

# Eine Krise unserer Rationalität? Zur Dialektik der Beziehungen zwischen Ökonomie, Umwelt und Technik

Joachim Paul

## How to cite:

Joachim Paul, *Eine Krise unserer Rationalität? - Zur Dialektik der Beziehungen zwischen Ökonomie, Umwelt und Technik*, in: Heinz-J. Bontrup, Jürgen Daub (Hg.), *Digitalisierung und Technik – Fortschritt oder Fluch? Perspektiven der Produktivkraftentwicklung im modernen Kapitalismus*, PapyRossa Verlag, Köln, November 2020, S. 74-113 (ISBN 978-3-89438-742-6)

Nachträgliches Vorwort für die Online-Publikation, hinzugefügt Juni 2022

online: [www.vordenker.de](http://www.vordenker.de) Neuss 2022, J. Paul (Ed.), ISSN 1619-9324

URL: < [https://www.vordenker.de/jpaul/jp\\_krise\\_rationalitaet.pdf](https://www.vordenker.de/jpaul/jp_krise_rationalitaet.pdf) >

## URL der Buchausgabe:

Heinz-J. Bontrup, Jürgen Daub (Hg.), *Digitalisierung und Technik – Fortschritt oder Fluch? Perspektiven der Produktivkraftentwicklung im modernen Kapitalismus*, PapyRossa Verlag, Köln, November 2020, S. 74-113 (ISBN 978-3-89438-742-6)

->[Link zu Papyrossa](#)<-



Copyright Joachim Paul 2022 vordenker.de  
This material may be freely reused, provided the author and sources are cited  
– CC-Lizenz: by-nc-nd

**Eine Krise unserer Rationalität?**  
**Zur Dialektik der Beziehungen zwischen Ökonomie, Umwelt und Technik**  
**von Joachim Paul**

Publikationsdaten: Joachim Paul, *Eine Krise unserer Rationalität? - Zur Dialektik der Beziehungen zwischen Ökonomie, Umwelt und Technik*, in: Heinz-J. Bontrup, Jürgen Daub (Hg.), *Digitalisierung und Technik – Fortschritt oder Fluch? Perspektiven der Produktivkraftentwicklung im modernen Kapitalismus*, PapyRossa Verlag, Köln, November 2020, S. 74-113 ([ISBN 978-3-89438-742-6](https://www.papyrossa.com/ISBN/978-3-89438-742-6))

\* \* \* \* \*

Hinweis:

Das Nachträgliche Vorwort sowie das Inhaltsverzeichnis sind abweichend von der Buchpublikation im Juni 2022 hinzugefügt worden.

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	
<b>0. Nachträgliches Vorwort, Juni 2022</b>	<b>3</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>2. Planetare Problemdimension und Kontextualisierung</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Kontextualisierung</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Denkhaltungen</b>	<b>8</b>
<b>3. Zur Krise unserer Rationalität(en) - Diskussion der Kontexte und ihrer bilateralen Relationenfelder</b>	<b>9</b>
<b>3.1 Das Relationenfeld Umwelt – Ökonomie, zur Kritik der ökonomischen Handlungspraxis</b>	<b>10</b>
<b>Die neoklassische Substitution</b>	<b>12</b>
<b>Kreisläufe und Naturverbrauch, der neoklassische Umgang mit den Wertbegriffen</b>	<b>13</b>
<b>Ordnung und Gleichgewicht als Vernunftreligion des freien Marktes</b>	<b>14</b>
<b>Markt, Information, Digitalisierung und „Big Data“</b>	<b>15</b>
<b>Ein Clash der wissenschaftlichen Kulturen, Komplexität und Modellierbarkeit</b>	<b>17</b>
<b>Jenseits des Mainstreams, Perspektiven aus der Heterodoxie</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Das Relationenfeld Umwelt – Technik</b>	<b>19</b>
<b>Technik als Relationsbegriff und conditio humana</b>	<b>19</b>
<b>Naturphilosophischer Exkurs zur Technik</b>	<b>20</b>
<b>Zum Verhältnis Leben und Technik</b>	<b>20</b>
<b>Technische Annäherung an Lebensprozesse?</b>	<b>21</b>
<b>3.3 Das Relationenfeld Ökonomie – Technik</b>	<b>22</b>
<b>Ökonomie und Maschinenbegriff</b>	<b>22</b>
<b>Technische Inventionen als Kipppunkte in der Ökonomie</b>	<b>23</b>
<b>Informations- und Wissensgesellschaft und/oder Netzwerkkapitalismus?</b>	<b>24</b>
<b>Maschinen, Algorithmen und Erkenntnisprozesse</b>	<b>26</b>
<b>4. Schlussfolgerungen</b>	<b>27</b>
<b>5. Literaturverzeichnis</b>	<b>28</b>

## 0. Nachträgliches Vorwort, Juni 2022

Der folgende Aufsatz entstand Frühjahr/Sommer 2020 als Beitrag für den o.g. Band über Digitalisierung und Technik. Das Fragezeichen im Titel ist mittlerweile sicher durch ein Ausrufezeichen ersetzbar.

Eine geoökologische Interpretation der aktuellen Ereignisse, des völkerrechtswidrigen Angriffs Russlands auf die Ukraine, fällt sehr kurz aus: es ist eine Katastrophe!

Zugleich ein Rückfall in das imperial-nationalistische Ideologiengefüge des 19. Jh. und das Blockdenken des Zwanzigsten. Die – gleichwohl verständlich - zunehmend aggressive Antwort des Westens auf die russische Aggression, beides wird von manchen als einem US-amerikanischen Drehbuch folgend interpretiert (Dobbins et al 2022), komplettiert diesen Rückfall.

Ansätze zu planetarischem Denken, zur gemeinschaftlichen Sorge und Übernahme von Verantwortung für uns und unseren Planeten haben – so scheint es – aktuell keine Chance. Dabei ist dies dringend erforderlich, denn gerade suchte eine weitere Naturkatastrophe in Gestalt einer Rekordhitzewelle Südasiens heim.

Historisch motivierte Interpretationen, wie zum Beispiel die des Osteuropaexperten Wolfgang Eichwede, sehen in dem russischen Angriffskrieg gegen die Ukraine eine möglicherweise letzte und entscheidende Phase des Zerfalls der ehemaligen Sowjetunion. Die Auflösung großer Machtblöcke zieht sich aus historischer Perspektive immer über eine längere Zeitstrecke hin und produziert dabei „Kosten“ in jeglicher Hinsicht (Eichwede 2022). Das ist eine überaus gefährliche Lage.

In einer ökonomisch und kommunikationstechnologisch durch und durch verflochtenen und vernetzten Welt voller interdependenter Nationen, Wirtschaftsbereiche und Wirtschaftsräume sind Finanz- und Handelssanktionen die Fortsetzung des Krieges mit anderen Mitteln. Deutschland, Europa, die USA, die Nato sind nicht nur durch Lieferungen an die Ukraine Kriegsparteien. Ihre Sanktionsbomben „explodieren in Zeitlupe“ (Schulz 2022) und rufen unkalkulierbare und möglicherweise irreparable Langzeitwirkungen in den russischen Gesellschaften und ebensolche Dominoeffekte hervor wie z.B. die durch den Krieg bedingten Nahrungsmittelengpässe und Hungersnöte in Afrika und weiteren Abnehmerländern von russischen oder ukrainischen Agrarprodukten.

Der aktuelle Streit der Ökonomen zu den möglichen Konsequenzen eines Russland-Embargos offenbart ein weiteres Mal, dass die neoliberal-neoklassisch dominierte ökonomische Rationalität, abzulesen an ihren Argumenten und Handlungsvorschlägen, offensichtlich kein hinreichendes Wissen, bzw. hinreichende Informationen über die Realitäten und ihre Komplexitäten hat. Ihre Vertreter sind sich dieses Mangels an Informationen vielfach noch nicht einmal bewusst, gleichwohl beraten sie die Politik oder üben über ihre medialen Reichweiten politischen Druck aus. Das birgt doppelt Gefahren. So bemerkte Wirtschaftsminister Robert Habeck unlängst sehr richtig, dass es eine erhebliche Diskrepanz gebe zwischen den ökonomischen Simulationsmodellen und zum Beispiel der Physik des Gasversorgungsnetzes in Europa.

Diese aktuelle Diskrepanz mag als Sprungbrett in den Beitrag zu Digitalisierung und Technik dienen. Sie findet dort ihre Begründung in anderen Diskrepanzen, die, wie versucht wird zu zeigen, weitaus tiefer liegen und Elemente unserer krisenhaften Rationalität(en) bilden.

Der Beitrag kann auch als Plädoyer für eine dringendst erforderliche Befreiung von uns und unserer Technik aus den Zwängen der vorherrschenden ökonomischen Ordnung gelesen werden.

Dobbins, J. et al, Overextending and Unbalancing Russia - Assessing the Impact of Cost-Imposing Options, [https://www.rand.org/pubs/research\\_briefs/RB10014.html](https://www.rand.org/pubs/research_briefs/RB10014.html)

Eichwede, W.; Jung & Naiv, Hg. Tilo Jung, Folge 562, 07.03.2022, [https://www.youtube.com/watch?v=mBd8Jl3\\_FXo](https://www.youtube.com/watch?v=mBd8Jl3_FXo) timecode ca. 00:53:30

Schulz, S., Fernsehmomente, 04.04.2022, [https://www.youtube.com/watch?v=xuR\\_-OvZf\\_8](https://www.youtube.com/watch?v=xuR_-OvZf_8) timecode 02:05

## **Eine Krise unserer Rationalität?**

### **Zur Dialektik der Beziehungen zwischen Ökonomie, Umwelt und Technik**

Publikationsdaten: Joachim Paul, *Eine Krise unserer Rationalität? - Zur Dialektik der Beziehungen zwischen Ökonomie, Umwelt und Technik*, in: Heinz-J. Bontrup, Jürgen Daub (Hg.), *Digitalisierung und Technik – Fortschritt oder Fluch? Perspektiven der Produktivkraftentwicklung im modernen Kapitalismus*, PapyRossa Verlag, Köln, November 2020, S. 74-113 ([ISBN 978-3-89438-742-6](https://www.papyrossa.com/ISBN/978-3-89438-742-6))

\* \* \* \* \*

„Was uns in der Maschine begegnet, ist gewesenes Leben, ist lebendiges Fühlen und alte Leidenschaft, die der Mensch nicht gescheut hat, dem Tode der Objektwelt zu übergeben. Nur dieser Tod ist das Tor zur Zukunft“ (Gotthard Günther 1980, S. 234).

#### **1. Einleitung**

Der Beitrag beabsichtigt, die thematische Frage nach den Zusammenhängen zwischen Digitalisierung und Produktivkraftentwicklung in einen weiteren Bezugsrahmen zu stellen. Zuerst werden vier globale Problemkontexte identifiziert, die begründet zu dreien zusammengefasst werden, der vorherrschenden ökonomischen Ordnung, dem Umweltkontext sowie dem Kontext Technik und technologische Entwicklung. Im Anschluss werden die drei bilateralen Relationenfelder der drei Kontexte beschrieben als Herausforderung für unser individuelles, gesellschaftliches und politisches Denken und Handeln. IT und Digitalisierung, denen eine epochale Bedeutung als vierte industrielle Revolution bzw. als zweites Maschinenzeitalter zugeschrieben ist, werden dabei jeweils mitgedacht und in ihrem ambigen Potential sowohl als Erkenntnis stiftende und unterstützende Technik als auch als verbergendes Medium in Gestalt von Kulturelementen und/oder methodischen Instrumenten mitreflektiert.

Bei der Behandlung des Relationenfeldes zwischen Umwelt und Ökonomie werden wissenschaftliche Verfahren unter den Aspekten von Inter- und Transdisziplinarität in einer Zusammenschau einander gegenübergestellt. Eine Kritik der ökonomischen Neoklassik als einem vormodernen Theorieansatz mit Glaubenselementen nimmt dabei einen etwas breiteren Raum ein, da hier aufscheinende Konflikte in der Zusammenarbeit mit anderen weniger voraussetzungsreich arbeitenden Disziplinen wie z.B. der Klimaforschung besonders deutlich werden.

Der Abschnitt zum Relationenfeld Umwelt und Technik nimmt zunächst Technik als Selbstverhältnis des Menschen und Grundbedingung des Menschseins in den Blick, diskutiert dann auf der Basis eines kurzen naturphilosophischen Exkurses Unterschiede und Verbindungen zwischen Natur und Technik, zwischen Lebewesen und Maschine. Dies ist notwendig, um mögliche ökonomische Zielvorstellungen erörtern zu können.

Zur Diskussion des Verhältnisses Technik - Ökonomie wird zunächst ein allgemeiner Maschinenbegriff vorgeschlagen, um anschließend auf durch symbol-, bzw. informationsverarbeitende Maschinen bedingte Rückkopplungen innerhalb der Ökonomie einzugehen und zu zeigen, dass der Anteil informationsverarbeitender Prozesse an der Gesamtwirtschaftsleistung direkt zunehmen und sich zudem wissens-, bzw. erkenntnisfördernd auf strukturbildende Prozesse auch in Energie- und Materialgüterwirtschaftssystemen auswirken kann.

Des Weiteren wird das Herausarbeiten von Gemeinsamkeiten, Kompatibilitäten sowie Widersprüchen in und zwischen den Problemkontexten und ihren Beschreibungen adressiert. Das mag als bescheidener Versuch einer Diagnostik der aktuellen Krise unserer politischen und ökonomischen Rationalität(en) sowie als Kritik unseres Verhältnisses zu unserer Technik und damit zu uns selbst gelten. Das Ziel ist Zukunftsfähigkeit unserer Rationalität. Das bedeutet gleichermaßen Theorie- und Praxisfähigkeit im Sinne der Entwicklung von Strategien im Umgang mit dem Komplexen und dem Neuen.

Digitalisierung und Computerisierung werden gesellschaftlich durchaus ambivalent bewertet. Ihre Benefits sind umstritten und nicht vorhersagbar. Es wird daher der Vorschlag unterbreitet, sie im Sinne der Möglichkeit zu einer technischen Erweiterung unserer Verstandesmechanik zum Erschließen der Welt zu sehen. Die hier vorgenommene Erörterung ist kein Kompendium. Aus Platzgründen macht der Beitrag daher neben Abstrakta Gebrauch von pars-pro-toto-Beispielen.

## **2. Planetare Problemdimension und Kontextualisierung**

Bereits eine wenig mehr als oberflächliche Betrachtung der gegenseitigen Rezeptionen voneinander und Reflexionen übereinander der auf unserem Planeten existierenden menschlichen Gesellschaften und Kulturen rechtfertigt die plakative Aussage, dass eine Geschichte der Menschheit – hier als eine Gesamtheit verstanden - noch gar nicht begonnen hat. Denn eine gemeinsame Geschichte einer größeren Menschengruppe beginnt in der Regel damit, dass die beteiligten Individuen und Gruppen eine Art Bewusstsein dafür entwickeln, dass sie Teil einer Schicksalsgemeinschaft sind. Ein solches Bewusstsein trat bislang raumzeitlich nur punktuell und bei kleineren Gruppen, so z.B. bei internationalen Tagungen zu Klima- und Umweltfragen oder als den Planeten kurzzeitig umlaufende mediale elektromagnetische Erregungswelle auf wie z.B. bei der Mondlandung 1969.

Die Verbreitung solcher Erregungen, etwa durch Großereignisse, hat durch das weltumspannende Daten- und Kommunikationsnetzwerk seit Anfang der Neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts eine extreme raumzeitliche Verdichtung erfahren. Dennoch ist die Frage noch offen, ob die aktuellen, durch die weltweite Verbreitung des Sars-CoV2-Virus und der damit assoziierten Erkrankung covid19 hervorgerufenen individuellen, gleichwohl oft auch medial vermittelten Wahrnehmungen einer globalen Schicksalsgemeinschaft weitere singuläre Phänomene in unseren Gesellschaften bleiben werden, oder ob ein gewisser Bewusstseins prägender kultureller Remanenzeffekt eintritt. Anders gewendet bleibt „We Are One World“ lediglich ein Gefühle ansprechender Marketing-Slogan, der bei Bedarf aus der Tasche gezogen wird zum Auslösen kurzfristig einträglicher „medial-emotionaler Events“, oder kann sich ein echtes und nachhaltiges „planetarisches Denken“ entwickeln? Letzteres würde die freie Wahl der Subjektivität zur situativen Selbstsetzung – zu welcher Gruppe, zu welchen Gruppen oder Kulturen will ich gehören? - „als notwendige Möglichkeit“ liefern oder zumindest fördern, im Gegensatz zur vorgegebenen Identifikation als Herkunft bzw. Genealogie (Kaehr 2004, S.72).

Aus einer Perspektive, die eher unsere natürlichen sowie die vermittels Technik umgebauten Umgebungen beobachtet, sind in den letzten Jahrzehnten mehr und mehr Problemkontexte in unsere uns bewussten Blickfelder geraten, die alle jetzt und möglicherweise in der Zukunft existierenden menschlichen Gesellschaften und ihre Individuen auf existenzielle Weise betreffen und sie daher zu einer gemeinsamen Geschichte – und damit zu einem gemeinsamen, abgestimmten politischen und ökonomischen Denken und Handeln \_ gewissermaßen zwingen werden.

Die Globalisierung und ihre Komponenten, der anthropogene Klimawandel, die drohende Ressourcenverknappung sowie der Übergang „der wertvollen Teilbereiche der Volkswirtschaften“ in ein hoch „interdependentes in Echtzeit funktionierendes System“ (Castells 2001, S.2) lassen nun

die Materialität unserer Realitäten und ihre unausweichlichen Begrenzungen deutlich hervortreten. Letzteres ist die wohl größte Herausforderung für die Menschheit, für unsere politischen und ökonomischen Systeme und die in ihnen und für sie zu treffenden Entscheidungen, deren zukünftige Erfolge ungewiss sind. Eine gewisse, nicht unberechtigte Hoffnung liegt dabei auf dem technischen Fortschritt.

Der aktuell zu beobachtende globale Vormarsch rückwärtsgewandter Nationalismen, in deren Bestrebungen sowie in deren Abwehrhaltungen und - nicht nur ökonomischen - Konservatismen eine seltene Einigkeit vorzuherrschen scheint, kann als eine erste Reaktion auf dieses wachsende Bewusstsein interpretiert werden und ist damit seinerseits ein Symptom kommender bzw. bereits im Prozess befindlicher grundstürzender Umbrüche. Diese Probleme müssen explizit und ausnahmslos alle – ohne Pathos, jedoch mit einem gewissen, Sachlichkeit betonenden Nachdruck - planetar genannt werden. Sie können auf grob vier Kontexte reduziert werden, wobei die serielle Listung hier keineswegs eine hierarchisierende Wertung, etwa von „relevant“ zu „weniger relevant“ oder ähnlichem, andeuten soll.

## 2.1 Kontextualisierung

Ein erster Kontext kann mit Klima und Umwelt benannt werden - extreme ökologische Veränderungen wie rasant steigende Biodiversitätsverluste und die zunehmende Übersäuerung der Weltmeere sollen hier mit berücksichtigt sein-, ein zweiter mit Ressourcen und Verbrauch, der dritte umfasst das, was wir gemeinhin mit Innovation oder technischem Fortschritt betiteln und für den die Schlagworte Digitalisierung, digitale Revolution oder vierte industrielle Revolution die zeitaktuellen Entwicklungen bezeichnen. Der vierte schließlich adressiert das global vorherrschende Prinzip des Wirtschaftens – seinerseits ebenfalls eine Technik - und seine Praxis der Wertschöpfung, die *kapitalistische Ordnung* genannt werden kann.

Diesen vier Kontexten lassen sich sechs jeweils bilaterale Relationenfelder zuordnen. Jedoch können vor einer detaillierteren Betrachtung zwei der vier Kontexte zu einem einzigen zusammengefasst werden, und zwar der Klima-Umwelt-Kontext mit dem des Ressourcenverbrauches. Ein solches Vorgehen ist mehr als zweckmäßig und komprimiert die Problemkontexte in höchst zulässiger Weise auf nunmehr drei. Man könnte dies einfach damit begründen, dass das Eine ohne das Andere gar nicht zu denken sei, des Weiteren liegt eine tiefergehende Rechtfertigung in den zugrunde liegenden formalen Beschreibungsverfahren. Denn der Behandlung beider Kontexte gemeinsam ist die Notwendigkeit des Umgangs mit physikalisch definierbaren mengenartigen bzw. extensiven Größen und intensiven oder Zustandsgrößen. Extensive Größen sind u.a. Energie, Volumina sowie Massen bestimmter Stoffe, zu den intensiven gehören beispielsweise Druck und Temperatur bzw. Verteilungen und Verteilungsfunktionen dieser Größen innerhalb des jeweils zu beschreibenden physikalischen Systems.

Der so gewonnene neue gemeinsame Kontext soll im Folgenden schlicht mit Umwelt bezeichnet werden, eben jener Umwelt, die Nahrung und Rohstoffe enthält und an die wir nebenwirkungsreich Abfälle und Rückstände wieder abgeben. Der Kontext Umwelt ist realiter repräsentiert durch unseren Planeten Erde bzw. dessen uns technisch zugängliche Oberfläche und ihre grob vier Komponenten Lithosphäre, Hydrosphäre, Biosphäre und Atmosphäre sowie deren Überlappungsbereich, der als Pedosphäre (Altgr. pédon, Boden) bezeichnet wird. Eine größere Umwelt ist uns zurzeit nicht gegeben, da wir unseren Planeten – zumindest bislang - nicht so einfach verlassen können.

Umwelt (Boden) ist in der gesamten ökonomischen Theorie neben Arbeit und Kapital ein Produktionsfaktor. Hier bestehen interdependente Verhältnisse in der Produktionsfunktion und im

Produktionsprozess, die zu verteilbaren Einkommen führen. Nur durch Produktion entsteht Einkommen, Kaufkraft und wirtschaftliche Wohlfahrtsentwicklung. Ein Faktor allein schafft hier gar nichts bzw. eben kein Einkommen. Insofern „ernährt uns auch nicht die Umwelt“, sie gibt uns aber den Boden und die Rohstoffe.

Bei den Physiokraten im 18. Jahrhundert, die sowohl den Freihandel als auch die absolute Monarchie befürworteten, war die Umwelt (Boden) noch der entscheidende und wichtigste Produktionsfaktor. „Alles, was die Substanz des Nationalreichtums ausmacht, erscheint ihr daher als ein Geschenk der Natur und ihrer ursprünglichen Schöpferkraft. Auch der arbeitende Mensch ist nur der Geburtshelfer der Natur; und daher ist ‚produktiv‘ nur die Tätigkeit in der Urproduktion, vor allem in der Landwirtschaft. Hier wird jene Materie erstmals gewonnen, die durch die ‚Unproduktiven‘ weiterverarbeitenden Gewerbe (durch die ‚sterile Klasse‘ des Tableau Economique) nur umgeformt wird“ (Hofmann 1971, S. 37).

Diese Irrlehre wurde spätestens von *Karl Marx* (1818-1883) und zuvor schon von dem Begründer der klassischen Nationalökonomie, *Adam Smith* (1723-1790), mit der Arbeitswerttheorie widerlegt. Demnach gibt es in der Produktionsfunktion nur einen wertschaffenden Faktor und das ist die lebendige menschliche Arbeitskraft. So schreibt *Smith* schon 1776 (2005, S. 85): „Die jährliche Arbeit eines Volkes ist die Quelle, aus der es ursprünglich mit allen notwendigen und angenehmen Dingen des Lebens versorgt wird, die es im Jahr über verbraucht. Sie bestehen stets entweder aus dem Ertrag dieser Arbeit oder aus dem, was damit von anderen Ländern gekauft wird.“

## 2.2 Denkhaltungen

Wir haben es also mit einer Menage a trois aus den Kontexten Umwelt, Ökonomie und Technik zu tun, zu denen und deren Relationen untereinander sich sowohl individuelles als auch gesellschaftliches und politisches Denken und Handeln in Beziehung setzen muss. Dies führt unmittelbar zu einer Kritik unserer Rationalitäten oder präziser, unserer wissenschaftlichen Rationalität(en). Schon die Frage, ob hier die Pluralform überhaupt angebracht ist, ob eine Verständigung der unterschiedlichen Fakultäten auf einen gemeinsamen Methodenkanon möglich ist, der über den bloßen Minimalkonsens der über 2000 Jahre alten Logik, die wir die Aristotelische nennen, hinausgeht, führt zum Disput. (Goldammer, Kaehr 1987, S. 6)

Denkhaltungen aus der positivistischen Tradition, in denen die Beschreibung von Welt durch ein System von möglichst widerspruchsfreien und zudem von jeglicher Subjektivität befreiten Sätzen angestrebt wird, werden die Frage überhaupt zurückweisen. Mit einem Begriff der klassischen Ökonomie ausgedrückt entspricht diese Haltung einer Reduzierung des Subjektiven auf einen stets rational handelnden einzelnen Akteur, den homo oeconomicus.

Für die Befürworter der Hineinnahme der Subjektivität in die Betrachtungen als einer Vielzahl von aus unterschiedlichen, sich möglicherweise widersprechenden Motiven oder Motivkonglomeraten unterschiedlich handelnden Subjekten kommt dies einer *Reductio ad absurdum* gleich. Sie dürfen mit einem gewissen Recht *Dialektiker* und/oder *Kybernetiker* genannt werden, denn die Berücksichtigung von *Komplexität* und der Versuch der nicht lediglich narrativen, sondern auch formalen Beschreibungen der Vielgestaltigkeit unserer Welt ist für sie eine unverzichtbare wissenschaftliche Forderung.

Die Kybernetiker sind hier deshalb explizit adressiert, weil sie erstens den Charakter ihrer Fragestellungen bewusst universell hielten, worüber ein allgemeiner gehaltenen erkenntnistheoretischer Anspruch zum Ausdruck gebracht wurde, der zudem den dem klassischen Wissenschaftsgefüge impliziten *Methodendualismus* strikt ablehnte. Ihr Forschungsfeld definierte

W. Ross Ashby (1903-1972) folgendermaßen: „Kybernetik untersucht alle Phänomene in Unabhängigkeit ihres Materials, so sie regelgeleitet und reproduzierbar sind“ (Ashby 1957, S.1f.). Zweitens vollzogen Heinz von Foerster (1911-2002) und seine Kollegen und Mitarbeiter am Biological Computer Lab in Urbana, Illinois, „mit der sogenannten Kybernetik zweiter Ordnung eine Wende innerhalb ihres Feldes“ (Müggenburg 2018, S. 37), die, wenn auch nicht zu einer Spaltung, so doch zu einer transdisziplinären Erweiterung und zum „Ausgangsort jener zweiten kybernetischen Welle“ wurde, „die großen Einfluss auf zentrale amerikanische und europäische Diskurse des späten 20. Jahrhunderts nehmen sollte“ (ebd.).

Der Teil dieser in den Fünfzigern und Sechzigern des vorigen Jahrhunderts aufgekommenen Wissenschaft, der *first-order cybernetics* oder Steuer- und Regelungstechnik genannt wird, firmiert heute im Wesentlichen als Informatik und kann verallgemeinernd als Theorie des Beobachteten, des Beobachtbaren bezeichnet werden, wobei heute der technische bzw. digitaltechnische Charakter und die Konstruierbarkeit technischer Artefakte im Vordergrund stehen.

Die *second-order cybernetics*, die Kybernetik der Kybernetik hingegen, fokussiert auf den Beobachter selbst und damit auch auf Subjektivität! Mit Foersters Definition: „Die Kybernetik erster Ordnung beschäftigt sich mit beobachtbaren Systemen, die Kybernetik zweiter Ordnung mit beobachtenden Systemen“ (Foerster 1974, S. 1) wird daher der anti-positivistische und anti-behavioristische Charakter kybernetischen Denkens deutlich.

### **3. Zur Krise unserer Rationalität(en) - Diskussion der Kontexte und ihrer bilateralen Relationenfelder**

Eine Vorbemerkung zur Betrachtung der Relationenfelder von Umwelt, Ökonomie und Technik muss das Eingeständnis enthalten, dass es sich dabei zweifellos ebenfalls um eine Reduktion, jetzt in der Beschreibung von „Welt“ im Sinne der Welt der Objekte handelt, die im Einzelnen durch ihre Ergebnisse zur rechtfertigen sein wird. Über die Ökonomie hinaus, etwa in der Soziologie, kann eine Entwicklung der Veröffentlichungen beobachtet werden, deren Beginn in etwa gerahmt ist durch Richard Sennetts medien- und kulturanalytisches Werk „The Fall of Public Man“ 1977 und Manuel Castells‘ auf das aufkommende Netzwerk bezogene Trilogie „The Information Age“ 1996, nämlich die schiere Explosion der soziologischen Untersuchungen, Theorien und Narrative zur digitalen Gesellschaft. Diese denkerischen Suchbewegungen in der Soziologie zu den Implikationen und Bedeutungen der Digitalisierung können ihrerseits als Symptome für die Krisenhaftigkeit vieler Prozesse interpretiert werden. Dazu gehören auch die dort Verwendung findenden Metaphoriken, die sich je nach Autor - und bisweilen auch fragwürdig - auf einer Bandbreite von technisch abstrakt bis poetisch überbordend bewegen. Elemente dieser Suchbewegungen werden daher nur punktuell berücksichtigt, denn eine kommentierte Zusammenschau der Theorien digitaler Gesellschaften in der Soziologie steht nach wie vor aus. Grundsätzlich gilt des Weiteren, dass nicht alles, was ein Autor gelesen hat, in seinen Text Eingang findet - finden kann, und nicht alles, was hätte Eingang finden können, vom Autor auch gelesen wurde.

### 3.1 Das Relationenfeld Umwelt – Ökonomie, zur Kritik der ökonomischen Handlungspraxis

Die Beschreibungsverfahren für Umwelt und Ökonomie sind – auf den ersten Blick - weit entwickelt. Dies ist abzulesen am erreichten hohen Grad der *Formalisierung* der zugehörigen Wissenschaften, der sich in den vielfältigen Anwendungsfeldern für *mathematische Verfahren* spiegelt. Dieser Grad der Formalisierung ist allerdings lediglich Indikator für einen Fortschritt, er stellt für sich genommen noch kein Qualitätskriterium dar. Denn grundlegende Diskrepanzen und Widersprüche zwischen Natur- und Wirtschaftswissenschaften treten interessanterweise sowohl in den formalen Verfahren selbst und den ihnen vorausgesetzten Annahmen als auch in konkreten Anwendungsfällen zutage. Beide teilen sich ihre Etymologie insofern, als Ökonomie und Ökologie auf den gleichen altgriechischen Wortstamm οἶκος, oikos, etwa für Haus, Haushalt, Besitz, Wohnung, zurückzuführen sind, und darüber hinaus auf einen zweiten Blick die Gemeinsamkeit, dass sie mit mengenartigen Größen und Zustandsgrößen umgehen. Jedoch liegt in der Art und Weise insbesondere der Bedeutungsaufloadungen und Konnotationen ihrer Begrifflichkeiten ein prinzipielles Problem.

Um dieses Problem und seine Relevanz anzuerkennen, muss zunächst hervorgehoben werden, dass sowohl in der ökonomischen Wissenschaft als auch in der praktischen Politikberatung immer noch die Neoklassik dominiert, die in der späten zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts als Ablösung für die klassische Nationalökonomie ihren Anfang nahm.

Mit der Ablösung der klassischen Nationalökonomie durch die orthodox-liberalistische neoklassische Theorie<sup>1</sup> gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Bestimmung des Lohns nicht mehr durch Arbeitswerte, sondern durch eine subjektive Wertlehre untermauert. Als Erklärung für diesen grundlegenden *Paradigmenwechsel* in der Nationalökonomie stellen *Joan Robinson* (1903-1983) und *John Eatwell* fest: „Es war nicht so sehr eine Schwäche der reinen Theorie als eine Veränderung im politischen Klima, welche die Herrschaft der Klassik beendete. Klassische Lehrmeinungen, sogar in ihrer liberalsten Form, heben die wirtschaftliche Rolle der sozialen Klassen und der Interessenkonflikte zwischen ihnen hervor. Der Brennpunkt des sozialen Konflikts verlagerte sich im späten 19. Jahrhundert vom Antagonismus der Kapitalisten und Grundbesitzer zum Widerspruch zwischen Arbeitern und Kapitalisten. Furcht und Schrecken, die durch das Werk von Marx entstanden, wurden durch die Einwirkungen der Pariser Kommune von 1870 in ganz Europa verstärkt. Lehrmeinungen, die einen Konflikt anregten, waren nunmehr unerwünscht. Theorien, die die Aufmerksamkeit vom Antagonismus der sozialen Klassen ablenkten, waren hoch willkommen“ (Robinson, Eatwell, 1974, S. 67f.).

Und an anderer Stelle schreibt *Robinson*: „Die unbewußte Voreingenommenheit hinter dem neoklassischen System lag hauptsächlich darin, daß es die Profite auf die gleiche Stufe des moralischen Ansehens hob wie die Löhne. (...) Die nüchterne Haltung der Klassiker, die die Ausbeutung als Quelle des nationalen Wohlstandes anerkannten, wurde aufgegeben (...) die augenfällige Rationalität des Systems bei der Verteilung des Produkts auf die Produktionsfaktoren verschleierte die willkürliche Verteilung der Faktoren auf die Menschen“ (Robinson 1965).

Mit der „*neoklassischen Revolution*“ innerhalb der Wirtschaftswissenschaft - das Ende der klassischen Nationalökonomie wird allgemein auf die Jahre 1870 bis 1874 datiert<sup>2</sup> -, die letztlich in eine rein marktdeterminierte harmonische Gleichgewichtstheorie von *Leon Walras* (1834-1910) mündete, entfernt sich die wirtschaftswissenschaftliche Diskussion „von den Fragen der Ordnung und Steuerung des Wirtschaftssystems als Rahmen, über den nicht zu diskutieren ist, und analysiert

---

<sup>1</sup> Der Begriff „*neoklassisch*“ stammt dabei ursprünglich von *Thorstein Bunde Veblen* (1857-1929), der diesen zur Charakterisierung der Schriften von *Alfred Marshall* (1842-1924) verwendet hat.

<sup>2</sup> In diesen Jahren veröffentlichten die neoklassischen Ökonomen *William Stanley Jevons* (1835-1882), *Karl Menger* (1840-1921) und *Leon Walras* (1834-1910) ihre jeweiligen Werke.

dementsprechend nur das nutzenmaximierende Verhalten der einzelnen Produzenten und Haushalte in einer unveränderlichen, unbeeinflussbaren Umwelt.“ (Kromphardt 1991, S. 121)

Die noch von den klassischen Nationalökonomien vorgenommene kritische Auseinandersetzung mit dem kapitalistischen System, die Fragen nach der Eigentumsordnung und Ausbeutung des „Faktors“ Arbeit stellten bzw. das grundsätzliche Lohn-Gewinn-Verhältnis problematisierten und die auch die Frage nach der *langfristigen Entwicklungsperspektive des Kapitalismus* aufwarfen, wurden nun nicht mehr erwähnt bzw. kurzerhand wegdefiniert. Mit dem 1890 von *Alfred Marshall* (1842-1924) erschienenen Buch „Principles of Economics“ wurde dann endgültig die rein mikroökonomische bzw. angebotsorientierte Theorie, die auf den französischen Ökonomen *Jean Baptiste Say* (1767-1832) zurückgeht, wonach sich jedes Angebot *selbst* seine Nachfrage schafft, innerhalb der Wirtschaftswissenschaft etabliert, die lediglich noch eine kostenbestimmte Angebotsfunktion mit einer subjektiv bestimmten Nutzen- bzw. Nachfragefunktion zur Analyse von totalen Marktgleichgewichtssituationen miteinander vergleicht.

Im Ergebnis kommt es hier unter Bedingungen eines flexiblen Preismechanismus - einschließlich der Löhne und Zinsen - immer zu einer Gleichgewichtslösung, die, bezogen auf die *Arbeitsmärkte*, Vollbeschäftigung impliziert. Ist diese nicht gegeben, liegt also Arbeitslosigkeit vor, ist dies im Wesentlichen eine Folge von zu hohen Löhnen. Unterschiedliche Eigentums- und Vermögensverhältnisse der anbietenden und nachfragenden Wirtschaftsakteure wie auch das grundsätzlich kapitalistisch immanente Lohn-Gewinn-Verhältnis sind für die Neoklassik dabei völlig unbedeutend bzw. werden als gegeben und damit als nicht mehr untersuchungsbedürftig angesehen.

Die Verteilung der arbeitsteilig produzierten Wertschöpfung löst die Neoklassik ebenso unabhängig von der Eigentumsfrage mit der Grenzproduktivitätstheorie auf, bei der jeder Produktionsfaktor (Arbeit, Boden und Kapital) gemäß seinem produktiven Beitrag für die jeweils letzte eingesetzte Einheit zum Gesamtprodukt entlohnt wird. Aus dieser Gleichbehandlung der Produktionsfaktoren und den daraus entstehenden Einkommen Lohn, Gewinn, Zins und Grundrente lässt sich dann immer die bestehende Einkommensverteilung – quasi durch einen Tautologieschluss – rechtfertigen. Jeder Faktor schafft für sich einen *eigenen* Wert. Der „Faktor“ Arbeit wird damit den anderen Produktionsfaktoren Boden und Kapital gleichgestellt.

Der Ökonom *Otto Conrad* (1876-1943) hat diese Sicht als die „Todsünde der Nationalökonomie“ bezeichnet und sich gegen eine solche Gleichstellung der Produktionsfaktoren mit dem allein neuwertschaffenden Menschen verwahrt: Niemand käme auf die Idee, dass eine Geige „geigt“ oder ein Fernrohr „sieht“. Produktionsmitteln aber werde zur Verklärung der gesellschaftlichen Wertschöpfung eine eigenständige Leistung zugeordnet (Conrad 1934, S.10). Kapital und Boden geben zwar während des Produktionsprozesses einen Wert im Rahmen ihrer jeweiligen *Nutzung* ab, sie schaffen aber nur durch den Einsatz von *lebendiger Arbeit* einen entsprechenden Neuwert oder Mehrwert (Zins, Grundrente und Gewinn). Denn Geld oder Kapital „arbeiten“ nicht, sie „erwirtschaften“ auch keine Rendite, ihre Existenz liefert lediglich Bedingungen der Möglichkeit von Arbeit und damit der Schaffung von Neuwert. Vielmehr stellen diese vermeintlich selbständigen, scheinbar durch Dinge verursachten Anteile der gesellschaftlichen Wertschöpfung nur unterschiedliche *Erscheinungsformen* des Mehrwerts, also menschlicher Mehrarbeit, dar.

Eine ideologisierte Sichtweise der gesellschaftlichen Wertschöpfung qua ‚Produktionsfaktoren‘, die neuerdings um den Faktor ‚Wissen‘ ergänzt wird, wurde von *Marx* im dritten Band des Kapitals als ‚trinitarische Formel‘ überaus bissig kommentiert: „Im Kapital-Profit, oder noch besser Kapital-Zins, Boden-Grundrente, Arbeit-Arbeitslohn, in dieser ökonomischen Trinität als dem Zusammenhang der Bestandteile des Werts und des Reichtums überhaupt mit seinen Quellen ist die Mystifikation der kapitalistischen Produktionsweise, die Verdinglichung der gesellschaftlichen

Verhältnisse, das unmittelbare Zusammenwachsen der stofflichen Produktionsverhältnisse mit ihrer geschichtlich-sozialen Bestimmtheit vollendet: die verzauberte, verkehrte und auf den Kopf gestellte Welt, wo Monsieur le Capital und Madame la Terre als soziale Charaktere und zugleich unmittelbar als bloße Dinge ihren Spuk treiben.“ (Marx 1974, S. 838)

### **Die neoklassische Substitution**

Ein spezieller Aspekt dieses Spuks - um einmal im *Marxschen* Bilde zu bleiben, wohnt in Gestalt verdinglichten Wissens der *neoklassischen Wachstumstheorie* inne. Hier wird etwa auf Basis einer erweiterten *Cobb-Douglas-Produktionsfunktion* gezeigt, dass es unter ganz bestimmten Bedingungen theoretisch möglich ist, ein *langfristiges exponentielles Wachstum* auch dann zu erzielen, wenn die Produktion von *erschöpfbaren natürlichen Ressourcen* abhängt. Dabei werden die Ressourcen hier „durch den technischen Fortschritt“, durch eine Funktion, die *wachsendes Wissen* darstellt, substituiert. Und es wird darauf hingewiesen, dass auf „das Problem der Nachhaltigkeit“ nicht weiter eingegangen wird (Christiaans 2004, S. 228f., Nordhaus 1992).

Eine reichlich unspezifische und abstrakte Qualität wie menschliches Wissen – die neue Technik, die sicher gefunden werden wird - wird in der formalen Beschreibung auf eine wachsende Quantität abgebildet; mit einigem Recht kann hier von einer Kategorienverletzung gesprochen werden. Der Innovationsökonom *Wolfram Elsner* gar spricht von „erstaunlichen axiomatischen Variationen und Flexibilitäten der Neoklassik“ (Elsner 2015, S. 241). Jedoch wäre dies nicht allein den Wirtschaftswissenschaften und der Neoklassik sowie einem darin verborgenen ideologischen Impetus anzulasten, denn bei der formalen Behandlung von Quantitäten und Qualitäten liegt ein viel tiefer gehendes *wissenschaftslogisches Problem* vor (Goldammer 2001).

Und es muss eingeräumt werden, dass es zahlreiche technologische Einzelfälle gibt, für die die Vorgehensweise der Substitution in der historischen Rückschau auf den bereits erfolgten technischen Fortschritt ihre Rechtfertigung finden kann. Pars pro toto sei hier ein Beispiel aus der Elektrochemie angeführt. Im Bereich der Akkumulatoren für elektrische Energie wurde zunehmend die Nickel-Cadmium-Technik durch die auch in Wirkungsgrad und Lebensdauer bessere Lithium-Ionen-Technik ersetzt. Die aktuellen Fortschritte in der Elektromobilität wurden so überhaupt erst möglich. Zudem ist die durchschnittliche Häufigkeit des Elementes Lithium in der Erdkruste mit 20 ppm um zwei Größenordnungen höher als die von Cadmium mit 0,11 ppm. Entsprechendes gilt für die abgeschätzten Reservemengen und die daraus resultierenden statischen Reichweiten der beiden chemischen Elemente (Wittmer et al, 2011, S.17ff.).

In der technikhistorischen Rückschau erfolgreiche Substitutionen sind jedoch nicht zu verallgemeinern. Sie erlauben keineswegs den induktiven Schluss, dass Substitutionen immer möglich sind, bzw. dass dies in Zukunft ebenso zu gelten hat. Vielmehr stellt die Substitution von Rohstoffen ausnahmslos immer einen *zeitlichen Aufschub* dar, denn auch die Menge eines jeden neuen Rohstoffes ist endlich, ebenso wie die Gesamtmasse des Planeten.

Besonders deutlich wird dies bei einer – ebenfalls beispielhaft und pars pro toto - Betrachtung des Halbedelmetalls Kupfer, aus der Alltagserfahrung in erster Linie als wesentliche elementare Komponente elektrischer Leitungs- und Antriebssysteme bekannt. Zudem kommt diesem Metall bezüglich der angestrebten umweltfreundlichen Elektro- und Wasserstoffmobilität noch einmal eine ganz besondere Relevanz zu. Die ohne Erschließung neuer Vorkommen und ohne Recycling bei konstantem jährlichen Verbrauch definierte „statische Reichweite“ beträgt für Kupfer weniger als 50 Jahre (Wittmer et al, S. 25). Kupfer kann, ebenso wie viele andere Elemente und Verbindungen, schlicht durch nichts substituiert werden.

Hieraus ergibt sich erstens die Anforderung an die formale ökonomische Beschreibung, dass *realistische Produktionsfunktionen* auf *Singularitäten* zulaufen und damit ihren *Zusammenbruch* darstellen können müssen, und zweitens ein recht offensichtlicher Zwang zum *Recycling*. Die neoklassische Theorie jedoch umgeht die durch auslaufende Rohstoffe drohenden Singularitäten durch *beliebige Kapitalisierbarkeit*. Dies ist gleichbedeutend mit der Vernachlässigung aller nicht-monetären Werte, die sich in der ökonomisch-politischen Praxis dahingehend auswirkt, dass ein Recycling erst dann „markt“-rational scheint, wenn der Preis für das Recycling eines Rohstoffs unter den für die Erschließung neuer Vorkommen fällt. Recycling sowie sparsamer, hocheffektiver Umgang mit Ressourcen ist natürlich - auf einer anderen Ebene 'einer anderen Ökonomie' – auch jenseits eines typischen Gewinnmaximierungsverhaltens sinnvoll, es orientiert sich eben nicht notwendigerweise *monokontextural*, oder schärfer, *monokausal*, an einer und nur einer metrischen Skala lediglich monetärer Werte.

### **Kreisläufe und Naturverbrauch, der neoklassische Umgang mit den Wertbegriffen**

Insofern ist es nachvollziehbar, dass ein Konzept einer Cradle-to-Cradle- oder Kreislaufwirtschaft für die Neoklassik wenn auch nicht völlig unmöglich, so doch in einem gewissen Sinn sehr unangenehm ist, da eine Schließung oder Teilschließung einer Produktions- und Wertungskette im Sinne eines Kreisens von Material, von Stoff, ganz prinzipielle kritische Fragen nach Werteskalen aufwirft, deren Nicht-Beantwortung die zwischen Ignoranz und Hilflosigkeit angesiedelte formalmethodische Inkompetenz der Neoklassik offenlegt.

Deutlich gemacht werden kann das anhand einer von *Vilém Flusser* (1920-1991) stammenden Modellvorstellung zur 'Maschine Gesellschaft'. 'Welt' besteht hier aus einem abstrakten Wurm, in dessen Schlund Natur, also Rohstoffe, im altgriechischen Sinn des amorphen Breis der Erscheinungen (*hyle*) hineinfließen. Im Inneren des Wurms arbeitet eine Maschine, die die formlosen Rohstoffe in Form (*morphe*) bringt, sie 'informiert' die rohe Materie – womit sich gleich eine geweitete Bedeutung des Begriffs Informatik erschließt – und führt die so erzeugten Produkte dann dem Ge- und Verbrauch zu, die anschließend entsprechend ihrer Lebensdauer von dem Wurm als Abfall ausgeschieden werden. *Flusser* schließt diesen Wurm in einem Gedankenspiel zu einem Kreis und lässt das Modell „ethisch zu Wort kommen“ im Sinne eines Kreisens von Natur/wertfrei – > Informieren, in Form bringen/wertvoll -> Gebrauch/Verwertung -> Abfall/wertlos -> Natur/wertfrei (*Flusser* 1999).

Und genau an der Nahtstelle des Kreisens, zwischen Abfall und Natur, zwischen wertlos und wertfrei, brechen neoklassische Modellvorstellungen auf und lassen jeglichen Anspruch an eine gewisse Konsistenz vermissen. Schon die „gesamte neoklassische Mikrotheorie abstrahiert vom stofflichen Wert von Waren und konzentriert sich auf deren Tauschwert bzw. auf die Preisbildung auf den Märkten“ und suggeriert damit, dass „der stoffliche Träger“ eines Produktes, „sein Naturbezug, bei der Analyse von Marktprozessen ignoriert werden kann“. (*Hennicke* 2020, S.473f.) Dies findet seine Fortsetzung in der neoklassischen Makroökonomie. Dass die Gebrauchswerte der jährlich aggregierten Tauschwerte, der Preisgrößen, „einen in der Regel wachsenden stofflichen 'ökologischen Rucksack' und damit einen immer stärkeren Einfluss auf das gesellschaftliche Naturverhältnis verursachen, schien mehr als ein Jahrhundert nicht zu interessieren“ (*ebd.*).

Vielerorts in der ökonomischen Praxis ist diese Form der Naturvergessenheit noch heute das dominierende Grundprinzip, auch wenn sich inzwischen in wissenschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Bezügen ein gewisses Bewusstsein für einen drohenden existenziellen Zusammenbruch unserer Umwelt auf rohstofflichen, klimatischen und ökologischen Ebenen entwickelt hat. So würden „Denk- und Rechenmodelle“ der Neoklassik als „rein deskriptiv“ dargestellt, gleichzeitig seien sie aber „normativ sehr voraussetzungsreich“, was die

„Vernachlässigung aller nicht-monetären Werte, die Ignoranz gegenüber Naturgrenzen und die exponentielle Abwertung der Zukunft“ betreffe, lautet die scharfe Kritik insbesondere von Autoren, die versuchen, Klimaschutz und Ökonomik zusammen zu denken (Polotzek, Spangenberg 2019).

Bei aller berechtigten Kritik an der Neoklassik wird hier jedoch ihr „Lernprozess“ negiert. Schon wird auch in der Neoklassik, sowohl mikro- als auch makroökonomisch, eine Verletzung ihrer marktzentrierten *Gleichgewichtsökonomie* durch *externe Effekte* (s.u.) gesehen, die sich sowohl auf eine fehlende Preisinternalisierung der Natur als auch auf die Machtfrage durch Monopole und Oligopole bezieht. In beiden Fällen kommt es zu schwerwiegenden mikro- und makroökonomischen Fehlallokationen und bei der Verteilung zu einer Verletzung der Pareto-Optimalität. Das Problem des hier neoklassisch erkannten Marktversagens ist aber vielmehr das ebenso vorliegende Staatsversagen! Die herrschende Politik reagiert schon völlig unzureichend auf die selbst neoklassischen theoretischen Erkenntnisse und Einsichten.

### **Ordnung und Gleichgewicht als Vernunftreligion des freien Marktes**

Des Weiteren und bezogen auf die bereits erwähnte deskriptive Darstellung legen tiefere Analysen nahe, dass es sich dabei um eine möglicherweise neoliberal motivierte, geradezu strategische Maskierung handelt. Die in den Fünfzigern und Sechzigern des vorigen Jahrhunderts aufgekommene Wissenschaft der Kybernetik – die als eine Art erkenntnistheoretischer Hausputz im klassischen Wissenschaftsgefüge gesehen wurde und zudem die Grenzen des technisch Machbaren erheblich zu verschieben versprach - wirkte frisch und anziehend, nicht zuletzt durch ihren von ihren Protagonisten bewusst universell gehaltenen Charakter des Fragens (vgl. Ashby 1957, S.1f.).

Auch das marktliberale Lager, das gegen zwei ökonomische Positionen, „gegen Keynes und die Paradigmen des interventionistischen Sozialstaats“ eine deutliche „Niederlage“ (Bretschneider-Hagemes 2017, S. 286) erlitten hatte, begann, sich für Kybernetik zu interessieren. Gleichwohl ist hier zu betonen, dass *John Maynard Keynes*‘ (1883-1946) Anliegen nicht die Schaffung eines Sozialstaates war, sondern lediglich die eines kriseninterventionsierenden Staates zur Rettung der kapitalistischen Ordnung!

Obwohl selbst ein erbitterter Gegner des Szientismus (Gray 2009, S. 142), war es *Friedrich August von Hayek* (1899-1992), der, beeindruckt durch die spieltheoretischen Arbeiten *John Nashs* (1928-2015) (Nash 1950), den Begriff des Gleichgewichts übernahm und jenes Gleichgewicht als Ordnung interpretierte (Hayek 1998, S.36f.), das – im Falle der Wirtschaft – aus dem Handeln der Akteure heraus per *Selbstorganisation* entstehe, aggregiert aus den Einzelhandlungen und Einzelkräften der Marktteilnehmer (vgl. Bretschneider-H., a.a.O., S. 273).

Dies hat *Keynes* mit der „einzelwirtschaftlichen Rationalitätsfalle“, wonach einzelwirtschaftliche Entscheidungen häufig zu gesamtwirtschaftlichen Ergebnissen führen, die diesen zuwiderlaufen, hinreichend widerlegt, weshalb er auch das liberale Laissez-faire-Prinzip aufgab, nach dem der Markt und seine Selbststeuerungsfähigkeit und nicht der Staat für die Wirtschaft das Beste seien.

„Die Auseinandersetzung über Gleichgewicht versus Instabilität, über Laissez-faire versus Intervention ist für *Keynes* immer auch eine Debatte über den Kapitalismus selbst. Wie ist dieses System zu bewerten und was ist von ihm zu erwarten? Sowohl vor als auch nach der Weltwirtschaftskrise 1929 hielt *Keynes* den Kapitalismus für das effizienteste Wirtschaftssystem – sofern ‚wisely managed‘. Seiner Auffassung nach erforderte es zwar eine ‚Sozialisierung‘ der Investitionen, das heißt die staatliche Gewährleistung eines ausreichend hohen Investitionsniveaus; von einer *Sozialisierung der Produktionsmittel* hielt er jedoch nichts. In einer Rede im House of Lords vom 18.12.1945 sagte er: ‚Was wir aus praktischen Erfahrungen und aus der modernen

Wirtschaftstheorie gelernt hätten, sollten wir nutzen, ‚nicht um *Adam Smiths* Einsichten zu bekämpfen, sondern um sie umzusetzen‘. Daraus lässt sich schwerlich ein verkappter Sozialist schnitzen.“ (Willke 2002, S. 24)

Des Weiteren ist festzuhalten, dass die o.g. Ordnung des Marktes, die per *Selbstorganisation* entstehen soll, in mehrerer Hinsicht einen schweren terminologischen Missgriff *Hayeks* darstellt. Denn Selbstorganisation, dieser schon im deutschen Idealismus diskutierte (Paslack 1991), in der Folge u.a. von Kybernetikern weiterentwickelte und entgegen dem naturwissenschaftlichen Mainstream dialektisch ausgedeutete Begriff, den *Heinz von Foerster* auf lebende und soziale Systeme bezog, bezeichnet eine Eigenschaft von Klassen von Phänomenen, die sich aus physikalisch-naturwissenschaftlicher Perspektive und ganz grundsätzlich immer fernab vom *thermischen Gleichgewicht* ereignen. „Equilibrium“ bzw. Gleichgewicht und Ordnung synonym zu gebrauchen stellt somit eine Kategorienverletzung erster Güte dar. *Hayek* machte damit „den Anfang einer Instrumentalisierung der Kybernetik und der daraus erwachsenden Systemtheorie für die Zwecke der liberalen Esoterik und der neuerlichen ahistorischen Naturalisierung ihrer Argumente“, wie *Bretschneider-Hagemes* scharf bemerkt (Bretschneider-H., ebd.).

Schon bei *Adam Smith* hatte *Hayek* instrumentalisierende Anleihen gemacht und verkaufte nun sein „wealth creating game“ als Selbstregulierungskraft des freien Marktes, der daher nicht zu behindern und vor staatlicher Regulierung weitestgehend zu schützen sei. *Hayeks* o.g. Missgriff ist folglich keinesfalls als eine intellektuelle Fehlleistung zu interpretieren; er war eine gesellschaftspolitische Strategie, um den Neoliberalismus in den ideologischen Fahrersitz des politischen Zeitgeistes zu bringen. Seine Instrumentalisierung der Kybernetik sowie seine „Anbiederung an Physik und Mathematik“ (Bretschneider-H., a.a.O., S. 286) hatten das Ziel, wissenschaftlich-rationale Begründungen für den „allwissenden/natürlichen Markt“ (ebd.) als Generator einer spontanen Ordnung zu konstruieren und staatliches Planen als die „Anmaßung von Wissen“ (Hayek, zit. n. Butterwege et al 2008, S. 47) zu diskreditieren.

Der intellektuelle Einfluss *Hayeks* darf dabei keinesfalls unterschätzt werden. So identifiziert *Michel Foucault* (1926-1984) *Hayek* „als ein entscheidendes geistiges Verbindungsstück“ zwischen der Freiburger und der Chicagoer Schule und als „Hauptinspirationsquelle“ (Brown 2015, S.66) des „amerikanischen Anarcho-Kapitalismus“ (Foucault 2004, S.152, zit. n. Brown 2015). Für *Philip Mirowski* ist es maßgeblich der MontPèlerin Society und damit auch *Hayek* zuzuschreiben, dass die bereits benannte strategische Maskierung eine viel grundsätzlichere Wirkung hatte. Sie zeigte sich auch auf den Begriff des Neoliberalismus anwendbar, der nun selbst in den Hintergrund treten und im Verbund mit der Neoklassik als Wissenschaft, als „Wirtschaftstheorie“, firmieren konnte (Mirowski 2015, S.36f.).

Insbesondere in der Person *Hayeks* drückt sich „klar die proprietaristische Angst vor jeglicher Form von Umverteilung“ (Piketty 2019, S. 885) aus, die sich begründet im Glauben an eine „durch den freien Markt spontan entstehende Gesellschaftsordnung“ (Gray 2009, a.a.O., S. 95f.). Der britische Philosoph *John Gray* geht noch weiter, er spricht gar explizit von einem „wahnhaften Szenario“ und ordnet dies ein als eine späte Variante der Prinzipien des Laissez-faire-Liberalismus, als weiteren Ausdruck einer positivistischen Grundhaltung.

## **Markt, Information, Digitalisierung und „Big Data“**

Einige der wesentlichen Theorien und Prinzipien der Wirtschaftswissenschaften basieren zudem auf a priori-Annahmen über *perfekte oder volle Information in Märkten*. Der keynesianische Ökonom *Joseph E. Stiglitz*, Mitbegründer der sog. Informationsökonomik, kritisiert dies. Er folgt dabei *Hayek* zunächst in zwei Punkten. Erstens, so *Stiglitz*, stützen detailliertere

informationsökonomische Untersuchungen die Behauptung *Hayeks*, dass eine jede zentrale Planung vor Problemen stehe, weil sie eine unmögliche Anhäufung von Informationen erfordere, und zweitens könne man ihm darin recht geben, dass die Tugend der Märkte darin bestehe, dass sie die verteilten Informationen nutzen, über die verschiedene Marktteilnehmer verfügen (*Hayek* 1945). Allerdings, so führt der Neukeynesianer weiter aus, widerspreche die Informationsökonomik ganz grundsätzlich *Hayeks* Überzeugung, dass Märkte effizient handeln (*Stiglitz* 1985), dass es trotzdem also zu einem *Marktversagen* kommt.

Dies mag als ein mehr oder weniger amüsanter ökonomiegeschichtlicher Randdiskurs betrachtet werden. Jedoch berührt er auf bemerkenswerte Weise die aktuellen Diskurse zur digitalen Revolution. Wenn nämlich *Chris Anderson*, Chefredakteur des digital-ideologischen Leitmediums, der Zeitschrift *Wired*, zunächst erklärt, dass „eine umfassende Datenmenge, also“ eine „Wissenschaft nach Art von Google, besser“ sei, „als nur eine Hypothese zu haben“ (*Anderson* 2008) und des Weiteren eine einigermaßen schlüssige wissenschaftstheoretische Begründung für diese Behauptung schuldig bleibt, dann drückt sich in ihr ein „absoluter Glaube an die Überlegenheit von Big Data“ (*Morozov* 2013, S. 441) aus. In beiden Fällen tritt die Glaubensüberzeugung als wesentliches Moment hervor, Big Data bei *Anderson* und der freie, allzeit effizient handelnde Markt bei *Hayek* und den Neoliberalen.

In den aktuellen Forschungen und Entwicklungen zur sog. Künstlichen Intelligenz, so bei heuristischen Verfahren zur Datenanalyse wie z.B. *neuronalen Netzwerken*, führt diese Überzeugung, hier von der Performanz des technischen Systems, allzu leicht zu - auf einem Bias beruhenden - Fehlinterpretationen von Klassifikationsergebnissen in großen Datenmengen. Die Überzeugung suggeriert eine Objektivität und Neutralität des KI-Systems, so dass Biase, die möglicherweise durch die Datenerhebungsverfahren in die zu analysierenden Datenkonvolute gelangt sind, leicht übersehen werden. Dies kann schlimmstenfalls direkte Auswirkungen haben, so bei automatisch erzeugten Beurteilungen beispielsweise zur Kreditwürdigkeit von Unternehmen oder Privatpersonen.

Die Silicon-Valley-Ideologie zeigt hierin also nicht nur ihren quasi-religiösen Kern. Ihre Verwandtschaft zu neoliberalen Ideengut wird ebenfalls deutlich, vom Glauben an eine a priori existierende innere Gleichgewichts-Ordnung, hier innerhalb von Big Data-Konvoluten und ihren darin enthaltenen Korrelationen, in denen sich nach Überzeugung ihrer Protagonisten eine Quasi-Naturgesetzlichkeit offenbart, dort im freien, nicht durch anmaßende Regulierungsaktivitäten gestörten idealen Markt. Folglich darf den Digitalisierungsapologeten, zumindest nach den bis etwa 2018 im Silicon Valley vorherrschenden mehrheitlichen Auffassungen, auch eine gewisse Ähnlichkeit zu den antiszientistischen Überzeugungen *Hayeks* unterstellt werden.

Dass die über Technik produzierten Veränderungen auf die technisch handelnden Akteure zurückwirken, wäre gesondert zu thematisieren. In diesem Kontext festzuhalten ist jedoch die im Zuge des Fortschreitens der technologischen Entwicklung um die Digitalisierung auftretende Ambivalenz zwischen – scheinbarer - technologischer Ermächtigung und Ohnmacht, die ihrerseits ein quasi-religiöses Charakteristikum der Silicon-Valley-Ideologie darstellt. Kritiklose Phantasmen der technologischen Mach(t)barkeit (*Paul* 2014) treten auf im Verbund mit einem *furor technicus*, einem Angst- und Ohnmachtspannungssphärentypus gegenüber einer kommenden *technologischen Singularität* (*Paul* 2017), als deren Folge eine *künstliche Superintelligenz* (*Bostrom* 2014) die Weltherrschaft übernehmen oder den Menschen gar überflüssig machen wird.

Mit wissenschaftlicher Rationalität hat das zwar nichts mehr zu schaffen, gleichwohl können derartige Meldungen für das publikationsverantwortliche Medium ökonomisch relevante Umsätze oder Werbeklickzahlen produzieren. Zwischen Befürwortern und Kritikern entsteht ein weiteres Mal eine Polarität, deren Kern im gegenseitigen Vorwurf der Hybris besteht. Den Protagonisten

wird seitens ihrer Kritiker die Anmaßung vorgeworfen, (Pseudo-)Naturgesetzlichkeit und Wirklichkeit digital über Berechnungen von Korrelationen in angesammelten Datenhaufen zu bestimmen und steuern zu wollen, wohingegen den Kritikern ihre Regulationswünsche der Datenwelt zum Wohl von Bürger\*innen und Gesellschaften vorgehalten werden, ganz äquivalent zu der dem Staat von *Hayek* ehemals unterstellten Anmaßung des Wissens.

### **Ein Clash der wissenschaftlichen Kulturen, Komplexität und Modellierbarkeit**

Dem ist eine weitere Kritik – hier in Gestalt einer Bemerkung *Elsners* - anzuschließen. Seiner Auffassung nach wird aus neoklassischer Sicht eine Institution, eine Einrichtung eines Staates, im Grunde als „nichts anderes“ begriffen als „eine Restriktion für das ansonsten unveränderte Maximierungsverhalten“, für ihn „ein lächerlicher theoretischer Ansatz“ (Elsner 2016, 0:03:45). Für den Neoliberalismus und seine Neoklassik als Begründungswerkzeug also reduziert sich hiernach der Begriff der Institution lediglich auf den in Organisationsformen gegossenen staatlichen Regulierungswillen.

Darin steckt jedoch die implizite Verweigerung der *Anerkenntnis von Komplexität*. Der Staat und seine Einrichtungen werden hier nur als externe Faktoren für Märkte begriffen, ihre Rollen als Marktteilnehmer und Einflussnehmer, z.B. gerade bei der Förderung technischer Innovationen, tauchen in den Betrachtungen gar nicht auf. Des Weiteren enthebt man sich dadurch auch der Möglichkeit feiner gerasterter Analysen möglichen Staatsversagens.

Der Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), auch „Weltklimarat“ genannt, lässt seit einiger Zeit mögliche Zukünfte und Klimaszenarien „rechnen“. In diesen sog. Integrated Assessment Models (IAMs) sind Klimamodelle und ökonomische Modelle zusammengebracht (Gambhir et al 2019). Während in den das Klima betreffenden Modellteilen versucht wird, „das komplexe, dynamische und nichtlineare Klimasystem mit seinen Kippunkten abzubilden“ (Polotzek et al, 2019), klagen Kritiker, dass seitens der neoklassischen Wirtschaftswissenschaft „ein reduktionistischer Ansatz gewählt“ wurde, unter dessen Kernannahmen sich u.a. das Gleichgewichtspostulat – hier muss angemerkt werden, dass sowohl Ökologie und Biologie als auch die Klimawissenschaften sich seit den 1970ern vom Gleichgewichtsbegriff als einer teleologischen Fiktion abgewendet haben - sowie die Annahme findet, „dass soziale Phänomene sich ausschließlich durch das Verhalten isolierter Individuen erklären lassen“, der sog. methodologische Individualismus (ebd.). Zur Modellierung regionaler Effekte wird z.B. zurzeit versucht, Multi-Agenten-Modelle zum Einsatz zu bringen. Beiträge zu diesen nichtklassischen Modellerweiterungen beginnen ausnahmslos alle mit einer Identifikation der „Haupteinschränkungen der gegenwärtigen Mainstream-Modelle“ (vgl. Lamperti et al 2018).

Zwar sind sozioökonomische Systeme weitaus komplexer, d.h. sie weisen einen weit höheren inneren Vernetzungsgrad ihrer Elemente und Subsysteme auf als ökologische Systeme oder Klimasysteme, jedoch fallen die ökonomischen Modellierungsanteile in den IAMs hinter die Klimaanteile zurück. Hier gelingt es nicht, in komplexen Systemen auftretenden abrupten Wandel zu berücksichtigen und entsprechend in die Modelle einzuarbeiten, etwa *nichtlineare Verläufe* wie „Regimewechsel“, die aus dem „Überschreiten von Kippunkten“ resultieren können (Polotzek 2019, ebd.). Die Forderung nach der Integration in Modellierungen lässt daher Methoden sowie Grundannahmen der beteiligten Fachdisziplinen nicht unberührt, es gilt, eine gewisse „Kompatibilität“ herzustellen. Der Biologe und Ökonom *Joachim Spangenberg* formulierte dazu ein Postulat, das er Grundgesetz der Interdisziplinarität nennt: „Keine Disziplin darf Annahmen oder Aussagen als Grundlage ihrer Forschung und Theorieentwicklung nehmen, die in klarem Widerspruch zu dem gesicherten Erkenntnisbestand einer anderen, fachlich zuständigen Disziplin stehen“ (Spangenberg 2006, 2011).

Diese Forderung und die nicht zufriedenstellenden Modellierungsergebnisse der IAMs zeigen klar, dass wir uns wissenschaftlich gesehen in einer dilemmatischen Situation befinden. Die Neoklassik belegt zwar, dass sie hochflexibel und lernfähig ist, gleichzeitig hält sie jedoch an ein paar Grundannahmen fest und behandelt „zahlreiche neue kritische Aspekte bloß additiv“ (Elsner 2015, S. 231) und nicht inkorporierend, wofür der Begriff jener *externen Effekte oder Faktoren* (s.o.) ein expliziter sprachlicher Aufweis ist. Sie agiert „ohne fundamentale Rückschlüsse auf das Standardmodell“ (ebd.). Das stellt aber ein No-Go dar und genügt heutigen basalen Ansprüchen auf Wissenschaftlichkeit nicht.

Anlässlich der globalen Finanzkrise 2007/2008 titelte der Physiker *Mark Buchanan* einen Essay in der *New York Times* mit „This Economy Does Not Compute“ (Buchanan 2008). Wenn dies nun schon für interne, hausgemachte Probleme wie die von den Neoliberalen zu einer Staatsschuldenkrise uminterpretierte Finanzmarktkrise von 2007/2008 gilt, wie viel mehr muss das für die Klima- und Ressourcenkrise gelten? *Buchanan* stellt fest, „dass der ökonomische *Mainstream*“ - gemeint ist hier natürlich die Neoklassik - „heute praktisch die einzige *nicht-moderne* Wissenschaft sei, da er mit seinem ‚ontologischen Vor-Urteil‘ von einem vorgegebenen, stabilen und ‚optimalen‘ Gleichgewicht einer idealisierten ‚Marktwirtschaft‘ im Simpli(z)istischen verbleibe und keine Vorstellung von der Komplexität moderner Systeme entwickeln könne“ (Buchanan 2008, s. a. Foster 2005, zit. n. Elsner 2015, S. 234).

### **Jenseits des Mainstreams, Perspektiven aus der Heterodoxie**

*Buchanans* Vorwurf einer nicht-modernen Wissenschaft spiegelt – und dies muss auf der Hintergrundfolie der Digitalisierung gesehen werden, da er sich direkt auf Simulationsansätze bezieht sowie auf ablehnende neoklassische Reaktionen darauf - im Grunde die mehr als hundert Jahre alte Kritik *Thorstein Veblens* (1857-1929), der Vor-Urteilen durch seine durch die Arbeiten von *Charles Darwin* (1809-1882) geprägte Entwicklungsperspektive eine elegante Absage erteilte: „The evolutionary point of view, therefore, leaves no place for a formulation of natural laws in terms of definitive normality, whether in economics or in any other branch of inquiry“ (Veblen 1898). Damals war es *Darwin*'sches Gedankengut, heute sind es digitale Simulationsansätze zu hoch nichtlinearen Problemen, die jeweils zum Anker der – gleichwohl konstruktiven - Kritik am ökonomischen *Mainstream* werden.

Die ökonomische Wissenschaft ist eigentlich „die hochgradig umstrittene und gespaltene Wissenschaftsdisziplin unter den modernen Wissenschaften“, diagnostiziert *Elsner*, sie bestehe aus eben jenem „dominierenden neoklassischen *Mainstream*“, einer „ ‚Orthodoxie‘, die die Ideologieproduzentin der kapitalistischen Wirtschaftsgesellschaft schlechthin ist und einer pluralen Minderheit von ‚Heterodoxien‘ “ (Elsner 2015, S. 233). In Deutschland wirke sich die Dominanz des *Mainstreams* besonders unglücklich im Handlungsfeld der akademischen Massenausbildung und Personalrekrutierung aus (ebd.). Gerade die Betriebswirtschaftslehre brauche „die Nähe zur Forschung“, aber da würden „ausgefeilte Methodiken auf unwichtige Fragen angewandt“, klagte unlängst der Unternehmensberater *Burkhard Schwenker* in einem Interview (Schwenker 2020).

Die etwa ein Drittel des ökonomischen Theoriebestands ausmachenden Heterodoxien stellen eine außerordentliche Bereicherung der Disziplin insgesamt dar, denn theoriegeschichtlich kamen die relevanten Fragen *immer aus heterodoxen Ansätzen* (vgl. Elsner 2016, 07:50ff). Denn hier wird sehr wohl und intensiv versucht, Komplexität zu inkorporieren. Mit berücksichtigt werden dabei *Non-Ergodizität* als entscheidendes Definitionsmerkmal *pfadabhängiger*, d.h. „historischer“ Prozesse sowie *Idiosynkrasien* in Systemen, verstanden als das Auftreten von unsystematischen Risiken, von Einzelereignissen und Einzelaktivitäten.

Ebenfalls dazu gehört das sog. *deterministische Chaos*, bei dem die Existenzmöglichkeit von das jeweilige System beschreibenden Differential- oder Differenzgleichungen (Schuster 1984, S. 1) inklusive Bifurkationen, vulgo Kippunkten, vorausgesetzt ist. Des Weiteren werden *Nichtlinearitäten*, *multiple Gleichgewichte*, *Nicht-Effizienz* und *Nicht-Gleichgewichtsprozesse* einbezogen. Die Ökonomik insgesamt erweist sich damit als einer der wesentlichen Kampfplätze, auf dem unsere Zukunft entschieden werden wird.

Aufgrund seiner Offenheit gegenüber den evolutorischen und historischen Prozessen bzw. seiner determinismuskritischen Haltung eignete sich – neben anderen, von denen *Marx* hervorzuheben ist – insbesondere *Veblen* als Ausgangspunkt für heterodoxe Denklinien in der Ökonomie. Nach *Elsner* kann in der evolutionär-institutionellen Ökonomie, deren erste einfache Ansätze auf *Veblen* und seine Berücksichtigung von Institutionen und Gruppen als ökonomische Akteure zurückgehen, ein Scharnier als „Denkschule“ gesehen werden, über das eine „Re-Konzeptionalisierung aller orthodoxen und heterodoxen Denkschulen als dynamische, prozesshafte, evolutionäre und damit komplexe Theoriesysteme“ vorgenommen werden kann als „seriöse Herausforderung der vorherrschenden, simplistischen Gleichgewichtsökonomik“ (ebd.), mit dem Ziel, „ein empirisches Forschungsprogramm zur Kritikfähigkeit gegenüber der Realität“ (ebd., 1:39:00ff.) auf den Weg zu bringen. Zu den notwendigen, gleichwohl noch nicht hinreichenden Bedingungen zum Gelingen eines solchen progressiven Wandels gehören zum einen technische Mittel und Werkzeuge, die nur aus der Digitalisierung zu haben sind sowie Daten selbst, zum anderen eine *Prise politische Intervention* als Ausdruck eines demokratischen Wollens.

### 3.2 Das Relationenfeld Umwelt – Technik

#### Technik als Relationsbegriff und *conditio humana*

Eine Betrachtung dieses Relationenfeldes hat mit der Feststellung zu beginnen, dass der Begriff Technik selbst als „ein Relationsbegriff, Ausdruck einer Beziehung, eines Verhältnisses“ auftritt (Paul 2013, S.16-38), die mehrere Relationsglieder umfasst. Dies geht bereits aus der altgriechischen Verwendung des Wortes *téchne* (τέχνη) hervor, mit dem vielfältig und sammelnd etwa Kunst, Kunstfertigkeit, Handwerk bezeichnet ist und das daher in gewisser Weise sowohl den tätigen Behandler als auch das Behandelte sowie auch das Verfahren, die Methode – *μέθοδος* -, den Weg, „über den der Behandler etwas behandelt“, bereits enthält (ebd.).

Betrachtet man also Technik nicht losgelöst als statischen Objektbegriff, sondern als Relation unter Hineinnahme des technisch Handelnden in die Betrachtung, dann ist alle Technik Ausdruck eines *doppelten Verhältnisses* des ausübenden Akteurs, zum einen zu seiner Um-Welt, zum anderen zu sich selbst, *Heteroreferenz* und *Selbstreferenz* zugleich. Dieses doppelte Verhältnis tritt schon im wahrscheinlich ersten technisch gefertigten Objekt deutlich zutage, im Faustkeil. *Vilém Flusser* bezeichnet die Produktion dieser steinernen Werkzeuge als eine doppelte Geste der Empörung bzw. als Verneinung des Objekts seitens des Subjekts (Flusser 1998, S.133ff.). Zum einen richtet sich die Ablehnung des Faustkeilproduzenten gegen sich selbst, gegen das Unvermögen der eigenen Zähne und Hände, tote Tiere aufbrechen oder Holz bearbeiten zu können. Zum anderen wendet sich die Empörung gegen Objekte der Welt, die das eigene Unvermögen nicht bedingen, nämlich gegen Steine, die – als bloße Fundstücke - offensichtlich nicht ganz so beschaffen sind, dass sie zu den Zwecken passen, die sie erfüllen sollen. Daher müssen sie „bearbeitet“ werden und es gilt, im Hinblick auf ein Gemeinsames, auf ein „Wir“, sich über diese Bearbeitung miteinander zu verständigen (ebd.).

Bei *Flusser* wird somit auch explizit, dass der *Relationsbegriff Technik* einer weiteren Modifikation seines Inhalts bedarf, er enthält immer auch ein 'Wir' der technisch handelnden Subjekte. Eine

Betrachtung auf Basis der Ich-Welt-Beziehung, der alten Subjekt-Objekt-Ontologie, kann daher höchstens Ausgangspunkt sein. Technik als gesellschaftliche Realität gerät dabei noch nicht in den Blick. Wir Menschen – das ist vielleicht unser wesentliches Reflexionsproblem - stecken folglich in dem Begriff Technik mit drin. Wenn wir über Technik reden, reden wir immer auch über uns selbst. Technik sowie das Vermögen, Technik treiben zu können, gehört als fester Bestandteil zur *conditio humana*.

### **Naturphilosophischer Exkurs zur Technik**

Die Veränderung der Umwelt, ihre Umgestaltung, die zudem auf die eben in jener Umwelt lebenden und aus ihr hervorgegangenen Akteure zurückschlägt, tritt schon beim Beispiel des Faustkeils als ein Wesenskern der Technik zutage. Als Erster arbeitet *Aristoteles* detailliert den Charakter der Technik in Abgrenzung von den Begriffen Praxis, Theorie und Physis (Natur) heraus. „Von ihr spricht in extenso die Aristotelische Physik und nicht weniger emphatisch die Nikomachische Ethik“ (Hamacher 2011, 26:23). Hier ist die Technik als *Prozess eines Werdens* in den Blick genommen, die Feststellung des Philosophen ist dabei die, dass vermittels Technik Dinge gefertigt werden können, die die Natur – zunächst verstanden als von technischem Handeln unberührte Umwelt – von sich aus nie hervorbringen kann, die aber ebenso nicht gegen die Natur und ihre Gesetzmäßigkeiten hervorgebracht werden können, sondern die eine Verfertigung der Natur sind, in der die Natur erst ganz zu sich kommen kann.

Die Technik als Mittel der Natur, sich selbst Ziel und Zweck zu sein? Der Komparatist *Werner Hamacher* (1948-2017) fasst diesen aristotelischen Gedanken wie folgt zusammen: „Dass die Natur mit der Technik über sich selber hinauskommt, besagt aber wiederum Zweierlei, nämlich zum Ersten, dass sie dahin kommt, wo sie zuvor nie gewesen ist, und zum Zweiten, dass sie erst dort, wo sie nie war, bei sich als Natur ankommen kann. *Téchne* ist somit diejenige Verfertigung der Natur, in der die Natur ganz zu sich als einem von ihr Unterschiedenen zurückkommt. Dieses von der Natur sowohl Unterschiedene, das zugleich sie selbst in ihrem Wesen ist, heißt für *Aristoteles* ihr *Telos*.“ (ebd., 10:40ff)

Hierbei lässt sich leicht der Fehlschluss begehen, mit der Verwendung des Begriffs *Telos*, Ziel, der Natur Subjekteigenschaften und damit eine Absicht zuzuschreiben. Der Hermeneutik *Hamachers* zufolge ringt *Aristoteles* jedoch darum, die innere Schlüssigkeit der Natur und ihrer Phänomene, ihre „auto-teleologische“ Verfassung sprachlich herauszuarbeiten, die sich daher ihr „eigener Grund“ und „eigener Zweck“ sein muss. (ebd., 14:17ff.) Für die Evolution der Lebewesen, einer wesentlichen Komponente der Natur, lässt sich klar mit formalen Methoden zeigen, dass es kein Ziel und keinen Antrieb - beispielsweise für eine Komplexitätszunahme - gibt. (Gould 1998, S.205 ff.)

### **Zum Verhältnis Leben und Technik**

Unabhängig vom Aspekt des menschlichen technischen Akteurs werden im aristotelischen Technikbegriff Natur und Technik auf eine Art und Weise miteinander verschränkt oder versöhnt, die ein vergleichendes Fragen nach den unterschiedlichen Potentialen von Natur und Technik geradezu provoziert. Vermittels Technik können Dinge gefertigt werden, die die Natur allein nicht zu fertigen vermag; ihrerseits jedoch muss die Natur alle Bedingungen der Möglichkeit des Entstehens und Wachsens von Leben enthalten.

Die materielle Welt, so wie wir sie kennen, kann folglich aus „Lebewesen und Nicht-Lebewesen“ zusammengesetzt verstanden werden (Imanishi 2002, S.55ff.). Dabei unterscheidet sich das, was lebt, von dem, was nicht lebt, durch *komplexe* oder *hyperkomplexe* - bei Mehrzellern - innere

Strukturen, die sich selbst erhalten, die wachsen und sich selbst reproduzieren mit Mitteln aus der Umgebung dieser Strukturen.

Die Systemtheorie hat diese lebenden Systeme *autopoietisch* genannt, sinngemäß selbst wachsende, bzw. sich selbst bauende Systeme. (Varela et al 1974) Zur Begriffsdefinition bemerkt der Neurobiologe *Humberto Maturana*: „Die autopoietische Organisation wird als eine Einheit definiert durch ein Netzwerk der Produktion von Bestandteilen, die erstens rekursiv an demselben Netzwerk der Produktion von Bestandteilen mitwirken, das auch diese Bestandteile produziert, und die zweitens das Netzwerk der Produktion als eine Einheit in dem Raum verwirklichen, in dem die Bestandteile sich befinden“ (Maturana 1985, S.158).

Aus physikalisch-thermodynamischer Sicht ist festzuhalten, dass der Selbsterhalt, das Wachsen und die Reproduktion der hyperkomplexen bzw. autopoietischen Strukturen mit Mitteln aus der Umwelt dieser Strukturen geschieht und zwar auf Kosten dieser Umwelt über Prozesse, die fernab vom thermischen Gleichgewicht angesiedelt sind (Prigogine 1992).

Der Begriff Kosten darf hier durchaus ökonomisch interpretiert werden, da die hochgeordneten inneren Prozesse und Strukturen eines solchen autopoietischen Systems thermodynamisch einer Verringerung der Entropie innerhalb des Raumbereichs, den das System einnimmt, entsprechen, die daher in der Umgebung des Systems durch eine Zunahme der Entropie kompensiert ist. Denn der zweite Hauptsatz der Thermodynamik besagt, dass in einem Gesamtsystem die *Entropie* immer nur zunehmen oder gleichbleiben kann, letzteres nur dann, wenn die ablaufenden Prozesse reversibel sind. Leben kann reversible Teilprozesse enthalten; das Prozesskonglomerat eines Lebewesens in seiner Gänze, das ist ein wesentliches Kennzeichen, ist *nicht reversibel*.

Die Prozesse des Lebens produzieren also Entropie. Zur Verdeutlichung dessen durch Übertragung (metaphora) in andere Kontexte kann der Darstellung dieser Zusammenhänge eine ökonomische oder gar ethische Färbung gegeben werden. Dann wäre die Aussage „Das Leben verschuldet sich an seiner Umgebung“ unter naturwissenschaftlichen Aspekten zwar immer noch fragwürdig, denn Schuld ist keine Kategorie der Natur und ihrer Prozesse, bezogen auf die Argumentstruktur ist die Aussage jedoch gerechtfertigt.

Dass wir Technik Treibende selbst aus der Natur hervorgetreten sind, rechtfertigt die metaphysische Frage des französischen Philosophen *Jean-Luc Nancy*, „wie es möglich ist, dass“ aus der Natur (...) „ein Seiendes wie der Mensch herausgekommen ist, der der Techniker par excellence ist“ (Nancy 2008, 01:04:00), und drängt zu der Schlussfolgerung, dass unsere Technik als Verlängerung oder Erweiterung der Natur verstanden werden kann. Insoweit ist die Argumentation den Betrachtungen von Aristoteles anschlussfähig.

Technik gestaltet ebenfalls Umwelt und damit Natur um, indem sie Natur verfertigt, verbraucht und ausscheidet. Und sie tut das bislang tiefgreifender und nebenwirkungsreicher, als die Natur selbst und ihre Lebewesen das zu tun vermögen. Der wohl deutlichste Beleg hierfür liegt in der durch Technik während der letzten 250 Jahre erfolgenden aktiven Verbringung von fossilem, in geologischen Zeiträumen über *langfristige biologische Prozesse* eingelagerten Kohlenstoff in die *kurzfristigen natürlichen planetaren Kreisläufe*. Und der aktuelle, anthropogene Klimawandel zeigt eindrücklich, dass sowohl Elastizitäten als auch Kapazitäten dieser Kreisläufe ihre mengenbezogenen Grenzen haben.

### **Technische Annäherung an Lebensprozesse?**

In der Art der technisch verfertigten Produkte, in den jeweils in eine bestimmte Form und Struktur gebrachten Stücken Natur-Rohstoff steckt wiederum Arbeit, im engeren Sinne physikalisch

ermittelbare umgewandelte Energie. Die Produkte sind u.a. ein Resultat von Energieumwandlungsprozessen durch Lebewesen sowie durch Maschinen und damit denselben physikalischen Gesetzmäßigkeiten unterworfen wie Lebewesen. Die kristalline Ordnung eines gefundenen Erzklumpens ist niedriger als die eines simplen Stückes Stahl, dessen Herstellung Entropie produziert hat, die in die Umgebung abgegeben wurde. Nun sind aber Lebewesen als Teil der Natur – und verglichen mit technischen Prozessen - sehr effizient darin, über ihre Lebensprozesse Ordnung zu produzieren, indem sie ihre Kosten, den Zuwachs an Entropie in der Umgebung so minimal wie möglich halten.

Etwas allgemeiner drückte es *Hermann Weyl* (1885-1955) aus: „Eine Seite der Zweckmäßigkeit der Organismen ist die, dass in ihnen das Zustandekommen gewisser konstanter Endeffekte von morphologischer oder funktioneller Art gesichert ist, selbst wenn die kausalen Vorbedingungen weitgehenden Störungen unterworfen werden“ (Weyl 1928, S.162f.). Das kann als alternativer Ausdruck für die biologische Art der optimalen Anpassung an Randbedingungen vermittels Evolutionsprozessen verstanden werden. Besteht die Möglichkeit einer Annäherung oder gar einer technischen Nachahmung dieser Eigenschaften?

Mit Blick auf das 21. Jahrhundert leitete der Evolutionsbiologe *James A. Shapiro* aus den Erkenntnissen über Lebewesen generelle Herausforderungen für die Wissenschaft ab: „Evolving life has far exceeded human ingenuity in producing immensely complex and reliable self-reproducing entities that have repeatedly managed to change, survive, and proliferate despite major ecological upheavals. Given the challenges we face as a species, it behooves us to find out as much as we can of nature's wisdom in dealing with the inescapable trials of life“ (Shapiro 2011, p. 147).

Daraus können wir den Schluss ziehen, dass unsere Technik in Bezug auf ihre entropischen Kosten viel effizienter und in Bezug auf Konstruktionprinzipien technischer Artefakte und Prozesse viel effektiver werden muss, um deren schädliche Einflüsse auf unsere Lebensumwelt so klein wie möglich zu halten. Ganz vermeiden lassen sie sich nicht, das ist die unausweichliche Konsequenz des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik. Oder, anders gewendet, unsere Technik wird in ihren Funktionsprinzipien sehr viel „biologischer“ werden müssen, wenn unsere Welt morgen noch als lebenswerte Umgebung vorhanden sein soll. Diese Forderung ist schon implizit vorweggenommen in den Arbeiten *Nicolas Georgescu-Roegen* (1906-1994), der als Begründer der Bioökonomik gelten kann (Georgescu-Roegen 1971).

### **3.3 Das Relationenfeld Ökonomie – Technik**

Ökonomie ist selbst eine Technik, sowohl als tätige Praxis als auch als Wissenschaft. Das Verhältnis zwischen Ökonomie und Technik ist also ein zumindest *partielles Selbstverhältnis*. Eine herausgehobene Funktion für die Ökonomie nehmen bestimmte, technisch verfertigte Artefakte ein, die Maschinen genannt werden, und dies nicht erst seit der industriellen Revolution.

#### **Ökonomie und Maschinenbegriff**

Ein prominentes Wirtschaftslexikon erläutert den Begriff Maschine erstens als Sammelbezeichnung für zweckorientierte technische Vorrichtungen verschiedenster Art und Größe mit in der Regel beweglichen Teilen. Unter zweitens folgt dann schon der Punkt Bilanzierung und „Teil des Sachanlagevermögens“ (Gabler 2020). Diese Definition ist hier aus zeitdiagnostischen Gründen angeführt, um zu demonstrieren, dass Digitalisierung und ihre Prozesse zumindest in diesem Lexikon noch nicht angekommen sind.

Ein anderer Definitionsvorschlag lautet wie folgt: Eine Maschine (altgr. μηχανή, mēchané, dt. etwa Werkzeug, künstliche Vorrichtung, Mittel) ist in einem sehr abstrakten und prinzipiellen Sinn eine technisch verfertigte Vorrichtung, ein Instrument zur *Herstellung und/oder Aufrechterhaltung von materiellen oder immateriellen Relationen*. Physikalisch gesehen benötigt eine Maschine immer Energie. Man unterscheidet Maschinen, die Energie und/oder Materie prozessieren und Maschinen, die Signale oder Informationen prozessieren. Erstere waren in Gestalt von Energieumwandlern wesentliche Elemente der ersten und zweiten industriellen Revolution durch Dampfkraft und Elektrifizierung und bildeten die Grundlage für industrielle fordistische Massenproduktion und wachsende Mobilität.

Die Symbole oder Informationen prozessierenden zweiten Maschinen spielen für die Ökonomie eine besondere Rolle, und zwar nicht für die materielle Produktion selbst, sondern für ihre Planung. Und die Tatsache, dass das schon sehr lange der Fall ist, zeigt ein weiteres Mal, dass Technik, auch als ökonomische Technik, zu unseren Grundbedingungen als Menschen gehört. Denn mit der neolithischen Erfindung der Sonnenuhr (Levine 1999, S. 90) ist nicht nur *die erste Maschine* überhaupt entstanden, sie ist zugleich auch die erste informationsverarbeitende Maschine. Sie dient zur Herstellung der kosmischen Relationen, zur Bestimmung des jahreszeitlichen Rhythmus und zur Planung von Ackerbau und Landwirtschaft. Und in ihr ist die digitale Rechenmaschine schon angelegt, denn „mit der (...) Sonnenuhr (...) teilt der Computer die Rationalität eines Instruments“, das uns Menschen unsere „Welt zu erschließen hilft“ (Borst 2004, S. 138), das maschinelle Artefakt als Informationen prozessierende Prothese, als Denkprothese.

Somit wird deutlich, dass hier eine – zunächst überhaupt nicht neue - *Ökonomie des Wissens und der immateriellen Wissensgüter* im Spiel ist. In den technischen Verfahrensweisen materieller Produktionsprozesse, sei es die Sonnenuhr und die landwirtschaftliche Getreideproduktion oder die Erzeugung und die Verteilung elektrischer Energie in einer heutigen Großstadt, zeigt sich, dass in der Ökonomie Technik auf sich selbst *rückgekoppelt* ist.

Nach der Ersetzung menschlicher und tierischer Muskelkraft durch Kraftmaschinen während der ersten und zweiten industriellen Revolution haben nun diese Rückkopplungen durch IT-Systeme, d.h. algorithmenvariable Maschinen sowie das weltumspannende Kommunikationsnetz Randbedingungen und Möglichkeiten der Volkswirtschaften grundlegend verändert, wie das gehäufte Auftreten disruptiver Innovationen vornehmlich im IuK-Bereich zeigt.

### **Technische Inventionen als Kipppunkte in der Ökonomie**

Die Weiterentwicklung technischer Systeme verläuft in der Regel nach definierten Gesetzmäßigkeiten, so z.B. in der wiederkehrenden, also „zyklischen Entstehung und Lösung von Entwicklungswidersprüchen“ (Linde/Hill 1993, S.7), so etwa die Produktverbesserung von einseitig behauenen Faustkeilen zu zweiseitigen oder die Weiterentwicklung vom Einkern-Mikroprozessor zu Mehrkernsystemen. Derartige eher graduelle Verbesserungen gehören zu den Selbstverständlichkeiten der technischen Welt, tragen zur Erhöhung der Arbeitsproduktivität bei und sind relativ problemlos modellierbar.

Für den Klimawandel führte *Hans Joachim Schellnhuber* um 2000 zusammen mit anderen den Begriff des Kippelements (tipping element) in die Klimaforschung ein (Lenton et al 2008) und forderte im Anschluss eine möglichst kohlenstofffreie Weltwirtschaft. Dieses Konzept stammt aus der *nichtlinearen Dynamik* bzw. der „Chaostheorie“ (deterministic chaos), ist seit langem als *Bifurkation* bekannt und in der Regel formal beschreibbar durch entsprechende Differentialgleichungen.

In der Ökonomie ist der Zusammenhang jedoch ungleich komplexer, da hier Kippunkte von *menschlicher Subjektivität* hervorgerufen werden können. Inventionsprozesse jenseits von bloßen Produktverbesserungen vorherzusagen ist unmöglich, es sei denn, man reduziert das „System Mensch“ und seine im Individualfall auftretenden intrinsischen Motivationen auf das Modell eines determinierbaren und über quantitative Parameter beschreibbaren Systems. Der Erkenntniswert eines solchen Modells ist aber im besten Sinne fragwürdig.

Zur Illustration des Wesens dieser inventorischen Kippunkte ist hier – eine echte *Idiosynkrasie* – das von *Michel Serres* (1930-2019) wieder in Erinnerung gerufene Beispiel des Kinderarbeit leistenden *Humphrey Potter* angeführt, eines Bergwerksjungen aus dem frühindustriellen England, der – etwa um 1712 – die von Hand periodisch zu bedienenden Einlasshähne einer Newcomen-Dampfmaschine zur Wasserhaltung in einer Kohlengrube über Schnüre mit dem Balancierbalken verband und so die Maschine sich selbst überlassen konnte, um mit einem Freund spielen zu gehen (Serres 2013, S. 50f., Scherzer 1880). *Potter* kann somit wohl als der unbeabsichtigte Erfinder einer kybernetischen Rückkopplung 1. Ordnung gelten. Seine Maschine ist teilautomatisiert, 'steuerte' sich von nun an selbst und er konnte dem Spiel frönen. Von *Konrad Zuse* (1910-1995) wird berichtet, dass er die Motivation zur Erfindung seines Z3-Computers damit rechtfertigte, dass er „zu faul zum Rechnen“ sei (SZ 2010). Hier wurde auf den ersten ökonomischen Blick mindestens je ein Arbeitsplatz durch Maschinelles ersetzt.

Diese beiden Beispiele legen zunächst nahe, dass Invention eine Sache des Individuums und damit ein Akt der Einsamkeit ist. Das Individuum als Person ist jedoch immer eingebunden in ein *soziales Netz* (vgl. Rullani 2011), das über vielgestaltige, oft kulturell geprägte Kommunikationsakte etabliert und aufrechterhalten wird. Eine gute Verdeutlichung bietet das Beispiel des japanischen Robotik-Ingenieurs *Isao Shimoyama*. Er war in den 1990er-Jahren mit Möglichkeiten der Miniaturisierung von Robotern befasst. Drehgelenke hatten ein unlösbar scheinendes Reibungsproblem, sie brannten durch. Eines Abends beobachtete er zu Hause seine Frau beim traditionellen japanischen Origami, dem Falten von kleinen, kunstvollen Objekten aus Papier. Das brachte ihn von Rädern und Achsen ab auf einen völlig neuen Denkweg und damit zum Durchbruch: Knickgelenke! (Randow 1993). Dies zeigt eindrucksvoll: Der Anstoß zur Invention entspringt in der Regel dem Umfeld, aus der persönlichen Ökologie des Forschers und bestätigt in einem anderen Kontext den allzu oft höchst unzulässig verkürzten und aus dem Zusammenhang gerissenen *Marxschen Satz*: „*Das Sein bestimmt das Bewusstsein*“ (vgl. Marx 1971, S. 8f.), dessen Gegenteil ebenso richtig ist und damit die Relation von Ich und Welt erst zu einem *kybernetisch rückgekoppelten System* macht.

### **Informations- und Wissensgesellschaft und/oder Netzwerkkapitalismus?**

In beiden Fällen, für *Potter* und *Zuse*, lag die erste intrinsische Motivation sowie die handelnde Investition der erfinderisch Aktiven in der Absicht, tumben Tätigkeiten und ihre Wiederholungen zu vermeiden, um sich anderweitig und sinnstiftender zu betätigen. Jedoch spätestens seit der dritten industriellen Revolution sind Automatisierungsprozesse Bestandteil des ökonomischen Kapitalverwertungsprozesses. *Tumbe* sich iterativ wiederholende Vorgänge und Kalkulationen können Maschinen besser. Technik kann daher nicht als wertfrei gelten, sie ist in ihrer jeweiligen Formbestimmtheit immer *gesellschaftlich bedingtes Produktionsmittel* und gehört damit zum Anteil des sogenannten „konstanten“ oder „fixen“ Kapitals nach *Marx*.

Technik wird von der Kunst, der altgriechischen *téchne*, zur Funktion mit der Aufgabe der Steigerung des relativen Mehrwerts, sie ist nun dem Selbstzweck der Erhöhung der Produktivität untergeordnet und dient somit der Erweiterung und/oder Sicherung der Mehrwertproduktion. Technik und Technologien fungieren in dieser Sichtweise eineindeutig als Produktions- und somit

Anlagevermögen und damit als Dienstmagd der kapitalistischen Ordnung zur Befriedigung der Kapitalisteninteressen.

Doch für den Akt der Invention selbst, das ins Werk-Setzen des Neuen, das ebenfalls alles andere als wertfrei ist, gilt das nicht. Seine Besonderheit besteht darin, dass er – je nach Art – die Bedingungen der Möglichkeit für ökonomische Prozesse, kurz, die Randbedingungen *grundlegend* verändern kann. Und für das technisch handelnde Subjekt, für die Beziehung Mensch – Technik, bedeutet die Invention zunächst die Zurückweisung, die Negation oder Verweigerung der bis dato gegebenen Realität, bevor es von der kapitalistischen Verwertungslogik – trotz Erfindungsmoment – wieder eingeholt wird. Deren Randbedingungen sind jedoch durch den Prozess verändert, denn im Moment der Erfindung entsteht neben dem materiellen Artefakt ein neues immaterielles Gut, *Wissen*, dessen Produktion nunmehr organisiert werden muss über kooperative Forschungsprozesse an Hochschulen, in den F&E-Abteilungen von Unternehmen und in beider Netzwerken.

Der italienische Ökonom *Enzo Rullani* richtet anlässlich von Computerisierung und digitaler Revolution den Blick auf die Prozesse der Wertbildung durch Wissen. Denn im Begriff der Informations- und Wissensgesellschaft – als Gegensatz zur Industriegesellschaft - ist ausgedrückt, dass die sich immer schon in physische oder „energetische“ und „kognitive Funktionen“ (Rullani 2011, S.131) unterteilende menschliche Arbeit ihren Schwerpunkt mehr und mehr verschiebt hin zu kognitiven Tätigkeiten und damit zur Erstellung von immateriellen Gütern bzw. „Kenntnissen verschiedenster Natur (intangibles)“ im Gegensatz zu „materiellen Gütern (tangibles)“ (ebd., S. 122).

*Rullanis* These lautet nun, „dass wir es, sobald das Wissen zur grundlegenden Produktivkraft wird, mit einer wahren Revolution zu tun haben, die tiefe Auswirkungen sowohl auf die Praxis als auch auf die Theorie haben wird“ (ebd., S.128). Seiner Auffassung nach beschränkt sich eine „Ökonomie des Wissens (...) keineswegs darauf, die gewohnte Ökonomie der materiellen, nicht kognitiven Waren mit neuen Kleidern zu versehen“, sondern führt „tatsächlich etwas radikal Neues in den Mechanismus der Wertbildung ein, indem sie die Funktionsweise des inneren Kerns des ökonomischen Systems“ verändert (ebd.).

Zur Beurteilung dessen ergibt sich nun die Schwierigkeit, den menschlichen kreativen Akt, den Produktionsprozess von Wissen, von seinem immateriellen, gleichwohl in gewissem Sinne handhabbaren Ergebnis zu trennen. Hierzu wäre zunächst eine genauere Bestimmung der begrifflichen Trias *Information, Wissen, Bildung* erforderlich, von der hier nur gesagt werden soll, dass zumindest die beiden Letzteren einen reflektierenden, einen prozessierenden Verstand voraussetzen.

Jedoch nannte *Heinz von Foerster* schon den Begriff der Informationstheorie eine „pathologische Semantik“, es handele sich vielmehr um „eine bloße Signaltheorie“ (Foerster 1993, S. 83), da eine in einem Menschen vorgehende *kognitive Operation* erforderlich ist, um ein äußeres Signal in eine Information zu transformieren.

Vor diesem begrifflichen Hintergrund und der digitalen Revolution als Realität stellt sich die Frage, was die vom Neoliberalismus praktizierte *Conradsche* „Todsünde der Nationalökonomie“ (Conrad 1934, S.10), die Gleichstellung aller Produktionsfaktoren, mit dem allein neuwertschaffenden Menschen macht, wenn zwischen Wissensproduzent, Wissen generierendem Prozess im Subjekt und erfahrbarem Wissen als Produktionsfaktor nicht mehr getrennt wird. Der Mensch selbst, als kognitiv Arbeitender, als kreativ Schaffender, wird nunmehr in einem gewissen Sinn verdinglicht. Gentechnische Patente auf Lebewesen, nicht auf die Verfahren, gehören in eine ähnliche Kategorie.

Die Digitalisierung als treibende Kraft hinter Verdinglichungsprozessen? Die intensive Nutzung des neuen Begriffs „digitale Bildung“ in politischen und wirtschaftlichen Bezügen, dieses über *von*

Foersters „semantische Pathologie“ noch hinausgehenden sprachlichen Betriebsunfalls, deutet genau darauf hin. Bildung als Ware, das Sich-Bilden als innere Prozesse menschlicher Subjekte wird damit der *monokontexturalen Logik* sowie der einfachen *Metrik des bloßen Marktwerts* unterworfen. Und die ökonomische Konsequenz besteht darin, dass sich die *Verteilungsfrage* durch Digitalisierung noch weiter verschärft (vgl. dazu Bontrup in diesem Band).

## Maschinen, Algorithmen und Erkenntnisprozesse

In seinem Werk zur nachindustriellen Gesellschaft nimmt *Daniel Bell* (1919-2011) Bezug auf den Schöpfer der ersten Simulationen für den Club of Rome, den Kybernetiker *Jay W. Forrester* (1918 - 2016): „Das aber bedeutet (...), dass die komplexen Systeme von Haus aus „gegenintuitiv“ sind. Sie beruhen auf der Wechselwirkung zu vieler Variabler, als dass der menschliche Geist imstande wäre, alle gleichzeitig in korrekter Reihenfolge zu überblicken. Anders ausgedrückt, das intuitive Urteil eignet sich laut Forrester für die für einfachere Systeme charakteristischen Ursache-Wirkungs-Beziehungen, während bei komplexen Systemen die wirklichen Ursachen verborgen bleiben oder zeitlich zurückliegen oder, häufiger noch, in der auf Antrieb nicht erkennbaren Struktur des Systems selbst beschlossen sein können. Deshalb sollte man die Entscheidungen in diesen Fällen nicht auf Grund intuitiver Urteile, sondern an Hand von Algorithmen treffen“ (Bell 1975, S. 45-47, Forrester 1969, S. 10-11, zit. n. Bell).

Demnach müssen wir also einsehen, dass die „mechanische“ Operativität des Universums, die u.a. auch unsere Gehirne hervorgebracht hat, weit umfassender und leistungsfähiger ist als unsere „Verstandesmechanik“. In anderen Worten, die bislang etablierten, uns zu Gebote stehenden organischen intellektuellen Mittel reichen offenbar nicht aus, *komplexe Prozesse* adäquat formal zu beschreiben und nachzuvollziehen. Was *Bell* mit *Forrester* hier im Grunde anregt, ist die *Etablierung einer maschinellen Prothetik* für unseren Intellekt im Dienste der Wissens- und Erkenntnisprozesse, um das zu unterstützen, was für den Kybernetiker *Gregory Bateson* (1904-1980) „in der Tat ein Hauptziel des Wissenschaftlers“ ist, nämlich „diese Redundanzen und Musterungen der phänomenalen Welt zu erschließen“ (Bateson 1999, S.534).

Das klingt zunächst verlockend, jedoch birgt ein solches Vorgehen durchaus auch Gefahren. Es ist der Beobachtungsgabe und der methodischen Akkuratessse von *Richard Sennett* zu danken, dass wir eine gewisse Klarheit über *antidialektische Wirkungen von Software* haben. So können Computer-Werkzeuge zur Zusammenarbeit in Netzwerken durchaus sinnvolle Abschweifungen und Nebenüberlegungen unterdrücken und allzu schnell zu Konkretisierung und Ergebnisproduktion drängen und dadurch komplexere Problemstellungen und ihre Beschreibungen unzulässig vereinfachen. Ein solcher *struktureller Bias* kann unbeabsichtigt nicht nur Projektergebnisse sondern ganze Projektstrukturen zum Nachteil beeinflussen. Bei einem Projekt zur soziologischen Analyse von Migrationsbewegungen in Großbritannien fiel es dem Soziologen auf, dass die Funktionsweise des zu Kooperation und Kommunikation genutzten Werkzeugs Google Wave dazu tendierte, „Nebensächlichkeiten in Seitenfenster zu verschieben oder sie ganz aus dem Blick zu bekommen, sodass auf der Hauptebene ein gerader Weg dokumentiert wird. Indem es Unerhebliches am Wegesrand zurücklässt, will dieses Verfahren die Zusammenarbeit ökonomischer gestalten als der mündliche Dialog. Google Wave arbeitet nach dem Prinzip der linearen Erzählung, bei der man Schritt für Schritt zur Lösung gelangt. Doch das Programm kann mit den Verwicklungen, die bei der gemeinsamen Arbeit entstehen, nicht umgehen. Es bleibt kein Platz für scheinbar Irrelevantes“ (Sennett, 2011). Mit anderen Worten, diese vom Konzern inzwischen zurückgezogene Software vermag mit komplexen Projektstrukturen nicht umzugehen.

Das ist – gewissermaßen als das methodische Gegenteil oder Komplement zur thematischen Konvergenz – durch etwas zu ergänzen, das für gewöhnlich gar nicht zu Software oder künstlicher

Intelligenz gerechnet wird, das aber genau das ist, nämlich der *Zettelkasten als semantisches Netzwerk*. Sein Prinzip erlaubt Einzelpersonen oder Gruppen eine Erweiterung des Möglichkeitsraums zum Auffinden von Zusammenhängen, die u. U. gar nicht gesucht wurden, eine Steigerung der *Serendipität* durch eine Art zweites externes Gehirn, das – mittlerweile in Software realisiert – schon auf der Basis von Papier und Holz hervorragend funktionierte. Dies ist belegt durch das Lebenswerk zweier seiner prominentesten Nutzer, *Niklas Luhmann* (1927-1998) und *Friedrich Kittler* (1943-2011).

Allerdings vermitteln die unbestritten beeindruckenden Rechenleistungen mancher Algorithmen gerade im Bereich der sogenannten künstlichen Intelligenz nicht selten den Eindruck, dass eine Delegation von Aufgaben an entsprechende Maschinen zu Lasten unserer *Autonomie* geht. Die Technik, die Superintelligenz wird uns beherrschen. In dieser Feststellung wird jedoch übersehen, dass ein Verlust von Autonomie unsererseits der Maschine gegenüber, unsere Abhängigkeit von unserer Technik, eben nicht einhergeht mit einem Gewinn von Autonomie der Maschine.

Eine Maschine, ein Algorithmus, eine algorithmische Maschine kann als Blaupause und Konstruktionsprinzip nur das enthalten, was *formalisierbar* ist. *Gotthard Günther* (1900-1984) bemerkt allerdings, dass „das dialektische Denken“ (...) „also aller Formalisierung vorausgehen muss“ und dass „es zur Kraft der Dialektik“ gehöre, „dass sie Formalisierungen ihrer selbst aus sich entlassen kann“, dass sie aber „auch die Kraft“ hat „jeder Formalisierung vorauszuweichen und unerreichbares Ziel des formalen logischen Prozesses zu bleiben“ (Günther 2007, S. 61).

*Dialektisches Denken* geht also dem *formalen Denken* und damit aller Formalisierung immer und grundsätzlich voraus, oder, anders gewendet, dialektisches Denken gehört zu den *notwendigen Bedingungen aller Formalisierung*. Entgegen jedwedem Autonomieverlust kann dies mit *Rudolf Kaehr* (1942 - 2016) als Plädoyer dafür verstanden werden, „dass wir möglichst alles, was wir heute überhaupt haben, an die Maschine abgeben können, um an etwas heran zu kommen, was uns bis dahin immer verdeckt war, nämlich sozusagen die reine Faktizität unserer Existenz“ (Kaehr et al, 2000).

#### 4. Schlussfolgerungen

„Die digitalen Technologien sind unsere beste Hoffnung, aber auch unser größter Feind.“ (Morozov 2015, S.23) Dieser einfache Satz des Internettheoretikers *Evgeny Morozov* kann als ein weiterer Ausdruck des Spannungsbogens zwischen Technologieeuphorie und Kulturpessimismus, zwischen Hype und Horror interpretiert werden. Beides ist nicht angebracht.

Allerdings steckt darin auch die Forderung nach einer Entscheidung, und diese ist gleichbedeutend mit der Forderung nach einem Primat der Politik. Eine demokratische Zurückweisung beider polarer Haltungen kann allerdings nur dann erreicht werden, wenn über bloße politische Scheindebatten zur medialen Demokratiesimulation hinaus auch die Wirtschaft auf allen Ebenen demokratisiert wird. Dies setzt ein gewisses Maß ökonomischer Bildung voraus, da „Wirtschaftsdemokratie“ auch die Demokratisierung von Kapitalentscheidungen bedeutet, wie dies von *Heinz-J. Bontrup* beschrieben wurde (Bontrup 2013, S.605ff.).

Entweder wir haben es tatsächlich mit einer nicht aufzulösenden Aporie zu tun oder unsere Verstandesmechanik reicht nicht aus, die komplexen Wirkzusammenhänge von und zwischen Natursystemen und sozioökonomischen Systemen zu erfassen und zu nutzen, um die längerfristige Existenz unserer Spezies als technische Gesellschaften zu sichern.

Allerdings haben wir unsere Technik, die nicht nur Mittel ist, sondern auch Identität stiftet und zu den Bedingungen der Möglichkeit unserer Existenz gehört, und wir können versuchen, mithilfe der

Technik in Gestalt der Digitalisierung und möglicher auch post-digitaler technischer Weiterentwicklungen uns nicht nur mit Kraft-, sondern auch mit Denk-Prothetiken auszustatten, d.h. mit dem, was *Mark Buchanan* „telescope for the mind“ (Buchanan 2008) nennt, um eine neue ökonomisch-ökologische Technik der Nachhaltigkeit zu realisieren.

Das erfordert auch, dass wir unsere im Grunde diskriminierende Haltung gegenüber der Materie, dem Stoff, der Natur aufgeben, die wir dadurch, dass wir sie auf rein ökonomische Zwecke reduzieren, einem *Prostitutionsverhältnis* aussetzen, das letztlich in *Selbstdiskriminierung* umschlagen muss, da wir dieser Natur entstammen.

Gelingt uns das nicht, haben wir kurz- oder mittelfristig der Endlichkeit unserer Spezies als technischer Zivilisation ins Auge zu sehen. Technikpessimismus oder -verweigerung ist nicht angebracht; das hieße, das Menschsein und sein Wesensmerkmal zu negieren.

In den Kippunkten menschlicher Aktivität liegen auch die Möglichkeiten, Bedingungen für materielle und immaterielle Prozesse grundlegend zu verändern. Die Evolution hat uns das vorgemacht. Auch unsere Rationalität kann evolvieren.

## 5. Literaturverzeichnis

- Anderson, C. (2008): The End of Theory: The Data Deluge Makes the Scientific Method Obsolete; WIRED Magazine, San Francisco, online: <https://www.wired.com/2008/06/pb-theory>.
- Ashby, W. R. (1957): Einführung in die Kybernetik, London
- Bateson, G. (1999): Ökologie des Geistes, Frankfurt a.M.
- Bell, D. (1975): Die nachindustrielle Gesellschaft, Frankfurt a.M.
- Bontrup, H.-J. (2013): Arbeit, Kapital und Staat – Plädoyer für eine demokratische Wirtschaft, 5. Aufl., Köln
- Borst, A. (2004): Computus – Zeit und Zahl in der Geschichte Europas, Berlin 2004
- Bostrom, N. (2014): Superintelligenz, Berlin
- Bretschneider-Hagemes, M. (2017): Scientific Management reloaded? - Zur Subjektivierung von Erwerbsarbeit durch postfordistisches Management, Wiesbaden
- Brown, W. (2015): Die schleichende Revolution, Berlin
- Butterwegge, C., Lösch, B., Ptak, R. (2008), Kritik des Neoliberalismus, 2. Aufl., Wiesbaden
- Castells, M. (2001): Das Informationszeitalter, Bd 1, Der Aufstieg der Netzwerkgesellschaft, Prolog: Das Netz und das Ich, eng. Originalausgabe 1996, dt., Opladen 2001
- Christiaans, T. (2004): Neoklassische Wachstumstheorie, Habilitationsschrift, Universität Siegen, <https://dspace.uni-siegen.de/bitstream/ubsi/91/1/christiaans.pdf>
- Conrad, O. (1934): Die Todsünde der Nationalökonomie, Leipzig und Wien
- Elsner, W. (2015): Sozioökonomie und Evolutorischer Institutionalismus – Elemente und Konvergenzen moderner „Heterodoxien“, in: Was ist und wozu Sozioökonomie?, Hedtke, R. (Hrsg.), Wiesbaden
- Elsner, W. (2016): Institutionenökonomik; Vorlesung im Rahmen der Ringvorlesung Denkschulen und aktuelle Kontroverse der Ökonomik, FU Berlin, <https://www.youtube.com/watch?v=gB2TBO9tkA0>
- Flusser, V. (1999): Die Informationsgesellschaft, Phantom oder Realität?, Audio, Vortrag auf der CulTec in Essen vom 23.11.1991, Supposé-Verlag, Köln
- Flusser, V. (1998): Vom Subjekt zum Projekt – Menschwerdung, Kap. 8, Technik entwerfen, Frankfurt a.M.
- Foerster, H. von, et al (1974): Cybernetics of Cybernetics, The Control of Control and the Communication of Communication, Univ. of Illinois, Urbana, Ill.
- Foerster, H. von (1993): Wissen und Gewissen, Frankfurt a.M.

Forrester, J. W. (1969): Urban Dynamics, Cambridge, Mass.

Foster, J. (2005): From simplistic to complex systems in economics: Cambridge Journal of Economics, 29 (6)

Foucault, M. (2004): Die Geburt der Biopolitik, Frankfurt a. M.

Gabler Wirtschaftslexikon (2029), Wiesbaden, Online:  
<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/maschine-40202>

Gambhir, A., Butnar, I., Pei-Hao, L., Smith, P., Strachan, N. (2019): A Review of Criticisms of Integrated Assessment Models and Proposed Approaches to Address These, through the Lens of BECCS; Energies 2019, 12(9), 1747, Online: <https://doi.org/10.3390/en12091747>

Georgescu-Roegen, N. (1971): The Entropy Law and the Economic Process. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Goldammer, Eberhard von & Kaehr, R. (1987): Transdisziplinarität in der Technologieforschung und Ausbildung, Seminar-Vortrag, in: Seminarbericht, Interdisziplinäre Technik, Initiative Appropriate Technology München, Sonderdruck Fachschaft Maschinenbau, TU München, online: <https://www.vordenker.de/vgo/transdiziplinariaet-technologieforschung.pdf>

Goldammer, E. von (2001): Beobachtungen - Ein halbes Jahrhundert nach Norbert Wiener oder "Kybernetik als Schrebergartenidee ?", Neuss, Online:  
<https://www.vordenker.de/vgo/beobachtungen.pdf>

Gould, S. J. (1998): Illusion Fortschritt - Die vielfältigen Wege der Evolution, Frankfurt a.M.

Gray, J. H. (2009): Politik der Apokalypse, Stuttgart

Günther, G. (1980): Maschine, Seele und Weltgeschichte, in: G. Günther, Beiträge zur Grundlegung einer operationsfähigen Dialektik, 3. Band, Hamburg

Günther, G. (2007): Das Ende des Idealismus und die letzte Mythologie; Unveröff. Manuskript (Fragment, entstanden nach 1950), im Besitz der Staatsbibliothek Preußischer Kulturbesitz, Nachlass 196, Handschriftenabteilung, Berlin, Neuss 2007, Online:  
[https://www.vordenker.de/ggphilosophy/gg\\_ende-idealismus.pdf](https://www.vordenker.de/ggphilosophy/gg_ende-idealismus.pdf)

Hamacher, W. (2011): Technik, Löffelheit, gedachter Verstand; Vortrag Bochumer Kolloquium Medienwissenschaften (Hrsg. Erich Hörl), 25.05.2011 – Online:  
[https://www.ruhr-uni-bochum.de/bkm/archivseiten/23\\_hamacher.html](https://www.ruhr-uni-bochum.de/bkm/archivseiten/23_hamacher.html)

Hayek, F. A. (1945): The Use of Knowledge in Society, American Economic Review 35 (1945): 519-553

Hayek, F. A. (1998): Law, legislation and liberty: a new statement of the liberal principles of justice and political economy, Vol 1, London 1998

Hennicke, P. (2020): Würde Engels heute für Postwachstum kämpfen? - Eine Entdeckungsreise zum gesellschaftlichen Naturverhältnis, in: Arbeiten am Widerspruch – Friedrich Engels zum 200. Geburtstag, Hrsg.: Rainer Lucas, Reinhard Pfriem, Hans-Dieter Westhoff, Marburg, S. 469-498, online: <https://www.alternative-wirtschaftspolitik.de/kontext/controllers/document.php/742.f/9/c32477.pdf>

Hofmann, W. (1971): Einkommenstheorie. Vom Merkantilismus bis zur Gegenwart, 2. Aufl., Berlin

Kaehr, R. & Schmitt, T. (2000): Freistil oder die Seinsmaschine - Mitteilungen aus der Wirklichkeit, TV-Produktion des WDR, Transkript in: [www.vordenker.de](http://www.vordenker.de) (Edition: März 2000) J. Paul (Ed.)  
 Online: [https://www.vordenker.de/rk/rk\\_Freistil-oder-die-Seinsmaschine\\_2000.pdf](https://www.vordenker.de/rk/rk_Freistil-oder-die-Seinsmaschine_2000.pdf)

Imanishi, K. (2002): Seibutsu no Sekai, jap. Orig, Tokio 1940; dt.: Die Welt der Lebewesen, München

Kaehr, R. (2004): Skizze eines Gewebes rechnender Räume in denkender Leere, in: [www.vordenker.de](http://www.vordenker.de), Sommer-Edition 2004, (J. Paul, Ed.), Glasgow, Neuss 2004, online:  
[https://www.vordenker.de/ggphilosophy/kaehr\\_skizze\\_36-120.pdf](https://www.vordenker.de/ggphilosophy/kaehr_skizze_36-120.pdf)

Kromphardt, J. (1991): Konzeptionen und Analysen des Kapitalismus, 3. Aufl., Göttingen

- Lamperti, F. & Mandel, A., Napoletano, M., Sapio, A., Roventini, A., Balint, T., Khorenzhenko, I. (2018): Towards agent-based integrated assessment models: examples, challenges, and future developments, *Regional Environmental Change* volume 19, p. 747–762(2019)
- Lenton, T. M. & Held, H., Kriegler, E., Hall, J. W., Lucht, W., Rahmstorf, S. and Schellnhuber, H. J. (2008): Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Online Early Edition
- Levine, R. (1999): *Eine Landkarte der Zeit*, München
- Linde, H. & Hill, B. (1993): *Erfolgreich erfinden – Widerspruchsorientierte Innovationsstrategie für Entwickler und Konstrukteure*, Darmstadt
- Maturana, H. R. (1982): *Erkennen: Die Organisation und Verkörperung von Wirklichkeit*, Braunschweig
- Marx, K. (1971): *Zur Kritik der politischen Ökonomie*, MEW Bd. 13, Berlin
- Marx, K. (1974): *Das Kapital*, Bd. 3 (1894), Berlin
- Mirowski, P. (2015): *Untote leben länger*, Berlin
- Morozov, E. (2013): *Smarte neue Welt – Digitale Technik und die Freiheit des Menschen*, München
- Morozov, E. (2015); *Eine humane Gesellschaft durch digitale Technologien?*, (Hrsg.) Wolfgang Thierse et al., Essen
- Müggenburg, J. (2018): *Lebhafte Artefakte – Heinz von Foerster und die Maschinen des Biological Computer Laboratory*, Konstanz
- Nancy, J.-L. (2008): *Destruktion als Erinnerung der Struktion oder Techné*, Vortrag am Bochumer Kolloquium Medienwissenschaften, 08.12.2008  
[https://www.ruhr-uni-bochum.de/bkm/archivseiten/12\\_nancy.html](https://www.ruhr-uni-bochum.de/bkm/archivseiten/12_nancy.html)
- Nash, J. F. (1950): *Non-cooperative games*. Dissertation, Princeton University
- Nordhaus, W. D. (1992): *Lethal Model 2: The Limits to Growth Reconsidered*, Brookings Papers on Economic Activity, 1-59.
- Paul, J. (2013): *Zugänge – oder: Das Wir und unsere Technik*; in: *TRANS- / Reflexionen über Menschen, Medien, Netze und Maschinen*, Berlin
- Paul, J. (2014): *Rethinking Leibniz - Transhumanismus in der Dekonstruktion* in: Kluge, Sven; Lohmann, Ingrid; Steffens, Gerd (Red.) - *Jahrbuch für Pädagogik 2014 - Menschenverbesserung - Transhumanismus*, Jahrbuch für Pädagogik (Band 29), Frankfurt a.M., Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien, 2014, Online: <https://www.vordenker.de/blog/?p=1024>
- Paul, J. (2017): *Über Monster und Kurzschlüsse der Erkenntnis - Oder: Keine Angst vor künstlicher Intelligenz*, in: *agora 42 - Das philosophische Wirtschaftsmagazin* (2), Stuttgart [www.agora42.de](http://www.agora42.de)
- Paslack, R. (1991): *Urgeschichte der Selbstorganisation: Zur Archäologie eines wissenschaftlichen Paradigmas*, Braunschweig, Wiesbaden
- Piketty, T. (2020): *Kapital und Ideologie*, München
- Polotzek, L. & Spangenberg, J. (2019): *Die blinden Flecken der neoklassischen Klimaökonomik*, MAKRONOM, Magazin für Wirtschaftspolitik, Berlin 08.11, online: <https://makronom.de/die-blinden-flecken-der-neoklassischen-klimaoekonomik-34022>
- Prigogine, I. (1992): *Vom Sein zum Werden*, München, Zürich
- Randow von, G. (1993): *Die Kunst, Flöhe zu falten*, DIE ZEIT 29, 1993, Hamburg, Online: <https://www.zeit.de/1993/29/die-kunst-floeh-zu-falten/komplettansicht>
- Robinson, J. (1965): *Doktrinen der Wirtschaftswissenschaften. Eine Auseinandersetzung mit ihren Grundgedanken und Ideologien*, München
- Robinson, J., Eatwell, J. (1974): *Einführung in die Volkswirtschaftslehre*, München
- Rullani, E. (2011): *Ökonomie des Wissens - Kreativität und Wertbildung im Netzwerkkapitalismus*, Wien, Berlin
- Scherzer von, K. (1880): *Weltindustrien. Studien während einer Fürstenreise durch die britischen Fabrikbezirke*. Band XII. Maier, Stuttgart

- Schuster, H. G. (1984): Deterministic Chaos, Weinheim
- Schwenker, B. (2020): Es geht darum, Denken gelernt zu haben; Interview, in: Die Zeit vom 07. Mai
- Sennett, R. (1977): The Fall of Public Man, New York
- Sennett, R. (2011): Schlauer, als der Chef erlaubt, in: Die Zeit vom 24. März
- Serres, M. (2013): Erfindet euch neu! - Eine Liebeserklärung an die vernetzte Generation, Berlin
- Shapiro, J. A. (2011): Evolution – A View from the 21st Century, New Jersey, p. 147
- Smith, A. (1776, (2005): Untersuchungen über Wesen und Ursachen des Reichtums der Völker („Wohlstand der Nationen“), aus dem Englischen übersetzt von Streissler, M., herausgegeben und eingeleitet von Streissler, E. W., Tübingen
- Spangenberg, J. (2006): Sustainable development in a globalising world. Dealing with complexity. European approaches and experiences: a survey (www document). Online: [http://seri.academia.edu/JoachimHSpangenberg/Talks/40868/Sustainable\\_Development\\_in\\_a\\_Globalising\\_World\\_Dealing\\_with\\_Complexity\\_European\\_Approaches\\_and\\_Experiences\\_A\\_Survey](http://seri.academia.edu/JoachimHSpangenberg/Talks/40868/Sustainable_Development_in_a_Globalising_World_Dealing_with_Complexity_European_Approaches_and_Experiences_A_Survey)
- Spangenberg, J. (2011): Sustainability science: a review, an analysis and some empirical lessons, Environmental Conservation 38 (3), online: <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/sustainability-science-a-review-an-analysis-and-some-empirical-lessons/B872D0CC2811D081E6A596D8E84CFA55>
- Stiglitz, J. E. (1985): “Information and Economic Analysis: A Perspective.” Economic Journal 95, supplement: Conference Papers
- SZ, Süddeutsche Zeitung (2010): Konrad Zuse - Der Großrechner, online: <https://www.sueddeutsche.de/digital/computerpionier-konrad-zuse-der-grossrechner-1.963104>
- Varela, F. J., Maturana, H. R., Uribe, R. (1974): Autopoiesis: The organization of living systems, its characterization and a model, in: Biosystems. 5
- Veblen, Thorstein B. (1898): „Why is Economics not an Evolutionary Science?“, The Quarterly Journal of Economics, vol. 12, No. 4.
- Weyl, H. (1928): Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft, München
- Willke, G. (2002): John Maynard Keynes, Frankfurt a.M.
- Wittmer, D., Scharp, M., Bringezu, S., Ritthoff, M., Erren, M., Lauwigi, C., Giegrich, J. (2011): Umweltrelevante metallische Rohstoffe, Meilensteinbericht des Arbeitsschrittes 2.1. des Projekts „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“, Ressourceneffizienz Paper 2.1; Wuppertal 2011, online: <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/docId/3970>

## Zur Person

Dr. Joachim Paul ist seit 1998 wissenschaftlicher Referent für neue Medien am LVR-Zentrum für Medien und Bildung und betreut den Mediendienst EDMOND NRW zur Bereitstellung von digitalen Bildungsmaterialien für alle Schulen in NRW, den er von 1999 bis 2003 mitentwickelt hat. Er diplomierte 1987 im Fach Physik, Schwerpunkt Angewandte Physik/Biophysik, an der Ruhruniversität Bochum und wurde nach Durchführung mehrerer IT-Projekte u.a. für die EU zu neuronalen Netzwerken und genetischen Algorithmen 1993 mit einem Thema zur Exploration medizinischer Daten mit neuronalen Netzwerken an der Universität Witten/Herdecke promoviert. Von 2012 bis 2017, in der 16. Wahlperiode, war er Abgeordneter der Piratenfraktion im Landtag von Nordrhein-Westfalen und von 2012 bis 2015 deren Vorsitzender. Darüber hinaus nahm er die Aufgaben des hochschul-, europa- und wirtschaftspolitischen Sprechers seiner Fraktion wahr. Als freier Forscher und Autor gilt sein wissenschaftliches Interesse die digitale Revolution betreffenden Fragen sowie Medien- und Technikphilosophie, Kybernetik und mehrstelligen Logiksystemen.