer 2014.

Google Books Ngram Viewer

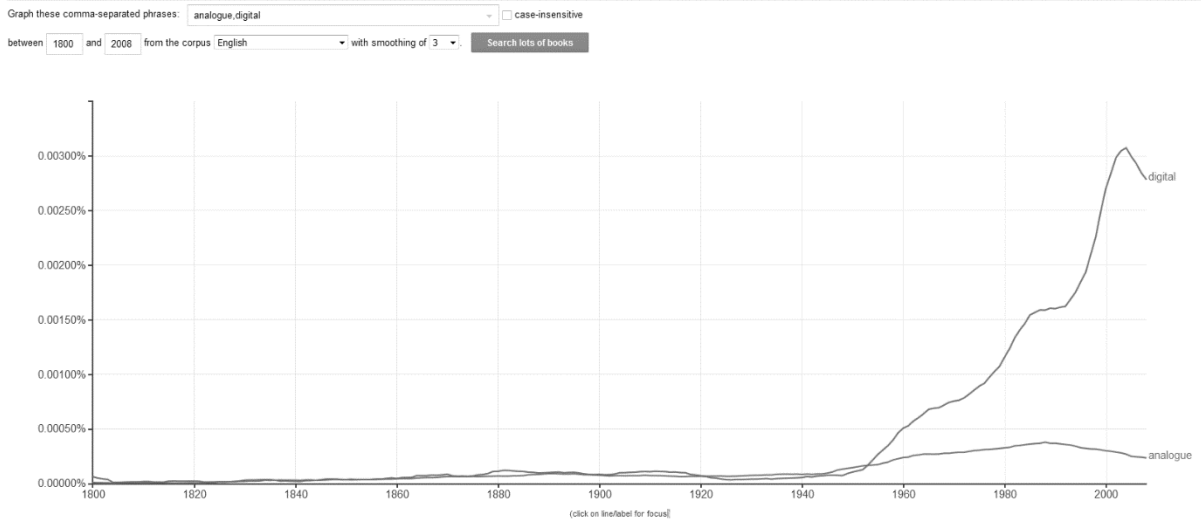
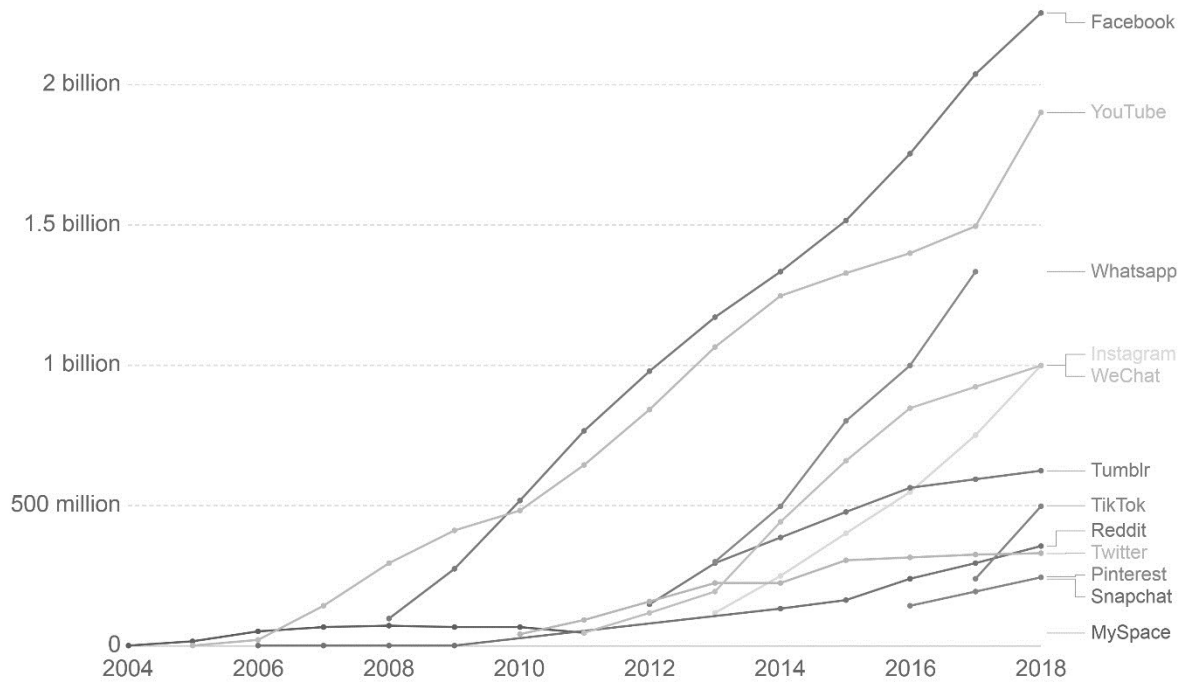


Abb. 1: Häufigkeit der Verwendung von „digital“ und „analogue“ von 1800-2019 durch Googles „Ngram Viewer“ in grafischer Darstellung. Verwendet wurde das englische Korpus.
(https://books.google.com/ngrams/graph?content=analogue%2Cdigital&year_start=1800&year_end=2019&corpus=15&smoothing=3&share=&direct_url=t1%3B%2Canalogue%3B%2Cc0%3B.t1%3B%2Cdigital%3B%2Cc0#t1%3B%2Canalogue%3B%2Cc0%3B.t1%3B%2Cdigital%3B%2Cc0, zuletzt aufgerufen am 14.11.2019)

Number of people using social media platforms

Estimates correspond to monthly active users (MAUs). Facebook, for example, measures MAUs as users that have logged in during the past 30 days. See source for more details.



Source: Statista and TNW (2019)

CC BY

Abb. 2: Anzahl der Nutzer von unterschiedlichen sozialen Plattformen. (Ortiz-Ospina, Esteban. „The rise of social media“. Our World in Data, 18. September 2019. <https://ourworldindata.org/rise-of-social-media>.)

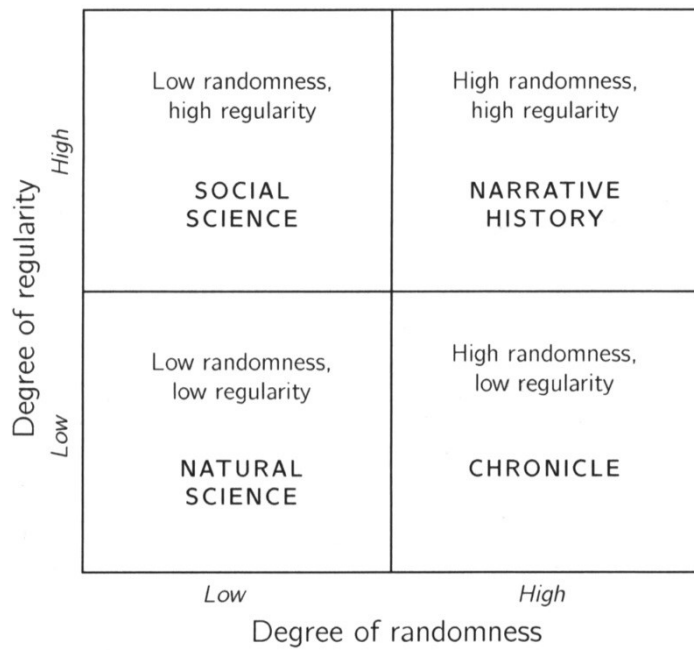


Abb. 3: Verhältnis von regelhaften zu zufälligen Anteilen in David Krakauers Typologie der Wissenschaften. (Krakauer, David. „The Star Gazer and the Flesh Eater: Elements of a Theory of Metahistory“. In: History, Big History, & Metahistory, hg. von David C. Krakauer, John Lewis Gaddis und Kenneth Pomeranz, Santa Fe: SFI Press, 2017, 117–50, hier 127.)