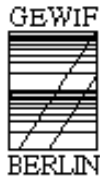

**Ambivalenz der Wissenschaft:
Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2017**

Herausgegeben von
Klaus Fischer und Heinrich Parthey

Gesellschaft für
Wissenschaftsforschung



Klaus Fischer
Heinrich Parthey (Hrsg.)

**Ambivalenz
der Wissenschaft**

Wissenschaftsforschung
Jahrbuch 2017

Mit Beiträgen von:

Klaus Fischer • Klaus Fuchs-Kittowski

Matthias Groß • Horst Kant

Makaytl Kilic • Heinrich Parthey

Wissenschaftsforschung
Jahrbuch **2017**

Bibliographische Informationen Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-96138-156-2

© 2019 Wissenschaftlicher Verlag Berlin

Olaf Gaudig & Peter Veit GbR

www.wvberlin.de

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung, auch einzelner Teile, ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig. Dies gilt insbesondere für fotomechanische Vervielfältigung sowie Übernahme und Verarbeitung in EDV-Systemen.

Druck und Bindung: Schaltungsdienst Lange o.H.G., Berlin

Printed in Germany

€ 42,00

Inhaltsverzeichnis

<i>Vorwort</i>	7
KLAUS FISCHER <i>Ambivalenz des wissenschaftlich-technischen Fortschritts</i>	9
MATTHIAS GROß <i>An der langen aber straffen Leine halten: Ambivalenz der Kontrolle und Nichtwissen in Realexperimenten</i>	39
HEINRICH PARTHEY <i>Ambivalenz der experimentellen Methode in der Forschung</i>	57
MAKAYIL KILIC <i>Vernetztes Testen elektronischer Komponenten der Entwicklung neuer Technologien über das Internet - Chancen und Risiken</i> <i>Ambivalenz des wissenschaftlich-technischen Fortschritts</i>	61
KLAUS FUCHS-KITTOWSKI <i>Ambivalenz der Wissenschaft - der Molekularbiologie und Informatik</i>	69
HORST KANT <i>Die Erforschung und Nutzung der Kernenergie - ihre Ambivalenz(en) im historischen Kontext</i>	135
<i>Autoren</i>	173
<i>Anhang: Eugen Bleuler (1914): Die Ambivalenz</i>	175
<i>Bibliographie Werner Ebeling.</i> <i>Zusammengestellt anlässlich seines 80. Geburtstages</i>	185
<i>Bibliographie Horst Kant.</i> <i>Zusammengestellt anlässlich seines 70. Geburtstages</i>	217
<i>Publikationen der Mitglieder im Jahre 2016</i>	247
<i>Namensregister</i>	253
<i>Sachregister</i>	259
<i>Jahrbücher Wissenschaftsforschung</i>	261

Vorwort

Forschung ist methodisches Bearbeiten und Lösen von Problemen, die nach dem gegebenen Wissensstand der Wissenschaft zwar gestellt, aber nicht beantwortet werden können, sodass neues Wissen methodisch reproduzierbar zu gewinnen ist. Wenn im dazu entwickelten methodisches Vorgehen Beobachtbares erzeugt wird, in denen nach Galileo Galilei das Wesen stärker in Erscheinung tritt¹, kann es zur Ambilanz der Wissenschaft kommen, die im Interesse der Gesellschaft vermieden werden sollte. Mit Ambivalenz wird dabei in Anlehnung an ihren psychologischen Gebrauch² ein oft konflikthafter Zustand bezeichnet, in dem gleichzeitig entgegengesetzte Handlungsansätze wie Zuwendung-Ablehnung in bezug auf dasselbe Objekt bestehen. Experimenteller Forschung kommt zunehmende Ambivalenz ihrer Auswirkungen auf Gesellschaft und Wissenschaft zu.

Das hat in unserem Jahrhundert zur Schließung von Einrichtungen kernphysikalischer Forschung und von Kernkraftwerken bis hin zur strafrechtlichen Verfolgung von Forschung an menschlichen Embryonan geführt. Ersteres gilt beispielsweise sowohl für die seit 1938 experimentell erzeugte und zur Energiegewinnung genutzten Kernspaltung (mit ihrer über einen großen Zeitraum für menschliches Leben gefährlichen radioaktiven Strahlung) und eine strafrechtlichen Verfolgung gilt in Deutschland für die in der Forschung praktizierten gentechnischen Manipulation menschlicher Embryonen.³ Ethiker und Juristen ergreifen international das Wort, und natürlich die Koryphäen der Crispr-Zunft: Jennifer Doudna, die Entdeckerin der Methode, und ihre Mitstreiterin Emmanuelle Charpentier, die ans Berliner Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie gewechselt ist.⁴

1 Galilei, G.: *Discorsi e dimostrazioni matematiche*, Leiden 1638, Deutsch: *Dialog über die beiden hauptsächlichen Weltsysteme*. Leipzig 1891.

2 Eugen Bleuler (1914): *Die Ambivalenz* Festgabe zur Einweihung der Neubauten der Universität Zürich 18. IV. 1914 (Festgabe der medizinischen Fakultät). Zürich: Schulthess & Co. 1914, S. 95-106.

3 Gesetz zum Schutz von Embryonen vom 13. Dezember 1990. Bundesgesetzblatt I, 2746

4 Zur Herausbildung experimenteller Methodik in der Embryonalforschung siehe: Lauder, E., The Heroes of CRISPR. – In: *Cell*. 164(2016)1-2, S. 18 – 28.

Die Gesellschaft für Wissenschaftsforschung hat sich diesen Fragestellungen angenommen und sie im Rahmen ihrer Jahrestagung im Institut für Bibliotheks- und Informationswissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin am 31. März 2017 unter dem Thema „Ambivalenz der Wissenschaft“ analysiert und diskutiert. Dabei ist es gelungen, theoretische Überlegungen mit historischen und aktuellen Fakten zu verbinden. Die Ergebnisse dieser Tagung werden in diesem Jahrbuch der Gesellschaft für Wissenschaftsforschung dem interessierten Leser vorgestellt.

Trier und Berlin im Juli 2019
Klaus Fischer & Heinrich Parthey

Ambivalenz des wissenschaftlich-technischen Fortschritts

Nach Aristoteles (Metaphysik, 1. Buch, erster Satz) streben alle Menschen von Natur aus nach Wissen.¹ Das erscheint vielen plausibel, hält aber dem Alltagstest nicht stand. Dem Mediennutzungsverhalten nach zu urteilen, scheint die aristotelische Annahme für die Mehrzahl der Menschen nur in einem sehr eingeschränkten Sinn zuzutreffen. Zwar erscheint der Alltagsmensch (wie viele andere Säugetiere) als sehr neugierig – nach Klatsch, dem neuesten Gerücht, der aktuellsten Diät oder der angesagtesten Mode – aber er strebt nur selten nach der Art von Wissen, die ein Wissenschaftler für relevant hält. Selbst dieser interessiert sich zumeist nur für einen kleinen Ausschnitt aus dem Panorama des Wissens, der sein Spezialgebiet abdeckt und belässt es im übrigen bei mehr oder weniger zufällig aufgeschnapptem Halbwissen.

Selbst das unbedingte Wissenwollen ist als Ziel hinterfragbar. Wollen wir wirklich wissen, ob uns unser Lebenspartner schon einmal hintergangen hat, wie lange wir noch zu leben haben, ob unsere Kinder vor uns sterben, für welche Krankheiten wir genetisch disponiert sind oder wie hoch die Wahrscheinlichkeit für Unfälle oder andere katastrophale Ereignisse in unserem Leben tatsächlich ist? Natürlich kann der konstitutionelle Optimist diese Argumentation auf den Kopf stellen und nach der Wahrscheinlichkeit für positive Entwicklungen fragen. Vielleicht werde ich ja Hundert, wurde noch nie betrogen, habe keine besonderen Krankheitsdispositionen und sehe glücklichen Zeiten entgegen. Schon in diesen trivialen Überlegungen zeigt sich eine fundamentale Ambivalenz im Streben nach Wissen. Auf der einen Seite eine nur schwer zügelbare Neugierde, auf der anderen Seite die Angst, was bei der Befriedigung der ersteren zum Vorschein kommen könnte.

1 Aristoteles bewertet dieses Streben im Gegensatz zu Augustinus uneingeschränkt positiv.

Zum Begriff der Ambivalenz

Damit ist zugleich der Sinn des Begriffs Ambivalenz angedeutet. Ambivalenz bedeutet nicht einfach, dass eine Sache zwei Seiten hat, sondern bezeichnet einen Spannungszustand, dem ein innerer Konflikt zugrunde liegt. Psychologisch gesehen handelt es sich (nach „Wiktionary“) um „Wünsche, Gefühle, Vorstellungen, die gegensätzlich sind, jedoch nebeneinander bestehen und daher zu inneren Spannungen führen“. Passend dazu versteht „Wikipedia“ unter Ambivalenz „eine Dichotomie von Sichtweisen, die gegensätzliche Reaktionen bedingen und letztlich die Fähigkeit zu einer Entscheidung im weitesten Sinne hemmen“. Angewandt auf unser Thema bedeutet diese Begriffsbestimmung, dass im wissenschaftlich-technischen Fortschritt eine fundamentale Spannung liegt, die nicht aufgelöst werden kann, weil sie immer wieder – und oft an unvorhergesehener Stelle – neu aufbricht und von den jeweils Beteiligten und Betroffenen auf kreative, verantwortungsvolle, oft sehr persönliche, manchmal tragische, aber immer unsichere Weise gelöst werden muss.

Ambivalenz kann auf verschiedenen Ebenen auftauchen. Robert K. Merton sieht in der Rolle des Wissenschaftlers eine Ambivalenz, die darauf hindeutet, „dass die gesellschaftliche Institution Wissenschaft mangelhaft integriert ist, insofern sie nämlich potentiell unvereinbare Werte in sich faßt: darunter den Wert der Originalität, der die Wissenschaftler veranlaßt, auf Anerkennung ihrer Priorität zu drängen, und den Wert der Bescheidenheit, der die Wissenschaftler veranlaßt, hervorzuheben, wie wenig sie in Wirklichkeit zu leisten imstande waren.“²

Eine andere Ebene erreichen wir, wenn wir die Einstellung von Individuen oder Gruppen gegenüber Wissenschaft und Technologie betrachten: Die Einstellung der Wissenschaftler und Techniker zu ihrem Produkt; die Einstellung verschiedener gesellschaftlicher Gruppen oder Aggregate gegenüber Wissenschaft und Technik; die Haltung des Staates und seiner Sicherheitsorgane gegenüber den Wissenschaftlern, ihrer Arbeit und ihren Ergebnissen.

Schließlich kann man die Ebene der Einstellungen von Individuen, Gruppen oder Institutionen verlassen und die Ergebnisse von Wissenschaft und Technik mit den Versprechungen und Hoffnungen, die historisch mit ihnen verbunden wurden, konfrontieren. Bei dieser Fragestellung geht es darum zu untersuchen, wie Wissenschaft und Technik in der realen Welt gewirkt haben, welche Ergebnisse sie erzielt haben, welche Nebenwirkungen, Kollateralschäden, Externalitäten, unvorhergesehene Folgen und paradoxe Effekte aus ihnen erwachsen sind.

2 Merton, R. K., Die Ambivalenz des Wissenschaftlers. – In: Merton, R. K., Entwicklung und Wandel von Forschungsinteressen. Frankfurt: Suhrkamp 1985, S. 117.

Wir werden uns im Folgenden vor allem mit den beiden letztgenannten Ebenen von Ambivalenzen beschäftigen und beginnen mit dem zuletzt genannten Punkt.

Externalitäten, unvorhergesehene Folgen und paradoxe Effekte von Wissenschaft und wissenschaftsbasierter Technik

Es ist schwer bestreitbar, dass die ständig wachsende und ständig mehr Ressourcen verbrauchende Menschheit in ihrem alltäglichen Stoffwechsel mit der Natur in der Summe gesehen immer stärker in die letztere eingreift. Welche Rolle Wissenschaft und Technologie dabei spielen, wird kontrovers beurteilt. Dass das Wirkungspotential beider im Zuge des technischen und wissenschaftlichen Fortschritts und der immer stärkeren Technisierung und Verwissenschaftlichung fast aller Bereiche der Weltgesellschaft zugenommen hat, ist schwer zu bestreiten. Schon weniger konsensfähig ist, ob die tatsächlichen Wirkungen von Wissenschaft und Technologie sich eher in einer Vergrößerung des Nutzen- oder des Schadenspotentials niederschlagen. Dabei ist beides immer weniger deutlich trennbar – ein klares Indiz für Ambivalenz. Hans Jonas hat bereits 1982 auf das „vexierende Dilemma der modernen Technik“ hingewiesen, dass „ihre ›Pflugscharen‹ auf lange Frist ebenso schädlich sein können wie ihre ›Schwerter‹“.³ Es ist keine Frage guten oder bösen Willens, guter oder böser Absichten, sondern eine Folge schierer Größe. Auch die friedliche Nutzung der Erdoberfläche zur Nahrungserzeugung führt bei stetig wachsender Bevölkerung zu schweren ökologischen Schäden: großflächige Bodenerosion, Monokulturen, Artensterben, Klimaveränderungen, Vernichtung der Regenwälder, Anreicherung der Böden mit Salz, Phosphat, Uran, Schwermetallen und chemischen Rückständen. Das ist kein neues Phänomen, sondern war teilweise schon in der Antike (großflächige Abholzung, Verkarstung) oder sogar schon im Neolithikum (Auslaugung und Versalzung der Böden) zu beobachten.

Darauf könnte man erwidern, dass dies allenfalls die Ambivalenz unseres Umgangs mit der Natur belegt. Hierbei gibt es nicht nur Skaleneffekte (ab einer gewissen Größe eines Eingriffs reagiert die Umwelt auf ungeplante Weise) und unvorhergesehene Kollateralschäden (die ab einem gewissen Punkt sogar dominieren können), sondern auch schierem Raubbau an globalen Ressourcen und leider auch Ausflüsse menschlicher Dummheit. Leider ist es so einfach nicht. Der Stoffwechsel einer immer zahlreicher werdenden Menschheit mit der Natur er-

3 Jonas, H., Warum die Technik ein Gegenstand für die Ethik ist. – In: Technik und Ethik. Hrsg. v. H. Lenk und G. Ropohl. Stuttgart: Reclam 1987, S. 88.

folgt mehr und mehr unter Einsatz einer wissenschaftsbasierten Technik und auf industrieller Skala. Dabei gibt es massive Rückkopplungseffekte und Interaktionen bis hin zu Klimaveränderungen, die man zu den Externalitäten dieser wissenschaftsgetriebenen Technik zählen muss. Wenngleich man hoffen kann, dass einige der angerichteten Schäden durch eine verbesserte Technologie vermieden oder geheilt werden können, ist auf der Basis vorliegender Erfahrungen zu erwarten, dass weiterentwickelte Technologien neue Risiken produzieren werden.

Die negativen Auswirkungen von Erkenntnissen, die zunächst nur das Wissen über die Natur erweitern oder das Leben der Menschen verbessern sollten, wurden früh gesehen⁴ und in den einschlägigen Zirkeln ausführlich diskutiert. Es gibt dickleibige Konvolute von Zeugnissen zur Bewertung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts durch die Jahrhunderte⁵. Kollateralschäden der wissenschaftsbasierten Technik erweisen sich als ebenso allgegenwärtig wie ungeplante und unerwünschte Effekte ihrer massenhaften Verbreitung: klimatische und andere Folgen der massiven Ausnutzung fossiler Energie, Verschmutzung und Vergiftung der Böden, der Atmosphäre, der Meere und des erdnahen Weltraums mit Rückständen der technisierten Zivilisation, Anreicherung des Grundwassers mit Chemikalien, Bevölkerungsexplosion, technisierte Kriege, Artensterben, Techniken der Verbreitung und Kontrolle von Informationen und Menschen, etc.

Ein jüngeres Beispiel für unvorhergesehene Rückkopplungseffekte ist das zunehmende Versagen unserer Antibiotika. Glaubten die meisten Mediziner in den ersten Jahrzehnten nach dem 2. Weltkrieg, dass die großen bakteriellen Infektionskrankheiten durch die Erfindung des Penicillins und anderer Antibiotika besiegt sind, so konnten die Bakterien inzwischen – aufgerüstet durch Mutationen, die sie gegen Antibiotika immer unempfindlicher machen – zum Gegenangriff übergehen. Mittlerweile gibt es Bakterienstämme, gegen die alle verfügbaren Antibiotika nichts mehr ausrichten können (MRSA). Bei der Therapie der Lungentuberkulose und der individuellen Krebstherapie mittels Zytostatika gibt es analoge Erscheinungen, ebenso beim Insektizid- und Herbizideinsatz in der Landwirtschaft. Neue immunologische Therapien in der Krebsmedizin schüren neue Hoffnungen, zeitigen aber zugleich neue Risiken. Das gleiche gilt für neuere gentherapeutische Ansätze, die noch im experimentellen Stadium sind.

Unabhängig von diesen Folge- und Interaktionseffekten gilt, dass nahezu jedes Medikament nicht nur nutzen, sondern auch schaden kann. Geschätzt wird, dass

4 Vgl. unter anderem die Arbeiten von Friedrich Wagner, Lewis Mumford, Erwin Chargaff, Karl Jaspers, Carl Friedrich von Weizsäcker, Hans Jonas, Klaus Michael Meyer-Abich.

5 van der Pot, J. H. J., Die Bewertung des technischen Fortschritts, 2 Bde. Assen: van Gorcum 1985.

Medikamente allein in Deutschland jährlich eine hohe fünfstellige Zahl von Menschen töten – viele davon unnötigerweise. Ähnliches gilt für viele Operationen. Eine personalisierte Medizin könnte diese Zahl vermutlich verringern, aber sie würde die Grundambivalenz jedes medizinischen Eingriffs nicht aufheben.

Wissenschaft als Auslöser der großen „metaphysischen Kränkungen“ des Menschen

Kann nicht nur die wissenschaftsbasierte Technik, sondern auch die Wissenschaft (im klassischen humanistischen Sinn) Ambivalenzen aufweisen? Sie kann! Schon vor zweieinhalbtausend Jahren führte die sophistische Religions- und Wertekritik zu einer geistigen Krise in Teilen Griechenlands.⁶ Und wer könnte die je nach Zeit und Sichtweise eher positiv oder eher negativ bewerteten Folgen der kopernikanischen, der Darwinschen oder der Freudschen Revolution und der durch diese ausgelösten geistigen Erschütterungen leugnen? Freud sprach von den großen metaphysischen Kränkungen der Menschheit, weil hierbei Selbstverständnis und Selbstbild des Menschen im Kern tangiert waren. Kopernikus machte die Erde zu einem Planeten unter vielen und beseitigte ihre zentrale Position im Kosmos. Diese Innovation kratzte an der Glaubwürdigkeit des christlichen Heilsdramas, das für die Hölle den schlimmsten denkbaren Ort – die Mitte der Erde und damit des Kosmos – vorgesehen hatte. Darwin stellte den Menschen in eine Entwicklungsreihe, die mit den Einzellern begann und beseitigte somit seine einzigartige Position unter den lebenden Wesen (nämlich das Wesen zu sein, das „Gott nach seinem Bild geschaffen“ hat). Wer sollte noch an die Gottgleichheit eines Wesens glauben, das vom Affen abstammte? Freud bestritt, dass der Mensch „Herr im eigenen Haus“ ist, und postulierte stattdessen, dass er ein weitgehend von unbewussten Motiven und Trieben („Es“) sowie von äußeren gesellschaftlichen Kräften („Über-Ich“) gesteuertes und kontrolliertes Wesen ist. Dies waren für Menschen, die im traditionellen christlichen, bzw. aufgeklärt humanistischen Weltbild verwurzelt waren, zutiefst verletzende und verstörende Konsequenzen neuer wissenschaftlicher Theorien. Welchen kulturellen Schock – abgesehen von den sozialen, wirtschaftlichen und politischen Konsequenzen – würde es wohl

6 Siehe Dodds, E. R., *Die Griechen und das Irrationale*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1970; Nestle, W., *Vom Mythos zum Logos*. Stuttgart: Kröner 1975. Dass die Sophistik ihrerseits der Reflex auf eine bereits bestehende oder beginnende politische Krise sein könnte, tut ihrer zersetzenden (im wertneutralen Sinne einer Verminderung der Bindungskraft sozialer und ethischer Normen verstanden) Wirkung im weiteren Verlauf der Krise keinen Abbruch.

auslösen, wenn das SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence)-Programm Erfolg hätte?

Konsequenzen wissenschaftlicher Theorien sind zunächst nur ideelle Entitäten, aber sie können in Form von Weltbildern, Menschenbildern und Bildern des Lebens kausale Macht erhalten, indem sie das Denken und Verhalten der Menschen positiv oder negativ beeinflussen. In der ersten Hälfte des 17. Jhs. propagierte René Descartes eine neue Naturphilosophie, die alle Vorgänge der Natur auf mechanische Bewegungen reduzieren wollte, auch die der Lebewesen, in denen Descartes mechanische Automaten sah. Nur den Menschen mit seiner voraussetzungsgemäß unsterblichen Seele nahm Descartes von dieser Sichtweise aus. Diese Vorstellung hatte reale Konsequenzen hinsichtlich der Art und Weise, wie man mit Tieren umgehen sollte. In Berichten über die Praktiken im berühmten Port-Royal, an dem Forscher auf der Grundlage der mechanistischen Idee des Lebens von Descartes und La Mettrie experimentierten, heißt es: „Da war kaum einer, der nicht von Automaten sprach.(...) Mit einer großen Gleichgültigkeit teilten sie den Hunden Schläge aus, und sie machten sich lustig über jene, welche die Kreaturen bemitleiden, als ob sie Schmerzen verspürt hätten. Sie sagten, daß die Tiere Uhrwerke seien, daß die Schreie, die sie ausstießen, wenn sie geschlagen wurden, nur der Lärm einer kleinen Feder sei, die berührt worden wäre, und daß der ganze Körper ohne Gefühl sei. Sie nagelten arme Tiere an ihren vier Pfoten auf Bretter, um sie bei lebendigem Leibe zu sezieren und die Blutzirkulation zu beobachten, die ein wichtiges Thema ihrer Gespräche war.“⁷

Machen wir einen Sprung in die Gegenwart und in die nahe Zukunft. Welche ethischen, normativen und sozialen Implikationen hätte ein Modell des menschlichen Lebens und Denkens wie das von der modernen Gehirnforschung vertretene, die mehrheitlich einen monistischen Naturalismus vertritt und sich als einzige legitime Repräsentantin wissenschaftlicher Maßstäbe in diesem Bereich versteht? Im Verein mit geistesverwandten Vorstellungen der technischen Informationsverarbeitung (tiefe neuronale Netze, massive parallele Verarbeitung, starke künstliche Intelligenz) gelangen wir – wenn die Gesellschaft bereit ist, ihren Wissenschaftlern zu folgen – zu einer Gehirnmedizin, die den menschlichen Geist als informationsverarbeitende Maschine mit austauschbarer CPU, Audio-, Video- und Grafikkarte auffasst. Wir gelangen weiterhin zu einem Rechtssystem, das einem hinreichend weit entwickelten chipgesteuerten Automaten dieselben Rechte zugestehet wie einem Menschen (dessen Rechte im Gegenzug den Vorstel-

7 Rosenfield, L. C., From Beast-Machine to Man-Machine. The Theme of Animal Soul in French Letters from Descartes to La Mettrie. New York 1940, zit. nach Sutter, A., Göttliche Maschinen. Die Automaten für Lebendiges. Frankfurt: Athenäum 1988, S. 250.

lungen adäquaten Roboterverhaltens angepasst werden) und den Menschen nach begangenen Verbrechen oder erfolgter Normverletzung behandelt wie einen Automaten mit defekter oder fehlerbehafteter Programmierung. Eine hierzu passende Ethik würde den Menschen unter dem Blickwinkel einer programmgesteuerten informationsverarbeitenden Maschine beurteilen, der man zur Erzeugung ethisch korrekten Verhaltens nur einen klugen und kohärenten Satz von Regeln einpflanzen muss (verbunden mit der Hoffnung, dass man alle möglicherweise unerwünschten Konsequenzen dieser Regeln antizipiert hat).

Da der Unterschied zwischen einem technisch erzeugten und einem biologisch gewachsenen informationsverarbeitenden Automaten nur noch in Kategorien von Effizienz, Robustheit, Flexibilität, Langlebigkeit, Informationsverarbeitungskapazität, Fehleranfälligkeit, Vielseitigkeit, Fehlertoleranz, zu beschreiben ist, steht einer technischen Aufrüstung des biologischen Menschen ethisch nichts mehr im Wege. Sie ist im Gegenteil eine Frage der Selbstbehauptung. Rodney Brooks ist davon überzeugt, dass wir „den einmal eingeschlagenen Weg der Manipulation unserer Körper weitergehen“ werden. Deshalb „müssen wir uns nicht vor den Maschinen fürchten, denn wir, die menschlichen Maschinen, werden ihnen, den maschinellen Maschinen, immer einen Schritt voraus sein. Wir werden nicht unser Selbst herunterladen, sondern uns in Maschinen verwandeln.“⁸

Zur Dialektik wissenschaftlicher Aufklärung

Ob mechanistische Physik oder naturalistische Gehirnforschung – dominierende Sichtweisen der Wissenschaft hatten oft Konsequenzen, die auch von vielen an den Fortschritten der Wissenschaft interessierten Zeitgenossen als abscheulich, abstoßend oder verstörend empfunden wurden – ein klares Indiz für eine ambivalente Haltung gegenüber diesen Theorien. Dahinter verbirgt sich ein Grundkonflikt, der die Auseinandersetzungen um Nutzen und Schaden von Aufklärungsprozessen schon immer geprägt hat.

Zu den unvermeidlichen Kosten der Aufklärung zählt die Zerstörung alter Selbstverständlichkeiten und gewohnter Sichtweisen. Die hierdurch bewirkte Verunsicherung vieler ist seit jeher eine der Basen gegenaufklärerischer Bewegungen. Diese (bereits von Horkheimer und Adorno mit anderer Stoßrichtung konstatierte) Dialektik der Aufklärung ist Ausdruck einer fundamentalen Ambivalenz neuen Wissens, das einerseits als reizvoll und wünschenswert, ande-

8 Brooks, R. A., Das Fleisch und die Maschine. – In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 4. 9. 2000 (Feuilleton).

rerseits als gefährlich und zerstörerisch (für die gewohnte Denkkordnung, die in der Regel mit der politischen Ordnung einer Gesellschaft verwoben ist) bewertet werden kann.

In diesem Zusammenhang sei an die politische und ideologische Brisanz so mancher archäologischer Grabungen und historischer Entdeckungen (Tempelberg in Jerusalem, Ursprung der amerikanischen Urbevölkerung, Entstehungsgeschichte „heiliger“ Texte, etc.) erinnert, an die scharfen politisierten und ideologisierten Auseinandersetzungen über wissenschaftliche Ergebnisse zu Eugenik, rassen- und geschlechtsspezifischer Intelligenz, deutscher Energiewende, Kernenergieforschung, Bildungs- und Hochschulpolitik, Gentherapie, Embryonenforschung, Genderforschung, Migrationsforschung, Demographie, Erinnerungskultur. Hier gibt es „No-go areas“, die für jeden Wissenschaftler und Intellektuellen, dem an einer ungestörten Fortsetzung seiner bürgerlichen Existenz und seiner beruflichen Karriere gelegen ist, „Off-limits“ sein sollten. In allen diesen Fällen geht es um die Abwehr unerwünschten oder zumindest ambivalenten Wissens⁹ seitens der Gesellschaft oder ihrer dominanten Teilsysteme.

Da dieses Wissen sozial verankert ist, können sich die Bewertungen mit dem Wandel der Wissensbasen verändern. Der Kampf für bestimmte Wissensformen und Wissensinhalte ist verwoben mit sozialen Prozessen, politischen Konflikten und kulturellen Auseinandersetzungen, die teils als Reaktionen auf Entwicklungen in Ökonomie, Ökologie, Demographie, Technik, Wissenschaft und Kultur betrachtet werden können, teils aus einem Wechsel von Ansprüchen, Risikowahrnehmungen, Gerechtigkeitsvorstellungen, kollektiven Zielsetzungen und Lebensentwürfen herrühren.¹⁰

Die Ambivalenz des Wissens in der Sicht des Staates¹¹

Die Rolle des Staates bei der Entstehung und Förderung der Wissenschaften war schon immer zwiespältig.¹² Wissen ist für den Staat einerseits notwendig: er

- 9 Das von den Vertretern des politischen Mainstreams dann gerne als „politisch inkorrekt“ bezeichnet wird – was im Klartext als Synonym zu „nicht der herrschenden Ideologie entsprechend“ zu lesen ist.
- 10 Um dies im einzelnen zu belegen, wäre eine eigene Studie notwendig. Wir müssen uns an dieser Stelle mit der Benennung des Zusammenhangs begnügen.
- 11 Zum folgenden siehe: Fischer, K., Die Entstehung der Wissenschaft – eine interkulturelle Perspektive. – In: Interkulturalität. Diskussionsfelder eines umfassenderen Begriffs. Hrsg. von K. Fischer und H. R. Yousefi. Nordhausen: Verlag Traugott Bautz 2010, S. 135f.
- 12 Vgl. Gellner, E., Pflug, Schwert und Buch. Grundlinien der Menschheitsgeschichte. München: dtv 1993.

brauchte es für seine innere Organisation, für die Entwicklung der Wirtschaft, zur Unterdrückung von Gegnern, für Eroberungen und zum Führen von Kriegen. Wissen ist aber auch gefährlich, nämlich dann, wenn es im Besitz von inneren und äußeren Feinden ist. Zentralisierte Staaten hatten daher immer die Tendenz, einerseits ihr Herrschaftswissen unter Verschluss zu halten und ihre Spezialisten als Geheimnisträger zu behandeln, andererseits jedoch vagabundierendes, frei verfügbares, unkontrolliertes und deshalb potentiell gefährliches Wissen auszutilgen oder zurückzudrängen. Ein extremes Beispiel dafür ist der Befehl des ersten chinesischen Reichseinigers Shi Huangdi („Erhabener Kaiser des Anfangs“) im 3. Jh. v. Chr., „alle Bücher zu verbrennen, die sich mit anderem als Rechtsprechung, Gartenbau und Kräutermedizin beschäftigen. Alles andere Wissen war gefährlich, und die Beschäftigung mit anderen Wissensgebieten wurde verboten.“¹³ Zur Abschreckung ließ der Kaiser 460 protestierende Intellektuelle foltern und danach lebendig begraben.

Im Verein mit dem Aufbau einer auf Leistung beruhenden und durch den Besitz klassischer Bildung definierten Bürokratie und der Steuerung der Wirtschaft durch gewaltige Bauvorhaben, die alle freien Arbeitskräfte beschäftigten, war damit ein Muster geschaffen, das den chinesischen Zentralstaat für die nächsten zwei Jahrtausende prägte und in milderer Form auch auf andere Staaten dieser Art zutrifft. Starke, sich durch den Besitz erwünschten Wissens auszeichnende Bürokratie, gemeinschaftliche Bauvorhaben oder andere Unternehmungen größten Ausmaßes, Kontrolle und wenn nötig Unterdrückung gefährlichen Wissens – dies sind drei der Pfeiler, auf denen die ersten großen Zentralstaaten in allen Teilen der Welt beruhten. Kaum weniger extrem und wirkungsvoll war Platons Rezept für die Konstruktion eines idealen Staates, der von seinem Schöpfer als Inkarnation der Idee der Gerechtigkeit erklärt wurde: Kontrolle aller Bereiche der Erziehung und des Lebens bis in die privatesten Ecken durch eine allmächtige Staats- und Gedankenpolizei (Klasse der „Wächter“ unter der Führung eines „Philosophenkönigs“), die sich den Besitz absoluten Wissens anmaßte und hieraus ihre Legitimation bezog.¹⁴ Bestreitet man diese Legitimationsbasis¹⁵, dann bleibt vom hehren philosophischen Ideal nur noch die totalitäre Anmaßung.

Es sollte klar sein, dass diese Zusammenhänge zeitlos sind und nur – in Anpassung an neue Entwicklungen und Strukturen, neue technische Möglichkeiten, neue internationale Verflechtungen – ihre Form verändern. Neue Institutionen,

13 Van Doren, C., *Geschichte des Wissens*. Basel u.a.: Birkhäuser 1996, S. 27 f.

14 Platon, *Politeia*.

15 Wofür es sehr gute Gründe gibt – vgl. Fischer, K., *Fallibilismus*. - In: *Lexikon der Erkenntnistheorie*. Hrsg. v. T. Bonk. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 2013, S. 62-69.

wie die Trennung von Legislative, Exekutive und Judikative, die Errichtung eines Systems der Gewaltenteilung, der Aufbau weitgehend selbständiger wissenschaftlicher Institutionen, können dazu beitragen, den Kontrollhunger des Staates zu begrenzen.

Nichtintendierte Konsequenzen und paradoxe Effekte

Auch auf der Ebene sozialwissenschaftlicher Theorien zeigen sich fundamentale Ambivalenzen. Noch heute ist man in einem Viertel der Welt mit der Bewältigung der „Theorie-Nebenfolgen“ beschäftigt, die unter anderem auf die Arbeit von Karl Marx und Friedrich Engels zurückgehen – eine Arbeit, die zu von den Erfindern nicht vorhergesehenen Konsequenzen geführt hat. Dabei wollten die Erfinder nur die negativen realwirtschaftlichen Konsequenzen beseitigen, die die Verwirklichung der Ideen der Erfinder des Liberalismus (u.a. Adam Smith, Malthus, Ricardo) hervorgebracht haben, indem sie versuchten, die Fehler in deren Theorien zu finden und zu korrigieren. Theorie-Nebenfolgen sind auch die weltweiten Erschütterungen, die die Finanzkrise von 2008 ausgelöst haben – die Krise eines globalen Finanzsystems, das unter anderem auf der volkswirtschaftlichen Theorie effizienter Finanzmärkte beruht.

Eine der Ursachen (neben der Fehlerhaftigkeit der jeweils handlungsleitenden Theorie) für Effekte dieser Art hat der amerikanische Soziologe Robert K. Merton in seinem einflussreichen Aufsatz über die nichtintendierten Konsequenzen sozialen Handelns untersucht¹⁶, wobei es scheinbar nur um sogenannte selbsterfüllende Prophezeiungen, in Wirklichkeit aber um einen Typus von Prognosen ging, der komplexe Rückkopplungen (negative, positive, lineare, nichtlineare, etc.) zu den prognostizierten Ereignissen aufweist (zum Beispiel Wahlprognosen, Wirtschaftsprognosen, generell: Prognosen, zu deren Zustandekommen menschliche Entscheidungen notwendig sind). In der neueren Literatur werden Wirkungen dieser Art auch paradoxe Effekte genannt.¹⁷

Die gute Absicht allein reicht nicht, um ein gutes (oder nur gute) Resultat zu erreichen. Der Volksmund spricht nicht zu Unrecht vom „Fluch der guten Tat“. Aber es gibt natürlich auch jene Klasse von Ambivalenzen, hinter denen durchaus böse Absichten stehen. Auch hierbei gibt es paradoxe Effekte. Das Nutzen- wie

16 Merton, R. K., *The Self-fulfilling Prophecy*. - In: Merton, R. K., *Social Theory and Social Structure*. New York: Free Press 1957, S. 421-436 (dt.: Merton, R. K., *Die Eigendynamik gesellschaftlicher Voraussagen*. - In: *Logik der Sozialwissenschaften*. Hrsg. v. E. Topitsch. Köln und Berlin: Kiepenheuer & Witsch 1967, S. 144-161).

17 Vgl. Boudon, R., *Widersprüche sozialen Handelns*. Darmstadt/Neuwied: Luchterhand Verlag 1979, Teil II; Elster, J., *Subversion der Rationalität*. Frankfurt: Campus Verlag 1987.

das Schadenspotential steigt hierbei mit der Effektivität des benutzten wissenschaftlichen und technischen Instrumentariums.

Es scheint eine vernünftige und teilweise triviale Annahme zu sein, dass ein Instrument, das viel bewirken kann, dies in vielfacher Hinsicht tun kann – im Guten wie im Schlechten. Manchmal kann man beides nur gemeinsam bekommen. Ein Beispiel ist die Erforschung biologischer Alterungsprozesse. Seit Jahrtausenden (unser erstes Zeugnis ist das Gilgamesch-Epos) ist die Menschheit auf der Suche nach dem „Jungbrunnen“ (im Idealfall: der Unsterblichkeit), der das Leben bei guter Gesundheit verlängert. Die wissenschaftliche Erforschung des Alterns hat zwar interessante Ergebnisse erzielt, aber noch keinen Durchbruch geschafft. Aber welche sozialen, demographischen, politischen, kulturellen und ökonomischen Erschütterungen würde es auslösen, wenn es der Genforschung¹⁸ gelänge, das menschliche Durchschnittsalter durch genetische Neuprogrammierung zu verdoppeln? Beides, ein längeres Leben für den Einzelnen und die sozialpolitischen und ökonomischen Konsequenzen für alle, kann man nur gemeinsam erhalten. Vielleicht würde es die menschliche Evolution auf eine höhere Stufe heben, wenn die Gehirne unserer Spezialisten ein halbes Jahrhundert mehr Zeit zur Weiterentwicklung des Gelernten hätten. Vielleicht würde aber auch eine Gesellschaft entstehen, die von der Masse nicht mehr produktiver, kränklicher, seniler und auf Hilfe angewiesener Senioren wirtschaftlich, sozial und psychisch stranguliert wird.

Komplexität und Nichtlinearität

Unvorhergesehene, insbesondere negative Nebenwirkungen sind aber nur ein Aspekt des zu diskutierenden Problems. Ein weiteres und vielfach unterschätztes Problem ist Komplexität¹⁹. Die Zahl der Variablen und ihre Wechselwirkungen sind oft so unüberschaubar, dass selbst Spezialisten überfordert sind.²⁰ Für viele komplexe Systeme gilt, dass ihr Verhalten bei Einzelstörungen gut beherrschbar bleibt, jedoch bei einer ungewöhnlichen Kombination endogener oder exogener Störungen nicht mehr zuverlässig vorhergesagt werden kann. Eine solche „unglückliche Verkettung von Umständen“, wie man zu sagen pflegt, scheint so sel-

18 Es gibt noch andere Wege zu diesem Ziel: Der Transhumanismus glaubt, dass der Weg zur „Unsterblichkeit“ über die Transformation des Menschen in eine künstliche Intelligenz verläuft.

19 Vgl. Waldrop, M. M., *Complexity. The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*. New York: Simon and Schuster 1993.

20 So wussten die Techniker der Atomkraftwerke von Fukushima beispielsweise nicht, dass sie die Ventile für das Notkondensationssystem (isolation condenser) manuell wieder öffnen mussten, nachdem sie sich bei einem totalen Stromausfall automatisch geschlossen hatten.

ten nicht zu sein, wie viele annehmen (Three Mile Island, Tschernobyl, die Challenger Katastrophe, Seveso, Bhopal, der Birgen Air-Absturz, das ICE Unglück von Enschede, die Explosion der Ölbohr-Plattformen Piper Alpha in der Nordsee oder Deepwater Horizon im Golf von Mexico, Fukushima, etc.).²¹ Das Beunruhigende daran ist, dass alle Komponenten dieser Systeme auf der Basis „sicheren Wissens“ (z.B. durch Anwendung von „abgeschlossenen Theorien“ im Sinne Heisenbergs) berechnet und gestaltet sein können und das Ensemble aufgrund seines unelastischen Störungsverhaltens dennoch hohes Risikopotential entwickeln kann.

Je größer die Zahl der wissenschaftsbasierten Systeme, die sich aufgrund ihrer Komplexität kaum noch durchschauen lassen, desto höher die Wahrscheinlichkeit unerwünschter Nebenwirkungen. Charles Perrow²² sprach in diesem Zusammenhang schon vor 30 Jahren von „normalen Katastrophen“ – „normal“ im Sinne von „kaum vermeidbar“. Wenn dies richtig ist, sehen wir uns hier mit einem weiteren Aspekt der Ambivalenz wissenschaftsbasierter Technik konfrontiert.

Ein anderes Problem, das in fast allen öffentlichen Debatten über Wirtschaft, Politik, Ökologie, Klima, soziale Prozesse übersehen wird, ist die Nichtlinearität vieler Entwicklungen in solchen potentiell chaotischen Systemen. Ein Eingriff in sie kann deshalb anstelle der erwünschten positiven Wirkungen auch unerwünschte negative Folgen haben – und zwar zumeist auf unvorhersehbare und exponentiell aus dem Ruder laufende Weise. Ein Beispiel hierfür war die Finanzkrise von 2008, wobei die exponentielle Wirkung nicht nur auf die internationale Verflechtung der Finanzinstitute, sondern auch auf den Charakter der gehandelten Finanzprodukte zurückging. Auch hier kann man wieder sagen, dass die potentiell negativen Folgen unvollständigen wirtschaftswissenschaftlichen Wissens umso gravierender sind, je größer und unkontrollierbarer die Möglichkeiten der privaten und öffentlichen Finanzinstitute zur Kreditschöpfung und zum Bewegen von Kapital werden²³.

21 Vgl. unter anderem Chazanovskij, K., Warum irrten die Experten? Berlin: Verlag Technik 1990.

22 Perrow, C., Normale Katastrophen. Die unvermeidlichen Risiken der Großtechnik. Frankfurt: Campus 1987. Vgl. auch: What Disaster Response Management Can Learn from Chaos Theory. Hrsg. v. G.A. Koehler. Conference Proceedings May 18-19, 1995. (<http://www.library.ca.gov/CRB/96/05/index.htm>; Zugriff am 25.02.2002)

23 Zu Chaos und Nichtlinearität in der Wirtschaft und im Finanzwesen vgl. Rosser, J. B., From Catastrophe to Chaos: A General Theory of Economic Discontinuities. Boston: Kluwer 1991; Cohen, B., The Edge of Chaos. Financial Booms, Bubbles, Crashes and Chaos. Chichester: Wiley 1988.

Formen des Nichtwissens

Ob man es auf die inhärenten Potentiale oder auf die Absichten der Nutzer des im Fokus stehenden technischen oder wissenschaftlichen Wissens schiebt – je nach vertretenem Weltbild stehen einmal die negativen, ein anderes Mal die positiven Konsequenzen im Mittelpunkt. Einige glauben sogar, dass es Innovationen und Entwicklungen gibt, deren inhärente Gefahren den möglichen Nutzen bei weitem überwiegen. Dass man die potentiellen Folgen wissenschaftlicher und technischer Innovationen bereits frühzeitig und klar abschätzen kann, wird von vielen – vor allem im öffentlichen Raum – ohne Begründung unterstellt. Sogar die Politik forderte schon von Wissenschaft und Forschung, „die gesellschaftlichen Folgen ihres Handelns zu reflektieren“. Und Hans Jonas hat den Wissenschaftlern – aber nicht nur ihnen – die folgende Maxime mit auf den Weg gegeben: „Handle so, dass die Wirkungen deiner Handlung verträglich sind mit der Permanenz echten menschlichen Lebens auf Erden.“²⁴

Beides setzt voraus, dass man die Zukunft zumindest soweit voraussehen kann, wie es diese Maximen oder Regeln erfordern. Sie setzen weiterhin voraus, dass man die unerwünschten Folgen von den erwünschten soweit trennen kann, dass man die ersteren begrenzen oder verhindern kann ohne dabei die letzteren aufzugeben. Anders gesagt, sie setzen voraus, dass die Reichweite unseres Wissens und unseres Handelns sehr viel größer sind als sie tatsächlich zu sein scheinen. Beschränken wir uns auf ersteres. Zugegeben, es gibt Dinge, die man weiß oder wissen könnte. Zum Beispiel, dass man konventionelle Kraftwerke erst dann abschalten sollte, wenn eine robuste Speichertechnik für den nicht durchgängig verfügbaren Strom aus Wind und Sonne zur Verfügung steht. Oder dass man Verbrennungsmotoren in Deutschland erst dann verbieten kann, wenn die Infrastruktur und die Kraftwerkskapazität für Millionen Elektrofahrzeuge (oder Brennstoffzellen-Fahrzeuge) zur Verfügung stehen. Es gibt Dinge, die man aus Leichtsinne oder aus allzu optimistischen Wahrscheinlichkeitsschätzungen nicht berücksichtigt oder nicht berücksichtigt hat. Zum Beispiel, dass das Isoliermaterial des großen Treibstofftanks der Challenger-Raumfähre sich beim Start lösen und die Hitzekacheln des Gleiters beschädigen könnte. Oder dass es in den Weltmeeren Riesenwellen von bis zu 30 Metern Höhe gibt, deren Energie ausreicht, größere Schiffe zu zerstören. Von anderem weiß man, dass man noch nichts darüber weiß. Zum Beispiel wissen wir noch nicht, wann der nächste große Asteroid die Erde verwüsten wird, obwohl wir so gut wie sicher wissen, dass es wieder passieren wird. Wir wissen auch nicht, wie Gammastrahlung von beträchtlicher Stär-

24 Jonas, H., Das Prinzip Verantwortung, Frankfurt: Insel Verlag 1979, S. 36.

ke in Gewittern entstehen kann. Für solche Vorgänge und Dinge, die noch innerhalb des Einzugsbereichs des aktuellen wissenschaftlichen Wissens liegen, obwohl die Einzelheiten noch nicht geklärt sind, hat sich der Begriff der „known unknowns“ eingebürgert.

Leider gibt noch vieles (Entitäten, Phänomene, Prozesse, Stoffe, Strukturen, Faktoren, Effekte, Interdependenzen, Gesetze, etc.), von dem wir heute noch nicht wissen, dass es überhaupt existiert. Es gibt daher nicht nur „known unknowns“, sondern auch „unknown unknowns“²⁵. Natürlich gibt es darüber keine Statistik, aber immer dann, wenn wir auf etwas vorher Unbekanntes stoßen, wissen wir, dass diese Klasse von Phänomenen existiert.²⁶ So war es zum Beispiel beim Einsturz der Tacoma-Brücke am 31. Januar 1951, bei dem eine nachträgliche Analyse ergab, dass sich bei bestimmten Windgeschwindigkeiten eine von Kármánsche „Wirbelstraße“ bildete, die das Gebilde in unkontrollierte Schwingungen versetzen konnte. Die Ingenieure hatten diese Möglichkeit bei ihren Planungen noch nicht in Betracht ziehen können. Es war kein Teil ihrer Ausbildung. Selbst in der Aerodynamik waren diesbezügliche Überlegungen noch neu und umstritten.²⁷ Als Reaktion auf den Einsturz, bei dem 74 Arbeiter ums Leben kamen, mussten die Brückenbauingenieure ihr Handwerk neu lernen. Auch Flugzeuge sind aufgrund der lange unbekanntenen oder unterschätzten Wirbelbildung durch voranfliegende Flugzeuge schon abgestürzt.

Man wusste in den fünfziger und sechziger Jahren des 20. Jhs. auch nicht, dass das Treibgas von Milliarden Spraydosen, Kühlschränken und Klimaanlage in der Atmosphäre hochsteigt und die Ozonschicht fotochemisch zersetzt. Man wusste ebenfalls nichts über die kanzerogene Wirkung moderater Mengen an Asbestfasern oder – in der Frühzeit der Erforschung der Radioaktivität und der Effekte von Röntgenstrahlen auf lebendes Gewebe – über die durch hohe Expositionen ausgelösten Schäden.²⁸

25 Diese Begriffe wurden vom ehemaligen amerikanischen Verteidigungsminister Donald Rumsfeld auf jener denkwürdigen Pressekonferenz, in der es um die Gründe für den zweiten Irak-Krieg der USA ging, ins Spiel gebracht, aber sie tauchen in der Literatur schon vorher auf. Mehr dazu bei Wehling (nächste Fußnote).

26 Siehe dazu: Wehling, P., *Im Schatten des Wissens. Perspektiven der Soziologie des Nichtwissens*. Konstanz: UVK Verlagsgesellschaft 2006.

27 Vgl. Kármán, T. v., *Die Wirbelstraße. Mein Leben für die Luftfahrt*. Hamburg: Hoffmann & Campe 1968, 257.

Fallstudien zur Ambivalenz von Wissenschaft und Technik

Wir betrachten im Folgenden einige Episoden aus der Wissenschafts- und Technikgeschichte, die die Unterstellung eines für die Beherrschung nichtintendierter Folgen wissenschaftlich-technischen Handelns hinreichenden Wissens in Zweifel ziehen und aus denen eine fundamentale Ambivalenz von Wissenschaft und Technik – was ihre erhofften und tatsächlichen Konsequenzen angeht – hervorzugehen scheint.

1. Die Jagd nach einem Phantom und wie eine falsche Theorie zu ungeahnten Folgen führen kann.

Keine Wissenschaft verkörperte die Einheit von Theorie und Erfahrung, von Spekulation und Experiment – aber auch die Gefahren dieser Einheit – im Mittelalter so gut wie die Alchemie. Diese alte Form von „Techno-Science“ ist aus verschiedenen Gründen auch heute noch interessant. Die Alchemisten beherzigten von Anfang an eine Aufforderung, die man erst im 20. Jahrhundert wieder an die Wissenschaftler richten wird: nämlich gefährliches Wissen geheim zu halten. Leider hat es schon damals nichts genutzt. Im Gegenteil! Die Geheimniskrämerei der Alchemisten führte dazu, dass die falschen Theorien der Alchemie über eineinhalb Jahrtausende beibehalten wurden, weil eine öffentliche Diskussion über Fehler und Verbesserungsmöglichkeiten kaum möglich war. Ob das für die Menschheit gut oder schlecht war, sei dahingestellt.

Bei ihren Versuchen, den Stein der Weisen oder das ›rote Elixier‹ herzustellen, erfand die Alchemie nebenbei und ungewollt das Schwarzpulver, das allerdings in China längst bekannt war. Die Geschichte enthält noch Lücken, aber eine mögliche Version geht so.²⁹ Der Franziskaner-Mönch Konstantin Anklitzen, dessen Klostersnamen Bertholdus lautete, hatte in St. Blasien (Schwarzwald) studiert und interessierte sich sehr für die Lehren der Alchemie. Bei seinen alchemistischen

28 Natürlich wusste man lange auch nicht, dass es überhaupt solche Dinge wie Radioaktivität, Röntgenstrahlen, elektromagnetische Strahlung, Elementarteilchen, den Massendefekt, die Atomspaltung, das Wirkungsquantum oder die vielen anderen Dinge, Prozesse oder Gesetze gibt, die die Wissenschaft in ihrer Geschichte herausgefunden hat. Einiges davon war geahnt oder antizipiert worden, aber vieles erwischte die Wissenschaftler unvorbereitet. Neuere Entdeckungen, die die Wissenschaftler sozusagen „kalt erwischten“, sind die reverse Transskriptase, infektiöse Proteine, seltsame atmosphärische Begleiterscheinungen von Gewittern (blue jets, red sprites), dunkle Energie, dunkle Materie, nichtklassische Formen der Vererbung, etc. Es spricht nichts dafür, dass der Prozess der Entdeckung von „unknown unknowns“ jemals zu einem Ende kommen wird. Vgl. Rescher, N., Die Grenzen der Wissenschaft. Stuttgart: Reclam 1985.

Versuchen in Freiburg um die Mitte des 13. Jahrhunderts sprengte er versehentlich einen Teil seines Klosters in die Luft, worauf ihm seine Oberen Zellenarrest verordneten, um weiteres Unheil zu verhüten. Dabei wollte der Mönch gar keinen Sprengstoff herstellen. Er wollte durch alchemistische Operationen Quecksilber zu Gold machen. Das war eine sehr anspruchsvolle Operation und die Alchemisten waren sehr verschwiegen, wenn es darum ging, den genauen Weg zu diesem Ziel zu beschreiben. Die grundlegende Idee wird von Albertus Magnus wie folgt beschrieben: „Die Alchemie geht diesen (der Natur folgenden) Weg. Sie vernichtet ein Metall durch Beseitigung seiner eigenen Wesensbestimmtheit; dann legt sie ihm mit Hilfe der in der Stoffmasse verbliebenen (den vier Elementen innewohnenden und den von den Gestirnen ausgehenden) Kräfte eine andere Wesensform bei. Darum ist von allen alchemistischen Verfahrensweisen jene die wirksamste, die mit den gleichen Mitteln arbeitet wie die Natur. Das ist zum Beispiel die Reinigung des Schwefels durch Kochen und Verfeinern, die Reinigung des Quecksilbers und schließlich die richtige Vermischung dieser Erzeugnisse mit dem Stoff des (zu verwandelnden) Metalls. Dadurch und durch die darin wirkenden Kräfte läßt sich jedes Metall mit seiner wesentlichen Eigenart einführen.“³⁰

Berthold wählte folgende Prozedur: Er mischte getreu der alchemistischen Lehre verschiedene Stoffe mit den gewünschten Eigenschaften – Quecksilber, Schwefel, Salpeter – bettete alles in pulverisierte Holzkohle ein, verschloss das ganze in einem massiven Mörser und stellte es in den Ofen. Dies war eine sehr komplizierte Operation, denn nach alchemistischer Auffassung spielten viele Faktoren mit, unter anderem auch die Konstellation der Gestirne und das Horoskop des Experimentators. Davon abgesehen würde heute jeder Chemiker dem Alchemisten empfehlen, jetzt besser in Deckung zu gehen. Wir wissen nicht genau, was Berthold tat, jedenfalls hat er sein Experiment überlebt. Aber man nannte ihn jetzt den „Schwarzen Berthold“ – möglicherweise, weil er nach seinen Experimenten so aussah. Zu seinem Leidwesen fand er kein Gold in den Rückständen der Explosion.

Das durch den Mönch Berthold auf der Grundlage einer falschen Theorie unwissentlich und unabsichtlich erfundene Pulver läutete als nichtintendierte Folge das Ende des Mittelalters ein. Es machte neue Waffen möglich, denen Ritterrüstungen, Burgen und klassische Stadtmauern nicht mehr standhielten – es sei

29 Die Geschichte der Alchemie wird auf informative und amüsante Weise erzählt in: Doberer, K. K., *Die Goldmacher*. München: Universitas Verlag 1987. Zu Berthold vgl. Doberer, S. 58ff. sowie Romocki, S. J. v., *Geschichte der Explosivstoffe*. Hildesheim: Gerstenberg Reprint 1983 (Berlin 1895), insbes. S. 106-113.

30 Magnus, A., *Alchimie*. – In: Albertus Magnus. *Ausgewählte Texte*. Hrsg. v. A. Fries. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1981, S. 89.

denn um den Preis eines gigantischen und für die Stadtfinanzen ruinösen Aufwands.³¹

Der gegen Konstantin Anklitzen verhängte Arrest hat die Wirkung seiner Erfindung nicht mehr Eindämmen können. Vermutlich war schon der Versuch müßig, denn das „Schwarzpulver“ hätte ohnehin über kurz oder lang über die Mongolen und die Araber seinen Weg von China nach Europa gefunden. Das Wissen über die feurige Mischung findet man offenbar auch bei Roger Bacon und möglicherweise Albertus Magnus – Zeitgenossen von Konstantin Anklitzen. Einige glauben, dass die Alchemisten ihre Entdeckung schon lange vorher gemacht hatten, dass es ihnen aber gelang, sie Jahrhunderte lang geheim zu halten.³²

2. Vom Kampf gegen das Böse und warum man in diesem Kampf die Wissenschaft schon immer gut gebrauchen konnte.

Ob sich der Franziskaner und Gelehrte Roger Bacon, ein Zeitgenosse des schwarzen Berthold, von dessen Erfindung anregen ließ oder ob er sie bereits aus anderer Quelle kannte, wissen wir nicht. Jedenfalls hatte er eine lebhaftere Phantasie und machte sich durch ungewöhnliche Ideen verdächtig. Kein Wunder, daß Bacon 18 Jahre seines Lebens auf Anordnung des Ordensgenerals der Franziskaner, Bonaventura, im klösterlichen Zellenarrest bei Wasser und Brot, ohne Bücher und ohne Schreibzeug, verbringen musste. Auch kein Wunder, dass er dabei Visionen bekam. Bacons Ideen wurden schließlich realisiert, wenn auch erst 600 Jahre später. Aber das war nicht Bacons Verdienst, es wäre auch ohne ihn passiert. Insofern teilt er das Schicksal von Leonardo da Vinci, dessen in Tagebüchern skizzierte Erfindungen größtenteils wirkungslos geblieben und später neu erdacht worden sind. In seinem ›Opus Majus‹ berichtet Bacon über technische Artefakte – Unterseeboote, Flugzeuge, Automobile, Hitzestrahlen, chemische, biologische, akustische und psychologische Kriegsführung –, die teilweise erst im 20. Jahrhundert realisiert wurden, teilweise immer noch Utopie sind. Viele haben Roger Bacon deshalb für einen modernen Denker gehalten. Aber dies stimmt nur für den Bereich der Mittel, nicht für die verfolgten Ziele. Roger Bacon wollte mit seinen revolutionären Technologien keineswegs ein wissenschaftlich-technologisches Zeitalter einläuten. Er wollte die Christenheit vor der Verderbnis retten und die Heiden besiegen und bekehren (letzteres in genau dieser Reihenfolge). Die

31 Im Falle von Magdeburg bestanden zu Anfang des 17. Jhs. große Teile des Stadtgebiets aus Befestigungsanlagen. Genutzt hat es am Ende gegen die Truppen Tillys nichts.

32 Gebelein, H., Alchemie. Die Magie des Stofflichen. München: Diederichs 1996, S. 85. Dort werden auch Quellen für diese Ansicht zitiert.

Theologie stand bei ihm weiterhin unangefochten an der Spitze der Hierarchie der Wissenschaften. Bacon wähnt sich in einer Endzeit, er sieht Anzeichen der nahenden Tage des Antichristen. Der Wissenschaft und der auf dieser gründenden Technologie kam dabei eine Schlüsselstellung zu. Roger Bacon geht davon aus, „daß sich auch der Antichrist der Macht der Weisheit bedient und daß der apokalyptische Endkampf letztlich auf dem Feld der Wissenschaften entschieden wird.“ Die Apokalyptik bildet aber „nicht nur die historische Legitimationsgrundlage seines wissenschaftlichen Programms, sondern ist auch für die Konzeption von Wissenschaft selbst von Bedeutung. Was dabei herauskommt, ist kein kontemplatives, sondern ein ganz auf Nützlichkeit, Praxis und Macht ausgerichtetes Wissenschaftskonzept [...]“. ³³

Wenn es um den Kampf gegen das Böse geht, müssen nach Bacon die äußersten Mittel zur Anwendung kommen. Ethische Bedenken zählen nicht, denn es geht um das Ganze. Das klingt durchaus modern. Friedrich Wagner kommentiert: „Für Bacon dient hier die Ambivalenz einer Forschung, die man zum ‚Heil‘ gebrauchen oder zum ‚Unheil‘ mißbrauchen kann, wohl zum ersten Mal in der Geschichte als Argument für die Unausweichlichkeit ihrer Entwicklung.“ ³⁴

Roger Bacons Wissenschafts- und Technologieprogramm ist zu seiner Zeit nicht auf fruchtbaren Boden gefallen. Seine technologischen Pläne blieben bloße Science Fiction. Soweit wir wissen, ist auch keiner der späteren Erfinder dieser Geräte von Bacon nennenswert beeinflusst worden. Aber die Vorstellung, mit Hilfe von Wissenschaft und Technik das Böse in der Welt, das seinerseits Wissenschaft und Technik nutzt, zu besiegen, und die daraus folgende grundlegende Ambivalenz der Wissenschaft und der auf ihr beruhenden Technik, ist seitdem nicht mehr aus der Welt verschwunden. Auch in unserer Zeit kämpft man wieder gegen den kleinen und den großen Satan, gegen das „Reich des Bösen“ oder der „Ungläubigen“, oder wie immer man den Gegner nennt. Wer die Weltformel hätte, wäre dem Sieg – freilich unter Inkaufnahme ungeheurer Opfer – nahe. ³⁵

Roger Bacon hat einen Namensvetter, der dreihundert Jahre später lebte und die Idee der Wissenschaftsgesellschaft entwickelte. In Francis Bacons 1620 konzi-

33 Zitat (leicht gekürzt) aus: Meier-Oeser, S., Roger Bacon oder Doctor mirabilis und die Macht der Wahrheit. – In: Zwischen Narretei und Weisheit. Biographische Skizzen und Konturen alter Gelehrsamkeit. Hrsg. v. G. Hartung und W. P. Klein. Hildesheim: Olms 1997, S. 115ff.

34 Wagner, F., Weg und Abweg der Naturwissenschaft. München: Beck: München 1970, S. 40 (gekürzte Fassung von: ders., Die Wissenschaft und die gefährdete Welt. München: Beck 1964)

35 Das Thema „Wissenschaft(ler) und Krieg“ wird in folgender Anthologie behandelt: Naturwissenschaftler zwischen Krieg und Frieden. Hrsg. v. W. Quitzow. Düsseldorf: Pädagogischer Verlag Schwann-Bagel 1986. Siehe auch: Herrmann, A., Wie die Wissenschaft ihre Unschuld verlor. Macht und Mißbrauch der Forscher. Stuttgart: DVA 1982.

pierter utopischer Gesellschaft Neu-Atlantis ist nicht mehr die Religion und auch nicht die Politik, sondern die Wissenschaft die Leitinstitution der Gesellschaft. Sie ist verkörpert im Haus Salomons, das die Verantwortung für die gesamte Forschung trägt. Innovationen, die dem Gemeinwesen nicht nützen oder gar gefährlich sind, hält das Haus Salomons geheim – und zwar auch gegenüber der offiziellen Staatsführung.

Diese Vorstellungen waren wegweisend und prophetisch, sind aber nicht vollständig realisiert worden. Eine Institution, die Neuerungen vor ihrer Veröffentlichung auf ihr Gefährdungspotential bewertet und die Macht hätte, das Wissen im Binnenbereich der Wissenschaft zu halten (es quasi „einzukapseln“), sucht man bislang vergebens. Auch in der kommerziellen und militärischen Forschung entscheiden nicht die Wissenschaftler, sondern die Geldgeber, also externe Stellen, darüber, was mit den gewonnenen Ergebnissen geschieht. Selbst wenn die Wissenschaftler die Kontrolle hätten: Sie konkurrieren viel zu sehr um Ansehen und Forschungsmittel, als dass sie sich leisten könnten, die Früchte ihrer Arbeit geheim zu halten. Außerdem setzt Bacons Idee voraus, dass man Nutzen und Schaden einer Entdeckung oder Innovation schon zu Anfang kennt. Aber das ist sehr selten der Fall. Die anfänglichen Bewertungen können sich ändern, und dies sogar mehrfach.

Hierfür gibt es viele Beispiele. Contergan – das Paradebeispiel eines „bösen Arzneimittels“ – wird heute wieder zur Behandlung von Lepra und sogar in der Krebstherapie eingesetzt. Das Botulinus-Toxin, das bei Fleischvergiftungen schon in geringen Dosen zum Tode führt, ist heute ein Life-Style Medikament zur Gesichtsverschönerung und wird neuerdings als Mittel gegen Depressionen diskutiert. DDT – der Paradefall eines „bösen Pestizids“ – hat nach Ansicht von Risikoforschern vom Ersteinsatz bis 1986 vermutlich mehr Leben gerettet als alle Antibiotika zusammengenommen.³⁶

Risikoforschung kann sehr lehrreich sein und die schönsten Vorurteile zerstören. Vermutlich ist sie auch deshalb nicht besonders beliebt oder bekannt. Der durch den modernen Risikodiskurs geprägte Zeitgenosse findet es vermutlich ungläubhaft oder zumindest unbequem, dass die meisten Menschen in den entwickelten Ländern – wenn es um Fremdeinwirkungen geht – weder an einem pestizidhaltigen Lebensmittel noch an Radioaktivität aus Kernkraftwerken, sondern an weitaus banaleren Risiken sterben, die in der öffentlichen Bewertungsskala ziemlich weit unten stehen – Alkohol, Rauchen, Missbrauch und Nebenwirkungen von Medikamenten, Ernährungsfehler, Ärztliche Kunstfehler,

36 Fritzsche, A. E.: Wie sicher leben wir? Risikobeurteilung und -bewältigung in unserer Gesellschaft. Köln: Verlag TÜV Rheinland 1986, S. 65

Feinstaub, Verkehrs-, Haushalts- und Sportunfälle, Sonnenbaden, Life-Style-Folgen, Sepsis, Lärm, usw.

3. Der Sündenfall der modernen Wissenschaft: Kernwaffen

Die beiden Bacons kannten noch keine Waffen, die die gesamte Menschheit ausröten konnten. Solche Waffen konnte man am Vorabend des 2. Weltkrieges zumindest erahnen. Es ist viel Tinte vergossen worden über die Verantwortung der Kernphysiker, die den Politikern erst die Atombombe und dann die (zumindest bis heute) ultimative Waffe, die Wasserstoffbombe in die Hand gegeben haben. Das Handeln der Physiker sowohl in Deutschland als auch in den USA ist dabei mit der gleichen Entschiedenheit gutgeheißen wie verdammt worden. Wem gehört der Lorbeer, wem die silberne Zitrone? Wer hat seinem Land – oder wahlweise der freien Welt oder der Menschheit – den größten Dienst erwiesen oder den größten Schaden zugefügt? Hat die Atombombe nicht den zweiten Weltkrieg schlagartig beendet und damit unter Umständen Millionen Amerikaner und Japaner gerettet?³⁷ Hat sie nicht bis heute den dritten Weltkrieg durch Errichtung eines „Gleichgewichts des Schreckens“ verhindert?³⁸ Leider ist das nicht das Ende der Geschichte. Die weitere politische Entwicklung hat auch dazu geführt, dass dieses Gleichgewicht wieder zerstört wurde, indem das Wissen und die Fähigkeit zum Bombenbau sich weltweit verbreitet hat und nukleare Konflikte durch die schiere Zahl der Möglichkeiten statistisch gesehen wahrscheinlicher geworden sind.

Aber die Geschichte der Atombombe beginnt viel früher.³⁹ Müsste man nicht auch fragen: Wer hat im Vorfeld der technischen Umsetzung die entscheidenden Beiträge zur Erarbeitung des Wissens über die prinzipielle Möglichkeit einer solchen Waffe geleistet? Nicht alle würden dabei so weit gehen wie Klaus Michael Meyer-Abich, wenn er schreibt: „Atomwaffen wissenschaftlich zu ermöglichen, ist nicht weniger schuldhaft als sie zu entwickeln, und sie zu entwickeln ist nicht weniger schuldhaft als mit ihnen zu drohen, und mit ihnen zu drohen ist nicht weniger schuldhaft als sie anzuwenden“⁴⁰. Doch wo beginnt hier die kausale Kette der Ermöglichung von Atomwaffen? Bei Leukipp und Demokrit, die (soweit

37 Dies wird in neuerer Zeit von einigen Historikern bestritten.

38 Es waren allerdings nicht die hohen Militärs, denen man dies zuschreiben muss. Diese drängten vielmehr bei verschiedenen Gelegenheiten auf den Einsatz von Kernwaffen.

39 Zum folgenden siehe: Fischer, K.: Die Risiken des wissenschaftlichen und technischen Fortschritts. – In: Aus Politik und Zeitgeschichte (Beilage zu DAS PARLAMENT), B15/92, 3. April 1992, S. 26-38.

40 Meyer-Abich, K. M.: Wege zum Frieden mit der Natur. München/Wien: Hanser 1984, S. 213.

wir wissen) den Atomismus als Idee erfanden? Bei denen, die dem Atomismus im 17. Jahrhundert in Europa eine Renaissance verschafften? Bei den Chemikern des 18. und 19. Jahrhunderts, die merkten, dass sich Elemente zumeist in konstanten Proportionen verbanden, was darauf hindeutete, dass es von jedem Element kleinste Einheiten gab? Bei Ernest Rutherford, der 1911 den Atomkern experimentell entdeckte? Bei den vielen Chemikern, deren Atomgewichtsbestimmungen auf eine enorme Bindungsenergie in den Kernen mancher Elemente hindeuteten? Bei Einstein, dessen Energie-Masse-Relation für diese Erkenntnis wesentlich war? Bei Cockcroft und Walton, die 1932 Lithiumkerne mit Hilfe künstlich beschleunigter Protonen spalteten? Bei James Chadwick, der im gleichen Jahr das Neutron entdeckte? Bei Hahn und Straßmann, die 1939 nachwiesen, daß auch ein schwerer Atomkern wie der von Uran auseinanderplatzen kann? Bei den Emigranten Lise Meitner und Otto Robert Frisch, die kurz darauf rechnerisch bewiesen, daß dabei eine enorme Energiemenge frei wird? Bei Frédéric Joliot-Curie, der mit dem Nachweis weiterer Neutronen im Spaltungsprozess die Möglichkeit einer Kettenreaktion zeigte? Bei Francis Aston, der mit seinem Massenspektrographen die Existenz des Uranisotops mit dem Atomgewicht 235 nachwies? Bei Bohr und Wheeler, die die Einfangquerschnitte von Uran 235, 238, 239 und benachbarter Elemente und Isotope für Neutronen mit unterschiedlichen Energien untersuchten? Und, und, und! Die Kette ließe sich verlängern und ergänzen.⁴¹ An jedem Punkt hätte die Natur ihr Veto einlegen können. Sie tat es nicht! Hier zeigt sich eine fundamentale Ambivalenz unseres physikalischen Wissens. Die Gesetze der Physik sind indifferent gegenüber möglichen Formen ihrer Anwendung. Es gibt nur eine korrekte Physik des Atomkerns – nicht eine für die Bombe, eine andere für Reaktoren, eine dritte für die Medizin und eine vierte für die Umwelt. Die Natur sagt nicht, wie wir ihre Gesetze nutzen sollen.

Dass die Herstellung dieser Waffe nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch möglich ist, wurde erst im Mammutprogramm des Manhattan Projekts zur Gewissheit. Die Kernspaltung impliziert noch keine explosive Kettenreaktion. Das Projekt stand – so sagen Beteiligte – einige Male am Rand des Scheiterns an technischen Schwierigkeiten. Es war kein Selbstläufer. Der Erfolg wurde durch technischen Erfindungsreichtum, durch politische Entscheidungen und den Einsatz von zwei Milliarden Dollar an Steuergeldern gesichert. Er war nicht die quasi unbeabsichtigte Nebenfolge der kernphysikalischen Forschung! Es gibt keinen

41 Zu dieser Geschichte vgl.: Goodchild, P., J. Robert Oppenheimer. Basel u.a.: Birkhäuser Verlag 1982; Rhodes, R., Die Atombombe. Nördlingen: Greno 1988; Hoddson, L., u.a.: Critical Assembly. Cambridge: Cambridge University Press 1993.

Automatismus zwischen theoretischer Erfindung, Anwendungsreife und großtechnologischer Anwendung. Wir sehen dies heute an den Beispielen der Kernfusion, der neuen Supraleiter, des Quantencomputers, des Elektroautos, der „grünen Energie“ oder der so genannten Wasserstoffwirtschaft. Das heißt aber auch, dass die negativen Konsequenzen ambivalenten technischen oder wissenschaftlichen Wissens nicht unbedingt realisiert werden müssen. Es gibt aber sehr wohl Anwendungen, die technisch leicht zu haben sind und dennoch großen Schaden anrichten können.

4. Eine romantische Geschichte vom Gewissen der Wissenschaft – aber auch von heroischem Versagen

Es ist die traurige Geschichte von einem italienischen Physiker, der – wenn die Story stimmt – eine radikale persönliche Antwort auf das Gefahrenpotential von Wissenschaft und Technik gefunden hatte, die der Dürrenmattschen Lösung im Stück „Die Physiker“ überlegen ist. Ettore Majorana galt vielen als der genialste Physiker, den Italien im 20. Jahrhundert hervorgebracht hatte. Er war ein introvertierter, verschlossener Mensch aus gutbürgerlichem Haus mit hohem ethischen Anspruch, hatte u. a. in Leipzig bei Heisenberg studiert und war auf dem Weg zur Weltspitze der Kernphysik. Da passierte das Unfassbare. Am 26. März 1938 verschwand Ettore Majorana bei der Überfahrt von Neapel nach Palermo spurlos von einem Postschiff. Recherchen ergaben, dass sein Abgang sorgfältig geplant war, doch viele Einzelheiten sind unklar. Seine Freunde glaubten zu wissen, warum Majorana seinem Leben ein Ende setzte. Er hatte anscheinend eine physikalische Entdeckung gemacht, die er für so schrecklich hielt, dass er nur einen Weg sah, dieses Wissen wieder zu vernichten: indem er den Träger dieses Wissens, also sich selbst, tötete. Da es in der Logik dieses Denkens lag, auch alle Aufzeichnungen über die Entdeckung zu vernichten, wissen wir nichts Genaueres darüber. Aber nehmen wir an, die Geschichte sei so gewesen und Ettore Majorana habe das Geheimnis der Atombombe als erster entdeckt und mit ins nasse Grab nehmen wollen. Dann, so muss man leider sagen, war der Selbstmord vergeblich. Das Wissen, auf dessen Basis Majorana Schreckliches voraussah, war in der Welt, und andere kamen wenig später zu den gleichen Schlüssen. Aber vielleicht – wir möchten die Romantik dieser Geschichte nicht völlig zerstören – hatte Majorana noch etwas viel Schrecklicheres entdeckt, auf das bis heute kein anderer gekommen ist.⁴²

42 Vgl. Sciascia, L., Das Verschwinden des Ettore Majorana, Baden-Baden/Zürich: Elster Verlag 1996.

5. Paradoxe Effekte: Von der Tragik eines Wissenschaftlers, der stets das Gute wollte und dennoch das Schreckliche förderte oder vorbereitete

Eine solche Tragik spiegelt sich vielleicht in keinem anderen besser als in dem deutschen Chemiker Fritz Haber.⁴³ Haber, aus einer assimilierten gutbürgerlichen jüdischen Familie stammend, wollte wie so viele ehemalige Juden seine Zugehörigkeit zur deutschen Kultur durch besondere Leistungen und Loyalitätsbeweise dokumentieren. 1918 erhielt er den Nobelpreis für Chemie für die Gewinnung von Stickstoff aus der Luft. Mit dieser Innovation war ein Weg gefunden, Stickstoffdünger in unbegrenzter Menge für die Landwirtschaft und damit für die Ernährung der Menschheit zu produzieren. Leider hatte diese Entdeckung, die von Haber, Bosch und Mittasch in den Jahren 1908-1913 zur Anwendungsreife geführt wurde, eine Kehrseite. Die vom Militär benutzten Sprengmittel beruhten auf dem gleichen Grundstoff wie Stickstoffdünger. Ohne Habers Arbeit wäre der erste Weltkrieg nach dem Urteil von Experten spätestens Mitte 1915 zu Ende gewesen, weil der deutschen Armee der Sprengstoff ausgegangen wäre. Die alliierte Blockade sorgte nämlich dafür, dass kein Salpeter mehr nach Deutschland gelangte. Die Planungen des deutschen Generalstabes hatten im Vertrauen auf den Schlieffen-Plan einen längeren Krieg nicht vorgesehen. Dank der Haberschen Erfindung verlor Deutschland den Krieg nicht innerhalb eines Jahres, sondern erst drei Jahre später – und nachdem Millionen von jungen Soldaten auf dem Feld der Ehre (wie man sagte) gefallen waren. Nicht zu Unrecht nannten einige den 1. Weltkrieg später den „Krieg der Chemiker“.

Nach dem Motto „Im Frieden für die Menschheit – im Krieg fürs Vaterland“ betätigte sich Haber aber nicht nur als großindustrieller Organisator der Sprengstoffproduktion, er glaubte auch ein Mittel gefunden zu haben, wie man den Stellungskrieg beenden und die Front wieder in Bewegung bringen konnte: mit Gas. Dies war seine zweite große Innovation für das Vaterland. Habers Frau, die Chemikerin Clara Immerwahr beging nach dem Einsatz der neuen Waffe mit der Dienstpistole ihres Mannes Selbstmord. In der Folge verreckten (sic!) oder erblindeten Zigtausende alliierte Soldaten und Pferde an den in Habers Institut entwickelten und perfektionierten Kampfgasen. Wie zu erwarten, antworteten die Alliierten wenig später mit gleicher Münze: der Gaskrieg fiel auf Deutschland zurück. Ob ihn die Alliierten auch von sich aus begonnen hätten, wissen wir nicht. Einige Historiker nehmen an, dass die Deutschen den Alliierten nur zuvor-

43 Zum Folgenden vgl. Szöllösi-Janze, M., Fritz Haber. München: Beck Verlag 1998; Stolzenberg, D., Fritz Haber - Chemiker, Nobelpreisträger, Deutscher, Jude. Weinheim u.a.: VCH 1994.

gekommen sind. Habers Hoffnung auf Überwindung des Stellungskrieges erwies sich jedenfalls als vergeblich. Die Alliierten setzten ihn nach dem Ende des Krieges auf die Liste der Kriegsverbrecher.

Es gab aber noch einen dritten großen Wirkungskreis Habers: die Schädlingsbekämpfung. Dies war besonders an der Front ein großes Problem: Läuse, Flöhe, Wanzen, Ratten machten den Soldaten in den Schützengräben schwer zu schaffen. In Habers Labor wurden wirksame Mittel gegen alle möglichen Schädlinge auf der Basis von Blausäure entwickelt: Zyklon A, Zyklon B, Zyklon C. Kurz nach der Machtergreifung der Nationalsozialisten trat Haber aus Protest gegen die Entlassung der jüdischen Mitarbeiter des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physikalische Chemie und Elektrochemie von seinem Posten als Direktor des Instituts zurück. Schwer gezeichnet von den Strapazen dieser Monate starb er im Januar 1934 während einer rastlosen Suche nach Stellen für seine ehemaligen Mitarbeiter allein in einem Hotelzimmer im schweizerischen Basel an Herzversagen. Ein Teil seiner Verwandtschaft wurde 10 Jahre später mit einem in Habers Institut entwickelten Mittel zur Bekämpfung von Ungeziefer ermordet. Es hieß Zyklon B.

Im Nachgang sei erwähnt, dass sich auch die Düngemittelproduktion nicht als ungeteilter Segen für die Menschheit erwiesen hat. Sie ermöglichte eine explosionsartige Zunahme der Bevölkerung und reproduzierte die alten Probleme auf einem höheren und letzten Endes gefährlicheren Niveau. Zugleich schuf sie neue, die vorher nicht existierten.

6. Der neue Goldrausch in der Biotechnologie – eine unvollendete Geschichte

Diese Geschichte beginnt ganz unscheinbar und es hätte auch alles im Sande verlaufen können. Die definitive Chronik der Ereignisse ist noch nicht geschrieben, aber die folgenden Ereignisse werden Bestandteile von ihr sein. In den neunziger Jahren studiert ein Doktorand namens Francisco Mojica an der Universität Alicante an der Costa Blanca die Mittelmeermikrobe *Haloferax mediterranei*, die in den Salzwiesen an der Küste lebt. Mojica findet im Erbgut des Bakteriums viele fremde Gensequenzen in Form von Palindromen (wie etwa GTACATG). Andere Forscher fanden ähnliche Fremdsequenzen in anderen Bakterien wie dem Pestbakterium oder den Milchsäurebakterien. Besonders letztere waren aufschlussreich, weil sie einen Abwehrmechanismus der Bakterien gegen Viren zutage förderten.

Bis etwa 2007 hatte man folgendes erkannt: Die Fremdsequenzen stellten eine Art Steckbrief für angreifende Viren dar und wurden vom Bakterium mit einer Genschere gekoppelt, die die Angreifer zerstückeln konnten. Also „eine Art Tä-

terdatei mit angeschlossenem Zerstörungsmechanismus“,⁴⁴ den man mit dem unverständlichen Kürzel CRISPR Cas9 (für Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) bezeichnet.

In den folgenden Jahren erforschten etliche Mikrobiologen diesen Mechanismus und seine möglichen Anwendungen, bis im Jahre 2012 der entscheidende Aufsatz von Jennifer Doudna und Emmanuelle Charpentier in der Zeitschrift „Science“ erschien, der den Startschuss für den neuen Goldrausch in der Mikrobiologie darstellte. Es steht jetzt ein Instrument zur Verfügung, mit dem man gezielt Gensequenzen aus einem Genom herausschneiden und andere Sequenzen einsetzen kann. Damit ist es im Prinzip möglich, Organismen gezielt zu verändern, sofern man weiß, was die zu entfernenden oder einzubauenden Gene bewirken.

Wenn man diesen Gedanken fortspinnt, erhalten wir eine Situation, in der die Evolution ihre Basis nicht mehr in zufälliger Mutation und natürlicher Auslese, sondern in geplanten Veränderungen hat, die in den Laboratorien der neuen Genfabriken durchgeführt werden. Aus einem Ergebnis reiner Grundlagenforschung ist eine Ressource für die Industrie geworden. Es geht nicht nur um sehr viel Geld, es geht darum, wohin die genetische Evolution des Menschen, aber auch des übrigen Lebens steuern soll. Die Evolution wird dabei nicht außer Kraft gesetzt. Sie hat nur eine höhere Stufe erreicht und wirkt jetzt auf der Ebene derjenigen, die darüber entscheiden, welche genetischen Veränderungen vorgenommen werden sollen: solvente Eltern, ehrgeizige Laboratoriumsdirektoren, skrupellose Firmenvorstände, bedenkenlose Militärs, unfähige Regierungen, machtgierige Diktatoren, etc. Beschränken wir uns auf die weitere Evolution des Menschen: Vom Designerkind, stressresistenten Manager, hyperintelligenten Forscher, ermüdungsfreien Arbeiter, Supersoldaten, unterwassertauglichem Schürfpersonal bis zum weltraumtauglichen Superastronauten wird die Nachfrage reichen. Viele Eigenschaften werden als erstrebenswert erscheinen: höhere Intelligenz, höhere körperliche Attraktivität, bessere Resistenz gegen Krankheitserreger, Stress, Radioaktivität und Gifte, Supersinne, zusätzliche körperliche und sensorische Fähigkeiten, etc. Die daraus entstehenden (sozialen, politischen, ökonomischen, demographischen, kulturellen, rechtlichen, ethischen, etc.) Probleme lassen sich aus heutiger Perspektive nur schemenhaft erahnen. Absehbar ist, dass nationale rechtliche Hürden durch die Konkurrenz zwischen Staaten, Konzernen und Wirtschaftssystemen tendenziell ausgehebelt werden.

44 Rauner, M. und Spiewak, M., Eine Frau, ihre Entdeckung und wie sie die Welt verändert. - In: DIE ZEIT Nr. 27, 23. Juni 2016, S. 30 (Titelstory „Die große Hoffnung“)

Zukunftsprojektionen

Drei Nahutopien bestimmen heute die Hoffnungen und Befürchtungen der gebildeten Schichten in den technologisch entwickelten Ländern:⁴⁵

Eine neue Biotechnologie auf der Basis der CRISPR Cas9 Verfahren, die es nicht nur ermöglichen könnten, viele genetisch bedingte oder molekularbiologisch beeinflussbare Krankheiten zu heilen und das Problem des Alterns zu lösen, sondern auch Pflanzen, Tiere und „Menschen nach Maß“ herzustellen⁴⁶ - Stoff für negative und positive Utopien jeder Art;⁴⁷

eine perfektionierte Informationstechnologie, die nicht nur totale Kommunikation und Überwachung, sondern auch Künstliches Leben und kybernetische Maschinen mit menschlichen Fähigkeiten oder sogar Hybride zwischen Mensch und Maschine (Cyborgs) ermöglichen könnte;⁴⁸

eine voll entwickelte Nanotechnologie, die es ermöglichen könnte, beliebige Objekte in „Replikatoren“ aus Partikeln zusammensetzen und mikroskopische Maschinen zur Behandlung und Heilung des menschlichen Körpers zu bauen – „Nanobots“, die im Falle einer Systementgleisung allerdings die ganze Erdoberfläche in kurzer Zeit mit „grauen Schleim“ überziehen könnten.⁴⁹

Noch eine weitere Utopie grassiert in den Kreisen fortschrittsgläubiger Intellektueller und Wissenschaftler: Die Vision von der Besiedelung des Weltraums.⁵⁰ Von der Errichtung erdnaheer Kolonien über die Herrichtung von Asteroiden bis zur Urbarmachung des Mars und der Monde von Jupiter und Saturn reicht diese Fernutopie, die von manchen ihrer Vertreter als einzige Möglichkeit zur Lösung kommender Umwelt- und Überbevölkerungsprobleme gepriesen wird, während andere in ihr nur eine logische Fortsetzung des bisherigen Weges der Menschheit sehen. Im Verein mit der dann verfügbaren Biotechnologie wird dieser Weg dazu führen, dass sich die Spezies Mensch in Anpassung an neue Umwel-

45 Vgl. Fischer, K., Technische Wissenschaften – der Weg zu einem besseren Leben? – In: Vom Nutzen der Wissenschaften. Beiträge zum Österreichischen Wissenschaftstag 2006. Hrsg. v. W. Berka und H. Schmidinger. Wien u.a.: Böhlau 2007, S. 72f.

46 Silver, L.: Das geklonte Paradies. Künstliche Zeugung und Lebensdesign im neuen Jahrtausend. München: Droemer Knaur 1998.

47 Vgl. Wilkie, T.: Gefährliches Wissen. Sind wir der Gentechnik gewachsen? Hamburg: Rotbuch 1996.

48 Kurzweil, R.: Homo S@piens. Leben im 21. Jahrhundert. Was bleibt vom Menschen. Köln: Kiepenheuer & Witsch 1999; Whittaker, R.: Das Ende der Privatheit. Überwachung, Macht und soziale Kontrolle im Informationszeitalter. München: Verlag Antje Kunstmann 1999; Moravec, H.: Mind Children. Hamburg: Hoffmann & Campe 1990.

49 Drexler, E.: Engines of Creation. New York: Doubleday 1987.

50 Puttkamer, J. v.: Der erste Tag der neuen Welt. Frankfurt: Umschau 1981; Walter, U., Zivilisationen im All., Heidelberg und Berlin: Spektrum Akademischer Verlag 1999.

ten radikal verändern und in verschiedene Unterarten aufspalten wird. Die neuen Probleme, die sich daraus ergeben werden, lassen sich allenfalls erahnen.

Vielleicht erwartet uns im späten 21. Jahrhundert eine paradiesische Welt voller technologischer Wunder. Vielleicht gehen wir aber auch, wie Jeremy Rifkin befürchtet, einer Zukunft entgegen, in der die „Gene, welche die Blaupausen der Menschheit darstellen, das intellektuelle Eigentum von einer Hand voll Lifescience-Firmen sind“⁵¹ und Staaten „Kriege um Gene“ führen? Aber vielleicht wird in 100 oder 200 Jahren der heutige Mensch nur noch eine nostalgische Erinnerung von Romantikern sein.

Wissenschaft und Technik eröffnen uns viele Optionen zur Gestaltung der Zukunft. Jede von ihnen verursacht Kosten (unter anderem in Form derjenigen Möglichkeiten, die durch die Wahl ausgeschlossen wurden) und erzeugt unbeabsichtigte Folgen und Externalitäten. Eine Revision der Entscheidung, die der Popperschen Forderung nach „piecemeal engineering“ entspräche, ist oft nicht mehr möglich. In einem komplexen, rückgekoppelten System der vorliegenden Art kann man nicht einfach einen „Wiederherstellungszeitpunkt“ auswählen, um das System auf einen früheren Punkt seines Entwicklungspfades zurückbringen, wenn es zu entgleisen droht.

Hans Jonas hat zu Recht darauf hingewiesen, dass die Menschheit „viel zu zahlreich geworden ist [...] um noch frei zu sein, zu einer früheren Phase zurückzukehren. Sie kann nur vorwärts gehen und muß aus der Technik selbst, mit einer Dosis mäßiger Moral, die Heilmittel für ihre Krankheit gewinnen.“⁵² Zusammen mit der Einsicht des gleichen Autors, dass auch die friedliche Anwendung der Technik auf lange Sicht großen Schaden anrichten kann, ergibt sich ein verstörendes und irritierendes „Dilemma der modernen Technik“.

Die Antwort auf das von Jonas aufgewiesene Dilemma spaltet die Wissenschaft bis heute. Auf der einen Seite stehen die, nach denen Technik und Wissenschaft selbst die Krankheit sind, auf der anderen Seite jene, nach denen man nur mit intelligenter Technik die Kollateralschäden menschlichen Wirtschaftens – die im übrigen nicht so neu sind, wie manche glauben⁵³ – bewältigen kann.

51 Rifkin, J., Wir werden Kriege um Gene führen. – In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 11.4.2000 (Feuilleton).

52 Jonas, H., Warum die Technik ein Gegenstand für die Ethik ist. – In: Technik und Ethik. Hrsg. v. H. Lenk und G. Ropohl. Stuttgart: Reclam 1987, S. 89.

53 Vgl. Thommen, L., Umweltgeschichte der Antike. München: Beck Verlag 2009; Gimpel, J., Die industrielle Revolution des Mittelalters. Zürich und München: Artemis Verlag 1980, S. 82ff.; Zirnstein, G., Ökologie und Umwelt in der Geschichte. Marburg: Metropolis Verlag 1994.

Zu den Skeptikern der Vergangenheit zählten zum Beispiel der amerikanische Historiker Henry Adams und der deutsche Physiker Max Born. Auf der Grundlage des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik entwickelte Adams im Jahre 1862 ein Zukunftsszenario, in dem der Mensch durch die weitere Entwicklung von Wissenschaft und Technik schließlich Kräfte entfesseln wird, die er nicht mehr beherrschen kann. „Der Mensch bestieg die Wissenschaft und rast nun mit ihr dahin. Ich glaube fest, daß es keine Jahrhunderte dauert, bis der Mensch durch die Wissenschaft unterworfen ist. Er wird nicht die Kraft dazu haben, die Apparaturen, die er erfinden wird, zu kontrollieren. Die Wissenschaft wird eines Tages die Existenz der Menschheit in ihrer Gewalt haben, und die menschliche Rasse wird Selbstmord begehen, indem sie die Welt in die Luft sprengt.“⁵⁴ Vierzig Jahre später, 1902, fürchtet Adams „für das nächste Jahrhundert einen endgültigen, ungeheuren Zusammenbruch kosmischen Ausmaßes, aber nicht auf unseren alten Wegen. Ich glaube, daß wir durch die Wissenschaft scheitern werden und daß wir gleich Affen sind, die mit einer scharfen Bombe spielen.“⁵⁵

Hundert Jahre später, nach Hiroshima und Nagasaki, konstatierte Max Born einen „vollständigen Zusammenbruch der Ethik“ als „notwendige Folge des naturwissenschaftlichen Aufstiegs, der an sich eine der größten intellektuellen Leistungen der Menschheit ist. Wenn dem so ist – so Born weiter – dann ist der Mensch als freies verantwortliches Wesen am Ende.“⁵⁶ Max Born gehörte zu jener Minderheit von Physikern, die es ablehnten, am Manhattan Projekt teilzunehmen.

Andere, wie der deutsche Nobelpreisträger Manfred Eigen, sehen Wissenschaft und Technik als Ergebnis der anthropologischen Grundverfassung des Menschen. Beides sei ein Ausfluss der Neugier, „die ein Erbe der Evolution ist. Sie kam zur Selektion, weil sie für das Überleben der Menschheit von Vorteil war. Ohne forschende Neugier wären wir eine Episode, eine Laune der Natur.“⁵⁷ Das schließt freilich nicht aus – so könnte man hinzufügen – dass Neugier auch

- 54 Henry Adams, aus einem Brief an seinen Bruder Charles aus dem Jahre 1862, in: Henry Adams and his Friends. A Collection of his unpublished Letters. Compiled with a Biographical Introduction by H.D. Cater, Boston 1947, LXXXV; zit. nach der Übers. in: Wagner, F., Weg und Abweg der Naturwissenschaft. München: Beck Verlag 1970, S. 107.
- 55 Adams, Brief an Brooks vom 10. August 1902, in: Cater, a.a.O., 529 (übers. in: Wagner, a.a.O., 107).
- 56 Born, M. und H., Der Luxus des Gewissens. Erlebnisse und Einsichten im Atomzeitalter. München: Nymphenburger 1969, S. 72.
- 57 Eigen, M., Wir müssen wissen, wir werden wissen. – In: Wissenschaft und Ethik. Hrsg. v. H. Lenk. Stuttgart: Reclam 1991, S. 33.

ins Verderben führen kann, vor allem dann, wenn sie nicht mit der nötigen Intelligenz und Moral gepaart auftritt.

Im „Leben des Galilei“ lokalisierte Bert Brecht die Ursache des Dilemmas der modernen Wissenschaft in der mangelnden Standhaftigkeit gegenüber anderen Ansprüchen – zum Beispiel denen der Religion. Er forderte einen „hippokratischen Eid der Wissenschaft“?⁵⁸ Das bezog sich freilich auf die Situation von 1632, als Galilei vor der Macht der Kirche zurückwich und entgegen seiner inneren Überzeugung eine wissenschaftliche Hypothese widerrief. Heute kommen die äußeren Ansprüche an die Wissenschaft nicht mehr in erster Linie von der Religion, sondern von Wirtschaft und Politik. Es ist schwer, gegenüber jenen standhaft zu bleiben, von deren Geldmitteln und Wohlwollen man abhängt.

Brechts Idee scheint vorauszusetzen, dass Wissenschaftler (wie Aristoteles annahm) immer nur nach der Wahrheit streben und hehre Ziele verfolgen. Dem kann ich nicht folgen.⁵⁹ Das Bild des Forschers als unbeirrbaren Wahrheitssuchers hat eine dunkle Kehrseite. Wissenschaftler, Forscher und Erfinder zeigten in der Vergangenheit manchmal wenig Skrupel, ihre Projekte auf Kosten der Menschen in ihrem unmittelbaren Umfeld, oder sogar aller anderen, voranzutreiben. In vielen Forschern verbirgt sich ein kleiner Dr. Seltsam, ein detailverliebter Beinahe-Autist, der sein Steckenpferd rein funktional (als technisches Problem) betrachtet und es ohne Sensibilität oder auch nur Interesse für „Kollateralschäden“ verfolgt. Man findet es zum Beispiel ausgesprochen spannend, im Labor ein Vogelgrippevirus mit Pandemiepotential zu konstruieren – natürlich nicht, um es freizusetzen, sondern um es zu untersuchen. Für die damit verbundenen potentiellen Risiken für andere fehlt den Betreffenden offenbar die Phantasie. Paradoxer Effekt: bei Eintreten einer Vogelgrippe-Pandemie könnte sich das gewonnene Wissen tatsächlich als nützlich erweisen. Nur die Zukunft kann zeigen, ob die Nutzen-Risiko-Bilanz positiv war.

Vielleicht involviert die interesselose Suche nach Wahrheit, die durch kein weiteres Motiv als das der Ergründung der Struktur der Welt gespeist wird, eine moralische Überforderung des Menschen. Dies könnte ein Ideal sein, das das Maß eines Wesens übersteigt, das von zweckrationalen Überlegungen gesteuert wird, die im Dienst von Interessen, Emotionen und Begierden stehen: dem Interesse nach sozialer Anerkennung, Verbesserung seiner ökonomischen Lage, Kontrolle der persönlichen Umgebung, Abwendung wahrgenommener Gefahren, Abwehr dissonanter Informationen, der Sucht nach Ruhm, Sex, Geld und

58 Brecht, B., *Das Leben des Galilei* (1938/1939). Frankfurt: Suhrkamp 1963, S. 126.

59 Vgl. Fischer, K., *Fehlfunktionen der Wissenschaft*. - In: *Erwägen – Wissen – Ethik*, Jg. 18 (2007), S. 9,

Macht, aber auch der Suche nach Geborgenheit, Liebe und geistiger Anregung. Auch dies ist ein wichtiger Aspekt von Ambivalenz – in diesem Falle nicht der Wissenschaft, sondern des Wissenschaftlers. Bei der Erörterung der Ambivalenz von Wissenschaft, Forschung und Technik steht deshalb die anthropologische Frage nach dem Menschen immer im Hintergrund.

An der langen aber straffen Leine halten: Ambivalenz der Kontrolle und Nichtwissen in Realexperimenten

Einleitung

„An der kurzen Leine halten“ (oder lassen) ist eine Redensart, die ausdrückt, dass Personen (zum Beispiel ein Kind) oder Mitarbeiter in einem Projekt so geführt und straff gemanagt werden, dass wenig Freiheiten und Freiräume bleiben und die Kontrolle „von oben“ besonders genau eingehalten wird. „An der langen Leine halten“ hingegen ist die deutlich seltener benutzte Redensart,¹ die darauf verweist, dass jemandem viele Freiheiten zugestanden werden und es relativ wenig strikte Kontrollen gibt. Häufig wird es auch abwertend benutzt im Sinne von: Da darf jemand alles. In Realexperimenten, also Experimenten die außerhalb der traditionellen Räume der Wissenschaft in der Gesellschaft ablaufen,² geht es um genau diese Spannung zwischen dem strategischen Aussetzen von Kontrolle zur einen Seite und der Rückgewinnung der „strengen“ Oberhand zur genauen Erforschung der häufig überraschenden Ergebnisse auf der anderen. Solche spannungsreichen Realexperimente finden sich heute in vielen Bereichen der Gesellschaft, möglicherweise aber besonders im Bereich Ökologie, der Stadtplanung oder der Energiewende.³ Der Begriff Experiment wird hier genutzt um die

- 1 Ein Vergleich der jeweiligen Häufigkeiten der beiden Redensarten in der Suchmaschine „google“ zeigt ein Verhältnis von etwa 1:5 („An der langen/kurzen Leine halten“) oder sogar fast 1:10 bei „An der langenkurzen Leine lassen“.
- 2 Groß, Matthias; Holger Hoffmann-Riem und Wolfgang Krohn: Realexperimente: Robustheit und Dynamik ökologischer Gestaltungen in der Wissensgesellschaft. *Soziale Welt* 54 (3): 241-258, 2003.
- 3 Siehe hierzu allein: Evans, James; Andrew Karvonen, and Rob Raven (Hrsg.): *The Experimental City*. London: Routledge, 2016. Reinermann, Julia-Lena und Friederike Behr (Hrsg.): *Die Experimentalstadt: Kreativität und die kulturelle Dimension der nachhaltigen Entwicklung*. Wiesbaden: VS Verlag, 2017. Layzer, Judith A.: *Natural Experiments: Ecosystem-Based Management and the Environment*. Cambridge, MA: MIT Press, 2008. Van de Poel, Ibo; Lotte Asveld und Donna C. Mehos (Hrsg.): *New Perspectives on Technology in Society: Experimentation Beyond the Laboratory*. London: Routledge, 2018.

unausweichliche Ambivalenz in der Gestaltung und Begleitung von Innovationsprozessen angemessen beschreiben zu können.

Auf dieser 2017er Tagung der Gesellschaft für Wissenschaftsforschung (GeWiF) zum Thema „Ambivalenz der Wissenschaft“ hat Heinrich Parthey argumentiert, dass Ambivalenz in der Wissenschaft erst mit der Gewinnung einer experimentellen Problemstellung sowie der Durchführung von Experimenten seit der frühen Neuzeit in die Welt gekommen sei.⁴ Täuscht er sich hierin nicht, dann kann man annehmen, dass sich in Zeiten zunehmender Transdisziplinarität und der Verlagerung von Forschungsprozessen in die weitere Gesellschaft Ambivalenz als Kennzeichen der modernen Wissenschaft zunehmend herausbilden wird. Dies bedeutet, dass Konflikte und sich oft entgegenstehende wissenschaftliche Expertisen zunehmen. Ein Vorschlag zur Beschreibung dieser Entwicklung wurde mit dem Begriff und Konzept der Realexperimente vorgenommen. Realexperimente als Experimente von und mit gesellschaftlichen Akteuren, werden ganz sicher nicht ohne soziale Konflikte über die Legitimität solcher experimenteller Prozesse ablaufen. Aktuelle Diskussionen zu einem postfaktischen Zeitalter oder einem allgemeinen Misstrauen in die Wissenschaft mögen weitere Hinweise für einen grundlegenden Wandel zur Rolle und dem Verständnis der Wissenschaft sein. Vielleicht ist das Experiment so verstanden gar ein zentrales „Dispositiv“ der Gesellschaft des 21. Jahrhunderts⁵. Ein Zurück in Zeiten als die Wissenschaft vornehmlich im Labor experimentierte und als sicher und unhinterfragt fortschrittsfördernd galt scheint zumindest undenkbar. Positiv betrachtet kann man sagen, dass das Konzept der Realexperimente immerhin eine erste Strukturierung der unvermeidbaren Ambivalenz und ihrer Auswirkungen auf Gesellschaften des 21. Jahrhunderts bietet.⁶ Sie verbunden die Idee der Ambivalenz mit dem der Kontrolle und dem strategischen Umgang mit Nichtwissen in der Gesellschaft des 21. Jahrhunderts.

Im Folgenden werden zur Erläuterung dieses unausweichlichen Spannungsverhältnisses einige konzeptuelle Grundlagen einer „realexperimentellen Methode“ vor dem Hintergrund zunehmenden Nichtwissens in der Wissensgesellschaft beleuchten um daran anknüpfend einige Beispiel aus dem Bereich der Altlasten-

- 4 Parthey, Heinrich. Ambivalenz der experimentelle Methode in der Forschung.- In diesem Jahrbuch Wissenschaftsforschung 2017.
- 5 Vergleiche allgemein auch: Groß, Matthias. Experimentelle Methode und experimentelle Gesellschaft. – In: Petras, Vivien; Walther Umstätter und Karl-Friedrich Wessel (Hrsg.). Theorie und Konzepte des wissenschaftlichen Erkennens: Festschrift zum 80. Geburtstag von Heinrich Parthey (S. 51-55). Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin.2017.
- 6 Böschen, Stefan; Matthias Groß und Wolfgang Krohn (Hrsg.). Experimentelle Gesellschaft: Das Experiment als wissenschaftsgesellschaftliches Dispositiv? Baden-Baden: Nomos Verlag, 2017.

forschung aus verschiedenen Projekten am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) in Leipzig zu erläutern.

Experiment und Kontrolle: Wissen und Nichtwissen

Mit der zunehmenden Bedeutung von Wissen als effektiv zu nutzende Ressource vermehrt sich paradoxerweise auch die Bedeutung des Nichtwissens. Wissen wächst nicht linear; vielmehr offenbart die Untersuchung neuer Zusammenhänge zugleich immer neue Wissenslücken und erschüttert vermeintlich stabiles Wissen. Zur Illustration dieses Phänomens wird gelegentlich die Metapher der Wissenskugel herangezogen, da jedes gelöste Problem – nicht nur in der Wissenschaft – neue ungelöste Probleme und damit neue Horizonte, also Grenzen des Bekannten mit sich bringt. Wissen ist wie eine Kugel, die in einem Universum des Nichtwissens schwimmt. Mehr Wissen führt damit auch oft zur Bewusstmachung von Nichtwissen und damit zu immer neuen Forschungsaufgaben. In der Wissensgesellschaft stellt sich damit die Frage wie man in konkreten Fällen mit dem wachsenden Nichtwissen umgehen sollte. Was müssen wir nicht wissen und vor welchem Wissen müssen wir uns vielleicht sogar schützen? Aber auch: Kann Nichtwissen vielleicht sogar eine wichtige Ressource für erfolgreiches Handeln sein?

Soziologisch betrachtet ist Nichtwissen somit nicht einfach ein Negativzustand jenseits des Wissens, sondern Teil nahezu jeder Entscheidung, Kommunikation und Handlung. Ohne ein Wissen um bestimmte Ressourcen von Nichtwissen würden soziale Prozesse zusammenbrechen, denn erst das Nichtwissen als natürliches Gegenüber des Wissens erlaubt ein Verständnis von Vertrauen und Misstrauen, von Innen und Außen oder von Öffentlichkeit und Privatheit.⁷

Im wissenschaftlichen Experiment übernimmt die Hypothesenbildung die Rolle spezifizierten Nichtwissens. Traditionell werden Experimente als Operationen zur Prüfung von Hypothesen verstanden. Eine Hypothese wäre somit eine Aussage, deren Gültigkeit möglich ist, die Bedingungen für die Gültigkeit sind jedoch (noch) unbekannt und das für die Beurteilung notwendige Wissen noch

7 Diese Thematik wird in den letzten Jahren im Feld der „ignorance studies“ vorangetrieben. Für einen Überblick siehe: Groß, Matthias und Linsey McGoey (Hrsg.): *Routledge International Handbook of Ignorance Studies*. London: Routledge, 2015. Wehling, Peter (Hrsg.): *Vom Nutzen des Nichtwissens: Sozial- und kulturwissenschaftliche Perspektiven*. Bielefeld: Transcript, 2015. Viele dieser Diskussionen fußen auf klassischen Themen wie der Bedeutung von Geheimnissen in Organisation. Eine neuere Studie hierzu findet sich in: Costas, Jana und Christopher Grey (2016): *Secrecy at Work: The Hidden Architecture of Organizational Life*. Stanford, CA: Stanford University Press.

nicht vorhanden. Stellt sich die Hypothese als falsch heraus, ist zumindest das Nichtwissen spezifiziert, die Experimentatorin weiß nun, was sie vorher nicht wusste. So verstanden können auch gescheiterte Experimente als erfolgreich gelten. Man könnte also sagen, dass Experimente streng genommen gar nicht scheitern können, denn ein Scheitern liefert dennoch eine Antwort, wenn auch oft eine überraschend andere als die erwartete. Dieses überraschend andere Wissen ist in gewisser Weise aber ein Erfolg des Experiments. Fügt man beide Beobachtungen – die Bedeutung der Erarbeitung von Nichtwissen in der Gegenwarts-gesellschaft und die Rolle des Experiments als Analyseinstrument, das aus erfolgreichem Scheitern wichtige Schlüsse zieht – zusammen und versteht den heute zunehmenden gesellschaftlichen Umgang mit Nichtwissen als Teil außer-wissenschaftlicher Experimentierprozesse, eröffnen sich neue Einsichten, die helfen, Nichtwissen als konstruktives Element des Alltags zu konzeptualisieren. Umgekehrt gibt dies der Metapher des Realexperiments als Experiment außerhalb des angestammten Bereichs des naturwissenschaftlichen Labors einen konzeptuellen Kern, der sowohl für die Innenseite als auch für den gesellschaftlichen Raum außerhalb des Labors gelten kann.⁸

Jedes Realexperiment zielt auf die Verwirklichung eines erwarteten Zustands von mehr oder weniger hypothetischem Charakter und ist daher an ein entsprechend hohes Potential der gesellschaftlichen Enttäuschung und des Scheiterns gekoppelt – auch wenn das Experiment selbst mit Blick auf die Wissensgenerierung ein Erfolg sein sollte. In diesem Zusammenhang ist die Entwicklung neuer Formen der Zusammenarbeit zwischen den Sozial- und Naturwissenschaften zu erwähnen, wie auch die zwischen Experten und Laien sowie allgemein eine engere Kopplung zwischen Wissensgenerierung und Wissensanwendung, welche in den letzten Jahrzehnten an Bedeutung gewonnen hat.⁹ Zwei Faktoren scheinen dafür verantwortlich:

Erstens ist seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts die als lineares Modell bezeichnete Abfolge von der Grundlagenforschung über die Anwendungsforschung

- 8 Zum Überblick: Groß, Matthias. Experimentelles Nichtwissen: Umweltinnovationen und die Grenzen sozial-ökologischer Resilienz. Bielefeld: Transcript, 2014.
- 9 Hierzu zählen viele der als transdisziplinäre oder transformative Forschung bezeichnete Formen der Forschung. Siehe zum Beispiel Bergmann, Matthias; Thomas Jahn; Tobias Knobloch, Wolfgang Krohn, Christian Pohl, Engelbert Schramm. Hrsg.): Methoden transdisziplinärer Forschung: Ein Überblick mit Anwendungsbeispielen. Frankfurt am Main: Campus, 2010. Schneidewind, Uwe und Mandy Singer-Brodowski. Transformative Wissenschaft: Klimawandel im deutschen Wissenschafts- und Hochschulsystem. Marburg: Metropolis, 2014. Pohl, Christian; Pius Krütl und Michael Stauffacher. Ten Reflective Steps for Rendering Research Socially Relevant. *Gaia: Ecological Perspectives for Science and Society* 26 (1): 43-51, 2017.

zur Implementierung neuer Technologien und Strategien immer häufiger einem Rückkopplungs- oder Rekursionsmodell gewichen.¹⁰ In diesem wird auch durch die Anwendung von Wissen etwas über die Grundlagen gelernt und diese Grundlagenkenntnisse haben wiederum häufig eine direkte Relevanz für Anwendungen. Hierdurch erhalten gezielt gestaltete Innovationsprozesse einen quasi-experimentellen Charakter.¹¹

Zweitens ist es häufig unmöglich, die Komplexität der Anwendungssituationen theoretisch zu erfassen. Man denke hier exemplarisch an gentechnisch veränderte Lebensmittel, die Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen, die Einführung neuer Medikamente, die Problematik des Elektrosmogs oder die Testversionen großer Software-Systeme. Während Laborexperimente durch die räumliche Abgrenzung und strenge Sicherheitsvorkehrungen gesellschaftlich folgenlos bleiben sollten, besteht in Realexperimenten hingegen die Wissensanwendung in einem gezielten gestalterischen ökologischen oder technologischen Eingriff, dessen potentielle Auswirkungen nicht nur weit über die Grenzen des wissenschaftlichen Labors hinaus spürbar sind, sondern als demokratisch organisierter Prozess konzipiert werden müssen – wemgleich dies nicht immer der Fall ist.

Beispiele hierfür lassen sich in der Einführung neuer Impfstoffe finden. Nachdem Impfstoffe in klinischen Studien getestet wurden, werden sie sozusagen in der weiteren Bevölkerung als Kontrollgruppe zu Ende getestet. Mit der Zeit werden möglicherweise bestimmte Parameter nachgebessert und die Randbedingungen besser zu kontrollieren versucht. Da diese Prozesse von gezielten Begleitforschungen unterstützt werden, deren Ergebnisse durch Forscherinnen (im Labor) ausgewertet werden, kann man hier durchaus von Realexperimenten sprechen. Die saubere Trennung zwischen wissenschaftlicher Forschung und gesellschaftlicher Anwendung lässt sich dann nur noch schwierig einhalten, das heißt, die Gesellschaft wird in die Durchführung von Experimenten einbezogen. Für die Durchführung dieser Realexperimente kann eine Legitimation allein für Forschungszwecke nicht eingeholt werden, daher wächst die Bedeutung partizipativer Entscheidungsfindungen, die die wissenschaftliche Öffentlichkeit mit einbeziehen.¹² Die in den letzten Jahren wiederbelebte Diskussion um die Zentralität der sogenannten Prosumer, also von Konsumenten als Teil der Koproduk-

10 Asdonk Jupp; Udo Bredeweg und Uli Kowol. Innovation als rekursiver Prozess: Zur Theorie und Empirie der Technikgenese am Beispiel der Produktionstechnik. *Zeitschrift für Soziologie* 20(4): 290-304, 1991.

11 Tironi, Manuel. Disastrous Publics: Counter-Enactments in Participatory Experiments. *Science, Technology & Human Values* 40 (4): 564-587, 2015. Tironi, Manuel. Disastrous Publics: Counter-Enactments in Participatory Experiments. *Science, Technology & Human Values* 40 (4): 564-587, 2015.

tion zwischen Herstellern und Kunden, verweist darauf, dass partizipative und integrative Entscheidungsfindungsprozesse besonders in experimentellen Settings an Bedeutung gewinnen.¹³

Der schrittweisen Zusammenführung von Nichtwissen und Experimentierprozessen in der Gesellschaft sollen in Folgenden Analysen zur Umgestaltung postindustrieller Landschaften bei der Sanierung von Industriebrachen zur Seite gestellt werden.¹⁴ Anders als im oben genannten Beispiel neuer Impfstoffe, die potentiell die gesamte Gesellschaft betreffen, sind die „Testfälle“ in diesem Beitrag eher regional begrenzt, da positiv evaluierte Experimentierprozesse am ehesten in Bereichen zu finden sind, in denen explizit Neuerungen und Veränderungen im Zentrum stehen. Es handelt sich um Bereiche, in denen die offizielle Sicherheitsrhetorik besonders hoch ist, die soziologische Analyse der Alltagspraktiken der involvierten Akteure jedoch verschiedene Ausprägungen experimenteller Kulturen zu Tage fördert, die den Umgang mit Nichtwissen und damit verbundenen Fragen zur Ambivalenz der Wissenschaft konstruktiv zu wenden verstehen. Dies wirft zudem immer wieder neue Fragen nach der Sinnhaftigkeit von Eindeutigkeitserwartungen an die Wissenschaft oder von Fortschritt und Innovation als gesellschaftliche Leitbilder auf.

Ganz allgemein spielt das Experiment seit der frühen Neuzeit eine entscheidende Rolle für die Entwicklung der modernen Gesellschaft, nicht zuletzt, weil hierdurch neue Formen der Wahrheitsfindung teilweise unter den Augen einer interessierten und oft skeptischen Öffentlichkeit präsentiert werden können.¹⁵ Die bis dahin häufig in der Religion fußenden „Sicherheiten“ konnten durch

- 12 Thomke, Stefan H.: *Experimentation Matters: Unlocking the Potential of New Technologies for Innovation*. Boston: Harvard Business School Publishing, 2003.
- 13 Siehe hier allein zum Themenfeld der geothermischen Energienutzung: Bleicher, Alena und Matthias Groß: *User Motivation, Energy Prosumers and Regional Diversity: Sociological Notes on using Shallow Geothermal Energy*. *Geothermal Energy* 3 (1): 1-12, 2015.
- 14 Weitere Details und Schattierungen zum Thema Altlastensanierung und realexperimentelle Prozesse finden sich zum Beispiel in Gross, Matthias und Alena Bleicher: 'It's Always Dark in Front of the Pickaxe': *Organizing Ignorance in the Long Term Remediation of Contaminated Land*. *Time & Society* 22 (3): 316-334, 2013. Bleicher, Alena; Martin Bittens & Matthias Groß: *Keiner weiß genau was da unten ist': Vom erfolgreichen Umgang mit Nichtwissen in Sanierungsprojekten*. *Altlasten Spektrum* 18 (3): 136-141, 2009. Groß, Matthias: *Experimentelle Kultur und die Governance des Nichtwissens*. -In: Reiner mann, Julia-Lena und Friederike, (Hrsg.), *Die Experimentalstadt: Kreativität und die kulturelle Dimension der Nachhaltigen Entwicklung* (S. 21-40). Wiesbaden: Springer VS, 2017. Groß, Matthias und Alena Bleicher: *Jenseits der Zurechnung auf Entscheidungen: Nichtwissenskommunikation am Beispiel Altlastensanierung*. - In: Janich, Nina; Nordmann, Alfred und Liselotte Schebek (Hrsg.): *Nichtwissenskommunikation in den Wissenschaften* (S. 209-234). Frankfurt am Main: Peter Lang, 2010.

neue Sicherheiten – die der objektiven Fakten und der Naturgesetze – abgelöst werden. Infolge der damit einhergehenden Trennung zwischen Natur und Kultur kam und kommt dem Experiment eine besondere Funktion für den Erhalt sozialer Ordnung zu. Die experimentelle Methode soll zum einen die Transparenz der Natur- und Technikzusammenhänge steigern. Zum anderen aber wird das Experiment verbunden mit der Öffnung des mittelalterlichen Universums zu einer Reise in eine Welt neuer, unendlich scheinender Möglichkeiten.

Auf Francis Bacon (1561-1626) können zwei Formen des Experiments, die auch die heutige Diskussion zu Realexperimenten prägen, zurückgeführt werden. Die eine ist die als „reines“ Experiment betrachtete Konzeption des Laborexperiments, welches sich vermeintlich entkoppelt vom Rest der Gesellschaft abspielt; daneben steht die provokante Ankündigung Bacons an die Öffentlichkeit, dass die experimentelle Methode der Wissenschaft die Gesellschaft selbst zu einem Experiment transformieren würde.¹⁶

Folgt man Heinrich Partheys oben vorgestellter Annahme darf vor diesem Hintergrund davon ausgegangen werden, dass heute das naturwissenschaftliche Laborexperiment nur noch als eine Variante unter vielen Schattierungen des Realexperiments außerhalb des Labors darstellt.¹⁷ Der Begriff des Realexperiments verweist auf Prozesse außerhalb des abgeschirmten Bereichs der Wissenschaft, die nicht einfach kontrollierbar, reproduzierbar und reversibel sind; und dies, so die hier vertretene Annahme, auch nicht zwingend sein müssen. Sie können als der neue Normalfall des Experiments betrachtet werden; das Laborexperiment wird zum Sonderfall. Will man dem folgen, dann muss man sich mit Realexperimenten kritisch auseinandersetzen, denn diese führen, so kann man heute sicher sagen, nicht nur zur erfolgreichen Erforschung von Naturprozessen, sondern auch zum Ausprobieren kultureller Praktiken, zu partizipativer Stadtentwicklung, zu neuen Formen gesellschaftlicher Organisation und Partizipation oder zu alternativen Lebensstilen. Realexperimenteller Forschung kommt somit auch zunehmende Ambivalenz ihrer Auswirkungen auf und in der weiteren Gesellschaft zu.

In beiden Formen des Experiments werden Hypothesen aufgestellt und es ist, wie oben angedeutet, gerade die Abweichung von der Hypothese, die eine Quelle

15 Collins, Harry M. Public Experiments and Displays of Virtuosity: The Core-set Revisited. *Social Studies of Science* 18(4), pp. 725-748, 1988., M.

16 Krohn, Wolfgang: Francis Bacons literarische Experimente. - In: Gamper, Michael; Martina Wernli and Jörg Zimmer (Hg.): *Es ist nun einmal zum Versuch gekommen: Experiment und Literatur I, 1580-1790*. Göttingen: Wallstein, 2009, S. 33-52.

17 Siehe hierzu auch: Groß, Matthias. Give me an Experiment and I will raise a Laboratory. *Science, Technology & Human Values* 41 (4): 613-634, 2016.

produktiver Überraschung darstellen kann. Anders ausgedrückt: Wenn ein Experiment insofern scheitert, als die Hypothesen unbrauchbar waren, ist es erfolgreich. Durch einen experimentellen Zugang werden Überraschungen gefördert und es wird versucht, sie zu kontrollieren, um Lerneffekte daraus zu generieren. Sie weisen darauf hin, dass man bestimmte Dinge nicht wusste – Nichtwissen wird deutlich. Das Experiment ist somit ein provozierter Weg des geordneten Umgangs mit Nichtwissen. Mit Nichtwissen verbundene Ambivalenzen und Unberechenbarkeiten werden im Experiment konstruktiv zur Generierung neuer Erkenntnisse genutzt. Sie sind damit Hilfsmittel, um durch systematisches Ausprobieren Neues zu generieren. Damit wird eine Offenheit gegenüber eventuellen überraschenden Ereignissen nicht nur gefordert, sondern sie ist Voraussetzung des Experiments und der beteiligten menschlichen Akteure.

Experiment soll hier nicht gleichbedeutend mit jeglicher Form von Veränderung oder evolutionären Prozessen verstanden werden. Bereits Heinrich Parthey und Dietrich Wahl schlugen daher eine klare Trennung vor, die zwischen Probieren im Sinne von „Versuch und Irrtum“, Testen im Sinne des praktischen Erfolges sowie dem Experiment als einer gesellschaftlichen Praxis, die wissenschaftliche Erkenntnis, Kontrolle und theoretische Durchdringung der jeweiligen Zusammenhänge umfasst unterscheidet.¹⁸ Bei Realexperimenten geht es so verstanden explizit nicht um Strategien inkrementellen Lernens und damit häufig eines sehr konservativen Vorgehens im Sinne des Wegs des geringsten Widerstandes. Es geht vielmehr um aktives und bewusstes Entscheiden und Handeln unter Bedingungen des Nichtwissens. Dies muss dann sinnvollerweise auch das Bewusstsein der Möglichkeit des Scheiterns und die klare Kommunikation darüber mit einschließen.¹⁹

Im Weiteren sollen dazu ein paar Befunde aus einem Forschungsprojekt zur Altlastensanierung, was ich in Leipzig mit Alena Bleicher und weiteren Kollegen im Rahmen eines Helmholtz-Großprojektes durchgeführt habe, vorgestellt werden.

18 Parthey, Heinrich und Dietrich Wahl: Die experimentelle Methode in Natur- und Gesellschaftswissenschaften. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften 1966. S. 217.

19 Realexperimentelles Vorgehen ist so verstanden auch nur bedingt mit dem adaptiven Management und damit verbundenen Resilienzvorstellungen in Einklang zu bringen, auch wenn der Begriff „Experiment“ heute gelegentlich ebenfalls im Zusammenhang mit Diskussionen um Anpassung und Resilienz auftaucht. Vgl. hierzu erneut Groß, 2014.

Industrielle Kontaminationen: Auf dem Weg in die experimentelle Gesellschaft?

Als Altlasten werden Ansammlungen von Schadstoffen in Boden und Grundwasser bezeichnet, die durch Industrieablagerungen oder Betriebsunfälle seit Beginn der Industrialisierung entstanden sind. Die Problematik dieser Stoffkonzentrationen wurde in allen Industrieländern seit Ende der 1970er Jahre im Zusammenhang mit der Umnutzung von Industriebrachen und Deponien als Wohnbauland deutlich. Diese Flächen sind häufig in einem solchen Maß verunreinigt, dass sie sowohl die umgebenden Ökosysteme als auch die menschliche Gesundheit beeinträchtigen können. Trotz zahlreicher Innovationen im Bereich der Erkundungs- und Sanierungstechnologien und der Entwicklung einer vorsorgenden Umweltgesetzgebung in den letzten Jahrzehnten hat das Thema kontaminierter Flächen bis heute nicht an Aktualität eingebüßt. Neben den enormen Kosten, die die Beseitigung von Schadstoffen verursacht, sind die Akteure mit der Herausforderung konfrontiert, trotz unvollständigen Wissens Entscheidungen treffen zu müssen.

Viele Industriegebiete haben eine lange Kontaminierungsgeschichte. Bis in die 1970er Jahre bestand in westlichen Gesellschaften kaum ein Bewusstsein für die Gefährlichkeit von Chemikalien im Boden und die Stärke ihrer Auswirkungen auf Menschen und Ökosysteme. Das hatte zur Folge, dass die Ablagerung von Produktionsrückständen häufig ohne besondere Vorkehrungen direkt auf dem Firmengelände erfolgte und selten dokumentiert wurde. Ebenso waren kleine Stoffaustritte häufig nur ehemaligen Angestellten bekannt. Akten und Unterlagen über entsprechende Ereignisse fehlen und das Wissen darüber geriet in Vergessenheit. Erschwerend kommt hinzu, dass viele brachgefallene Industriegebiete in den letzten Jahrzehnten von der Natur zurückerobert wurden und die in ihnen verborgene Gefahr als Biotop und häufig auch als Heimat seltener Pflanzen und Tiere „getarnt“ ist. Zusätzlich sind die Schadstoffe im Lauf der Jahre in Abhängigkeit von ihrer chemischen Struktur und der jeweils speziellen geologischen Situation Veränderungen unterworfen – sie entfernen sich, ungesehen, im Untergrund vom ursprünglichen Ort der Kontamination oder werden durch natürliche Prozesse abgebaut und umgewandelt. Diese Unsichtbarkeit bedeutet, dass sich trotz detaillierter Voruntersuchungen in aller Regel nicht alle Details klären lassen und sich die Akteure der Altlastensanierung dessen bewusst sind, dass sie bei Revitalisierungs- und Sanierungsarbeiten immer mit Unerwartetem rechnen müssen.

Im Rahmen unserer interdisziplinären Forschungen wurden nach ersten Analysedurchgängen der befragten Interessensvertreter die Hinweis auf die Kommu-

nikation von Wissenslücken gelegt um Strategien im Umgang mit Nichtwissen in Altlastensanierungen deutlich zu machen. Dabei zeigte sich, dass viele der beteiligten Akteure sich ganz selbstverständlich darüber verständigten, dass bestimmte Dinge im Entscheidungsmoment nicht bekannt waren. Auch in Vertragsdokumenten fanden sich Festlegungen, die explizit Nichtwissen gemäß dem oben eingeführten Verständnis einbezogen. Aufgrund dieser Erkenntnis wurden die Materialien nochmals gezielt mit dem Fokus auf Entscheidungen unter Bedingungen des Nichtwissens ausgewertet, um die damit verbundenen Handlungsstrategien herauszuarbeiten.

Nichtwissen wurde in den Interviews auf unterschiedliche Weise identifiziert.²⁰ Zum einen weisen bestimmte negierende Schlüsselbegriffe und Redewendungen wie „das hat keiner gewusst“, „das hat keiner geahnt“ oder „wir wissen es nicht“ ganz direkt auf Wissenslücken hin. Zum anderen kann aus den Darstellungen von Handlungsabläufen darauf geschlossen werden, dass im Moment der Handlung Nichtwissen vorlag: „Im Zuge der Aushubarbeiten wurden organoleptische Auffälligkeiten des Erststoffes festgestellt, Proben genommen und Analysen veranlasst“ (Interview). Es lag somit eine Grundlage zum Handeln und für weitere Untersuchungen vor, weil darauf verwiesen werden konnte, was nicht gewusst wurde („Auffälligkeiten“). Die Analyse von Bodenproben diente dann dazu, Wissen dort zu erarbeiten, wo im Moment noch Nichtwissen bestand. Schließlich sind für den Umgang mit Nichtwissen im Entscheidungskontext Formulierungen wie „es kann nicht ausgeschlossen werden, dass Handlungsbedarf wegen Kontaminationen gegeben sein wird“ bezeichnend. Zusätzlich zur Information, dass offensichtlich nicht alle Details bekannt sind, wird hier eine durch das Faktum des Nichtwissens erzeugte Erwartungshaltung zum Ausdruck gebracht.

Obwohl die Untersuchungsbeispiele in ganz verschiedenen Regionen liegen und sich insbesondere die Rahmenbedingungen für die Flächenentwicklung unterscheiden, ist der Umgang mit der Frage des Nichtwissens im Sanierungsprozess doch sehr ähnlich. In allen Fällen waren und sind vielfältige Akteure an den Wiedernutzungs- und den damit verbundenen Sanierungsaktivitäten beteiligt: Gemeindeverwaltung, Fachverwaltungen auf übergeordneten Ebenen (Region, Land, Staat), lokale Politik, Investoren und Unternehmen sowie Ingenieurbüros. Die besondere Herausforderung bestand jeweils darin, die teilweise gleichzeitig stattfindenden Sanierungsarbeiten und Baumaßnahmen sowie die unterschiedlichen Zuständigkeiten der Akteure zu koordinieren und dabei mit der Tatsache

20 Aus forschungsethischen Gründen bleiben sowohl die befragten Akteure als auch die Orte der Untersuchung in diesem Beitrag anonym.

umzugehen, dass zu vielen Zeitpunkten kein vollständiges Wissen über die Altlastensituation vorliegen konnte.

Basierend auf den allgemeinen Erfahrungen mit der Altlastensanierung seit den 1980er Jahren und den speziellen Kenntnissen über den jeweiligen Standort und seine Vornutzung waren sich Experten und Fachbehörden dessen bewusst, dass Altlasten bei der Revitalisierung ein Thema sein würden und dass trotz sorgfältiger Erkundungsmaßnahmen kein endgültiges Wissen über die Altlastensituation würde vorliegen können. Dieses Wissen über das Nichtwissen wurde aber nicht, wie man vermuten könnte, verschwiegen, sondern in Entscheidungsprozessen offen kommuniziert, wie die folgenden Beispiele aus Interviews zeigen:

„Wir können bei einem derartigen Komplex leider nicht sagen, was diese Gefährdungen tatsächlich für Maßnahmen erfordern. Wir wissen es nicht. [...] Ich kann nach wie vor nicht sagen, was ist mit dem Grundwasser. Muss man was tun? Muss man nichts tun? In welchem Umfang muss man was tun? Das bedeutet aber noch nicht, dass ich jetzt, bevor ich diese Gefährdungsabschätzung habe, mit allem anhalten und sagen kann: Wartet mal!“ (Interview)

Das Zitat macht deutlich, dass es nicht möglich war, im Moment der Entscheidungsfindung auf akzeptiertes Wissen zurückzugreifen. Im ersten Zitat zeigt sich weiterhin, dass das Nicht-Gewusste so weit spezifiziert war, dass gesagt werden konnte, was nicht gewusst wurde; der Bezugspunkt des Nichtwissens war klar. Es verdeutlicht auch, dass das Warten auf den Abschluss der klassischen Gefährdungsabschätzung und -bewertung viel zu lange gedauert hätte.

Aus soziologischer Perspektive ist es in erster Linie wichtig zu sehen, dass Handlungsdruck besteht und eine Entscheidung trotz Nichtwissens getroffen wird. Die Tatsache, dass auch Nichtfachleute wie zum Beispiel Kommunalpolitiker kommunizieren, dass es nicht möglich sein wird, endgültiges Wissen zu erarbeiten, weist zudem darauf hin, dass die Akteure tatsächlich nicht nur dem Interviewer gegenüber ihr Nichtwissen kommunizieren, sondern auch untereinander im Entscheidungsprozess auf Wissensgrenzen hinweisen.

Die Beteiligten verständigen sich aber nicht nur mündlich darüber, dass nicht alles bekannt ist. Auch in verschiedenen Dokumenten, wie zum Beispiel in Gutachten oder sogar Verträgen, finden sich Formulierungen, die klar machen, dass bestimmte Dinge nicht gewusst werden und dass mit dieser Tatsache umgegangen werden muss:

„Da keine Dokumentation vorliegt, kann nicht ausgeschlossen werden, dass im Zuge der [Arbeiten] Handlungsbedarf wegen Kontaminationen gegeben ist. Die Parteien sind sich einig, dass das insoweit bestehende, tatsächlich nicht vorhergesehene Risiko [...] einbezogen werden soll.“ (Vertrag zwischen Projektbeteiligten, unveröffentlichtes Dokument)

An dieser Stelle wird offengelegt, dass Nichtwissen und die damit verbundene Ambivalenz akzeptiert werden muss, dass nicht alle Details bekannt sind und dass sich die Beteiligten über diese Tatsache einig sind. Es wird auch deutlich, dass damit von ihnen eine Offenheit gegenüber eventuellen überraschenden Ereignissen gefordert und ein Sich-Einstellen auf das Unerwartete erwartet wird.²¹ Das unterstreicht die Bedeutung der Informationsweitergabe und der Notwendigkeit, Strategien gegen das Vergessen von Informationen gerade im Altlastenbereich zu entwickeln. Obwohl es an den Untersuchungsstandorten als normal erscheint, dass Nichtwissen kommuniziert wird, ist das so normal nicht. Nichtwissen zu erhalten, kann strategische Gründe haben, die aus soziologischer Sicht als ebenso wichtig betrachtet werden müssen wie das Offenlegen von Nichtwissen. Für den Besitzer eines auf dem Gelände eines ehemaligen Kasernenstandorts gelegenen Eigenheims kann es beispielsweise existenzielle Nachteile haben, Fragen hinsichtlich der Altlastensituation zu stellen. In aller Regel führt der kleinste Verdacht auf Altlasten zu einer deutlichen und unwiderruflichen Minderung des Grundstückswertes und in der Folge zu Nachforderungen kreditgebender Banken. Auch eine Umweltbehörde kann ein Interesse daran haben, weniger über die von einem Grundstück ausgehende Gefahr zu wissen, weil sich andernfalls besondere Handlungsnotwendigkeiten in Form von komplizierten Projekten ergeben oder eventuell vorangegangene Ungereimtheiten behördlicher Entscheidungen sichtbar werden könnten. Vertreter von Ingenieurbüros hingegen haben ein Interesse daran, Untersuchungsbedarfe zu definieren, da mit jeder aufgeworfenen Frage ein potentieller Auftrag verbunden ist. Nichtwissen hat also auch eine zentrale ordnungserhaltende Funktion, sowohl im Sinne des Erhalts von Nichtwissen als auch im Sinne der Offenlegung desselben. Aus diesem Grund stellt sich die Frage, welche Rahmenbedingungen gegeben sein müssen, damit Beteiligte ihr Nichtwissen in nicht-diffamierender Weise (für sich selbst oder für andere) kommunizieren, und in welchen Momenten es als legitim angesehen wird, trotz Nichtwissen Entscheidungen zu treffen.

Die oben diskutierten Beispiele zeigen, dass sich die Beteiligten darüber austauschten, dass nicht alle Details im Moment der Entscheidung bekannt waren. Man könnte nun vermuten, dass es in einem solchen Fall der logisch nächste Schritt ist, die offenen Fragen durch Erkundungen, Recherchen, Befragungen und Gutachten zu klären, bevor die nächste Entscheidung getroffen wird, da in modernen Gesellschaften nur diejenigen Entscheidungen als legitim angesehen werden, die auf Grundlage vollständigen Wissens getroffen werden. Das passiert

21 Bleicher, Alena. Entscheiden trotz Nichtwissen: Das Beispiel der Sanierung kontaminierter Flächen. *Soziale Welt* 63 (2): 97-115, 2012.

aber nur zum Teil. Tatsächlich lässt sich feststellen, dass oft Entscheidungen getroffen werden, bevor alle Fragen beantwortet sind. Akteure können also offensichtlich übereinkommen, dass es aktuell nicht nötig oder sinnvoll ist, weiteres Wissen zu erarbeiten, dass das vorhandene Wissen ausreicht, um verantwortungsvoll trotz erkannter Wissenslücken zu handeln. Dafür lassen sich vier zentrale Begründungsmuster erkennen: ökonomische Vernunft, Nichtstun als schlechtere Alternative, Unberechenbarkeit der Natur und akuter Handlungsdruck.

Im Muster der ökonomischen Vernunft wird der Mehrwert zusätzlichen Wissens im Vergleich zu den eventuell unerwartet auftretenden Mehrkosten als so gering eingeschätzt, dass kein weiteres Wissen erarbeitet wird. Die Begründung, dass Nichtstun die schlechtere Alternative ist, wird dann herangezogen, wenn sich die Beteiligten einig sind, dass das Warten auf eine Entscheidung zum Stillstand der Aktivitäten führen würde und damit nachhaltig negative Auswirkungen auf die Entwicklung des gesamten Projektes hätte. Die Unberechenbarkeit der Natur ist eine dritte akzeptierte Begründung dafür, Entscheidungen auf Grundlage unvollständigen Wissens zu treffen.²² Dieses Begründungsmuster ist offensichtlich verbreitet und stellenweise bereits institutionalisiert. In Verträgen und gesetzlichen Bestimmungen findet man Hinweise darauf, dass Entscheidungen nach „aktuellem Stand des Wissens“ mit Hilfe der zur Verfügung stehenden technischen Mittel getroffen wurden. Ein solches Begründungsmuster untergräbt die modernistische Sichtweise, dass es sich heute bei Entscheidungen zunehmend um „Risiken“ handele, in denen als unerwünscht erachtete Ereignisse auf gesellschaftliches Verhalten zurückgeführt werden können. Es ist sicherlich richtig, dass die Verantwortung häufig zwischen einzelnen Entscheidungsträgern verschoben wird. Dies geschieht beispielsweise in der Politikberatung, indem die Naturwissenschaft zum Beispiel für die Messung von Grenzwerten herangezogen wird und einer anderen Akteursgruppe die Einschätzung der Grenzwerte überlassen wird. Im Bereich der Altlastensanierung, kann jedoch beobachtet werden, dass auf ein nicht-gesellschaftliches Phänomen verwiesen wird (Natur, Zufall oder eben das, was man nicht weiß). Das heißt, die Zuschreibung wird in gewisser Weise externalisiert, sie wird auf etwas verschoben, was (noch) nicht bekannt ist. Das gibt der allgemeinen Annahme, dass das Wissen zum gegebenen Zeitpunkt unvollständig ist, eine eigene Konnotation.

22 Siehe: Groß, Matthias. Keine Angst vor dem Unberechenbaren: Realexperimente jenseits von Anpassung und Resilienz. – In: von Detten, Roderich; Fenn Faber & Martin Bemann (Hrsg.), Unberechenbare Umwelt: Zum Umgang mit Unsicherheit und Nicht-Wissen (pp. 193-217). Wiesbaden: Springer VS, 2013.

Im Zusammenhang mit überraschenden Altlastenfunden im Boden sagte ein leitender Ingenieur in Bezug auf einen unerwartet entdeckten, zwölf Tonnen schweren Tank: „Ich sage mal ganz sicher, dieser Tank, der wollte wahrscheinlich gar nicht dokumentiert werden. Also wo die überall die Tanks gefunden haben. Die sind nicht dokumentiert“ (Ingenieur Interview #3). Der Hinweis auf das „Nicht-dokumentiert-werden-wollen“ des Tanks ist nicht nur als ironische Äußerung zu werten (was sie ganz sicher auch war), sondern ebenso als ein Hinweis darauf, dass das Nichtwissen ernst genommen wird. Man konnte nicht wissen, dass der Tank da war, da dieser (die außergesellschaftliche Welt) es nicht „wollte“. Eine Schuldzuweisung an andere menschliche Akteure (z.B. an das Ingenieursteam, das vor Ort die Bodenproben genommen hatte) erscheint dem interviewten Akteur daher nicht sinnvoll. Sich auf die heute unbekanntem Entscheider am Ende des Zweiten Weltkriegs zu versteifen, die möglicherweise die Container im Boden versenkt haben, wäre sicherlich eine weitere Möglichkeit der „Schuldzuweisung“, käme aber auch nur einer spezifizierten Form des Nichtwissens gleich, weil man letztlich nicht weiß, wer dies getan hat. Es ist jedoch in der Zivilprozessordnung mittlerweile so, dass es möglich ist, legitim Sachverhalte als vergessen zu deklarieren. Der Jurist Wolfgang Hackenberg stellt es in seiner Arbeit zur allgemeinen Aufklärungspflicht in der vielfältig geänderten Zivilprozessordnung so dar, dass eine Akteursgruppe sich im Streitfall „auch dann mit Nichtwissen erklären [kann], wenn sie die in Rede stehende Tatsache vergessen hat und sie trotz entsprechender Nachforschungen nicht mehr in der Lage ist, sich der tatsächlichen Geschehnisse zu erinnern“.²³

Interessanterweise wurde dieses Muster der Schuldzuweisung nur in der Form aufgefunden, dass in Interviews erwähnt wurde, dass das „wahrscheinlich“ damals so gewesen und es mittlerweile vergessen worden sei. Da man nachweislich aber keine Person oder Institution sicher benennen kann, knüpft man die Erklärung – mit Ironie – an den Container „selbst“. Sicherlich ließe sich hier auf den ersten Blick einwenden, dass der Verweis auf eine außergesellschaftliche Kraft zur Entlastungsstrategie für eigene oder von Kollegen bei der Erkundung des Geländes gemachte Fehler werden könnte. Dies wäre sicherlich ein ernst zu nehmender Einwand. Er scheint jedoch im hier diskutierten Beispiel eher wenig treffend, da die Zuschreibung auf einen menschlichen Fehler bei der Untersuchung zur Folge gehabt hätte, neue Untersuchungen, Gutachten und neue Forschungen auf den Weg bringen zu müssen – mit den üblichen Verlängerungen in der Projektzeit

23 Hackenberg, Wolfgang. Die Erklärung mit Nichtwissen (§ 138 IV ZPO): Zugleich eine kritische Analyse der Lehre der „allgemeinen Aufklärungspflicht“. Berlin: Duncker & Humblot, 1995. Hier S. 180

und den damit verbundenen weiteren negativen Folgen. In diesem Zusammenhang kann daher akuter Zeitdruck während der Durchführung von Arbeiten als viertes Begründungsmuster der Legitimierung des Entscheidens trotz Nichtwissens genannt werden. Die Zeit drängt sozusagen zum Handeln, weshalb man langwierige rechtliche Schritte vermeidet. In Momenten überraschender Altlastenfunde können bereits kleine Verzögerungen gravierende Auswirkungen haben, so dass zügig Entscheidungen getroffen werden müssen. Die Zeit für die Erarbeitung neuen Wissens ist schlicht nicht vorhanden. So oder so, es zeigt sich, dass die Ambivalenz, also ein „konflikthafter Zustand“ in dem „gleichzeitig entgegengesetzte Handlungsansätze wie Zuwendung-Ablehnung in Bezug auf dasselbe Objekt bestehen“²⁴ sich in experimentellen Strategien unter Bedingungen des Nichtwissens immer mehr auszubreiten scheinen.

Nehmen die Akteure in diesen Fällen das Erkennen von Nichtwissen und die Normalität des Umgangs damit ernst, verschiebt sich auch die Zuschreibung von Fehlern und Versäumnissen, da diese dann nicht mehr bei den beteiligten Akteuren gefunden werden können. Entscheidungen trotz Nichtwissen werden nicht als leichtsinnig angesehen, sondern sind das Ergebnis detaillierter Abwägungen. Überraschungen, die sich in der Folge zeigen können, werden nicht als Fehlschlag kommuniziert, und das übliche Spiel der Schuldzuweisung bleibt in diesem Fall aus. Stattdessen erarbeiten die beteiligten Akteure gemeinsame Strategien zum Umgang mit der Situation.

Aufgrund der Vorkenntnisse über die Standorte und der jahrelangen Erfahrungen in der Altlastensanierung im Allgemeinen sind sich insbesondere Experten darüber im Klaren, dass im Vorfeld einer Sanierung und/oder Baumaßnahme niemals alle Details einer Altlast erkundet werden können, dass demzufolge mit Überraschungen zu rechnen ist und Wissen sozusagen *in situ*, während der Bau- und Sanierungsaktivitäten vor Ort, erarbeitet wird. Gleichwohl ist es aufgrund der bereits erwähnten sozialen Funktion des Nichtwissens nicht ganz naheliegend, dass Akteure ohne Weiteres darüber sprechen, dass sie etwas nicht wissen. Ein gemeinsames Ziel, das von allen Beteiligten ungeachtet der durchaus konträren Interessen der einzelnen Organisationen geteilt wird, scheint die Kommunikation über das Unbekannte und die Kooperation im Verlauf des Projektes, trotz überraschender Altlastenfunde, zu erleichtern. Sehr integrativ ist dabei offensichtlich das Ziel künftiger wirtschaftlicher Entwicklungen auf einem kontaminierten Standort. Das ist nicht weiter verwunderlich, wenn man bedenkt, dass Brachflächen häufig alte Industriestandorte sind und mit ihrem Entstehen der

Verlust von Arbeitsplätzen einherging, weshalb dieses Thema die betroffenen Gemeinden in aller Regel stark beschäftigt.

Wird Nichtwissen auf diese Weise kommuniziert und in den Entscheidungsprozess einbezogen, können die beteiligten Akteure ein Bewusstsein für das bekannte Nichtwissen und eine Einstellung des Vorbereitetseins entwickeln, die wiederum dazu führt, dass Strategien für Momente der „erwartbaren Überraschungen“ vorgesehen werden.²⁵

Ambivalente Herausforderungen

Sollte es also stimmen, dass Ambivalenz in der Wissenschaft zuerst durch die Etablierung der experimentellen Methode und der damit verbundenen Durchführung von Experimenten in die Welt gekommen ist, dann können die zahlreichen realexperimentellen Prozesse, die weite Teile der Forschung im 21. Jahrhundert durchziehen, als Garant dafür gelten, dass erst heute Ambivalenz in Form von zunehmendem Nichtwissen trotz immer neuen Wissens (Stichwort: Wissensgesellschaft und big data) zum Standard wird. Wenn diese Experimente nicht vermieden werden können, müssen sie zwar an der straffen Leine gehalten werden (zum Beispiel durch genau Beobachtung und Begleitforschung), diese muss jedoch, da es sich um Prozesse außerhalb der kontrollierbaren wissenschaftlichen Laboratorien handelt, nicht nur um eine sehr lange sondern auch flexible Leine halten. Der strategische Umgang mit Nichtwissen scheint hier ein wesentlicher Faktor zu sein. Das Beispiel Sanierungsforschung sollte in diesem Beitrag zeigen, dass erst eine gemeinsame Entscheidungs- und Kommunikationskultur es ermöglicht im Verlauf eines Projektes, auch schwierige Themen anzusprechen und gemeinsam Lösungen zu entwickeln. Das Beispiel der Altlastensanierung zeigt, dass Entscheidungen getroffen werden, obwohl bekannt ist, dass Nichtwissen vorliegt. Nichtwissen wird von den beteiligten Akteuren jedoch nicht beiseitegeschoben, sondern offen kommuniziert und bewusst in den Entscheidungsprozess einbezogen. Auf diese Weise findet, zumindest im Fall von Altlastensanierungen in altindustriellen Regionen, eine Sensibilisierung für das Unbekannte statt. Akteure erreichen damit einen „Zustand des Vorbereitetseins“. Dies führt einerseits dazu, dass die Legitimität von Entscheidungen neu verhandelt wird. Andererseits hat es zur Folge, dass Akteure Strategien finden, mit dem bekannten Nichtwissen und den daraus resultierenden Überraschungen umzugehen, flexibel auf Veränderun-

25 Vgl. Groß, Matthias: *Ignorance and Surprise: Science, Society, and Ecological Design*. Cambridge, MA: MIT Press, 2010.

gen zu reagieren und gemeinsam für unerwartete Ereignisse einzustehen, statt einem der Beteiligten die Schuld an einem überraschenden Altlastenfund zu geben.

Überraschungen, die den Kurs der Entwicklung und Planung ändern können, gehören zum Alltag der Altlastensanierung und werden nicht grundsätzlich als Fehlschläge kommuniziert, da sie durchaus als außerhalb aktueller gesellschaftlicher Entscheidungszusammenhänge und Verantwortlichkeiten liegend betrachtet werden können. Im hier vorgestellten Verständnis ist dies jedoch weder als „Ent-rationalisierung“ noch als Rückschritt in vormoderne Zeiten zu werten, in denen die Ursache eines Ereignisses außerhalb gesellschaftlicher Entscheidungen gesehen werden durfte (zum Beispiel im Schicksal, der Fügung oder der göttlichen Vorsehung), sondern als eine temporäre Strategie von Akteuren, um mit der Komplexität der Situation umzugehen, ohne auf Schuldzuweisungen abstellen zu müssen. Dies sind Kennzeichen von Realexperimenten.

Um der Unvorhersehbarkeit der vorgegebenen Strukturen erfolgreich zu begegnen, steht Akteuren ein kultureller Vorrat an Handlungsmöglichkeiten zum „Ausprobieren“ zur Verfügung. Praxistheoretisch wird Handeln als eine Aktivität aufgefasst, bei der es nicht zuerst auf individuelle Ziele ankommt, sondern auf implizites Wissen und Können.²⁶ Die Analyseeinheit soll sich nicht auf Einzelhandlungen konzentrieren, sondern es sollen „Aktivitäten“ analysiert werden, die im weiteren sozialen und materiellen Kontext eingebettet sind. Wichtig scheint hier, dass materielle Dinge und natürliche Dynamiken als Teil dieser Zusammenhänge von Praktiken verstanden werden können. Diese materiellen Dinge, auch wenn sie einmal von Menschen gemacht oder von diesen überformt wurden, können sich „naturalisieren“ und Handelnde überraschen. Die Empfindung als Überraschung zeigt oft, dass etwas außerhalb des Bereichs liegt, der einer klaren menschlichen Handlung oder strukturellen Vorgaben eindeutig zugeschrieben werden kann.

Eine experimentelle „Kultur des Nichtwissens“ lässt jedoch das Arbeiten mit Nichtwissen zum Normalfall werden, zum Beispiel durch frühe Abmachungen, die explizit das Unbekannte als Möglichkeit aufnehmen. Unerwartete Wendungen werden als Katalysatoren für neue Forschung und Lernprozesse auf der Anwenderseite gewertet. Sind diese Beobachtungen hier bereits als Hinweise auf eine experimentelle Kultur der Wissensgesellschaft oder gar einer aufkommenden „Experimentiergesellschaft“ zu werten?²⁷ Immerhin lässt sich sagen, dass sich in bestimmten Feldern Strategien herauszubilden scheinen, die unerwartete Effekte zumindest erwarten und sie als Normalität verstehen da jegliche menschliche

26 Vgl. zum Überblick: Schäfer, Hilmar (Hrsg.): Praxistheorie: Ein soziologisches Forschungsprogramm. Bielefeld: Transcript, 2016.

Eingriffe in Ökosysteme oder Technikimplementierungen Folgen haben, die in vielen – vielleicht sogar den meisten – Fällen nicht vorhersehbar sind. Realexperimente bieten daher zumindest ein Modell an in dem der Umgang mit Ambivalenzen durch Nichtwissen Struktur gegeben werden kann und Verhandlungsräume bieten in denen entschieden werden kann ob zu erwartende und überraschende Folgen in Kauf genommen werden sollen.²⁸ Realexperimente bieten so einen Mittelweg zwischen der allzu kurzen Leine häufig innovationshemmender Sicherheitsvorkehrungen und fester Planungen sowie eher richtungsloser Abenteuer des Versuch-und-Irrtums an der langen Leine. Dadurch, dass neues Wissen immer auch die Möglichkeit eröffnet, neues Nichtwissen zu erkennen und besser zu bestimmen, wird Ambivalenz zu einem der Schlüsselmerkmale der Gegenwartsgesellschaft.

Siehe hierzu allein: Evans, James; Andrew Karvonen, and Rob Raven (Hrsg.): *The Experimental City*. London: Routledge, 2016. Reiner Mann, Julia-Lena und Friederike Behr (Hrsg.): *Die Experimentalstadt: Kreativität und die kulturelle Dimension der nachhaltigen Entwicklung*. Wiesbaden: VS Verlag, 2017. Layzer, Judith A.: *Natural Experiments: Ecosystem-Based Management and the Environment*. Cambridge, MA: MIT Press, 2008. Van de Poel, Ibo; Lotte Asveld und Donna C. Mehos (Hrsg.): *New Perspectives on Technology in Society: Experimentation Beyond the Laboratory*. London: Routledge, 2018.

- 27 Shapo, Marshall S. *Experimenting with the Consumer: The Mass Testing of Risky Products on the American Public*. Westport CT: Praeger, 2009. Hier soll beispielhaft nur an verschiedene Projekte im Rahmen der partizipativen und transdisziplinären Reallaborforschung hingewiesen werden. Siehe zum Beispiel: Jahn, Thomas und Florian Keil. Reallabore im Kontext transdisziplinärer Forschung. *Gaia: Ecological Perspectives for Science and Society* 25 (4): 247-252, 2016 oder Beecroft, Richard und Oliver Parodi. Reallabore als Orte der Nachhaltigkeitsforschung und Transformation. *Technikfolgenabschätzung: Theorie und Praxis* 25 (3): 4-8, 2016.
- 28 Hier soll beispielhaft nur an verschiedene Projekte im Rahmen der partizipativen und transdisziplinären Reallaborforschung hingewiesen werden. Siehe zum Beispiel: Jahn, Thomas und Florian Keil. Reallabore im Kontext transdisziplinärer Forschung. *Gaia: Ecological Perspectives for Science and Society* 25 (4): 247-252, 2016 oder Beecroft, Richard und Oliver Parodi. Reallabore als Orte der Nachhaltigkeitsforschung und Transformation. *Technikfolgenabschätzung: Theorie und Praxis* 25 (3): 4-8, 2016.

Ambivalenz der experimentellen Methode in der Forschung

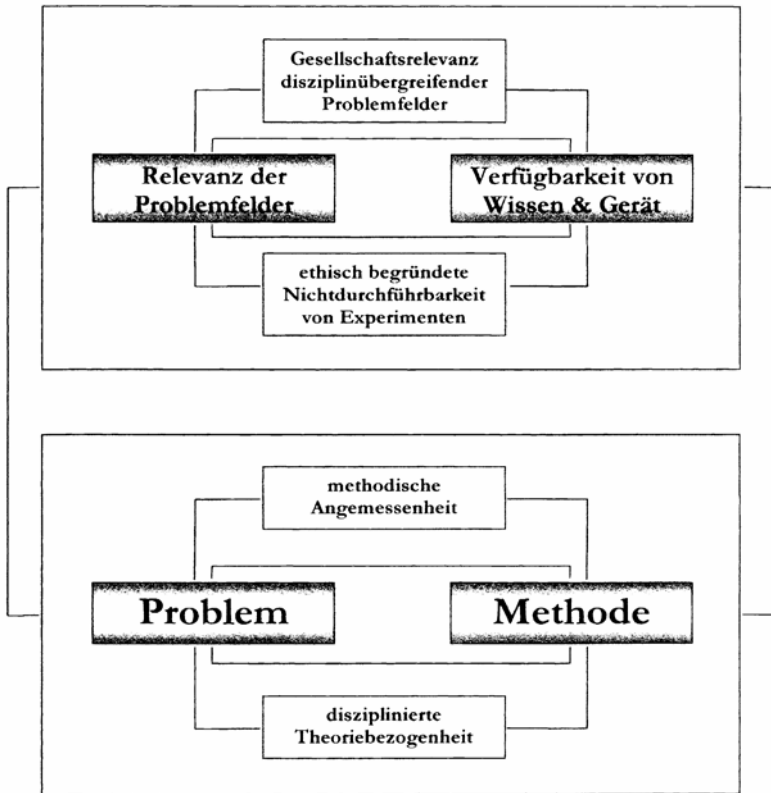
Wissenschaft als publiziertes methodisches Problemlösen verfügt heute dazu über drei große Methodengefüge: die experimentelle, die mathematische und die historische Methode. Bei der Geburt der Wissenschaft wurden vor allem die bloße Beobachtungsmethode, die mathematische und die historische Methode verwendet, denn es wurde zwischen Epistemologischem und Technologischem so streng unterschieden, dass das Experiment zur Wahrheitsfindung abgelehnt und nur die bloße Beobachtung ohne Experiment bevorzugt gewesen ist.

Das Experiment wurde in der Geburt der Wissenschaft mit dem Argument der Sicherung der wissenschaftlichen Integrität im methodischen Vorgehen der Forschung ausgeschlossen. Und das hat für die Wissenschaft einundeinhalb Jahrtausend gegolten. Erst mit Galileo Galilei kam der experimentell bedingten Beobachtung die Funktion zu, in all den Fällen, wo der Wahrheitswert von Aussagen nicht direkt durch bloße Beobachtung festgestellt werden kann, zu versuchen, die hypothetisch behaupteten Sachverhalte durch Experimente hervorzurufen, das bedeutete für Galileo Galilei die gesuchten Zusammenhänge durch experimentelle Anordnungen der Beobachtung stärker in Erscheinung treten zu lassen. .

Gewinnung einer experimentellen Problemstellung sowie Durchführung von Experimenten und schließlich Deutung experimenteller Ergebnisse für die Überprüfung von Hypothese wurden als drei Schritte der experimentelle Methode mit Galileo Galilei in die Forschung eingeführt. Merkmale des Experiments in der Forschung sind ein System vom Experimentator bewußt gesetzter Bedingungen, damit wesentliche Zusammenhänge unter Bedingungsveränderung und Bedingungskontrolle wiederholbar beobachtet werden können.

Das Experiment beruht anders als bloße Beobachtung auf einem aktiven Eingriff in Natur- und Gesellschaftszusammenhänge in Form experimenteller Technik, dessen Ambivalenz nun seit dem 20. Jahrhundert in verschiedenen Forschungen im Anschluß an Aristoteles Ablehnung experimentell bedingter Beobachtung in der Forschung wieder stärker diskutiert wird.

Mit Ambivalenz wird dabei in Anlehnung an ihren psychologischen Gebrauch ein oft konflikthafter Zustand bezeichnet, in dem gleichzeitig entgegengesetzte Handlungsansätze wie Zuwendung-Ablehnung in bezug auf dasselbe Objekt be-

Abbildung 1: *Struktur der Forschung*

stehen. Experimenteller Forschung kommt zunehmende Ambivalenz ihrer Auswirkungen auf Gesellschaft und Wissenschaft zu. Ein historisch frühes Beispiel für die Ambivalenz der experimentellen Forschung im 20. Jahrhundert ist Lise Meitners Ablehnung im Juli 1938 des ersten Laborbucheintrags von Fritz Straßmann über die Kernspaltung bei mit Neutronen bestrahlten Uran (durch chemischen Nachweis von Barium in den Bestrahlungsprodukten).¹ Als Fritz Straßmann und Otto Hahn sich diesem Experiment im Dezember 1938 wieder zuwandten und auf die Urankernspaltung schließen mußten, teilten sie dies mit

der zum Druck eingereichten Publikation¹ zuerst der inzwischen emigrierten Lise Meitner mit. In wenigen Tagen berechnete Lise Meitner in einer gemeinsamen Publikation mit Otto Frisch im Januar 1939 die Energiebilanz dieses Kernspaltungsprozesses²

Karl Friedrich von Weizsäcker formulierte über Ambivalenz der Wissenschaft: „Die Wissenschaft kann sich nicht leisten, unter dem Motto, sie suche die Wahrheit und sonst nichts, die Wirkungen, die sie auf das Leben ausübt, nicht zu bedenken. Ich habe es persönlich nie begreiflich gefunden, daß Wissenschaftler der Meinung waren, wenn das, was die Wissenschaft in der Technik produziert, von Politikern oder von Militärs so benutzt wird, daß die Wissenschaftler damit unglücklich sind, zu sagen, hier sei die Wissenschaft mißbraucht worden. Schließlich hat die Wissenschaft diese Mittel geliefert, und sie ist selbstverständlich verantwortlich für die Mittel, die sie in andere Hände gibt. Wenn sie in eine politische Struktur hinein, die diesen Mitteln nicht adäquat ist, Mittel liefert, die in dieser Struktur unheilvoll wirken, so ist das mindeste, was von der Wissenschaft zu verlangen ist, daß sie darüber nachdenkt, wie die Struktur geändert werden kann, die diese unheilvollen Wirkungen zu erzeugen offenbar nicht vermeiden kann. In diesem Sinne also ist Selbstreflexion der Wissenschaft eine Forderung an die Wissenschaft.“³

Schon im Jahre 2000 setzte die Regierung der Bundesrepublik Deutschlands einen Beschluss zur schrittweisen Abschaltung der Atomkraftwerke durch. Schlussendlich führte die Katastrophe in Fukushima/Japan zum endgültigen gesetzlichen Atomausstieg in Deutschland im Jahr 2010.

Für die Entsorgung strahlender Hinterlassenschaften der Atomkraftwerke zeichnet sich ein neues Gesetz zum Atomausstieg in Deutschland ab. Demnach übernimmt der Staat die finanzielle und organisatorische Verantwortung für die Atommüll-Entsorgung. Es werde bei der atomaren Entsorgung aber strikt am Verursacherprinzip festgehalten, wie es aus dem überarbeiteten Gesetzentwurf hervorgeht. Demnach bleiben die Unternehmen verantwortlich für die Stilllegung und den Abriss der von ihnen betriebenen Atomkraftwerke. Für die Entsorgung des Atommülls sollen sie aus bestehenden Rücklagen sowie einem

1 Siehe: Im Schatten der Sensation. Leben und Wirken von Fritz Strassmann. Dargestellt von Fritz Kraft nach Dokumenten und Aufzeichnungen. Weinheim-Basel 1981.

1 Hahn, O. / Straßmann, F., Über das Zerplatzen des Urankerns durch langsame Neutronen. - In: Abhandlungen der Preußischen Akademie der Wissenschaften (Berlin). 1939, S. 12.

2 Meitner, L. / Frisch, O. R., Disintegration of Uranium by Neutron, a new type of Nuclear Reaction., - In: Nature (London). 143 (1939), S. 239 – 240.

3 Weizsäcker, K. F., Die Macht der öffentlichen Meinung im Kampf gegen Einzelinteressen. - In: Süddeutsche Zeitung. 13.7.1970, Nr. 166, S. 7.

zusätzlichen Risikoaufschlag insgesamt etwa 23,4 Milliarden Euro in einen öffentlich-rechtlichen Fonds einzahlen.

In unserem Jahrhundert kommt vor allem der Embryonenforschung verstärkt Ambivalenz in ihren Auswirkungen auf Gesellschaft und Wissenschaft hinzu.¹ Das deutsche Embryonenschutzgesetz verbietet die Herstellung oder Verwendung von Embryonen zu einem anderen Zweck als dem, eine Schwangerschaft herbeizuführen. Die Experimente an menschlichen Embryonen sind nach wie vor in Deutschland strafbar.² Bisher war der aktive Eingriff ins menschliche Erbgut auch international ethisch tabu.

Da ist es nicht verwunderlich, dass einige der Forscher nun fürchten, mit dem Crispr-Verfahren eine Büchse der Pandora geöffnet zu haben. Eine Technik, die sich zur Umgestaltung von Hefezellen, Mäusen oder Affen eignet, taugt auch dazu, Menschen nach Maß zu schaffen.

Ethiker und Juristen ergreifen international das Wort, und natürlich die Koryphäen der Crispr-Zunft: Jennifer Doudna, die Entdeckerin der Methode, und ihre Mitstreiterin Emmanuelle Charpentier, die ans Berliner Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie gewechselt ist.³

Um Mäuse mit einem verstärkten Krebschutz auszustatten, schleusten Zellbiologen ihnen eine Mutation ins Erbgut, die ein Tumorunterdrückungsgen aktiviert. Erst nachträglich stellten sie überrascht fest, dass sie sich eine Begleiterscheinung eingehandelt hatten: Die genmanipulierten Tiere alterten vorzeitig.⁴

Solche unerwarteten Effekte stellen das vielleicht triftigste Argument dar, das dem Menschendesign entgegensteht. Die rund zwanzigtausend menschlichen Gene sind zu einem unermesslich komplexen Netzwerk von wechselseitigen Einflüssen verwoben. Jeder Eingriff wird Folgen haben, und längst nicht alle sind vorhersehbar. In aller Welt beraten Biotechniker und Ethiker gemeinsam darüber, ob es Umstände geben kann, unter denen es vertretbar ist, solche Folgen für künftige Generationen in Kauf zu nehmen.

1 Vgl. Habermas, J., *Die Zukunft der menschlichen Natur. Auf dem Weg zu einer liberalen Eugenik?* Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag 2001; Bayerts, K., *Die Wahrheit zu embryonalen Stammzellen in ethischer und rechtlicher Perspektive.* Hrsg. v. G. Mario u. H. Just. Baden-Baden: Nomos 2003. S. 178 – 195.

2 Gesetz zum Schutz von Embryonen vom 13. Dezember 1990. Gundesgesetzblatt I, 2746.

3 Zur Herausbildung experimenteller Methodik in der Embryonalforschung siehe: Lauder, E., *The Heroes of CHRISPR.* – In: *Cell.* 164(2016)1-2, S. 18 – 28.

4 Morris, S. A., Grewal, S., Barrios, F., Patankar, S. N., Strauss, B., Buttery, L., Alexander, M., Shakesheff, K. M., Zernicka-Goetz M., *Dynamics of anterior-posterior axis formation in the developing mouse embryo.* – In: *Nature Communication.* 3(2012) 673.

Vernetztes Testen elektronischer Komponenten der Entwicklung neuer Technologien über das Internet - Chancen und Risiken bivalenz des wissenschaftlich-technischen Fortschritts

Der informations- und kommunikationstechnische Wandel in der Fabrik führt zu einer zunehmenden Digitalisierung der Produktion. Die Ursprünge dieser Entwicklung gehen zurück auf die dritte industrielle Revolution mit der Integration von Digitalisierungstechnik in Produktionsanlagen und der darauf aufbauenden digitalen Steuerung und Regelung von Maschinen und Anlagen auf unterschiedlichen Ebenen der Automatisierungspyramide.

Wir erleben die Erzeugung einer neuen Welt durch Wissenschaft und Technik. Im Verlauf des weiteren wissenschaftlich-technischen Fortschritts, der immer stärkeren Verwissenschaftlichung und Technisierung fast aller Bereiche unseres sozialen und gesellschaftlichen Lebens, wird der Entwicklung des Internets, speziell dem Internet der Dinge, eine wachsende Bedeutung zukommen. Die Technik bringt das „Noch-nicht-Seiende zum Vorschein“, arbeitet der Philosoph Ernst Bloch heraus¹ und verdeutlicht in seiner Arbeit zur: „Differenzierung im Begriff Fortschritt“², dass jeder Fortschritt ambivalent ist. Denn der wissenschaftlich-technische Fortschritt birgt neben den Chancen, auf Grund nicht bekannter Nebenwirkungen, auch immer Risiken in sich, er bedingt oftmals einen „Verlust im Vorwärtsschreiten“, da auch Bewährtes zum Erreichen einer höheren Stufe an Effektivität und Rationalität aufgegeben wird. Da Technik das „Noch-nicht-Seiende zum Vorschein bringt“ ist die Ambivalenz des Fortschritts in dieser Entwicklung besonders stark, wie mit unserem Beispiel, der Entwicklung des vernetzten Testen von elektronischen Komponenten über das Internet, sehr deutlich wird.

1 Bloch, E., Tübinger Einleitung in die Philosophie, Gesamtausgabe Band 13, Frankfurt a. M., 1970

2 Bloch, E., Differenzierung im Begriff Fortschritt. - In: Bloch, E., Gesamtausgabe, Band 13. Berlin 1985, S. 116 -146

Die elektronischen Komponenten und deren Funktionen werden in Zusammenarbeit mit Zulieferern entwickelt. Diese Funktionen sind in der Regel verteilt auf mehrere Steuergeräte, die von verschiedenen Zulieferern entwickelt werden. Ein frühzeitiger und sequenzieller Integrationstest dieser Funktionen erfordert eine gleichzeitige sowie zyklische Lieferung von elektronischen Komponenten. Auf der Grundlage des unterschiedlichen Entwicklungsumfanges und der verschiedenen Entwicklungsstandorte der Zulieferer sind diese Anforderungen schwer einzuhalten. Die Ziele, frühzeitig mit Integrationstests anzufangen sowie die Entwicklung der verteilten Funktionen durch verschiedene Lieferanten anzufordern, konkurrieren miteinander.

Das Internet der Dinge ermöglicht ein Testsystem, einen frühzeitigen Integrationstest der verteilten Funktionen über einen standortübergreifenden Verbund der elektronischen Komponenten, aufzubauen. Das erfolgt durch die Standardisierung von Schnittstellen und Kommunikationsprotokollen, damit die Maschinen, Systeme sowie Bauteile miteinander „sprechen“. Diese werden in der neuen Industrielwelt vernetzt. Die besondere Herausforderung beim dezentralen Testen von elektronischen Komponenten besteht darin, die für den Feldbus vorgesehene Kommunikation über das Internet ohne Kommunikationsunterbrechungen, aufgrund des Timer-Ablaufs, zu übertragen. Dabei muss eine Konvertierung von Feldbus- zur Internet-Kommunikation und umgekehrt erstellt werden. Wir haben mit dem „Noch-nicht-Sein“, eine Potentialität an Chancen und Risiken, an positiven und negativen Wirkungen der zu entwickelnden Technologie. Sie kommen erst zur Geltung, wenn die bestehenden Möglichkeiten entsprechend selektiert werden. In der Informatik erfolgt die Auswahl zunächst unter dem Gesichtspunkt des technisch machbaren. Dies muss ergänzt werden durch den fachlich, sozial und ethisch verantwortbaren Computereinsatz.³ Eine Richtschnur dafür ist die These von der Schaffung einer „Informationsgesellschaft für alle“, eine weitere, die moralische Forderung, mit jeder Entwicklung möglichst neue Handlungsmöglichkeiten für den Menschen zu eröffnen und letztlich der moralischen Imperativ, „mit dem Automaten nichts zu tun, was der Mensch auch nicht machen sollte.“⁴

Die Ambivalenz des wissenschaftlich-technischen Fortschritts muss also klar von seinem Missbrauch unterschieden werden. Missbrauch und Gefahren sind

3 Christiane Floyd, Wo sind die Grenzen des verantwortbaren Computereinsatzes? - Die Stellungnahme. Informatik Spektrum 8(1): 3-6 (1985)

4 Joseph Weizenbaum proposed a minimal moral principle: „Don't use computers to do what people ought not do“, K. Fuchs-Kittowski, Report of Working Group: Computers And Ethics, in: Abe Mowshowitz (Editor): human choice and computers, 2 North – Holland, Amsterdam, 1980, S. 279

u.a. möglich durch die folgenden Kategorien:

- a) Nichtverfügbarkeit der Online-Kommunikation herbeiführen
- b) Nichtverfügbarkeit der Produktionsanlage herbeiführen
- c) Vom System im regulären Betrieb übermittelte Daten ausspähen
- d) Vom System im regulären Betrieb ausgeübte Aktion ohne Mitarbeiterwillen auslösen
- e) Vom System im regulären Betrieb nicht ausgeübte Aktionen in der Produktionsanlage auslösen

Durch die permanente Vernetzung wird ein kontinuierlicher Informations- sowie Statusaustausch ermöglicht. Die Maschinen erhalten dadurch die Prozessschritte, um sich selbst zu steuern.

Gegenüber den klassischen Testsystemen wird bei diesem Ansatz weniger Logistikaufwand und weniger manuelle Schritte benötigt. Die erstmaligen Investitionen (zum Beispiel Aufbau-Kosten, Umschulung der Mitarbeiter) können größer als bei den klassischen Systemen ausfallen, allerdings werden Betriebskosten durch den Automatisierungsgrad gesenkt. Um eine hohe Automatisierung umzusetzen sowie alle Schritte der Wertschöpfungskette zu optimieren und zu verzahnen, müssen qualifizierte Mitarbeiter eingesetzt werden.

Neue komplexe Funktionen für Regelungs- und Steuerungssysteme in Fahrzeugen erfordern eine starke Vernetzung der dazugehörigen elektronischen Komponenten. Diese Funktionen kö

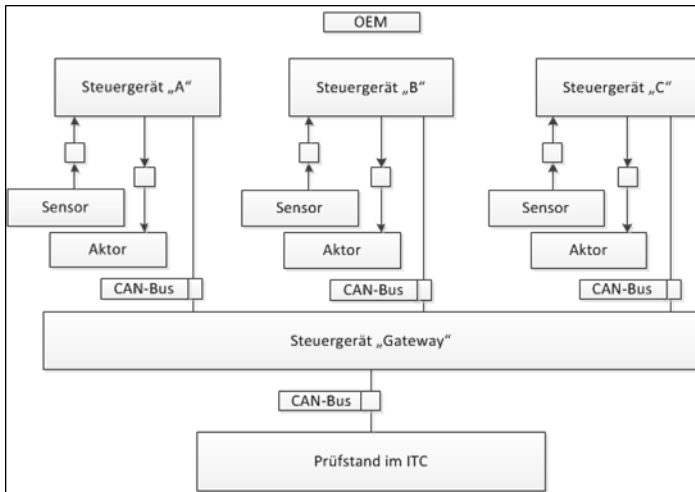
Um eine fehlerfreie Integration von Funktionen im Fahrzeug gewährleisten zu können, sind iterative Integrations- und Testschritte während der Entwicklung unerlässlich. Die Lieferanten konzentrieren sich beim Testen ausdrücklich auf die Komponententests. Eine Integration der Teilsysteme findet beim Lieferanten nicht statt.

Um die Integration und das Testen zu ermöglichen, werden von den OEMs Integrations- und Testcenter (ITC) aufgebaut. Die Aufgaben der ITC bestehen darin, die elektrischen (z.B. Sensoren, Aktoren) sowie elektronischen Komponenten (Steuergeräte) miteinander zu verbinden und danach auf Systemebene zu testen. Die elektrischen Komponenten werden in der Regel durch die Steuergeräte angesteuert. Die Hauptaufgabe der ITC ist der Verbundtest der Steuergeräte. Unterschiedliche Hardware- und Software-Komponenten eines Fahrzeuges werden im Integrationscenter zusammengefügt und im Testcenter während der verschiedenen Entwicklungsphasen mit Hilfe von Prüfständen getestet.

Abbildung 1 zeigt ein Prinzip-Bild von einem Prüfstand im ITC. An diesem Prüfstand sind über das Steuergerät „Gateway“ drei Feldbusse und daran angeschlossene Steuergeräte verbunden. Die Sensoren sowie die Aktoren der Steuergeräte sind ebenfalls an den Prüfstand angeschlossen. Die Kommunikation der

Steuergeräte untereinander erfolgt über das zentrale Steuergerät „Gateway“ reicht.

Abbildung 1: Prinzip-Bild eines Prüfstands im ITC



Der in der Automobilindustrie verbreitetste Feldbus ist der CAN-Bus. Auf dem CAN-Bus müssen die Steuergeräte in einer vorgegebenen Zeit auf die jeweiligen Anfragen antworten. Jedem Steuergerät werden Feldbus-Nachrichten zugeordnet, die von diesem Steuergerät versendet oder empfangen werden. Diese Nachrichten sind ein Teil der auf dem Steuergerät umgesetzten Funktionen.

Der in der Automobilindustrie verbreitetste Feldbus ist der CAN-Bus. Auf dem CAN-Bus müssen die Steuergeräte in einer vorgegebenen Zeit auf die jeweiligen Anfragen antworten. Jedem Steuergerät werden Feldbus-Nachrichten zugeordnet, die von diesem Steuergerät versendet oder empfangen werden. Diese Nachrichten sind ein Teil der auf dem Steuergerät umgesetzten Funktionen.

Die Zulieferer müssen dem OEM alle elektronischen Komponenten zur Verfügung stellen.

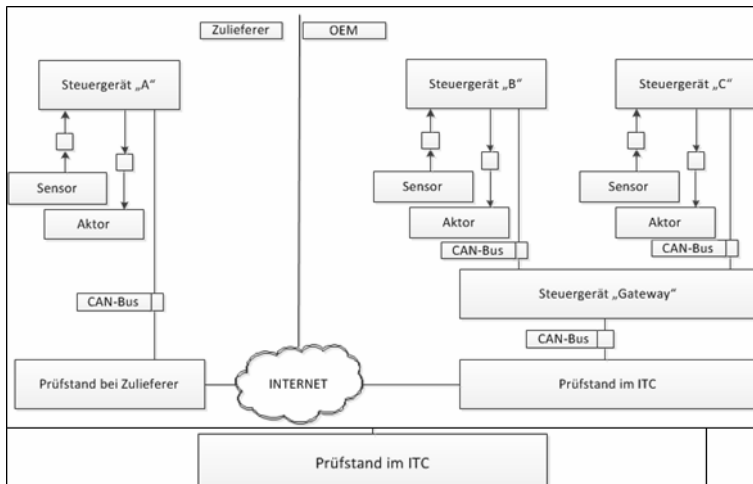
Eine Alternative dazu ist, dass der Prüfstand des OEM mit dem des Zulieferers über das Internet verbunden wird, wie in Abbildung 2 dargestellt..Dies setzt

voraus, dass die Teilsysteme, die über das Internet vernetzt sind, genau so funktionieren müssen, als wenn sie auf dem gleichen physikalischen CAN-Bus wären.

Die Zulieferer müssen dem OEM alle elektronischen Komponenten zur Verfügung stellen.

Eine Alternative dazu ist, dass der Prüfstand des OEM mit dem des Zulieferers über das Internet verbunden wird, wie in Abbildung 2 dargestellt. 2

Abbildung 2: Prinzip-Bild eines gekoppelten ITC- und Zulieferer Prüfstandes



Dies setzt voraus, dass die Teilsysteme, die über das Internet vernetzt sind, genau so funktionieren müssen, als wenn sie auf dem gleichen physikalischen CAN-Bus wären.

Durch eine Middleware wird ermöglicht, dass die notwendigen Dienste zwischen den Prüfständen funktionieren können. Die Prüfstände wählen sich mit Hilfe der CAN-zu-TCP/IP-Konverter in einen Server, auf dem sich die Middleware befindet. Jeder CAN-zu-TCP/IP-Konverter verfügt über einen Breitbandanschluss und einen Software-Client, der die Kommunikation mit der Middleware ermöglicht. Somit kann eine „CAN-Kommunikation“ über das Internet erfolgen. Da die Übertragungszeiten über das Internet jedoch nicht deterministisch sind, kann es bei den Empfängern zu einem Timer-Ablauf kommen. Die nicht deterministische Übertragungszeit kann die Lebensdauer der CAN-

Nachrichten beeinflussen. Im schlimmsten Fall werden die CAN-Nachrichten wegen Überschreitung des Timers vom Empfänger-Steuergerät verworfen.

Die Middleware beinhaltet eine Software-Komponente um den Timer-Ablauf in der Kommunikation zu verhindern. Diese Komponente ermittelt die Sende- und Empfangszeiten der CAN-Nachrichten von den jeweiligen Prüfständen bzw. vom CAN-zu-TCP/IP-Konverter. Die ermittelte Latenzzeit wird für die weiteren Steuergeräte am Prüfstand bereitstellt. Die Sende- und Empfangszeiten der CAN-Nachrichten werden anhand der bereitgestellten Latenzzeit durch den CAN-zu-TCP/IP-Konverter justiert, um den Timer-Ablauf zu verhindern. Die Sende- und Empfangszeiten werden dabei von der langsamsten Kommunikationsstrecke bestimmt. Damit ein einziger Zeitstempel im Gesamtsystem existiert, werden die Prüfstände mit dem gleichen Zeit-Server synchronisiert, der ebenfalls von der Middleware bereitgestellt wird.

Diese Technologie ermöglicht eine frühzeitige Integration der Steuergeräte zum Gesamtsystem, die sich noch in der Entwicklungsphase beim Lieferanten befinden. Der logistische Aufwand der Entwicklungsmuster, die zyklisch von dem Zulieferer zum Automobilhersteller verschickt werden, verringert sich durch die Integrationsmöglichkeiten über das Internet.

Die neuen Möglichkeiten bei der Testdurchführung sind hochkomplex, sodass bei denen Störungen und Gefahren auftreten können. Die Prüfstände waren bis vor Kurzem geschlossene Systeme. Der Schritt von einem geschlossenen System hin zu einem offenen System mit mehreren Schnittstellen in die Außenwelt bringt erhebliche Gefahren mit sich.

Grundsätzlich kann man die möglichen Gefahren in die folgenden Kategorien einordnen:

- a) Nichtverfügbarkeit der Online-Kommunikation herbeiführen
- b) Nichtverfügbarkeit der Prüfstand herbeiführen
- c) Vom System im regulären Betrieb übermittelte Daten ausspähen
- d) Vom System im regulären Betrieb ausgeübte Aktion ohne Mitarbeiterwillen auslösen
- e) Vom System im regulären Betrieb nicht ausgeübte Aktionen in der

Im Nachfolgenden werden die oben aufgeführten Gefahren detaillierter beschrieben.

a. Nicht-Verfügbarkeit der Online-Kommunikation herbeiführen

Diese Gefahr umfasst alle Angriffe, bei denen lediglich die Kommunikation kurzzeitig oder dauerhaft gestört wird. Vernetztes Testen beruht grundsätzlich auf

der permanenten Kommunikations-Verfügbarkeit über Datenübertragungsnetze. Dadurch kann durch Herbeiführen eines, möglicherweise lokal begrenzten, Ausfalls der Datenübertragungsnetze ein Ausfall des Prüfstands provoziert werden. Ein ITC, das sich auf die Online-Kommunikation verlässt, kann in diesem Fall nicht testen. Im schlimmsten Fall führt dies zu einer Firmenexistenz bedrohenden Situation, wenn die Störung nicht schnell behoben werden kann.

b. Nicht Verfügbarkeit der Prüfstand herbeiführen

Durch Manipulationen im System kann die Verfügbarkeit des Prüfstands eingeschränkt werden. Dies geschieht bereits durch Manipulationen am System, die zu hohem Stromverbrauch führen, kann aber auch durch „außer Funktion setzen“ des Netzwerkmoduls herbeigeführt werden.

c. Vom System im regulären Betrieb übermittelte Daten ausspähen

Die Prüfstände übertragen teilweise schützenswerte technologische Daten. Diese werden üblicherweise verschlüsselt übertragen. Ein Bruch dieser Verschlüsselung oder ein Ausspähen der Daten im Prüfstand selbst oder an der Middleware überwindet diesen Schutz und öffnet somit den Zugang zum geheimen Knowhow des Unternehmens.

d. Vom System im regulären Betrieb ausgeübte Aktion ohne Benutzerwillen auslösen

Durch böswillige Interaktion mit dem Netzwerkmodul können dort Funktionen ausgelöst

e. Vom System im regulären Betrieb nicht ausgeübte Aktionen im Prüfstand auslösen

Der CAN-zu-TCP/IP-Konverter für die Kommunikation kann im Prüfstand über CAN-Bus mit anderen Steuergeräten interagieren. Bei einer Kompromittierung des CAN-zu-TCP/IP-Konverters können so auch Funktionen abseits von regulär v

Gefahren lassen sich zusätzlich zur obigen Kategorisierung grundsätzlich in die Kategorien „auf einzelne Anlagen wirkend“, „auf eine kleine Anzahl von Anlagen wirkend“ und „auf eine große Anzahl von Anlagen wirkend“ einteilen. Ein typisches Vorgehen bei der Bewertung von Gefahren ist auch die Bewertung der Motivation. Dabei wird auch der dazu nötige kriminelle Aufwand zum möglicherweise bewusst herbeigeführten Schaden in Relation gesetzt.

Wie bereits oben erwähnt, eröffnet das vernetzte Testen über Datennetzwerke

die Möglichkeit, Schwachstellen gezielt herbeizuführen, womit möglicher Schaden entstehen kann. Der kriminelle Aufwand bleibt dabei jedoch fast konstant. Die Motivation, in den Einmalaufwand zu investieren, steigt dadurch also enorm.

Die Ambivalenz bei vernetztem Testen kommt an diese Stelle zum Erscheinen. Bei einer Technologie können nicht alle negativen Auswirkungen vermieden werden. Diese Erkenntnis ist in der Wissenschaft bekannt. Nichtsdestotrotz sollten die negative Auswirkungen nicht größer ausfallen als die positiven Auswirkungen. Das vernetzte Testen bringt für die OEMs viele Vorteile. Wenn dabei eine Gefahr besteht, zum Beispiel eine Schadsoftware über das Internet während des Testens in das Steuergerät einschleusen zu können, dürfte dieses Verfahren nicht eingesetzt werden.

Die Ambivalenz und die Technik sind unzertrennlich. Das bedeutet, bei einer Ambivalenz müssen zuerst zum einen die positiven und negativen Möglichkeiten und zum anderen die Einflüsse bewertet werden, ohne die entsprechende Technologie zunächst weder einzusetzen noch zu verbannen.

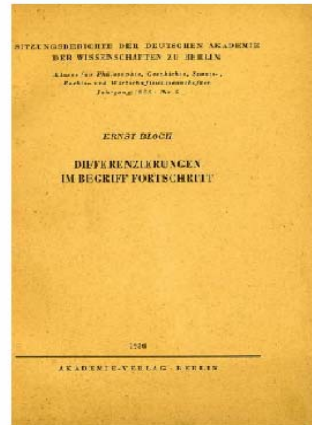
Ambivalenz der Wissenschaft - der Molekularbiologie und Informatik

Ausgehend von dem Gedanken von Ernst Bloch, dass jeder Fortschritt, durch den Verlust im Vorwärtsschreiten ambivalent ist, wird die Ambivalenz der Wissenschaft als ein wesentlicher Teil des Fortschritts am Beispiel der Physik und insbesondere der Molekularbiologie und Informatik genauer dargestellt. Es zeigt sich, dass es verschiedene Quellen der Ambivalenz der Wissenschaft gibt. Eine der wesentlichen Quellen, wie von Carl Friedrich von Weizsäcker aufgezeigt wurde, liegt im Verständnis und in der Handhabung der Wahrheit der Wissenschaft. Es wird weiterhin auf verschiedene Begrenzungen anschaulicher wissenschaftlicher Erkenntnis aufmerksam gemacht, die beim Vordringen der modernen experimentellen Wissenschaft in den Mikro – und Makrokosmos und hochkomplexe lebender Systeme auftreten und Quelle ambivalenter Wirkungen sein können.

Die Ambivalenz des wissenschaftlich-technischen Fortschritts im Zusammenhang mit den Wirkungen der Erkenntnisse aus der Humangenomschlüsselung auf Wissenschaft und Gesellschaft sowie der Wirkungen der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien auf Natur, Mensch und Gesellschaft hat seine wesentliche Quelle in der Vereinseitigung der Anwendung der Erkenntnisse der Wissenschaft bzw. beim Einsatz der Technologien, meist indem die sozialen Konsequenzen nicht genügend beachtet werden oder überhaupt unbeachtet bleiben. Besonders wichtig ist aber die von uns zu vermittelnde Erkenntnis, wie sie ebenfalls von Carl Friedrich von Weizsäcker herausgearbeitet wurde, dass die Ambivalenz der Wissenschaft meist nur der Verstärker bzw. der Katalysator gesellschaftlicher Prozesse ist, in denen Wissenschaft erbracht und ihre Ergebnisse eingebracht werden. Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung und Technikentwicklung determinieren also nicht alleine die sich vollziehenden gesellschaftlichen Entwicklungen. Daraus leitet sich ab, dass die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen auch dafür noch mit Verantwortung tragen, in welche gesellschaftlichen Strukturen und Prozesse sie ihre wissenschaftlichen Erkenntnisse und damit entwickelte Technik, einbringen. Diese Verantwortung ist besonders gefordert, wenn man erkennt, dass die herrschenden gesellschaftlichen Strukturen und Prozesse die negativen Wirkungen nicht ver-

hindern können, ja möglicherweise noch verstärken. So ist es geboten, jeder Form des Wettrüstens von vornherein zu begegnen, denn da Wettrüsten schon deutlicher Ausdruck gesellschaftlicher Spannungen ist, wird dies letztlich doch zum Krieg führen. Untersucht man nicht nur einzelne ambivalente Wirkungen der Physik, Molekularbiologie oder der Informatik, sondern die Ambivalenz der Wissenschaft generell, dann wird man zwingend zu dem Schluss geführt, dass eine Modernisierung der Atomwaffen- Arsenale und ein neues Wettrüsten auf dem Gebiet der automatisierten Kriegsführung die Menschheit als Ganzes in höchste Gefahr bringt, es daher dringend einer von Atomwaffen freien Welt und einer Ächtung der Kriegsroboter und bewaffneten Drohnen bedarf.

Abbildung 1: Ernst Bloch und Heftumschlag: Die Differenzierung im Begriff Fortschritt



Die Macht des Wissens, welche auf seiner Wahrheit beruht, muss durch Wissen reguliert werden! Dann ist das Kriterium der Wahrheit: die wissenschaftlich geleitete Praxis der Menschen - Experiment und Industrie, zu beachten. Damit ist jedoch das „reine“, objektive Wissen nicht mehr der alleinige, „höchste“ Wert. Es hört auf, das einzige Bewertungskriterium zu sein, hinzu treten rational begründete, erprobte Humankriterien und ethische Werte, damit die Wissenschaft ihren humanistischen Auftrag, dem Leben, dem Wohle des Menschen zu dienen, erfüllen kann.

1. Zur Differenzierung im Begriff Fortschritt

1.1 Verlust im Vorwärtsschreiten

Ein wichtiger Begriff der Geschichtsphilosophie sowie des wissenschaftlich-technischen Denkens ist der Begriff des Fortschritts. In seiner Schrift: „Differenzierung im Begriff Fortschritt“^{1 2} stellt Ernst Bloch fest, dass jeder Fortschritt ambivalent ist. Dies bedeutet, es gibt im Vorwärtsschreiten auch immer einen Verlust. Die positiven, revolutionierenden Wirkungen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts sind immer mit bestimmten negativen Wirkungen verbunden. Die positiven gilt es zu befördern, die negativen zu vermeiden oder zu kompensieren.^{3 4 5}

Wissenschaftlich-technischer Fortschritt wird im Weltbild der westlichen Moderne meist positiv belegt. Folgt man dieser kulturoptimistischen Tradition, so ist die Entwicklung der modernen Wissenschaften, speziell auch der Molekularbiologie und Informatik, der Einsatz moderner Biotechnologien sowie der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), auch bis zum „allgegenwärtigen Computing“ (Ubiquitous Computing-Technologies⁶) als chancenreich, ihre sozialen und gesellschaftlichen Wirkungen grundsätzlich als positiv zu beurteilen.

Denn der wissenschaftlich-technische Fortschritt ermöglicht, die Qualität des Arbeitslebens zu erhöhen, die Arbeitsproduktivität wesentlich zu steigern, und damit eine qualitative Verbesserung der Lebensbedingungen: mehr Freizeit, mehr Bildung, eine Verbesserung des Gesundheitszustandes der Bevölkerung, zu erreichen. Die moderne Medizin entwickelt, auf der Grundlage der Nano- Bio- und

- 1 Bloch, E., Differenzierung im Begriff Fortschritt, Sitzungsberichte der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Berlin, 1956.
- 2 Bloch, E., Differenzierung im Begriff Fortschritt, Berlin 1956, in: Tübinger Einleitung in die Philosophie, Gesamtausgabe Band 13, S. 116 - 146
- 3 Fuchs-Kittowski, K., Rosenthal, H. A., Rosenthal, A., Die Entschlüsselung des Human_genoms – ambivalente Auswirkungen auf Gesellschaft und Wissenschaft. – In: Erwägen, Wissen, Ethik – Streitforum für Erwägungskultur. (2003). Hauptartikel, S. 149 - 162; Replik Geistes- und Naturwissenschaften im Dialog, S. 219 - 234.
- 4 Fuchs-Kittowski, K., Rosenthal, A., Rosenthal, H. A., Ambivalenz der Auswirkungen humangenetischer Forschungen auf Gesellschaft und Wissenschaft - In: Gesellschaftliche Inegrität der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2005. Hrsg. v. Klaus Fischer und Heinrich Parthey. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2006. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 95 – 119.
- 5 Fuchs-Kittowski, K., Zur Ambivalenz der Wirkungen moderner Informations- und Kommunikationstechnologien auf Individuum, Gesellschaft und Natur- liegen die Potentiale und die Risiken der allgegenwärtigen Datenverarbeitung? - In: Fiff-Kommunikation 2/11, S. 36 - 46
- 6 Ubiquitous Computing-Technologies (dtsh- Rechnerallgegenwart)

Informationstechnologien, neue Formen der Diagnostik und Therapie, die unsere Lebenserwartung wesentlich erhöhen, worauf kaum jemand verzichten will.

Doch die wissenschaftlich-technische Entwicklung wird nur Fortschritt bleiben, wenn sie zugleich mit einem sozialen und ethischen Fortschritt verbunden ist. Daher müssen die mit den gegebenen Chancen auch immer verbundenen Risiken beachtet und genauer untersucht werden. Dies darf nicht einfach als „Alarmissimus“ abgetan werden, soll nicht die Entwicklung der Produktivkräfte in die Schaffung von Destruktivkräften, die Macht des Wissens in Ohnmacht umschlagen.

Die Ambivalenz der Wissenschaft, des wissenschaftlich-technischen Fortschritts, wie an Beispielen zu zeigen ist, sagt zunächst, dass nicht immer nur das Gewünschte erreicht wird, sondern dass mit der wissenschaftlich-technischen Entwicklung auch unerwünschte Ergebnisse verbunden sein können.⁷

Der Blochsche Gedanke des „Verlusts im Vorwärtsschreiten“⁸, womit jeder Fortschritt ambivalent ist, führt in einem wesentlichen Punkt noch weiter. Hier wird deutlich, dass wir oftmals bereit sind, zugunsten höherer Rationalität etwas aufzugeben, was in der Vergangenheit durchaus gut war, die Aufgabe also einen Verlust darstellt, so zum Beispiel der persönlichere Einkauf im kleinen Laden gegenüber dem Supermarkt. Die elektronische Kommunikation führt zum Verlust an sogenannten face to face Kommunikation usw. Es geht hier um den Verlust an durchaus erforderlichen und gewünschten zwischenmenschlichen Beziehungen. Im Zusammenhang mit den Social Networks erleben wir gegenwärtig eine freiwillige Aufgabe an Privatsphäre zu Gunsten einer sog. sozialen Kommunikation über das Netz.

Die Ambivalenz der Wirkungen ist von bewusstem Missbrauch deutlich zu unterscheiden.

Gemäß der umgangssprachlichen Bedeutung des Wortes Ambivalenz ist damit Doppeldeutigkeit, Hin- und Hergerissensein, Unentschiedenheit angesichts vorhandener Gegensätze gemeint. Die Begriffsgeschichte zeigt, dass Ambivalenz als wissenschaftlicher Begriff zuerst in der Psychiatrie, für die Diagnose psychischer Auffälligkeiten, von dem Schweizer Psychiater Eugen P. Bleuler vorgeschlagen wurde. 1914 erschien von ihm die erste Publikation mit Titel "Die Ambivalenz".⁹ Man erkannte aber bald, dass mit dem Begriff auch Sachverhalte

7 Fuchs-Kittowski, K., Rosenthal, H. A., Rosenthal, A.; Die Entschlüsselung des Humangenoms – ambivalente Auswirkungen auf Gesellschaft und Wissenschaft. In: Erwägen Wissen Ethik, Jg. 16/2005, Heft 2, Hauptartikel, S. 149-162, Replik: Geistes und Naturwissenschaften im Dialog, S. 219 – 234.

8 Bloch, E., Differenzierung im Begriff Fortschritt, Sitzungsberichte der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Berlin, 1956.

und Erfahrungen die im unauffälligen, „normalen“ Leben vorkommen, wissenschaftlich zu bezeichnen und zu charakterisieren sind.

Spätestens seit der Vorbereitung auf die SOTAC-Conference zu: Technical and Social Problems of Computation (1979)¹⁰ und der IFIP-Conference Human Choice and Computer (1979)¹¹, war ich mit der Problematik der unterschiedlichen Wirkungen der Informationstechnologien konfrontiert. Zu ihrer theoretischen und praktischen Bewältigung wurde, zunächst nicht explizit, aber als geistiger Hintergrund, der Begriff der Ambivalenz wichtig und dann auch explizit zur Klassifikation und Differenzierung der vielfältigen sozialen und gesellschaftlichen Wirkungen von mir genutzt. Er war mir über Marlene Fuchs-Kittowski nahegebracht worden, die in dem von Wilhelm Wundt gegründeten ersten Institut für experimentelle Psychologie zu Leipzig¹² ihr Studium der Klinischen Psychologie absolviert hatte. In unserem Zusammenhang hilft ein Verständnis der Ambivalenz der Wissenschaft und der auf ihrer Grundlage entwickelten Technologien, ihre positiven Wirkungen auf die Gesellschaft zur Geltung zu bringen und durch entsprechende rechtliche Regelungen und ethische Orientierungen die negativen zu verhindern. Durch eine richtige Einschätzung der Tragweite der Wissenschaft und der Leistungsfähigkeit der Technologien, im Bewusstsein des humanistischen Auftrages der Wissenschaft, ihrem Missbrauch entgegenzutreten.

1.2. Die Zweideutigkeit der Wissenschaft

In seinem Buch: „Die Tragweite der Wissenschaft“ spricht C. F. von Weizsäcker von der „Zweideutigkeit der Wissenschaft“. Der Begriff der Ambivalenz wird hier aber auch benutzt. Wie Hubert Laitko in seiner umfassenden Arbeit^{13 14} über

9 Bleuler, E. P. Die Ambivalenz - In: Festgabe zur Einweihung der Neubauten der Universität Zürich, Zürich 18.04. 1914 (Festgabe der medizinischen Fakultät). Zürich, 1914. S. 95 -106.. Siehe Anhang dieses Jahrbuch Wissenschaftsforschung 2017.

10 Fuchs-Kittowski, K., Schuster, U., Wenzlaff, B., Working Environment – Organizational, Technological and Social Problems of Computation. – In: SOTAC, 79 (Part 1), North-Holland Publishing Company, Computer in Industry. 2 (1981), S. 275 – 285.

11 Fuchs-Kittowski, K., Report of Workinggroup: Computers and Ethics. – In: A. Mowshowitz (Editor): Human Choice and Computers, 2, Proceedings of the Second Conference an Human Choice and Computers, Baden, Österreich, 4-8 Juni 1979. Ed. by A. Mowshowitz. Amsterdam-New York: North-Holland 1980.

12 <http://psychologie.biphaps.uni-leipzig.de/wundt/opera/wundt/institut/institut.htm>

13 Laitko, H., Der Ambivalenzbegriff bei Carl Friedrich von Weizsäcker – Versuch einer Exegese. In: Klaus Hentschel, Dieter Hoffmann (Hrsg.): Carl Friedrich von Weizsäcker: Physik – Philosophie – Friedensforschung, Leopoldina-Symposium vom 20. bis 22. Juni 2012 in Halle (Saale), Acta Historica Leopoldina Nr. 63, Halle (Saale), S. 297 - 322

die Entstehung und Wirkung des von C. F. von Weizsäcker gegründeten und geleiteten Starnberger Instituts, der Max-Planck-Gesellschaft herausgearbeitet hat, steht der Ambivalenzbegriff jedoch im Zentrum der konzeptionellen Vorarbeiten von Weizäckers zur Institutsgründung sowie bei der Planung der nach Gründung des Instituts dort zu leistenden Forschungsarbeit. Der Ambivalenzbegriff war für die geistige Grundlegung des Instituts konstitutiv. Es heißt dort: „Alle diese Entwicklungen sind ambivalent; sie bringen ebenso große Chancen wie Gefahren mit sich. Sie nötigen uns damit, die Verantwortung für das Leben der Menschheit auch in solchen Bereichen bewusst zu übernehmen, die bisher dem natürlichen Gang der Dinge überlassen waren“¹⁵.

C. F. von Weizsäcker schreibt in seinem Buch: „Die Tragweite der Wissenschaft“: „So zweideutig sind die Wirkungen der Wissenschaft: Die Medizin, erfunden um Leben zu retten, schafft das fast unüberwindliche Problem des Bevölkerungswachstums; die Waffen, erfunden um Leben zu zerstören, scheinen zur Festigung des Friedens zu helfen. Aber wenn die innere Dialektik dieser Wirkungen einmal Schwarz in Weiß verwandelt, haben wir eine Garantie, dass nicht Weiß in Schwarz zurückverwandelt wird? Sind wir darauf vorbereitet, den Frieden zu organisieren, den die Waffen notwendig machen, ohne ihn vielleicht zugleich möglich zu machen?“¹⁶

„Wir können von einer Zweideutigkeit der Art und Weise sprechen, in der wir die Wahrheit der Wissenschaft verstehen und gebrauchen.“¹⁷

„Wenn wir auf die Praxis zu sprechen kommen, können und müssen wir einfach sagen: Was die Wissenschaft zweideutig macht, ist Mangel an Liebe.“¹⁸

Die negativen Wirkungen der Wissenschaft sind zu überwinden, dass ist die entscheidende Herausforderung der Wissenschaft.

C. F. von Weizsäcker geht, wie Ernst Bloch, wahrscheinlich ohne dessen Arbeit zur „Differenzierungen im Begriff Fortschritt“ zu kennen, davon aus, dass jeder Fortschritt und so auch der wissenschaftlich-technische Fortschritt ambivalent ist. Dies ist neu, denn es widerspricht dem zumindest vor den Welt-

14 Laitko, H., Das Max-Planck-Institut zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt: Gründungsintention und Gründungsprozess. In: Interdisziplinarität und Institutionalisierung der Wissenschaft. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2010. Hrsg. von K. Fischer, H. Parthey und H. Laitko. Berlin 2011, S. 199-237.

15 Vorschlag zur Gründung eines Max-Planck-Instituts zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt, 1. 11. 1967, S. 1. – Archiv der Max-Planck-Gesellschaft (im Folgenden: MPG-Archiv) II. Abt. Rep. 9 Nr. 13.

16 Von Weizsäcker C. F., Die Tragweite der Wissenschaft (erster Band), S. Hirzel Verlag, Stuttgart, 1971, S. 1

17 Ebenda, S. 406.

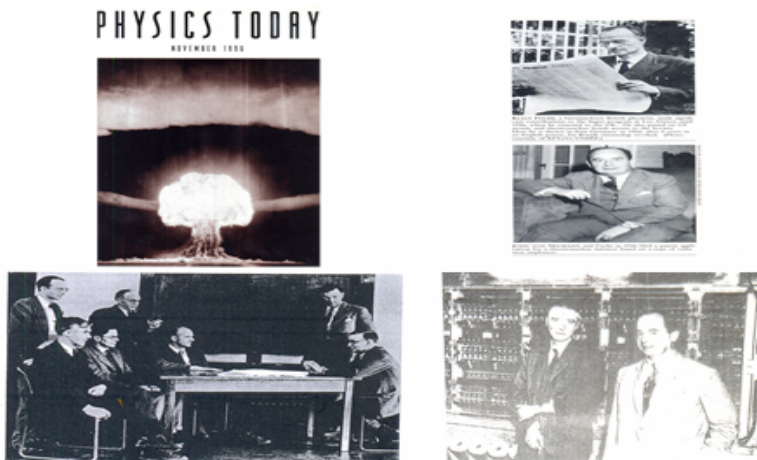
18 Ebenda, S. 430.

kriegen vorherrschenden Wissenschaftsoptimismus. Nach dem 1. und 2. Weltkrieg, nach dem schrecklichen Giftgaskrieg und nach dem Abwurf der Atombomben auf Hiroshima und Nagasaki hatte die Wissenschaft ihre Unschuld deutlich verloren. Es wurde für viele offensichtlich, dass es keine wertfreie Wissenschaft gibt, dass die Wissenschaft und der einzelne Wissenschaftler Verantwortung für ihre ambivalenten Wirkungen zu übernehmen haben.

Für E. Bloch sowie für C. F. von Weizsäcker steht fest, dass sich Fortschritt einstellt und dass die Entwicklung von Wissenschaft und Technik einen speziellen Fortschrittsprozess darstellt. Es gibt aber nicht nur den wissenschaftlich-technischen Fortschritt und keinen moralischen Fortschritt, wie dies von Pascual Jordan, speziell gegen C. F. von Weizsäcker und die Göttinger 18 vertreten wurde. Wenn hier von Fortschritt gesprochen wird, schließt er sozialen, moralischen und ästhetischen mit ein, der sich aber offensichtlich nicht so schnell und stürmisch wie gegenwärtig der wissenschaftlich-technische Fortschritt vollzieht.

Es gilt eine Einheit von wissenschaftlich-technischem und sozialem Fortschritt herzustellen, damit die entwickelten Produktivkräfte nicht in Destruktivkräfte umschlagen. Da eine solche Gefahr besteht, ist klar, dass der wissenschaftlich-technische Fortschritt sich auf die Dauer nicht ohne sozialen Fortschritt vollziehen kann.

Abbildung 2: a) Explosion einer Atombombe, b) Klaus Fuchs u. J. v. Neumann, c) Die Forschungsgruppe um H. Skinner (Fuchs links stehend), c) Robert Oppenheimer u. J. v. Neumann



Die Ambivalenz der Wissenschaften ergibt sich insbesondere aus der Tatsache, dass Wissenschaft eine soziale Tätigkeit ist, dass bei der Begrenzung ihrer For-

schungsmethoden, bei der historischen Begrenztheit des jeweiligen Erkenntnisstandes das individuelle und gesellschaftliche Erfordernis besteht, die schon gewonnenen Erkenntnisse (zum Beispiel in der Medizin bei der Anwendung verschiedener Methoden der Gentherapie), auch bei noch unvollständiger Kenntnis aller Nebenwirkungen und Begleiterscheinungen, anwenden zu müssen.

Die Ambivalenz der Wissenschaft und des Technikeinsatzes ergibt sich nicht nur, wie es weithin in der Technologiefolgenbewertung gesehen wird, aus unvermeidbaren und nicht vorhersehbaren Nebenwirkungen, auch wenn dies einen großen Anteil ausmacht. Die Ambivalenz ergibt sich aus dem einseitigen Setzen einer bestimmten Wirkung bzw. eines bestimmten Effektes. So wird aus dem Rationalisierungseffekt zur Überwindung schwerer körperlicher und monotoner geistiger Arbeiten ein Effekt, der menschliche Arbeit entwertet oder vollständig ersetzt. Aus dem Kontroll- und Zieldurchsetzungseffekt wird durch seine unberechtigte Überhöhung ein Überwachungseffekt, der die Privatsphäre und die Demokratie gefährdet. Der Übergang zu einer missbräuchlichen Nutzung ist dann offensichtlich fließend.

Das zeigt, dass für die gesellschaftlichen Veränderungen (gesellschaftlichen Transformationsprozesse), die mit der Ambivalenz der Wirkungen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts auf die Gesellschaft im Zusammenhang stehen, die Wissenschaft nicht allein verantwortlich gemacht werden kann. Dies ist auch eine wichtige Feststellung, denn es ist weithin üblich geworden, allein schon das rationale Denken, den Prozess der Objektivierung der wissenschaftlichen Erkenntnis, für gesellschaftliche Fehlentwicklungen verantwortlich zu machen. Wissenschaft und Technik verstärken, ja katalysieren sogar bestimmte gesellschaftliche Transformationsprozesse, sie werden aber nicht von ihnen primär erzeugt! Diese Entlastung der Wissenschaft bedeutet aber keinesfalls, dass sie damit vollständig entlastet ist. Die These von einer angeblichen „Wertneutralität“ der Wissenschaft führt in die Irre! Sie macht die Wissenschaftler blind gegenüber den negativen Wirkungen, die durch den wissenschaftlich-technischen Fortschritt verstärkt werden.

Es muss deutlich gesagt werden, dass die These von der Wertneutralität der Wissenschaft eine verbreitete Illusion ist, so auch die Rede vom „Missbrauch“ der Wissenschaft, der erst in der Sphäre der Anwendung, durch außerhalb der Wissenschaft begründete und zu verantwortende Zwecke erfolge.

Die Notwendigkeit der Entwicklung der Nuklearwaffen in der Anti-Hitler-Koalition wird kaum problematisiert. Bekanntlich arbeiteten die Wissenschaftler in Los Alamos fieberhaft an der Fertigstellung der Bombe, immer in der Angst, der deutsche Faschismus könnte ihnen zuvorkommen. Klaus Fuchs und John von Neumann entwickelten gemeinsam weittragende Gedanken, erfasst in einem

gemeinsamen Patent zur Zündung der Wasserstoffbombe (Bild oben). Beide verbindet die Angst vor der Gefahr des Faschismus für die Menschheit, den sie kennengelernt haben und vor dem sie aus Deutschland und Ungarn flüchten mussten. Als es um den Abwurf der Bomben über Japan ging, machten die Atomphysiker in Los Alamos verschiedene Vorschläge zur Demonstration der Waffe, um einen Abwurf auf Menschen zu verhindern. Der Abwurf auf die Städte Hiroshima und Nagasaki fand trotzdem statt. Die Waffen waren schon in den Händen des Militärs. Er wird heute vom Militär damit gerechtfertigt, dass somit der Krieg eher beendet und das Leben vieler amerikanischer Soldaten gerettet wurde. Selbst wenn man dieses doch sehr vage Argument akzeptieren wollte, so beginnt doch hier auch eindeutig der Missbrauch, denn es ging eben den USA nicht nur um die Verkürzung des Krieges, sondern um eine Machtdemonstration zur Sicherung ihrer Vormachtstellung in der internationalen Nachkriegsordnung. Das ist der Hintergrund zu den wichtigen Gedanken von C. F. von Weizsäcker zur Frage der Verantwortung der Wissenschaft und der Wissenschaftler. Er schreibt: „Die Wissenschaft kann sich nicht leisten, unter dem Motto, sie suche die Wahrheit und sonst nichts, die Wirkungen die sie auf das Leben ausübt, nicht zu bedenken. Ich habe es persönlich nicht begrifflich gefunden, dass Wissenschaftler der Meinung waren, wenn das, was die Wissenschaft in der Technik produziert, von Politikern und von Militärs so benutzt wird, dass die Wissenschaftler damit unglücklich sind, zu sagen, hier sei die Wissenschaft missbraucht worden. Schließlich hat die Wissenschaft geliefert, und sie ist selbstverständlich verantwortlich für diese Mittel, die sie in andere Hände gibt. Wenn sie in eine politische Struktur hinein, die diesen Mitteln nicht adäquat ist, Mittel liefert, die in dieser Struktur unheilvoll wirken, so ist das mindeste, was von der Wissenschaft zu verlangen ist, dass sie darüber nachdenkt, wie die Struktur geändert werden kann, die diese unheilvollen Wirkungen erzeugen, aber offenbar nicht vermeiden kann. In diesem Sinne also, ist Selbstreflexion der Wissenschaft eine Forderung an die Wissenschaft.“¹⁹

Selbstreflexion der Wissenschaft ist hier in der Tat eine unabdingbare Forderung an die Wissenschaft. Denn allein bei den hier genannten Atomphysikern haben wir ganz unterschiedliche Haltungen zu ihrer Verantwortung. Der Vater der Wasserstoffbombe Edward Teller, ebenfalls Emigrant aus Ungarn, arbeitete weiter an der Wasserstoffbombe, wie er wiederholt feststellte, allein aus Erkenntnisinteressen, entgegen den Warnungen und ausdrücklich gegen Robert Oppenheimer persönlich. Der Physiker Jeremy Bernstein ²⁰ berichtete über die

19 von Weizsäcker, C. F., Die Macht der öffentlichen Meinung im Kampf gegen Einzelinteressen. – in: Süddeutsche Zeitung, 13. 7. 1970, Nr. 166, S. 7.

Zusammenarbeit von John von Neumann und Klaus Fuchs und nennt diese fruchtbare Zusammenarbeit, die zu einem gemeinsamen Patent zur Zündung der Wasserstoffbombe führte, eine unwahrscheinliche und auch paradoxe Zusammenarbeit, da ihre Einstellung gegenüber Russland so extrem verschieden war. J. Bernstein berichtet, John von Neumann hätte 1950 in einem Interview gesagt: „Wenn Sie sagen, warum sollten wir sie [die Russen] nicht morgen bombardieren, sage ich, warum nicht schon heute. Wenn Sie sagen heute um fünf Uhr, sage ich, warum nicht um ein Uhr?“²¹ C. F. von Weizsäcker war unter Vorbehalten bereit, die Bombe den Hitlerfaschisten zur Verfügung zu stellen. Wie wir heute wissen, gelang dies aus materiellen Gründen nicht, aber der Analyse der geführten Debatten in Farm Hall zufolge auch aus theoretischen Gründen nicht.

Nach Ansicht von C. F. von Weizsäcker „ist das mindeste, was von der Wissenschaft zu verlangen ist, dass sie darüber nachdenkt, wie die Struktur geändert werden kann, die diese unheilvollen Wirkungen zu erzeugen offenbar nicht vermeiden kann.“ Klaus Fuchs arbeitete sehr hart für die USA. Da er aber auch wusste, dass die herrschenden gesellschaftlichen Strukturen, die unheilvolle Wirkungen nicht vermeide auch nicht verändert werden konnten, übergab er auch Erkenntnisse über den Bau der Nuklearwaffen an die UdSSR. Er schuf damit entscheidend das atomare Patt mit, welches uns, wie heute allgemein anerkannt, zumindest für die Zeit des Kalten Krieges den Frieden sicherte. Er tat damit das, was auch Niels Bohr in einem Memorandum an Präsident Roosevelt für richtig hielt, dass man der Sowjetunion die Kenntnis über die Nuklearwaffen zukommen lassen müsse, da eine friedliche Nachkriegsordnung nur gemeinsam mit der Sowjetunion zu schaffen sei. Dieser Ansatz wurde bekanntlich von Churchill verhindert. Von Seiten der Wissenschaft wurde also auch über den Charakter der gesellschaftlichen Strukturen nachgedacht, in die sie hinein ihre Erkenntnisse geliefert hatte.

In unserem „Appell aus Berlin!“²², in dem ein überprüfbares Abkommen zum Verbot der Kernwaffen gefordert wird, machen wir deutlich, dass ein Leben in Frieden das erste Menschenrecht ist.²³ Die Realisierung eines solchen Abkommens, der Vision von Barack Obama „for nuclear-free world“²⁴ und die Über-

20 Bernstein, J., von Neumann, J. und Fuchs, K., An Unlikely Collaboration, in: *Physics Perspect.* 12 (2010) 36 – 50 und 2009 Birkhäuser Verlag, Basel/Switzerland 1422 – 6944/10/010036 - 15,

21 Siehe die Website <http://www.rheingold.com/text/s/tft/4.html>, p.3.

22 Appell aus Berlin! – Für ein kontrollierbares Abkommen zur Abschaffung aller Atomwaffen, in: Günter Flach, Fuchs-Kittowski, K. (Hrsg.): *Vom atomaren Patt zu einer von Atomwaffen freien Welt – Zum Gedenken an Klaus Fuchs*, Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Band 32, Berlin 2012, S. 283 - 284

wachung seiner Einhaltung, ist eine der größten Herausforderungen an die Wissenschaft unserer Zeit.

1.3. Zu Grenzen der Anschaulichkeit der modernen Wissenschaft

Zum Verständnis weiterer Gründe für die Ambivalenz der Wissenschaft

Mit dem weiteren Fortschritt der Wissenschaft, die Geheimnisse der Natur bis in die Tiefe des Mikrokosmos und des Makrokosmos zu verfolgen, stößt sie auch auf Grenzen der Anschaulichkeit (oder auch kognitive Grenzen).

Man kann auch zeigen, wie die Weltsicht eines Informatikers, aber auch das, was er gerade an begrifflichen Werkzeugen und standardisierten Gestaltungsmethoden und Entwicklungsverfahren zur Verfügung hat, sich auf die Modellbildung und damit auf die Problemlösung und dann auf die Arbeitsprozesse und die soziale Organisation als Ganzes auswirken.^{25, 26}

Es sind drei kognitive Grenzen zu diskutieren, die für die künftige Entwicklung der Naturwissenschaften wichtig sind.

Begrenzung der Anschaulichkeit bzw. eine semantische Grenze. Die erforderlichen Abänderungen unseres anschaulichen, aus der sinnlichen Erfahrung oder der genetischen Determination des Geistes stammenden Begriffssystems.

Begrenzung durch hohe Komplexität bzw. eine strukturelle Grenze durch die Begrenzung der Aussagefähigkeit über hochkomplexe Systeme. Begrenzung durch erforderliches Vorwissen bzw. eine subjektive Grenze durch erforderlich werdende Hermeneutik.

Zu a) Begrenzung der Anschaulichkeit bzw. eine semantische Grenze

Solange nur Phänomene der anschaulichen Welt, also Phänomene von der Dimension derselben Größenordnung wie die unserer Alltagserfahrung dargestellt wurden, waren Bilder wie zum Beispiel Welle und Korpuskel durchaus zufriedenstellend. Dies änderte sich jedoch, als sich die Physik in die subatomare und kosmische Dimension hineinwagte.

23 Fuchs, K., Flach, F., Das erste Menschenrecht: ein sinnvolles Leben in Frieden, in: Hiroshima und Nagasaki – Verpflichtung zum Frieden, Informationen des DDR – Komitees für wissenschaftliche Fragen der Sicherung des Friedens und der Abrüstung, Heft 3, 1985, S. 8.

24 Obama, B., public address at Hradcanske Square - Prague, Czech Republic, April 5, 2009

25 Fuchs-Kittowski, K., Stellung und Verantwortung des Menschen in komplexen informationstechnologischen Systemen in Organisationen, Wirtschaftsinformatik & Management 2 | 2016, S. 10 – 21.

26 Kornwachs, K., Arbeit-Ich – Welt-Ich – Netz-Ich, In: Welf Schröter (Hrsg.): Identität In Der Virtualität – Einblicke in neue Arbeitswelten und „Industrie 4.0“, Thalheimer Verlag, 2014

In Bereichen von Raum und Zeit, die milliardenfach kleiner oder größer sind als die unserer unmittelbaren Erfahrung, treten bei dem Versuch, sich ihnen mit unseren Sprachmitteln - den anschaulichen Begriffen unserer unmittelbaren Erfahrung - zu nähern, Schwierigkeiten auf.

Es zeigt sich, dass Darstellungen von Phänomenen dieser nicht unmittelbaren, sondern nur mittelbaren Erfahrungswelt vermittelt anschaulicher Begriffe und Modelle versteckte Widersprüche enthalten.

Um diese Widersprüche zu vermeiden, müssen gewisse Voraussetzungen hinter den verwendeten anschaulichen, sprachlichen Begriffen, die zu diesen Widersprüchen führen, abgeändert werden.

Man musste zum Beispiel lernen, wie sich die beiden klassischen Begriffe Welle und Korpuskel gegenseitig modifizieren.

Derartige Abänderungen haben jedoch zur Folge, dass der Sinn - die Bedeutung - der Begriffe mit der intuitiv aus der Erfahrung gewonnenen nicht mehr in vollem Einklang steht.

Zu b) Begrenzung durch hohe Komplexität bzw. eine strukturelle Grenze

Viele, bisher ungeklärte Phänomene der Natur, vor allem aber auch des sozialen Lebens, sind dadurch gekennzeichnet, dass ihre ursächlich zusammenhängenden Elemente unter einer großen Zahl zufälliger, d.h. rauschartiger Aspekte verborgen sind.

Die Anzahl vergleichbarer Ereignisse, die für die Untersuchung solcher Phänomene verfügbar sind, ist dann viel zu gering, um eine zweifelsfreie Unterscheidung zufälliger und ursächlicher Aspekte zu erlauben. Dies hat zur Folge, dass wissenschaftliche Theorien solcher Phänomene nur in einem sehr beschränkten Ausmaßfähig sind, Zustimmung zu gebieten. Das heißt nach unserer Definition, Anspruch auf Wahrheit zu erheben.

Wir stoßen hier auf eine weitere Grenze der (Natur-) Wissenschaft, eine Grenze, die als strukturelle Grenze bzw. als Grenze der Aussagefähigkeit über hochkomplexe Systeme bezeichnet werden kann, da sie aus der Struktur hochkomplexer Systeme und damit hochkomplexer Forschungsgegenstände erwächst.

Zu c) Begrenzung durch erforderliches Vorwissen bzw. eine subjektive Grenze

Der wahrscheinlich wichtigste Beitrag der Hermeneutik ist ihre Einsicht, dass verborgener Sinn eine verfahrensmäßige Schwierigkeit für die Interpretation von Texten darstellt. Denn es ist notwendig, den Kontext zu verstehen, in dem der

ganze Text eingebettet ist, ehe die Möglichkeit besteht, verborgenen Sinn in irgendeinem seiner Teile aufzudecken.

Hier stehen wir vor einem logischen Dilemma, dem hermeneutischen Kreis.

Einerseits machen die Wörter und Sätze, aus denen der Text aufgebaut ist, keinen Sinn, bis man den Sinn des ganzen Textes kennt.

Andererseits kann man aber zu dem Sinn des ganzen Textes nur durch das Verstehen seiner Teile kommen.

Um diesen Kreis zu sprengen, ruft die Hermeneutik den Begriff des Vorverständnisses zu Hilfe. Vorverständnis ist die Summe der Erfahrungen und Einsichten, die der Deuter von Anfang an zur Interpretation des Textes mitbringt und die es ihm erlauben, den Sinn des Ganzen intuitiv zu erfassen.

Ein Vorverständnis ist in der Tat auch in den Naturwissenschaften erforderlich, C. F. von Weizsäcker spricht von einem "relativen a priori". Es gibt keinen "erkenntnistheoretischen Robinson", keine Erkenntnis kann bei Null anfangen. Es bedarf also eines Vorverständnisses.

Zur Analyse eines komplexen Nervenzellennetzes muss der Forscher ein erhebliches Vorverständnis der Ganzheit des Systems mitbringen, bevor er versuchen kann, die Funktion eines der Teile des Systems zu deuten. Und so wird auch zukünftigen Versuchen die komplexe Arbeitsweise des Gehirns durch reduktive bzw. formale Methoden allein erschöpfend erklären zu wollen, der Anschein objektiver Wahrheit weithin fehlen.

Von uns werden hier drei kognitive Grenzen der modernen Wissenschaft unserer Zeit besprochen, die mit ihrem immer weiteren Vordringen in den Mikro- und Makrokosmos und der Erforschung hochkomplexer Systeme zusammenhängen. Hier treffen sie auf die innere Widersprüchlichkeit der Materie. Es wird deutlich, dass es gilt, die Bewegung und Entwicklung der Materie zu erfassen und dass dies mit dem uns aus der Anschauung gegebenen Begriffssystem, mit dem nur das schon Gewordene erfasst werden kann, nicht gelingt.

Heinrich Parthey zeigt in seiner Arbeit zur Ambivalenz der Wissenschaft auf, dass diese generell mit der modernen Wissenschaft, deren Grundlage die experimentelle Methode ist, auftritt. Er formuliert: "Das Experiment beruht anders als die bloße Beobachtung auf einem aktiven Eingriff in Naturzusammenhänge in Form experimenteller Technik, dessen Ambivalenz nun seit dem 20. Jahrhundert in verschiedenen Forschungen im Anschluss an Aristoteles Ablehnung experimentell bedingter Beobachtung in der Forschung wieder stärker diskutiert wird."

27

Wenn generell von der Ambivalenz des Fortschritts ausgegangen wird, Bloch spricht vom „Verlust im Vorwärtsschreiten“, dann kann die Ambivalenz, die insbesondere bei der Anwendung der Wissenschaft und beim Einsatz der Technik in Erscheinung tritt, nicht nur von der Wissenschaft und Technik verursacht sein. Dem weit verbreiteten technologischen Determinismus ist zu widersprechen. Die mit dem wissenschaftlich-technischen Fortschritt verbundenen Entwicklungen sind mit dem gesellschaftlichen Leben als Ganzem verbunden.

Die sich vollziehenden gesellschaftlichen Prozesse werden durch den wissenschaftlich-technischen Fortschritt wesentlich verstärkt oder wie von Weizsäcker sagt: „radikalisiert, nicht aber primär erzeugt.“²⁸ Dies mag manchen erstaunen, denn dem Augenschein nach sind viele Entwicklungen unmittelbar durch die Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse und den Einsatz der Technik hervorgerufen. Aber der Schein kann trügen. So wird zum Beispiel von dem bekannten Managementtheoretiker Peter Drucker sehr ausführlich die Frage diskutiert, ob das Auftreten des Wissensarbeiters erst durch den Einsatz des Computers hervorgerufen wurde, wie es weithin gesehen wird, oder umgekehrt. Er beweist, dass die Wissensarbeit und damit der Beruf des Wissensarbeiters in der Industrie des 20. Jahrhunderts sich schon vor dem Computer entwickelt hatten. Da es die Wissensarbeit im großen Maßstab in der Industrie schon gab, wurde der Computer zum willkommenen und notwendigen Werkzeug und, wie Drucker voraussetzt, die Bewältigung der Wissensarbeit mit Unterstützung des Computers zu einer der entscheidenden Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Der Einsatz der Technik unterliegt also einem gesellschaftlichen Auswahlprozess nach naturwissenschaftlichen, ökonomischen und auch ethischen Kriterien.

2. Zu ambivalenten Wirkungen der Molekularbiologie

2.1. Synergie Effekte in der Informatik

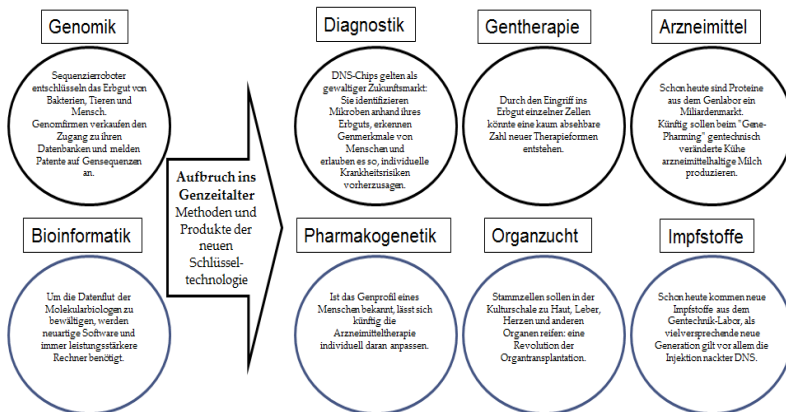
In unserer gemeinsamen Arbeit mit Hans Alfred und Andre Rosenthal zu: „Ambivalenten Wirkungen der Humangenomentschlüsselung auf Wissenschaft und Gesellschaft“²⁹ sind wir auf verschiedene ambivalente Wirkungen der Moleku-

- 28 Zitiert nach: Laitko, H., Der Ambivalenzbegriff bei Carl Friedrich von Weizsäcker – Versuch einer Exegese. - In: Klaus Hentschel, Dieter Hoffmann (Hrsg.): Carl Friedrich von Weizsäcker: Physik – Philosophie – Friedensforschung, Leopoldina-Symposium vom 20. bis 22. Juni 2012 in Halle (Saale), Acta Historica Leopoldina, Nr. 63, Halle (Saale) 2014, S. 306.
- 29 Fuchs-Kittowski, K., Rosenthal, H. A., Rosenthal, A. (2005): Die Entschlüsselung des Human-genoms – ambivalente Auswirkungen auf Gesellschaft und Wissenschaft, in: *Erwägen Wissen Ethik (EWE)* Jg. 16/2005, Heft 2, S. 149-162

larbiologie eingegangen: Maßgeschneiderte Arzneimittel, neue Medizin – hohe Kosten, Erziehung zu Antirassismus, Umgang mit den genetischen Daten, zur modernen Reproduktionsmedizin – zur Präimplantationsdiagnostik, Gentherapie, Computer und Mensch.

Die können hier nur nochmals gestreift werden. Wir wollen hier insbesondere auf den Synergieeffekt durch die Herausbildung der Bioinformatik verweisen. Weiterhin a): Auf unsere Stellungnahme zur Präimplantationsdiagnostik und b): Auf die Diskussion um die Anwendung der Gentherapien sowie c): Auf die Notwendigkeit der Erziehung zu Antirassismus.

Abbildung 3: Synergieeffekt Bioinformatik



Aus der Entschlüsselung und computerisierten Speicherung biologischer Informationen (der Genomanalyse) ergeben sich eine Reihe entscheidender sozialer Konsequenzen:

1. Landwirtschaft: gentechnische Konstruktion von Organismen mit neuartigen bzw. Höchstleistungseigenschaften (Ernährung)
2. Pharmazeutische Industrie: neuartige Medikamente, auch für individuelle Therapie
3. Erkennung potentieller Gefahren für Individuen (Krebsrisiko, Risiko von Degenerations- Erkrankungen u.a.) und Möglichkeiten erlaubter und wünschenswerter therapeutischer genetischer Eingriffe (somatische Therapie)
- 4, Gefahren:

Verletzung von Datenschutzrechten von Individuen, des "Rechts auf informationelle Selbstbestimmung." Ständige Versuchung, den Menschen {nicht individu-

ell} von einer Erbkrankheit zu heilen oder zu bewahren, sondern genetisch (also über die Keimbahn) zu verbessern wird auf Grund des noch bestehenden hohen Risikos für die Nachkommen zu Recht weithin abgelehnt. Dies ist jedoch problematisch, weil die Grenze zwischen verbessern und heilen immer unschärfer wird. Es gilt daher, die Risiken genauer zu untersuchen und immer wieder neu zu bewerten. Dazu ist unter anderen auf die Arbeit zur Risikoforschung auf diesem Gebiet von Charles Coutelle und R. Ashcroft ³⁰ zu verweisen.

Zu a: Präimplantationsdiagnostik

Die moderne Reproduktionsmedizin entwickelt sich sehr schnell und wirft eine Reihe von grundsätzlichen ethischen, moralische aber auch praktischen Fragestellungen auf, die jeder Einzelnen, aber auch die Gesellschaft als Ganzes rechtzeitig diskutieren und differenziert beantworten muss. Soll dem Mensch als Individuum und als Gattung heute oder in der Zukunft erlaubt sein, identische Kopien von sich selbst durch somatischen Kerntransfer herzustellen? Ist die Herstellung von embryonalen Stammzelllinien aus überzähligen Embryonen zum Zwecke der Forschung und der Entwicklung neuer Zelltherapien grundsätzlich ethisch und moralisch vertretbar? Hat eine befruchtete Eizelle und ein früher Embryo Anspruch auf Menschenwürde? Dürfen Eltern im Zuge der IVF (in vitro Fertilisation) an ihren Embryonen im Reagenzglas Gentests durchführen, um vor der Implantation schwere genetische Defekte zu vermeiden? Messen wir nicht mit zweierlei Maß, wenn wir in Deutschland die Abtreibung von Föten bis zur 12. Woche und danach billigend in Kauf nehmen, während wir gleichzeitig die Präimplantationsdiagnostik bei schweren genetischen Defekten als Selektion und Tötung von Embryonen verdammen?

Zu b: Gentherapie

Als Ergebnis des Humangenomprojektes sind Lage, Sequenz und Struktur fast aller menschlichen Gene genau aufgeklärt. Bei monogen vererbten Erkrankungen sind die molekularen Defekte (Mutationen) in ca. tausend Genen identifiziert worden. Es ist zu erwarten, dass in den nächsten Jahren verstärkt auch prädisponierende Gene bei komplexen Erkrankungen wie zum Beispiel den verschiedenen Krebsformen, bei Alzheimer, Diabetes, rheumatoider Arthritis, Asthma und Herz-Kreislauf-Erkrankungen identifiziert werden. Dies eröffnet jeder Art von Gentherapie neue Perspektiven. Es muss zwischen somatischer Gentherapie und genetischer Manipulation der Keimzelle (Keimbahn) unterschieden werden. Die

30 Coutelle, C., Ashcroft, R., (2012). Risks, benefits and ethical, legal and societal consideration for translation of prenatal gene therapy to human application, in *Methods in Molec. Biol.* Springer Protocols, Edts Coutelle & Waddington 891, 371-387

somatische Gentherapie sollte, wenn sie für den Patienten therapeutischen Nutzen bringt, vorbehaltlos gefördert werden. Eine Manipulation der Keimzellen lehnen wir in jedem Fall ab, weil sie unabsehbare Folgen für den Genpool der Menschheit haben kann. Die Gesellschaft muss noch besser lernen, mit Behinderten solidarisch umzugehen.

Zum Thema der Manipulation der Keimzellen gab es schon längere Zeit eine intensive Diskussion.³¹ Helga E. Hörz und Herbert Hörz haben in ihrem neuen gemeinsamen Buch: „Ist Egoismus unmoralisch? – Grundzüge einer modernen Ethik“³² diese Diskussion wieder aufgenommen. In diesem Buch trifft man auf S. 176 auf eine Stelle, die meinen Widerspruch hervorruft und, wohl beabsichtigt von den Autoren, auch hervorrufen soll. Denn es heißt dort: „Ein alter Streit, der seit Jahrzehnten schwelt, wird fortgesetzt. Die Autoren des Artikels zu den Auswirkungen zur Entschlüsselung des Humangenoms haben schon 1981 die Auffassung vertreten, „dass genetische Manipulationen in menschlichen Keimzellen wegen der damit verbundenen und letzten Endes nicht überschaubaren Risiken nicht vorgenommen werden sollen.“³³ Sie seien anderer Auffassung.

In der Tat hatten Sinaida Rosenthal, Hans Alfred Rosenthal und ich schon 1981³⁴ auf dem VII. Kühlungsborner Kolloquium zu philosophischen und ethischen Problemen der modernen Biologie: „Genetic engineering und der Mensch“ in dieser Weise zu den damals völlig neu aufgetretenen ethischen Problemen Stellung bezogen und diese Problematik in der umfangreichen Arbeit mit Andre Rosenthal wieder aufgegriffen und über zwanzig Jahre später (2005)³⁵ in gleicher Weise wieder beantwortet und diese Haltung jetzt unter dem Eindruck der Ergebnisse der Humangenomentschlüsselung erneut begründet. Zwischenzeitlich hatten Hans Alfred Rosenthal und Klaus Fuchs-Kittowski zu der mit E. Geißler veröffentlichten Gegenposition Stellung genommen.³⁶

Es gilt, das Risiko von Forschungen und deren medizinische Anwendung einzuschätzen, ohne in den Verdacht zu geraten, die Forschungsfreiheit einzuschrän-

31 Fuchs-Kittowski, K., Philosophische und ethische Probleme der modernen Biologie und Medizin – sowie: „Ein alter Streit, der seit Jahrzehnten schwelt...“ - In: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin, Berlin 121(2014), 81 – 95.

32 Hörz, H., Hörz, H. Ist Egoismus unmoralisch? – Grundzüge einer modernen Ethik, Berlin 2013.

33 Ebenda S. 176

34 Fuchs-Kittowski, K., Rosenthal, H. A., Rosenthal, S. : Zu den modernen genetischen Technologien und dem Verhältnis von Wissenschaft und Ethik, Wahrheit und Wert, Rationalität und Humanismus, in: genetic engineering und der Mensch. Berlin 1981, S. 109.

35 Fuchs-Kittowski, K., Rosenthal, H. A., Rosenthal, A.: Die Entschlüsselung des Humangenoms – Ambivalente Auswirkungen auf Gesellschaft und Wissenschaft. - In: Erwägen Wissen Ethik (EWE) Jg. 16/2005, Heft 2, S. 149 - 162.

ken! Wir sprechen von einem klar zu begründenden Risiko und sagen deutlich, dass, wenn dieses in bisher noch nicht absehbarer Zeit nicht mehr bestehen sollte, auch gegen diese Forschungen nichts mehr einzuwenden ist.

Es sei hier nur folgende Abschlussbetrachtung aus meiner Antwort auf die wieder aufgenommene Diskussion im Buch zu modernen Ethik wiedergegeben. Es wurde eingangs darauf verwiesen, dass gleich zu Beginn des Abschnitts 6.2. der „Grundzüge einer modernen Ethik“³⁷ von Helga Hörz und Herbert Hörz, in dem diese Auseinandersetzung mit unseren Auffassungen steht, ebenfalls die hier besonders relevanten Gedanken formuliert werden: dass die „Warnungen vor möglichen Gefahren der Humangenomforschung“ von ihnen ernst genommen werden, diesen mit „Verantwortungsbewusstsein, moralischen Appellen, Rechtsnormen und gesellschaftlicher Kontrolle zu begegnen“ ist und, dass die „Erfolgsrisiken, die einzugehen sind, um dem Wohl des Menschen zu dienen,“ zu berücksichtigen sind. (vgl. Hörz/Hörz 2013)

Dem ist nichts hinzuzusetzen. Demnach müsste der Jahrzehnte schwelende Streit eigentlich in unserem Sinne beigelegt sein. Die Frage ist, warum er wiederholt wieder aufgenommen wurde. Es erschien mir deshalb wichtig, unsere Kernaussagen nochmals darzustellen. Der „Streitpunkt“ führt, wie gesagt, letztlich zu der zentralen Frage, soll man, darf man das Ideal der Forschungsfreiheit durch ethische Grundsätze, Rechtsnormen und gesellschaftlicher Kontrolle, zur Sicherung des humanistischen Auftrages der Wissenschaft begrenzen? Es ist sehr erfreulich, dass Helga Hörz und Herbert Hörz dies ebenso so sehen. Der Streitpunkt kann also konstruktiv so gewendet werden, dass mit unserer Diskussion philosophisch-ethische Überlegungen zu den gegenwärtigen Risiken und zukünftigen Voraussetzungen und Sicherheitsanforderungen für die praktische Anwendung der molekularen Technologien entwickelt wurden.“³⁸

Zu c: Notwendigkeit einer Erziehung zu Antirassismus.

Bei einem meiner Besuche in der University of California in Berkeley legte ich dem Molekularbiologen Gunter Stent einen Artikelentwurf gegen Rassismus vor. Die Hauptaussage des Artikels war, dass Rassismus keinerlei Wissenschaft, son-

36 Fuchs-Kittowski, K., Fuchs-Kittowski, M., Rosenthal, H. A.: Biologisches und Soziales im menschlichen Verhalten. - In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie. Berlin 1983, Heft 7, S. 812 - 824.

37 Hörz, H., Hörz, H., Ist Egoismus unmoralisch? – Grundzüge einer modernen Ethik, Berlin 2013-

38 Fuchs-Kittowski, K., Philosophische und ethische Probleme der modernen Biologie und Medizin – sowie: „Ein alter Streit, der seit Jahrzehnten schwelt...“. - In: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin, Berlin 121(2014), S. 95

dern reine Ideologie ist, dass sich wissenschaftlich nachweisen lässt, dass in der Evolution nach Geschwindigkeit beim Laufen, nach Hautfarbe aber keineswegs nach dem selektiert wurde, was das eigentliche Menschsein ausmache. G. Stent sagte darauf: „Brauchen Sie eigentlich wissenschaftliche Beweise gegen Rassismus. Als Humanist müssten Sie doch von vornherein gegen Rassismus sein“. Ich gab ihm sofort Recht. Aber wir bekamen auch von anderer Seite Kritik. Der Molekularbiologe Benno Müller-Hill schrieb: Rosenthal und Fuchs-Kittowski machen es sich zu einfach, wenn sie Rassismus als Ideologie abtun. Die neuen Erkenntnisse der Humangenomschlüsselung zeigen uns, dass die Problematik komplizierter ist. Diese Äußerung von Benno Müller-Hill veranlasste uns in dem Artikel zu den ambivalenten Wirkungen der Humangenomschlüsselung zu folgender Stellungnahme:

Die Humangenomschlüsselung zeigt, dass zwischen ethnischen Gruppen genetische Unterschiede existieren, die aber mit dem "Menschsein" nichts zu tun haben. Es gibt auch keine "Kulturgene“.

Die genetischen Unterschiede könnten von Rassisten als Beweis für die von ihnen behauptete Minderwertigkeit einzelner menschlicher Rassen ins Feld geführt werden.

Daraus erwachsen der Volksbildung besondere Aufgaben. Es gibt keine Gene, die etwas mit den spezifischen allgemein-menschlichen Eigenschaften zu tun haben. Dies ist in den Unterrichtaufzunehmen.

Die Macht des Wissens, welche auf seiner Wahrheit beruht, muss durch Wissen und vernünftig begründete Werte reguliert werden!

Bernd- Olaf Küppers kommt zu einer meines Erachtens richtigen und wichtigen Feststellung: „Moral, die sich über das Wissen erhebt, verbaut der Gesellschaft den Weg in die Zukunft. Dies zeigen die zahlreichen moralisch begründeten Eingriffe in die Forschungsfreiheit, insbesondere die strengen Auflagen bezüglich der Grundlagen- Forschung in den Lebenswissenschaften. In Ländern wie den USA, Großbritannien und Frankreich hat man inzwischen erkannt, dass die restriktive Gesetzgebung auch den medizinischen Fortschritt behindert. Dementsprechend haben sie ihre Forschungspolitik neu ausgerichtet. In Deutschland herrschte dagegen nach wie vor ein dogmatisches Moralverständnis, das der Grundlagenforschung in der Genetik und der Stammzellenforschung enge Fesseln anlegt.“³⁹

Auch wir haben uns im Zusammenhang unserer Untersuchung der ambivalenten Wirkungen humangenetischer Forschungen gefragt, wie es kommt, dass

39 Küppers, B. - O., Wissen statt Moral – Fünf Thesen zur Wissensgesellschaft, Köln: Fackelträger Verlag 2010, S. 95 - 96.

sich die Wissenschaftspolitik in Großbritannien und in Deutschland so stark unterscheidet. Wir schrieben: „Eltern, die bereits ein Kind mit einem schweren Schaden haben, möchten für ein zweites Kind dessen Schicksal wissen und eine genetische Diagnose am Embryo in der Petrischale vornehmen lassen. Das verbietet in Deutschland das Gesetz – am Embryo in vitro darf nicht manipuliert werden. Die Eltern können dies aber in Großbritannien machen lassen. Sind die Briten keine Kulturnation?“⁴⁰

In Deutschland wurde dagegen die Präimplantationsdiagnostik bei schweren genetischen Defekten vielfach als Selektion und Tötung von Embryonen verdammt. Fast überall in Europa werden Erbguttests an Embryonen vorgenommen, gerade auch in katholischen Ländern. Nur Deutschland tut sich mit der PID-Methode schwer, hieß es in einem Artikel im Spiegel und der Entwickler der Methode, Alan Handyside, wird zitiert: „Deutschland“, kritisiert Handyside mit britischem Understatement, „hat eine sehr isolierte Auffassung.“⁴¹

Diese Gesetz zum Schutz von Embryonen wurde durch Berufung auf den ethischen Grundbegriff der Menschen herbeigeführt. Dabei wird davon ausgegangen, dass wir es mit der Befruchtung der Eizelle mit einem Menschen zu tun haben, dem die volle Menschenwürde zuzusprechen ist. Hier wird unseres Erachtens die Kontinuität in der Entwicklung überbetont, die Diskontinuität in der Entwicklung unbeachtet gelassen. Damit wird aber der Begriff der Menschenwürde überfordert.

Bernd - Olaf Küppers hat Recht, wenn er eine solche Situation auf ein dogmatisches Moralverständnis zurückführt, da hier Moral über das Wissen erhoben wird. Denn an einem wenige Zellen umfassenden in vitro Embryo ist eine Genanalyse ohne Schädigung möglich. Dieses Wissen bleibt bis heute zu wenig beachtet.

Es geht bei der Regulierung der Macht unseres Wissens jedoch auch nicht ohne Moral. Es bedarf dazu Wissen über erprobte Humankriterien und ethische Werte, damit die Wissenschaft dem Leben, dem Wohle des Menschen dienen kann.

40 Fuchs-Kittowski, K., Rosenthal, A., Rosenthal, H. A., Ambivalenz der Auswirkungen Human-genetischer Forschungen auf Gesellschaft und Wissenschaft. - In: Gesellschaftliche Integrität der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2005. Hrsg. v. Klaus Fischer u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Jens Clausen, Klaus Fischer, Klaus Fuchs-Kittowski, Klaus Kornwachs, Reinhard Mocek, Heinrich Parthey, André Rosenthal, Hans A. Rosenthal, Günter Spur u. Rüdiger Wink. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2006. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 95 - 119.

41 ETHIK: Schwere Schäden, in DER SPIEGEL vom 25.10.2010, Seite 180.

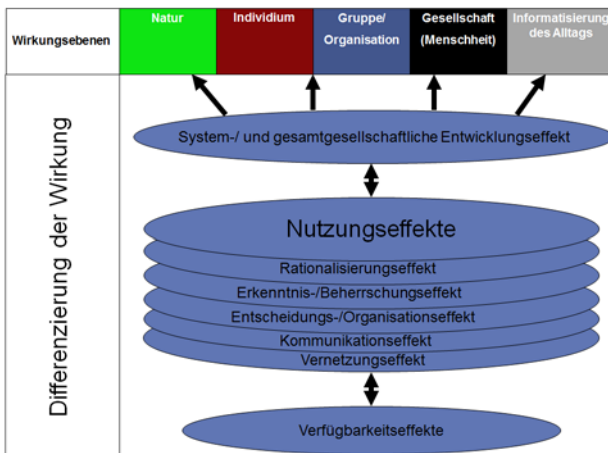
3. Ambivalenz der Informatik

3.1. Differenzierung der Wirkungen moderner Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT)

- Es gibt keine Technikentwicklung und – keinen Technikeinsatz ohne Risiko!

Risikofreiheit widerspricht der Offenheit der Zukunft. Das Problem der Nebenfolgen ist unumgehrbar. Durch Wirkungsforschung / Technikfolgenabschätzung können (manche) Risiken frühzeitig identifiziert, aber das Nichtwissen kann nicht vollständig eliminiert werden. Der wissenschaftlich-technische Fortschritt hat den Charakter von Experimenten. Wie Ernst Bloch betont: Von der Technik wird das „Noch-nicht-Seiende“⁴² hervorgebracht. Daher ist Risikobereitschaft in der technischen Welt erforderlich. Es gibt keine Technik ohne Risiko, aber eine Welt ohne Technik wäre nicht nur riskant, sondern nicht mehr existenzfähig. Es gibt aber auch Risiken, die unvertretbar sind! Die Technikentwicklung und ihr Einsatz müssen fachlich, sozial und ethisch zu verantworten sein!

Abbildung 4: Differenzierung der ambivalenten Wirkungen moderner Informations- und Kommunikationstechnologien



42 Bloch, E., Tübinger Einleitung in die Philosophie, Gesamtausgabe Band 13, Frankfurt a. M., 1970, S. 356.

Es lassen sich verschiedene ambivalente Wirkungen der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien auf die Natur, das menschliche Individuum, auf die soziale Organisation und die Gesellschaft als Ganzes unterscheiden. Dabei spielt gegenwärtig die Informalisierung des Alltags über das Internet der Dinge eine besondere Rolle.⁴³

Die Abstraktion vom allgemeinen Zusammenhang, die Zurückführung der menschlichen (semantischen) Informationsverarbeitung auf maschinelle (syntaktische) Informationsverarbeitung verleiht der Information neue Gebrauchswerte, die selektiert werden entsprechend:

- a) den herrschenden Produktions- und Organisationsverhältnissen,
- b) den gewünschten Leistungs- und Persönlichkeitsentwicklung fördernden Arbeitsbedingungen und Inhalten,
- c) den persönlichen Bedürfnissen zur Entfaltung der Individualität.

Es gibt demnach keine unausweichlichen technologischen Zwänge.

Diese Feststellung, dass es keinen technologischen Determinismus gibt, dass nach den neuen Gebrauchswerten die Information, die durch die Digitalisierung, ihre Formalisierung und Automatisierung ihrer Verarbeitung erzielt werden, selektiert wird, führt uns zurück zu der von C. F. von Weizsäcker gemachten Feststellung, die sich vollziehenden gesellschaftlichen Prozesse werden durch den wissenschaftlich-technischen Fortschritt wesentlich verstärkt oder, wie von Weizsäcker sagt: „radikalisiert“⁴⁴, nicht aber primär erzeugt. C.F. von Weizsäcker schreibt im zweiten, mit Ambivalenz des Fortschritts überschriebenen, Hauptabschnitt der Studie, dass die Wirkung von Naturwissenschaft und Technik auf ihr gesellschaftliches Umfeld „weniger einen primär kausalen als einen radikalisierenden Charakter“ trägt: „...kraft ihrer erhöhten instrumentalen Fähigkeit und kraft der Tendenz, alles, was technisch möglich ist, auch zu tun, radikalisiert sie Chancen und Gefahren“⁴⁵.

43 Fuchs-Kittowski, K., Zur Ambivalenz der Wirkungen moderner Informations- und Kommunikationstechnologien auf Individuum, Gesellschaft und Natur. Wo liegen die Potenziale und Risiken allgegenwärtiger Datenverarbeitung? in: Ambivalenz von Technologien – Chancen, Gefahren, Missbrauch, Sitzungsberichte, Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Band 112, Jahrgang 2011, S. 161 - 184.

44 Zitiert nach: Laitko, H., Der Ambivalenzbegriff bei Carl Friedrich von Weizsäcker – Versuch einer Exegese. - In: Klaus Hentschel, Dieter Hoffmann (Hrsg.): Carl Friedrich von Weizsäcker: Physik – Philosophie – Friedensforschung, Leopoldina-Symposium vom 20. bis 22. Juni 2012 in Halle (Saale), Acta Leopoldina Nr. 63, Halle (Saale) 2014, S. 306.

45 Vorschlag zur Gründung eines Max-Planck-Instituts zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt, 1. 11. 1967, S. 1. – Archiv der Max-Planck-Gesellschaft (im Folgenden: MPG-Archiv) II. Abt. Rep. 9 Nr. 13. (S. 8)

Es lassen sich verschiedene ambivalente Wirkungen der modernen Informationstechnologien, Chancen und Risiken des IKT-Einsatzes aufzeigen. Sie sind von uns in zwei großen Schemata zusammengefasst und näher beschrieben worden. Dies soll hier nicht wiederholt werden (siehe dazu K. Fuchs- Kittowski⁴⁶). Wir begnügen uns hier mit der Aufzählung einer Auswahl:

1. Polarisierung der Arbeit – höher qualifizierte und zugleich abgewertete, verunsicherte Arbeit.

2. Datenschutz versus Gewährleistung der Sicherheit – Sicherung der Privatsphäre und zugleich Entfaltung einer globalen Daten-Sammelwut.

3. Entfaltung von Individualität und zugleich Begrenzung individuellen Handelns, abgehängt durch Entfremdung vom realen Geschehen.

4. Polarisierung der Welt - Zusammenwachsen der Wirtschaften und zugleich neue Konfliktpotentiale zwischen den Völkern.

5. Informationsreichtum versus Informationsarmut - Demokratisierung des Wissens, Erhöhung der Bildung und zugleich Vermassung und Begrenzung des Informationsangebots.

6. Selbstverwirklichung versus Vermassung - geistreiche geistige Tätigkeiten werden stimuliert und zugleich besteht die Gefahr der Vermassung durch eine enorme Verbreitung sinnentleerer syntaktischer Darstellungsformen der Information.

7. Medium für Demokratie und Partizipation⁴⁷ (Selbstbewusstwerdung der Menschheit) und zugleich zur Verbreitung von Fake News, Rassismus und Nationalismus.

8. Durchschaubarkeit versus Undurchschaubarkeit - Erkennen komplexer Strukturen und Prozesse und zugleich aber können sie Menschen gegenüber der realen Erfahrungswelt abkapseln (Entsinnlichung).

9. Herstellung von Ordnung versus Kreativität – hohe Leistungsfähigkeit betrieblicher Informationssysteme, zugleich Abstraktion von den Prozessen der Informationsentstehung und Wertbildung in der sozialen Organisation.

Die verschiedenen Krisen unserer Zeit sind somit auch immer eine Krise des Fortschritts. Unsere Welt wird durch die weltweite digitale Kommunikation zum „global village“. Es ist jedoch offen, ob dies zum antiken Marktplatz, zur digita-

46 Fuchs-Kittowski, K., Zur Ambivalenz der Wirkungen moderner Informations- und Kommunikationstechnologien auf Individuum, Gesellschaft und Natur – Wo liegen die Potentiale und Risikender allgegenwärtigen Datenverarbeitung?, in: FfF-Kommunikation 2/11, S. 36 - 46.

47 Fuchs, C., Cyperprotest und Demokratie. - In: Peter Fleißner, Vicente Romano (Hrsg.): Digitale Medien – neue Möglichkeiten für Demokratie und Partizipation?, trafo Verlag Berlin, 2007, 57-88.

len Agora oder eher zur „Schwarmdummheit“ statt zur „Schwarmintelligenz“ führt. (vgl. Vidal⁴⁸)

Das Bild vom „Netz“ und von der „Vernetzung“ als weltumspannende Vereinigung verschüttet leicht die realen Gräben und sozialen Widersprüche, die die Menschheit trennen und die es zu überwinden gilt (vgl. Fischbach⁴⁹).

Neben der Unsicherheit der Arbeitsverhältnisse führen besonders auch die spezifische Organisation der Arbeit, die neuen Steuerungsformen der Marktorientierung und Selbstorganisation zu einer Selbstökonomisierung und Entgrenzung der Arbeitszeiten und damit ebenfalls zu Symptomen des Burn-out („Mehr Druck durch mehr Freiheit“) (vgl. Stahn⁵⁰).

Die verschiedenen ambivalenten Wirkungen: die verschiedenen Verfügbarkeitseffekte und Nutzungseffekte (siehe Abbildung) lassen sich zu allgemeinen gesellschaftlichen Entwicklungstendenzen (Systemeffekten) zusammenfassen.

Positiv: Netzwerk- bzw. Kommunikationsgesellschaft. Erhöhung der Transparenz gesellschaftlicher Prozesse, mehr Freizeit für kulturelle und wissenschaftliche Tätigkeiten.

Negativ: Reduktion auf technologische Rationalität, überhöhte Abhängigkeit von nicht genügend beherrschten Modellen bzw. Technologien.

Missbrauch: Unterminierung des Rechtsstaates, Zerstörung der sozialen und natürlichen Umwelt.

Wenn wir in unserem Schema zur Ambivalenz der Wirkungen moderner Informations- und Kommunikationstechnologien klar zwischen positiven und negativen Wirkungen und bei den negativen Wirkungen deutlich zwischen Ambivalenz und Missbrauch unterscheiden, dann erfolgt dies nicht, um die Technikforschung und -entwicklung von der Verantwortung vollständig zu entlasten, da Missbrauch bei der Anwendung stattfindet und somit nach Außen verlagert wird. Es geht immer um negative Wirkungen, die der Physiker, Biologe und Informatiker, Techniker mit zu verantworten hat. Die Unterscheidung ist jedoch notwendig. Es geht darum, zu verdeutlichen, dass es negative Wirkungen gibt, die nicht auf Missbrauch zurückzuführen sind. Solange man diese Unterscheidungsmöglichkeit nicht hat, gibt es, wie in den Verkaufsbroschüren der

48 Vidal, F., Rhetorik Des Virtuellen – Die Bedeutung rhetorischen Arbeitsvermögens in der Kultur der konkreten Virtualität, Talheimer Verlag, 2010 .

49 Fischbach, R., Mythos Netz – Kommunikation Jenseits von Raum und Zeit?, Rotpunktverlag, Zürich, 2005.

50 Stahn, P.: Gestaltung wissensintensiver Geschäftsprozesse aus Arbeitnehmersicht – Zu ambivalenten Entwicklungen in der Wissensarbeit, in: Bentele, M. u.a. (Hrsg.): Mehr Wissen – mehr Erfolg! 9. Kongress zum IT-gestützten Wissensmanagement. Kongressband zur Know-Tech, 28.-29. Nov. Frankfurt am Main 2007.

Computerhersteller, immer nur positive Wirkungen. Oder es gibt Missbrauch, den sieht man immer nur beim politischen Gegner. Negative Wirkungen, die sich beim Vorwärtsschreiten aus der Ambivalenz des Einsatzes der Informations- und Kommunikationstechnologie ergeben und im partizipativen Prozess der Informationssystemgestaltung und Softwareentwicklung weitgehend vermieden oder kompensiert werden können, wenn man sie beachtet, werden dann eben nicht beachtet. So haben wir negative Effekte beim Rationalisierungseffekt auf die Qualität der Arbeitsprozesse, die nicht auf Missbrauch zurückzuführen sind, sondern auf die Formalisierung und Automatisierung dieser Prozesse. Solche Wirkungen sind nicht immer vorherzusehen, sie sind aber zu vermeiden oder durch rechtzeitige Maßnahmen zu kompensieren. Wenn hier von Missbrauch die Rede ist, dann geht es um die Anwendung der Wissenschaft und den Einsatz der Technik im Interesse Einzelner und einzelner Gruppen. Dabei ist der Übergang von einem zunächst nur negativen Begleiteffekt, zum Beispiel bei der Videoüberwachung, zum Missbrauch hin zu einer totalen Überwachung, im Interesse bestimmter Gruppen, ein fließender.

3.2. Zur Entwicklung autonomer Systeme – Roboter und besonders leistungsfähiger Supercomputer

In der KI-Forschung fanden, auf der Grundlage neuer technisch-technologischer Möglichkeiten und der KI-Kritik sowie philosophisch-erkenntnistheoretischer Diskussionen zum Verhältnis von Mensch und Automat, mehrere Paradigmenwechsel statt;

von der klassischen, kybernetisch orientierten KI- Forschung
zu der kognitivistischen/funktionalistischen KI-Forschung
zur emergent/konnektionistischen KI-Forschung und zu einer
handlungsgebundenen/ auf Wechselwirkung orientierten oder auch „Neuen“
KI-Forschung.

Methodisch vollzieht sich eine Neuorientierung der Forschung zur Künstlichen Intelligenz: von der Kognition zur Tätigkeit – vom Denken im Kopf des Menschen zur Tätigkeit in der realen Welt. Hier gewinnt die Tätigkeitstheorie besondere Bedeutung.

Im Zentrum der „Neuen KI“ steht heute der autonome Roboter, der in der Lage ist, sich selbständig mit seiner Umwelt auseinanderzusetzen, sich an Veränderungen in seiner Umwelt anzupassen und dazu auch in sie verändernd einzugreifen.

Die entscheidende Grundlage der neuen KI-Forschung ist das Embodiment-Konzept. Es wird erkannt (entsprechend der frühen Kritik von Hubert Dreyfus),

dass Bewusstsein einen Körper braucht und damit eine physikalische Interaktion voraussetzt. Dieser neue Ansatz in der KI-Forschung ist dem klassischen Verständnis des Bewusstseins, speziell im Sinne des Kognitivismus und computationaler Theorien, entgegengesetzt. Der Begründer des Embodiments, der Direktor des Artificial Intelligence Lab im Massachusetts Institute of Technology (MIT), Rodney Brooks, hat diesen Paradigmenwechsel in der KI-Forschung und in den Kognitionswissenschaften mit der Entwicklung sehr leistungsfähiger Roboter vorangetrieben.⁵¹ Ein früher Vertreter des Embodimentss, des Paradigmas, d.h. der Einsicht, dass die Entwicklung eines künstlich intelligenten Systems eine Verkörperung verlangt, war auch der Direktor des Schweizer Roboter-Labors, Rolf Pfeifer.⁵²

Das Embodiment-Konzept der „Neue KI“ führt mit der Erkenntnis, dass ein intelligentes System ein physisches System mit Sensorik und Aktorik sein muss, auch zu einer tieferen Erforschung der biologischen Grundlagen intelligenten Verhaltens von Tieren und Menschen. Dies führt Francisco J. Varela, zu einem, wie er sagt, neuen Verständnis der Information. Er schreibt in seinem Buch: „Kognitionswissenschaft und Kognitionstechnik“ (wie auch im Umschlagtext): „Es kam mir in dieser Arbeit besonders darauf an zu zeigen, dass dann, wenn der Kern aller Kognition in ihrer Fähigkeit besteht, Bedeutungen und Sinn zu erzeugen, Information nicht als irgendeine vorgegebenen Ordnung aufgefasst werden kann, sondern den Regularitäten entspricht, die sich aus den kognitiven Aktivitäten selbst ergeben.“⁵³

Damit dringen die Kognitionswissenschaften, als Gesamtheit naturwissenschaftlicher Analyse von Erkennen und Wissen vor, bis zur Erkenntnis der Spezifik der Lebensprozesse, den Prozessen der Informationserzeugung in der Selbstorganisation des lebenden,⁵⁴ im Unterschied zu den Prozessen der Informationsverarbeitung des technischen Automaten. Wie dies auch nochmals von Walter E. Elsasser in seinem mit dem höchsten Forschungspreis der USA ausgezeichneten Werk zur „Theorie des Organismus“⁵⁵ unter anderen mit dem Prin-

51 Brooks, R. A., *Menschmaschinen – Wie uns die Zukunftstechnologien neu schaffen*, Frankfurt, New York, 2002.

52 Pfeifer, R., Bongard, J., *How the Body Shapes the Way We Think: A New View of Intelligence*, 2006.

53 Varela, F. J., *Kognitionswissenschaft – Kognitionstechnik – Eine Skizze aktueller Perspektiven*, Frankfurt a.M. 1990.

54 Fuchs-Kittowski, K., *Information und Biologie: Informationsentstehung – eine neue Kategorie für eine Theorie der Biologie.* – In: *Biochemie – ein Katalysator der Biowissenschaften*. Kolloquium der Leibniz-Sozietät am 20. November 1997 anlässlich des 85. Geburtstages von Samuel Mitja Rapoport. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät. Berlin, Leibniz-Sozietät, 22(1998)3. S. 5 – 17.

zip der kreativen Selektion (*The principle of creative selection*) herausgearbeitet wurde.

Bei der Erforschung der biologischen Grundlagen intelligenten Verhaltens von Tieren und Menschen, verbunden mit dem Versuch intelligente Computer zu bauen, geht es über die Analyse der Körperbewegungen (zum Beispiel kleiner Lebewesen, wie der Ameisen⁵⁶) hinaus, um die Erkenntnis, dass der Körper an allen psychischen und geistigen Prozessen, an Gefühlen, Erinnerungen, Gedanken, kausal beteiligt ist. Das Embodiment-Konzept beeinflusst die Diskussion des Körper-Geist-Problems und führt hier zu der die Spezifik der Lebensprozesse reflektierenden Erkenntnis, dass klar, entsprechend dem von W. Elsasser formulierten Prinzips *des holistischen Gedächtnisses* (*The principle of holistic memory*)⁵⁷ zwischen Speicher und Gedächtnis, zwischen Speicherung von Information im Computer und Erhaltung der Information über längere Zeit im Gedächtnis des Menschen zu unterscheiden ist. Dies wird von Rolf Pfeifer und andere in einer grundlegenden Arbeit zum Embodiment, als einem innovativen Konzept in der Grundlagenforschung als auch in verschiedenen Anwendungsfelder herausgearbeitet.⁵⁸ Die von Walter Elsasser formulierten Prinzipien zeigen die Spezifik der Lebensprozesse auf. Wie wir wiederholt betont haben, trennen sie in W. Elsassers Begründung jedoch zu scharf zwischen Physik, Chemie und Biologie. Es gilt stärker die Übergänge zu beachten. Auch dies wird durch die vom Embodiment-Konzept inspirierten Kognitionswissenschaften deutlich. Das technische System ist kein lebendiger Körper.

Es ist daher hier unsere Position zum Verhältnis von Physik, Chemie und Biologie, die keine scharfe Trennung postuliert, deutlich zu formulieren. Was biologisch möglich ist, muss auch physikalisch-chemisch möglich sein. Aber das umgekehrte gilt nicht! Nicht alles was physikalisch möglich ist, ist biologisch möglich, zum Beispiel ein totes Huhn!

Lebensprozesse zeichnen sich aus, durch eine höhere innere Determination. Hinzukommen die physikalisch-chemischen Prozesse einschränkende und damit

55 Elsasser, W. M., *Reflections on a Theory of Organism – Holism in Biology*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, London, 1987.

56 Holk, C., Dean, J., Ritter, H., *Die Entdeckung der Intelligenz- oder können Ameisen denken?*, München 2001.

57 Elsasser, W. M., *Reflection on a Theory of Organism – Holism in Biology*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, London, 1987.

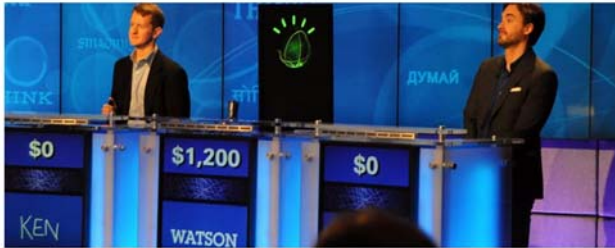
58 Leuzinger-Bohleber, M., Pfeifer, R., *Psychoanalyse und Embodied Cognitive Science in Zeiten revolutionären Umdenkens*, in: Marianne Leuzinger-Bohleber, Robert N. Emde, Rolf Pfeifer (Hrsg.): *Embodiment – in innovatives Konzept für Entwicklungsforschung und Psychoanalyse*, Göttingen, 2013, S. 50.

modifizierende Bedingungen! Wie: spezifische Struktur, Information, Ganzheit des Systems! Bei einer Reduktion der hohen Komplexität und Dynamik der Lebensprozesse ist es möglich, Modelle ihrer Struktur und Funktion, ihres Verhaltens zu schaffen. Die Modellierung der Lebensprozesse kann somit ein außerordentlich fruchtbarer Weg zur wissenschaftlichen Erkenntnis sein. Physikalische Gesetze allein, werden aber das Lebendige nicht vollständig erklären, der auf der Grundlage rein physikalischer Gesetze funktionierende Computer den Menschen nicht vollständig ersetzen. Die autonomen Systeme, wie Industrieroboter, die in der Lage sind, sich selbständig mit ihrer Umwelt auseinanderzusetzen, haben nicht die Autonomie eines Menschen, der sich auch unter widrigsten Bedingungen zum Beispiel im Konzentrationslager, sein Menschsein nicht brechen lässt. Die Entwicklung des Internets der Dinge (Internet of Things) zeigt uns deutlich die besondere Bedeutung der cyber-physikalischen, mechatronischen Systeme für die Informations- und Kommunikationstechnologien der Zukunft. Die große wissenschaftlich-technische Herausforderung besteht darin, dass in einem autonomen System, wie dem Roboter, sehr viele Komponenten zu integrieren sind, die reibungslos zusammenwirken müssen. Beim Roboter geht es im Vergleich zu anderen Systemen auch noch um den Antrieb zur Fortbewegung, mit besonders hohen Anforderungen an Elektronik, Energieversorgung und Mechanik. Notwendigerweise ist insbesondere die Sensorik bei Robotern wesentlich komplexer als zum Beispiel beim Mobiltelefon oder beim intelligenten Haus. Die neuen Möglichkeiten, die sich aus der Nutzung einer Vielzahl von Sensoren und der Einführung noch weiterer Schichten (MultiLayerNeuralNetwork) in die Künstlichen neuronalen Netze (KNN) ergeben, lässt uns von einer dritten Stufe der Entwicklung der Künstlichen neuronalen Netze und von einer weiteren Phase im Rahmen der „Neuen KI-Forschung“ – „Deep Learning“ sprechen. Damit stehen im engen Zusammenhang die neuen Möglichkeiten zur Auswertung sehr großer Datenmengen (Big-Data) mittels Verfahren der KI (Maschinelles Lernen, Künstliche neuronale Netze, Genetische Algorithmen) und der Statistik (wie Diskriminanzanalyse, Regressionsanalyse, Clusteranalyse). Einer der hier erreichten großen Erfolge ist: Der IBM Computer Watson schlägt den Menschen beim Quiz.

Das führte wiederum zu einer Vielzahl von Spekulationen über das Verhältnis von Automat und Mensch. Nachdem nun ein Schweltmeister und nun auch zwei Quiz-Champions von einem IBM-Computer besiegt worden waren, schien für viele Laien der Beweis der Überlegenheit der KI-Systeme gegenüber dem Menschen erbracht. Sie würden nun sogar über Phantasie verfügen. Umso erfreulicher ist es, dass IBM seinen Erfolg nicht in dieser Weise propagandistisch nutzte. In der Festschrift der Firma schreibt der Entwickler von Watson ausdrücklich:

„Der zur Empfindung fähige Computer mit eigenem Ich bleibt Stoff für Science-Fiction. Was wir jedoch erleben, ist die Entstehung von Maschinen, die unser Denken durch die richtige Fragestellung unterstützen.“⁵⁹ .

Abbildung 5: Computer „Watson“ schlägt Quiz-Champions



Es bleibt dabei: „Der Mensch ist die einzig schöpferische Produktivkraft, der Computer ist ein hoch spezialisierter Vollidiot.“ Dies sagte Klaus Fuchs. Mit der zusätzlichen Bemerkung: „Dies sollte man mir glauben, denn ich habe schon mit John von Neumann an einem seiner ersten Automaten zusammengearbeitet.“⁶⁰ (siehe Abbildung 3d: Oppenheimer und John von Neumann).

Immer wieder wird von selbstfahrenden Autos berichtet, die autonom zu ihrem Ziel fahren, während der Fahrer ein Buch liest oder mit seinem Computer arbeitet. In der Tat ist die Laborentwicklung solcher Fahrzeuge weitgehend abgeschlossen und sie fahren schon auf abgegrenzten, überschaubaren Strecken. Doch die Ethik-Kommission hat festgelegt, dass zu gewährleisten ist, dass der Fahrer immer in der Verantwortung bleibt.⁶¹ Das zu Recht, denn, wie wir ⁶² nachweisen konnten, ist mit der durch die Vielzahl der genutzten Sensoren gegebenen neuen Qualität der Information, auch eine hohe Störanfälligkeit zu erwarten.

59 Maney, K., Hamm, S., Feffrey, Brien, M. O., Im Dienst der Welt – Ideen die ein Jahrhundert und ein Unternehmen prägten, IBM-Press- Pearson plc, San Francisco, New York, 2011, S. 87.

60 Persönliche Mitteilung vom Verfasser.

61 Ethik-Kommission, Automatisiertes und Vernetztes Fahren, Eingesetzt durch den Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bericht Juni 2017 - <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/bericht-der-ethik-kommission.html?nn=12830>

3.3. Ambivalenz der autonomen Systeme - Rettungs- - oder Kriegeroboter

3.3.1. *Die Informatik ist nicht wertneutral*

Mit Blick auf die Informatik erleben wir deutlich, dass die Wissenschaft für uns ein wichtiges Werkzeug zur Sicherung von Gesundheit und Wohlstand und zugleich ein „zweischneidiges Schwert“ ist.

Viele Informatikerinnen und Informatiker stehen heute vor der schweren Entscheidung, ob ihre Arbeit der Beförderung der Menschenrechte oder der modernen Kriegsführung dienen soll.

Was soll das Internet, was sollen Computer als Denkzeuge, was soll die Entfaltung der mobilen Kommunikation, wenn uns diese Entwicklungen zum Cyberkrieg führen, wir fast zwanghaft in die Selbstvernichtung getrieben werden?

Die Informatik kann sich nur gesund entwickeln, wenn sie sich aus ihrer heute immer noch weithin verbreiteten technizistischen Enge befreit, wenn sie in die Überlebensprobleme der heutigen Menschheit eingebunden wird, sie die Gewährleistung der individuellen, sozialen und internationalen Menschenrechte mit unterstützt und sich einem erneuten Rüstungswettlauf dem Cyber War, der Entwicklung von Kriegerobotern und bewaffneten Drohne entzieht. Dies geht wahrscheinlich nur, indem die Informatiker/Innen sich heute, wie seinerzeit viele Atomphysiker, für die Ächtung der Nuklearwaffen, für ein Verbot der sog. intelligenten Waffen einsetzen. Die Informatik ist nicht wertneutral.

3.3.2. *Drohnen zum Umweltmonitoring oder zum Missbrauch bei der Kriegsführung*

Drohnen können sehr gut zum Umweltmonitoring eingesetzt werden. Mit Sensorsystemen wie Multispektralkameras ausgestattete Drohnen, bieten die Möglichkeit, Vegetations- und Umwelteigenschaften professionell zu untersuchen. Sie können Unterscheidung zwischen gesunden und gestressten Pflanzen unterstützen. Die Veränderungen der Pflanzen lassen sich deutlich hervorheben. Drohnen können Wasserproben an unzugänglichen Orten nehmen..

Mit bewaffneten Drohnen kann man jagen und töten. Mit Drohnen sind wir auch in Deutschland im Begriff, in das unbemannte Überwachen und Töten einzusteigen. Es sollen in nächster Zeit Kampfdrohnen für die Bundeswehr gemietet

62 Kilic, M., Fuchs-Kittowski, K., Sicherheitsrisiken und Vermeidungsverhalten im Fall der modernisierten und neuen Informationsquellen bei der Lenkung von Remotefunktionen von Fahrzeugen – Zusammenfassung. - In: Technik –Sicherheit – Techniksicherheit, Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Band 16, Jg. 2013, S. 123 - 124.

Abbildung 6: Drohnen: Potential zum Umweltmonitoring

Drohnen: Potential zum Umweltmonitoring



- ANALYSE VON VEGETATION UND UMWELT UNTER EINSATZ VON DROHNEN

werden, die sowohl zur Überwachung eingesetzt als auch mit Bomben und Raketen bestückt werden können. .

Abbildung 7: Kampfdrohne über Afghanistan



Tödliche US-Drohnen über Afghanistan

3.3.3, Ambivalenz des autonomen Fahrens..

Abbildung 8: Ambivalenz der Robotik - Rettungsroboter

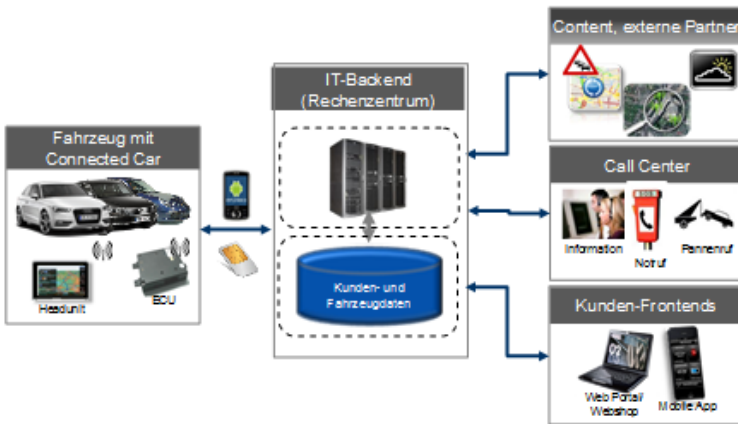


Abbildung 9: Hochkomplexes informationstechnologisches System - Das autonome Fahrzeug



Mit der Entwicklung des autonomen Fahrens ergeben sich viele neue Möglichkeiten, die heutige Verkehrssituation günstiger zu gestalten, die Anzahl der Verkehrstoten drastisch zu senken. .

Abbildung 10: Aufbau digitalisierter Verkehrstechnologie



Im Zeitalter der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) erhalten die Systeme für das Fahrzeug- sowie Flottenmanagement ihre Informationsqualität durch Erhöhung der Quantität der Informationsquellen. Je mehr Fahrzeuge, desto mehr Sensordaten, die verteilt sind. Aus diesen Daten generierte Informationen können gezielt bewertet und an die Interessenten zur Verfügung gestellt werden. Diese Informationen können zum Beispiel Verkehrsleitsysteme versorgen.⁶³

Im Umkehrschluss kann das Verkehrsleitsystem über einen zentralen Knoten die Fahrzeuge mit Umwelt- und Umfeld-Daten versorgen oder lenken. Je mehr und ausgeprägter die Sensoren sind, desto besser wird die Qualität der gewonnenen Informationen sein. Die Informationen werden durch die Vernetzung verstärkt und gewinnen dadurch neue Dimensionen. Durch die neu definierten (erzeugten), vorhandenen sowie neu verdichteten Informationen entstehen aber auch eine Reihe neuer Risiken. Die Entwicklung des autonomen Fahrens ist offensichtlich ambivalent. Es gilt auch hier, wie unter anderen vom Ethikrat aufge-

63 Kilic, M., Fuchs-Kittowski, K., Sicherheitsrisiken und Vermeidungsverhalten im Fall der modernisierten und neuen Informationsquellen bei der Lenkung und Remotefunktionen von Fahrzeugen – Zusammenfassung. - In: Gerhard Banse, Ernst-Otto Reher (Hrsg.): Technik – Sicherheit – Techniksicherheit. Sitzungsberichte Leibniz-Sozietät der Wissenschaft, Band 116, Jg. 2013, S. 123 – 124.

zeigt wurde, durch entsprechende Maßnahmen mögliche negative Auswirkungen zu vermeiden.

Ein Beispiel für die Automatisierung unseres Alltags ist das Forschungsprojekt „Leonie“ von Volkswagen AG (siehe Abbildung). Die aus dem Umfeld und Sensoren gewonnenen Informationen werden mit intelligenter Infrastruktur, wie zum Beispiel Ampelanlagen gekoppelt. Dadurch wird es möglich, ein Fahrzeug ohne Menschen zu führen. Aufgrund der, durch die vielen Informationsquellen, doch auch möglichen hohen Anzahl an Störungen, aber insbesondere auch aus ethischen Gründen, die es nicht zulassen, dass bei einer Unfallsituation formal entschieden wird, welches Menschenleben geopfert wird und welches nicht, ist weiterhin ein Mensch als Fahrer in der Verantwortung.

Da die neuen Fahrzeuge mit sehr vielen Sensoren ausgestattet sind und durch den Betrieb viele Umfeldbedingungen aufnehmen, agieren diese gleichzeitig als bewegliche Informationsquellen.

Die Informationen werden auf sogen. Telematik-Servern abgelegt, auf denen verschiedene Telematik-Dienste vorhanden sind.

Ein weiterer Informationsaustausch erfolgt durch Car-2-Car-Kommunikation, indem die Fahrzeuge mehrere Cluster bilden und die Informationen von den vorderen Fahrzeugen nach hinten und andersherum transferieren.

Ein Anwendungsfall von vielen ist das Umfahren von Unfall- und Baustellen oder Automatischer Nothalt.

Mukayil Kilic hat auf eine Reihe möglicher Störungen des Netzes und damit Gefährdungen der Produktion 4.0 und des Verkehrs 4.0 aufmerksam gemacht.⁶⁴

3.3.4. Gefahr - Automatisierte Kriegsführung

Sind die Kriegerroboter bessere Soldaten, Computer die besseren Menschen?.

Die Warnungen von J. Parnas: "Software muss getestet werden, die in Frühwarnsystemen verwendete Software ist nicht genügend getestet, ein Krieg aus Zufall wird immer wahrscheinlicher" gilt auch heute noch. Mit dem Cyber War sowie dem Einsatz von Drohnen und Kriegerrobotern kommt die Gefahr hinzu, dass der Krieg abstrakt und somit verharmlost wird, da das Schlachtfeld weit entfernt ist und die Kriegshandlungen von Robotern ausgeführt würden. Von dem Leid der betroffenen Menschen wird dabei abstrahiert. .

64 Kilic, M., Industrie 4.0 als Teil einer global vernetzten und verwundbaren Welt. - In: Frank Fuchs-Kittowski, Werner Kriesel (Hrsg.): Informatik und Gesellschaft – Festschrift zum 80. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski. Frankfurt am Main 2016.

Abbildung 11: Forschungsautopilot Leonie von Volkswagen



Abbildung 12: Kriegerroboter (MAARS ROV of Foster-Miller)



Im Jahr 2010 wurde an der Humboldt-Universität zu Berlin am Institut für Informatik ein „Expert Workshop on Limiting Armed Tele-Operated and Autonomous Systems“ durchgeführt. In dem auf der Konferenz verabschiedeten „Statement“ heißt es: „Verbot: Weiterentwicklung, Erwerb, Einsatz und Verwen-

derung von bewaffneten autonomen Roboterwaffen, neuer Arten von autonomen oder tele-gelenkten Systemen mit nuklearen Waffen. Verbot der Entwicklung, des Einsatzes und der Verwendung von Roboterweltraumwaffen.

Weitere Einschränkungen:

Der Bereich und die Nutzlast von bewaffneten tele-gelenkten unbemannten Fahrzeugen.

Die Anzahl nach Klasse und Fähigkeit von bewaffneten tele-gelenkten unbemannten Systemen.

Das Durchhaltevermögen dieser Systeme, die Entwicklung, der Erwerb und der Einsatz der bewaffneten, unbemannten Systeme sind unterhalb einer Mindestgröße zu halten.

In der Zwischenzeit gab es international und national noch mehr Initiativen zur Ächtung der bewaffneten Drohnen und Kriegerroboter. Sie waren getragen von Vertretern der Friedensbewegung (siehe Abbildung 14; Flugblatt der Friedensinitiative Berlin um Laura von Wimmersperg), vom Deutschen Friedensrat, vom Forum der Informatiker für Frieden und gesellschaftliche Verantwortung, vom Internationalen Anti-Drohnen-Netzwerk und vielen anderen. Aber die jüngste Initiative: „An Open Letter to the United Nations Convention on Certain Conventional Weapons“ in diesen Tagen (am 21.08.2017) ist besonders bemerkenswert und wird hoffentlich auch eine entsprechende Wirkung haben. Der Appell an die UNO zum Verbot der Roboterwaffen wurde initiiert vom Tesla-Chef Elon Musk und er wird mitgetragen von zumindest 116 Unternehmern aus der Technologiebranche. In dem von den Firmenchefs und Gründern aus 26 Ländern mit unterzeichneten Appell heißt es: "Als Unternehmen, die Technologien künstliche Intelligenz und Robotertechnik entwickeln, die zur Herstellung automatisierter Waffen eingesetzt werden kann, sehen wir uns besonders in der Pflicht". Weiterhin heißt es in dem offenen Brief: „Lethal autonomous weapons threaten to become the third revolution in warfare. Once developed, they will permit armed conflict to be fought at a scale greater than ever, and at timescales faster than humans can comprehend. These can be weapons of terror, weapons that despots and terrorists use against innocent populations, and weapons hacked to behave in undesirable ways. We do not have long to act. Once this Pandora's box is opened, it will be hard to close. We therefore implore the High Contracting Parties to find a way to protect us all from these dangers.“⁶⁵, ⁶⁶

65 An Open Letter to the United Nations Convention on Certain Conventional Weapons, auf der Website des Instituts "Future of Life" veröffentlicht. Siehe u.a. auch Frankfurter Allgemeine, 23. August 2017.

Der Appell wurde auch von dem Apple-Mitgründer Steve Wozniak und dem Chef des KI-Unternehmens Deepmind, Demis Hassabis, unterschrieben. Mehr als hundert weitere Unterzeichner warnen vor zu viel künstlicher Intelligenz in den Händen des Militärs.

Im Appell von Elon Musk wird von großen Risiken gesprochen, die durch die Komplexität, die Mehrschichtigkeit der Systeme und die Undurchschaubarkeit der Software gegeben sind. Damit sind wir wieder bei unserem Thema der Risiken, die, wie schon gesagt, auch für die zivile Nutzung von autonomen Fahrzeugen gelten.⁶⁷

Das ambivalente Ergebnis der Forschungen und Entwicklungen an autonomen Fahrzeugen ist offensichtlich der Kriegeroboter. Als ich dies erkannte, fragte ich einen befreundeten Wissenschaftler, der an zivilen IT-Mobility -Projekten arbeitet, entsetzt: Da stehen wir doch auch mit einem Bein in der Rüstung? Was machen wir da?

Wie viele Erkenntnisse nehmt ihr vom Militär für diese Forschung und Entwicklung? Gar keine, antwortete er. Ich fragte: wieso gar keine?

Er sagte: Wir müssen doch viel präziser sein. Wir müssen entscheiden können, ob da ein Karton auf die Straße fliegt oder ein Kinderwagen auf die Straße rollt. Das brauchen sie bei den Kriegsgeräten nicht.

Es ist die Ambivalenz, dieser doppelte Verwendungszweck „Dual-Use“ von Wirtschaftsgütern, von Maschinen, Software und Technologie, die sowohl zu zivilen als auch zu militärischen Zwecken verwendet werden können, der jetzt die Entwickler und Hersteller von autonomen Fahrzeugen, wie Tesla⁶⁸ mobilisiert hat und zum Glück die großen Gefahren erkennen lässt. Hoffen wir, dass die UNO die Initiative aufgreifen und erfolgreich ein Verbot dieser autonomen Waffen durchsetzen kann.

Es ist weniger erfreulich, dass dieser Appell relativ wenig Resonanz in den Medien gefunden hat. Umso wichtiger ist es, dass u.a. in der „Die Zeit“ diese bedeutsame Aktion von Elon Musk zum Verbot der Autonomen Waffen durch eine

66 Elon Musk appelliert an die Uno: Roboter-Waffen verbieten – The Guderian <https://de.sputniknews.com/technik/201708211317104146-elon-musk-fordert-vonuno-roboter-waffen-verbieten>

67 Kilic, M., Fuchs-Kittowski, K., Sicherheitsrisiken und Vermeidungsverhalten im Fall der modernisierten und neuen Informationsquellen bei der Lenkung von Remotefunktionen von Fahrzeugen – Zusammenfassung. In: Technik –Sicherheit – Techniksicherheit, Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Band 16, Jg. 2013, S. 123 - 124.

68 Tesla, Inc. ist ein US-amerikanisches Unternehmen, das 2003 mit dem Ziel gegründet wurde, den Übergang zu einem nachhaltigen Transportwesen zu beschleunigen. Dazu sollten so schnell wie möglich Elektroautos für ein breites Publikumgebaut werden, Elson Musk, der Chef von Tesla, hat anmgeklündigt, alle neuen Autos dafür auszurüsten, komplett eigenständig zu fahren.

UN-Waffenkonvention von Gero von Randow⁶⁹ sofort aufgegriffen wurde. Dem folgte dann noch ein Artikel, in dem Warnungen von Elon Musk und Stephen Hawking in Bezug auf den Einsatz von Industrierobotern als übertrieben dargestellt werden.⁷⁰ In diesem weiteren Beitrag wird m.E. zu Recht darauf verwiesen, dass die autonomen Roboter in der Industrie für den eine besondere Gefahr darstellen, der die Künstliche Intelligenz überschätzt. Es lässt sich zeigen,⁷¹ dass der Mensch bei aller Leistungsfähigkeit des Internets der Dinge, der Cyber-Physischen Systeme und autonomen Roboter, der Menschen in diesen komplexen informationstechnologischen Systemen in Organisationen, in seiner Verantwortung bleiben muss.

Die richtige Einschätzung der Leistungsfähigkeit dieser technischen Systeme ist sehr wichtig. Dies gehört zu den ethischen Grundanforderungen an die Tätigkeit der Informatikerinnen und Informatiker. So insbesondere auch die entschiedene Warnung vor einer neuen Rüstungsspirale auf dem Gebiet der automatisierten Kriegsführung.

Es ist besonders zu bedauern, dass der Stopp einer weiteren Aufrüstung auf diesem Gebiet, insbesondere durch den Widerstand Russlands und der USA, nicht zu gelingen scheint. Es verletzt sicher die Menschenwürde, wenn wir die Entscheidung zur Tötung anderer Menschen anonymen Maschinen überlassen. Tötungsmaschinen ohne Zweifel, Gefühle oder gar Ängste werden künftig die Schrecken des Krieges perfektionieren. Wenn dem nicht doch noch rechtzeitig Einhalt geboten wird.

Angesichts dieser Entwicklungen ist es von historischer Bedeutung, dass die Vereinten Nationen, allerdings ohne die Atommächte, einen Vertrag zum Verbot von „Atomwaffen“ verabschiedet haben. Mehr als 122 Länder stimmten in New York für die Annahme des völkerrechtlich verbindlichen Dokuments. Mit dem Vertrag verpflichten sich die Länder, nie und unter keinen Umständen Atomwaffen zu entwickeln, herzustellen, anzuschaffen, zu besitzen oder zu lagern. Die Unterstützer des Vertrages wollen damit Druck auf die Atommächte für eine umfassende Abrüstung ausüben. Die in die diesem Jahr mit dem Friedensnobelpreis ausgezeichnete „Internationale Kampagne zur Abschaffung der Atomwaffen“ (Ican), hebt die völkerrechtliche Verbindlichkeit des Vertrages hervor: "Damit handelt künftig auch die Bundesregierung mit der nuklearen Teilhabe in der

69 Von Randow, G., Schneller killen, als der Mensch begreift - Warum die Warnung vor autonomen Waffen wichtig ist. - In: Die Zeit, 24.08.2017, Nr. 35, S. 33.

70 Von Randow, G., Zu intelligent fürs Leben. - In: Die Zeit, 14.09.2017, Rubrik Wissen, S. 37.

71 Fuchs-Kittowski, K., Stellung und Verantwortung des Menschen in komplexen informationstechnologischen Systemen in Organisationen. - In: Wirtschaftsinformatik & Management. 2/2016, S. 10 -21. .

Nato und der Verfügung über US-Atomwaffen in Deutschland gegen geltendes Völkerrecht." ⁷² Deutschland sollte sich daher diesem Atomwaffen-Verbotsvertrag unbedingt anschließen und danach handeln! ⁷³ Den Vertrag zu begrüßen, dann aber zu sagen, eine deutsche Beteiligung helfe wenig, wenn die Atomwaffen-Staaten selbst nicht mitmachen, widerspricht der tiefen Einsicht, die C. F. von Weizsäcker schon im Zusammenhang mit dem Göttinger Appell formulierte. Dass es einem kleinen Land wie Deutschland leichter fällt, in Fragen der Abrüstung voranzugehen, es dies daher auch tun sollte, wenn man überhaupt in der Frage der Abrüstung vorankommen wolle. Wörtlich heißt es im Manifest der Göttinger 18: „Wir leugnen nicht, daß die gegenseitige Angst vor den Wasserstoffbomben heute einen wesentlichen Beitrag zur Erhaltung des Friedens in der ganzen Welt und der Freiheit in einem Teil der Welt leistet. Wir halten aber diese Art, den Frieden und die Freiheit zu sichern, auf die Dauer für unzuverlässig, und wir halten die Gefahr im Falle des Versagens für tödlich. Wir fühlen keine Kompetenz, konkrete Vorschläge für die Politik der Großmächte zu machen. Für ein kleines Land wie die Bundesrepublik glauben wir, daß es sich heute noch am besten schützt und den Weltfrieden noch am ehesten fördert, wenn es ausdrücklich und freiwillig auf den Besitz von Atomwaffen jeder Art verzichtet.“⁷⁴

So sollten auch die Warnungen von Elon Musk in dem von über hundert weiteren Unternehmern und KI-Forschern unterstützten offenen Brief an die UNO zum Verbot der automatisierten Tötungsmaschinen sehr ernst genommen werden. Ein Herunterspielen oder gar nicht Beachten dieser Warnung, kann für uns alle sehr gefährlich werden! Es ist sehr zu hoffen, dass durch Rüstungskontrolle die UNO ein erneutes Wettüben auf diesem Gebiet doch noch verhindern kann.

Man muss feststellen, dass in der Diskussion um die Möglichkeiten und Grenzen der KI-Forschung, mit den Auseinandersetzungen zwischen dem kognitivistischen und dem konnektionistischen Ansatz der KI-Forschung bis hin zur Forschung über autonome Systeme, viele der früheren Fragestellungen zum Verhältnis von Mensch und Automat bis heute reproduziert werden.

Im Ergebnis dieser Diskussionen wird klar, gerade in der Theorie der Informatik bedarf man einer weder dualistischen noch reduktionistischen Lösung des

72 Vereinte Nationen 122 Staaten beschließen Atomwaffenverbot. <http://www.spiegel.de/politik/ausland/uno-verabschiedet-atomwaffenverbot,-a-1156583.htm>

73 Vergl. auch: „Trump und Kim nehmen die ganze Welt in Geiselhaft“ – Incan-Geschäftsführer Sacher Hach über die Gefahren von Atomwaffen, die Macht von Menschenketten und deutsche Defizite., in: Berliner Zeitung 270, 18./19, November 2017, S. 4.

74 Text des Göttinger Manifests der Göttinger 18. <http://www.uni-goettingen.de/54320.html>.

Geist-Gehirn-Problems, bedarf man des Verständnisses des Menschen als biopsychosoziale Einheit.^{75 76}

Abbildung 13: Aufruf zur Ächtung bewaffneter Drohnen




Gerade bei den Erfolgen der Informatik, der Entwicklung immer leistungsfähiger Rechner und Rechnernetze, relativ selbständig agierende Roboter, wird man sonst sehr leicht zu dem Schluss geführt, dass die Computer die besseren Menschen sein werden.⁷⁷ Denn sie sind dem Menschen offensichtlich heute schon in der Geschwindigkeit und Exaktheit der syntaktischen Informationsverarbeitung überlegen. Bringt man ihnen die noch fehlenden Fähigkeiten, Gefühle zu besitzen, Intuition noch bei, dann könnten die Operateure, Kapitäne, Piloten, ja auch Ärzte in Zukunft ebenfalls Computer sein. Das ist bekanntlich die Grundthese der sogen. harten KI-Forschung. Sie hat den Ersatz des Menschen durch den Computer zum Ziel. In der Konsequenz führt dies, so auch bei nicht unbedeutenden KI-Forschern und Roboterspezialisten wie Morrowitz zu der Vision von einer durch Roboter ersetzten Menschheit.

- 75 Fuchs-Kittowski, K., Psychophysiologie benötigt eine weder dualistische noch reduktionistische Lösung des Geist-Gehirn-Problems, Ethik und Sozialwissenschaften, Streitforum für Erziehungskultur, EuS 6 (1995) Heft 1 Westdeutscher Verlag.
- 76 Wessel, K.-F., Der ganze Mensch – Eine Einführung in die Humanontogenetik oder Die biopsychosoziale Mensch von der Konzeption bis zum Tode, Berlin, 2015.
- 77 Weizenbaum contra Haefner, Sind Computer die besseren Menschen? Michael Haller Hrsg.), Zürich, 1919.

Abbildung 14: Isaacs Asimov Ethik der Robotik

Ethik in der Robotik



0. Ein Roboter darf die Menschheit nicht verletzen oder durch Passivität zulassen, dass die Menschheit zu Schaden kommt.

1. Ein Roboter darf keinen Menschen verletzen oder durch Untätigkeit zu Schaden kommen lassen, außer er verstieße damit gegen das nullte Gesetz.

2. Ein Roboter muss den Befehlen der Menschen gehorchen – es sei denn, solche Befehle stehen im Widerspruch zum nullten oder ersten Gesetz.

3. Ein Roboter muss seine eigene Existenz schützen, so lange dieses sein Handeln nicht dem nullten, ersten oder zweiten Gesetz widerspricht.

Nun könnte man sagen, dass das Extreme sind, die das wirkliche Geschehen in der Informatik kaum berühren. Dem ist aber nicht so. Das implizite oder explizite Menschenbild, das solchen Auffassungen zugrunde liegt, ist äußerst relevant für die einzuschlagende Forschungsstrategie, für die auszuwählende Ausbildungsstrategie sowie insbesondere für die konkrete Einsatzstrategie, mit der die modernen Informations- und Kommunikationstechnologien in die betriebliche Praxis, ja heute fast in alle Lebensbereiche eingeführt werden.

Es gibt Militärs, die von vornherein davon ausgehen, dass Kriegerroboter die besseren Soldaten sind, denn sie zeigen keine Angst, sind billiger und leichter zu ersetzen und, da sie keine Gefühle haben, halten sie sogar das Kriegsrecht besser ein und üben keine Rache, wenn gerade ein Freund vom Gegner erschossen wurde. In der Tat lässt sich der Mensch gerade in solchen Situationen stark von seinen Emotionen steuern, während Tiere über Reflexe verfügen, die sie am sinnlosen Töten hindern. Wenn sich ein kleiner Hund auf den Rücken legt, beißt der große Hund nicht mehr zu. So kann man auch den Automaten programmieren, aufzuhören zu schießen, wenn ein Soldat mit erhobenen Händen vor ihm steht. Daraus wird von einigen Informatikern und auch in der Presse geschlossen, man könne Kriegerrobotern Ethik beibringen. Selbst wenn diese Autoren zugeben müssen, dass diese Systeme keine Gefühle haben. .

Von den Gebrüdern Hubert L. Dreyfus und Stuart E. Dreyfus⁷⁸ wurde in ihrem Buch: „Mind over Machine – The Power of Human Intuition and Expertise

Abbildung 15: Stufen des Erwerbs von Fertigkeiten sowie dessen Erweiterung zum Tätigkeitsregulationsmodell

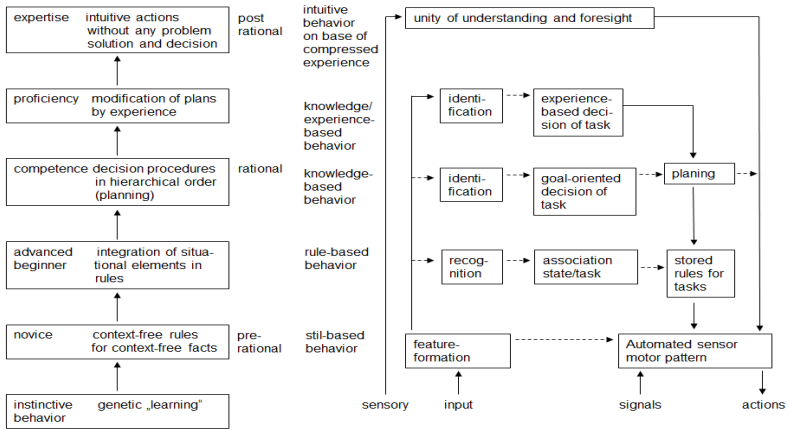
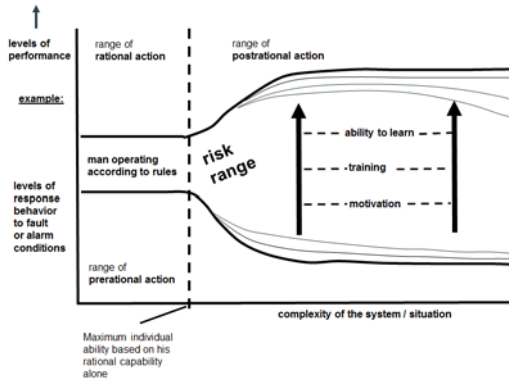


Abbildung 16: Der Escheidbereich des Menschn ist größer als der auf formalen Regeln operierenden technischen Automaten



in the Era of the Computer“ ein Stufenkonzept der Aneignung von Fertigkeiten aufgestellt, welches die Grenzen von Expertensystemen aufzeigen sollte. Es sollte verdeutlichen, dass nur der Neuling und fortgeschrittene Anfänger, wie ein Computer, auf der Grundlage formaler Regeln ihre Entscheidungen fällen, dass auf jeden Fall der Experte, also ein Arzt, Kapitän usw. seine Entscheidungen nicht regelbasiert, sondern intuitiv, auf der Grundlage komprimierter Erfahrungen trifft. Der entscheidende, heute allgemein anerkannte Schluss, der sich daraus ergibt, ist: Das ein Expertensystem höchstens ein Beratungssystem ist, denn der Experte ist meist gar nicht in der Lage seinen Entscheidungsprozess, der auch sog. „tacit knowledge – knowing more than we can say“⁷⁹ mit einschließt, genau zu beschreiben. Der Philosoph Hubert Dreyfus hat in einer umfangreichen Arbeit zur Ethik⁸⁰ dieses Schema auch auf ethische Entscheidungsprozesse angewendet und macht dabei deutlich, dass es natürlich auch hier Situationen gibt, in denen der Mensch nach einfachen moralischen Regeln, wie „Du sollst nicht stehlen“ usw., handelt. Die Roboter Ethik von Isaac Asimov (siehe Abbildung) beginnt mit dem entscheidenden Grundsatz: „Ein Roboter darf die Menschheit nicht verletzen...“ Aber genau dieser erste Grundsatz ist für den Kriegeroboter von vornherein außer Kraft gesetzt. Roboter im militärischen Bereich (automatische Waffensysteme, Smart Bombs, Drohnen, Kampfroboter) folgen diesen Gesetzen ohnehin nicht.

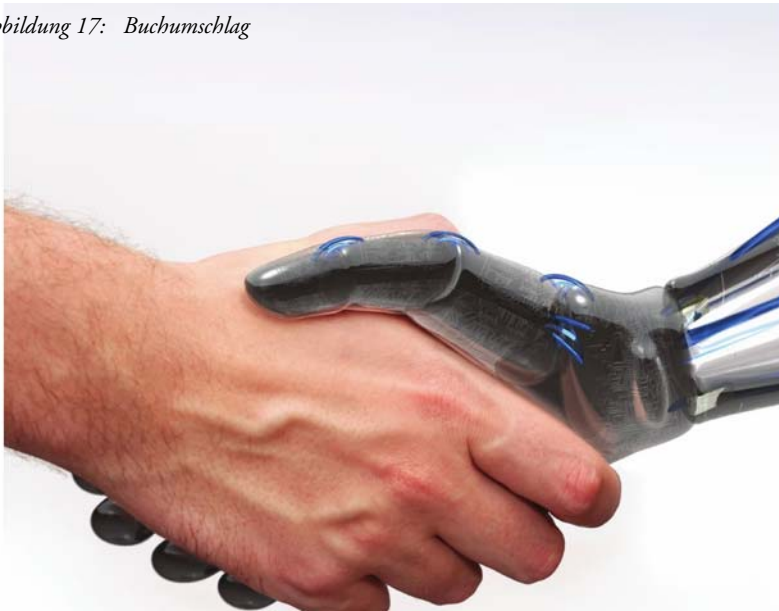
Die Realität auf dem Schlachtfeld ist zu komplex, um von Computern verstanden zu werden. So wie der Autofahrer nur zu Beginn nach der einfachen Regel fahren kann, beim Zeigerstand von 20 – 30 km schalte vom ersten auf den zweiten Gang, der Schachspieler auch nur als Anfänger mit der Regel auskommt, die niederwertige Figur schlägt die höherwertige, als Experte die Züge nicht mehr berechnet, sondern intuitiv handelt, so sind auch die Situationen, in denen ethische Entscheidungen getroffen werden müssen, viel komplexer, als dass formale Regelsysteme genügen könnten.⁸¹ Die Behauptung, man könne einem Kriegeroboter Ethik beibringen, ist angesichts der zu bewältigenden Situationen auf dem realen Schlachtfeld schlicht falsch, eine bewusste Irreführung.⁸²

79 Polanyi, M., *The tacit dimension*. Frankfurt am Main 1966.

80 Hubert L. Dreyfus; *What is Moral Maturity? Towards a Phenomenology of Ethical Expertise.* In James Ogilvy, ed., *Revisioning Philosophy*. Albany: State University of New York, 1992.

81 Fuchs-Kittowski, K.; *System design, design of work and of organization. The paradox of safety, the orgware concept, the necessity for a new culture in information systems and software development.* - In: P. van den Besselare, A. Clement, P. Jarvinen, Editors, North – Holland, Amsterdam, 1991.

Abbildung 17: Buchumschlag



Wendell Wallach und sein Ko-Autor Colin Allan, Autoren des Buches: „Moral Machines Teaching Robots Right and Wrong“⁸³ zeigen sich hier als SF-Leser, die Science, Fiction und Science-Fiction wohl etwas durcheinander bringen - was in ihrer wissenschaftlichen Umgebung allerdings niemanden aufzufallen scheint. Anfangs fragen sie sich noch, ob ein regelgestützter Ansatz in ethischen Kontexten technisch umsetzbar sei („Whether Asimov's Three Laws are truly helpful for ensuring that robots will act morally is one of the questions we'll consider in this book“), um am Ende eine pragmatisch-utilitaristische Antwort zu geben: "The unsolved problem of technology risk assessment is how seriously to weight catastrophic possibilities against the obvious advantages provided by new technologies“.

Die Argumentationen folgen dem bekannten KI-Schema des "noch nicht": "Wir können es zwar nicht und haben auch keine Ahnung, wie es gehen soll, aber das ist nur eine Frage der Zeit und vor allem der eingesetzten Mittel," schreibt W. Coy.⁸⁴ Oder wie die Autoren es formulieren: "Some basic moral decisions may be

82 Fuchs-Kittowski, K., Emergence of Information and Value Formation – Important Categories for Theory Development – About the Idle but Wrong Attempt to Teach War Robots Ethics, in: ISIS Summit Wien 2015- Extended Abstract

83 Wallach, W., Allan, C., Moral Machines – Teaching Robots Right and Wrong, Oxford (USA), 2010

Abbildung 18: Buchumschlag

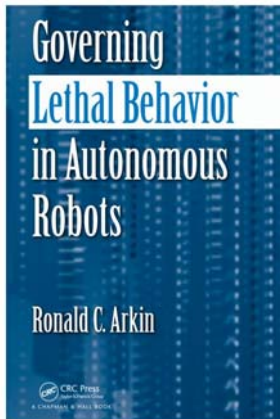


Abbildung 19: Verbot bewaffneter autonomer Systeme

**Statement of the 2010 Expert Workshop on Limiting
Armed Tele-Operated and Autonomous Systems“
Humboldt-Universität, Institut für Informatik**

Dort heist es:

“Verbot:

- Weiterentwicklung, Erwerb, Einsatz und Verwendung von bewaffneten autonomen Roboterwaffen.
- neuer Arten von autonomen oder tele-gelenkten Systemen mit nuklear Waffen.
- Die Entwicklung, der Einsatz und die Verwendung von Roboterweltraumwaffen.

Weitere Einschränkungen:

- Der Bereich und die Nutzlast von bewaffneten tele-gelenkten unbemannten Fahrzeugen.
- Die Anzahl nach Klasse und Fähigkeit von bewaffnetem telegelenkter unbemannter Systeme.
- Das Leistungsvermögen dieser Systeme, die Entwicklung, der Erwerb und der Einsatz der bewaffneten, unbemannter Systeme sind unterhalb einer Mindestgröße zu halten.

quite easy to implement in computers, while skill (at tackling more difficult moral dilemmas is well beyond present technology." Zum Beispiel die Interpretation des Kontextes ist kein neues Problem der KI.

Auch Ronald C. Arkin, Autor des Buches „Governing Lethal Behavior in Autonomous Robots“⁸⁵, nahm am Workshop in der Humboldt-Universität teil.

Er verfolgt, ähnlich wie Wendell Wallach / Colin Allan, eine utilitaristische Linie und untersucht die Frage: "How to Represent Ethics in a Lethal Robot“. Seine Überlegungen münden in Design Options und Prototype Implementations für einen Killer Bot auf Basis eines ethischen case-based reasoning.

Die obskuren Thesen dieser „Forschungsavantgarde“ blieben auf dem Workshop in der Humboldt-Universität natürlich nicht unbestritten.

Wie groß die Chancen für die erzielte Übereinkunft sind, muss sich freilich erst noch zeigen. Selbst die Ottawa Konvention zum Verbot der Landminen (2006) ist bislang zwar von 156 Staaten ratifiziert, aber 39 Staaten, darunter zentrale Akteure wie Russland, China, Indien, Pakistan und die USA fehlen. Auch wenn alle Staaten unterschreiben, erreicht ein Verbot freilich keine nichtstaatlichen Akteure, denn schließlich ist der Bau autonomer Roboter heutzutage schon Schulstoff. Dies sind also düstere Aussichten für diese Waffensysteme des einundzwanzigsten Jahrhunderts.

Bei meinen Vorträgen und Vorlesungen zu diesem Thema, überlasse ich nun dem Hörer zu entscheiden, wer der bessere Soldat ist, und berichte dazu über die Kriegserfahrungen, die der frühere Außenminister Genscher und Hardy Krüger in Interviews zu ihrem „Kampfeinsatz“ geschildert haben. Genscher schildert, wie er plötzlich einem jungen russischen Soldaten gegenübersteht und beide nicht schießen. Hardy Krüger berichtet, dass er, obwohl auf einer Adolf-Hitler-Schule speziell zum Töten gedrillt, bei seinem ersten Zusammentreffen mit dem Feind Auge in Auge nicht schießt. Damit geraten aber andere Soldaten der Kompanie in Gefahr und er wird fast vor ein Kriegsgericht gestellt. Als er erlebt, dass sein Freund wegen Fahnenflucht von einem SS-Offizier erschossen wird, nimmt er Rache und erschießt diesen.

Es liegt auf der Hand, dass die damaligen Militärs in H. D. Genscher wie in H. Krüger keine guten Soldaten sahen und Kriegsroboter sich auf ihrer formalen Basis nicht so entschieden hätten.

Mit unserem heutigen Wissen über den menschenverachtenden, brutalen faschistischen Vernichtungskrieg und darüber, wie stark auch die spätere Außenpolitik von Genscher durch seine Kriegserlebnisse beeinflusst war, werden wir aber

85 Arkin, R. C., *Governing Lethal Behavior in Autonomous Robots* Chapman&Hall, 2009-

dahin geführt, zu sagen: Es war gut, dass sie sich nicht wie ein Roboter, sondern wie ein mitfühlender Mensch entschieden haben.

Nach unseren Untersuchungen zum Verhältnis von Automat und Mensch, wird der Mensch, speziell in den komplexen riskanten Situationen, bei hoher Motivation und Qualifikation, auf der Grundlage seiner Sozialisierung in einer menschlichen Gemeinschaft und seine komprimierten Erfahrungen richtiger entscheiden können als der technische Automat allein auf der Grundlage formaler Regeln (siehe Abbildung 17).⁸⁶

Die Informatiker/Innen sollten sich darüber im Klaren sein, dass angesichts fragwürdiger militär-technischer Projekte, wie der Entwicklung von Killer-Robotern, für sie schwerwiegende moralische und ethische Fragen entstehen. Sie müssen die wirkliche Leistungsfähigkeit solcher Systeme beurteilen können, um falschen Erwartungen an eine automatisierte Kriegsführung zu begegnen. Sie sollten fachkundig vor den realen Gefahren der immer stärker angestrebten Automatisierung der Kriegsführung warnen können. Es ist ein Bann dieser neuen Waffensysteme zu erreichen, um ein erneutes sinnloses Wettrüsten zu verhindern!

Bisher haben, ihrer Verantwortung bewusste, Informatiker dazu aufgerufen und Vertreter der Friedensbewegung. Es kann durchaus als Sensation angesehen werden, wenn gerade in diesen Tagen, entscheidende Vertreter der Industrie und der KI-Forschung, der Hersteller diese automatisierten Tötungsmaschinen, sog. intelligenten Waffen, mit der Forderung ihres Verbots auftreten. Der Ernst der Lage kann kaum mehr verdeutlicht werden, als durch den Appell den der Tesla-Chef Elon Musk, Google-Manager Suleyman und mehr als hundert weitere Unterzeichner, in einem Offenen Brief an die UNO, zum Ausdruck gebracht haben.

3.4. Technik bringt das „Noch-nicht-Seiende zum Vorschein.“

Wir sagten zuvor, dass die Zurückführung der menschlichen (semantischen) Informationsverarbeitung auf maschinelle (syntaktische) Informationsverarbeitung der Information neue Gebrauchswerte verleiht, die entsprechend selektiert werden können. Insbesondere ist es aber die globale Wirtschaft, die entsprechend der sich bietenden Tauschwerte selektiert. Wir haben ein „Noch-nicht-Sein“⁸⁷, eine Potentialität an positiven und negativen Wirkungen. Sie kommen erst zur Geltung, wenn die bestehenden Möglichkeiten entsprechend selektiert werden. In

86 Fuchs-Kittowski, K., Stellung und Verantwortung des Menschen in hochkomplexen informationstechnologischen Systemen in Organisationen. - In: Wirtschaftsinformatik & Management, Springer, 2/ 2016, S. 10 – 21.

87 Ernst Bloch, Tübinger Einleitung in die Philosophie, Gesamtausgabe Band 13, Frankfurt a. M., 1970, S. 356.

der Informatik erfolgt die Auswahl zunächst unter dem Gesichtspunkt des technisch machbaren. Dies muss ergänzt werden durch den fachlich, sozial und ethisch verantwortbaren Computereinsatz. Eine Richtschnur dafür ist die Vision von der Schaffung einer „Informationsgesellschaft für alle“.⁸⁸ Diese sollte ergänzt werden durch die Vision der Nachhaltigkeit im Sinne der Brundtland Commission. Spätestens seit Beginn der Rio-Konferenz 1992 orientiert sich der Umweltschutz am Leitbild der „nachhaltigen Entwicklung“ („sustainable development“). Hier haben wir es mit konkreten Visionen zu tun. Eine ähnliche, weitsichtige Formulierung wie im Brundtland-Report „Our common future“ lässt sich schon bei Karl Marx finden. Er schrieb: „Vom Standpunkt einer höheren ökonomischen Gesellschaftsformation wird das Privateigentum einzelner Individuen am Erdball ganz so abgeschmackt erscheinen, wie das Privateigentum eines Menschen an einem anderen Menschen. Selbst eine ganze Gesellschaft, eine Nation, ja alle gleichzeitigen Gesellschaften zusammen genommen, sind nicht Eigentümer der Erde. Sie sind nur ihre Besitzer, ihre Nutznießer, und haben sie als *boni patres familias* den nachfolgenden Generationen verbessert zu hinterlassen.“⁸⁹

Der Stoffwechsel zwischen Mensch und Natur ist heute unter den Bedingungen der globalisierten Wirtschaft noch wesentlich intensiver geworden. Dies macht es dringend erforderlich, dass der Mensch sein Verhältnis zur Natur so gestaltet, dass weder der Natur noch den Menschen Schaden zugefügt wird. Hier kann, wie die Entwicklung der Umweltinformatik zeigt, auch der Einsatz moderner IKT hilfreich sein. Entsprechend der Ontologie des „Noch-Nicht-Seins“ gibt es ein Feld realer Möglichkeiten. Auf der Grundlage dieser sich anbietenden Potentialität, diesem Feld an Möglichkeiten gilt es eine am Menschen orientierte Gestaltung von Informationssystemen anzustreben und darüber hinaus sich für die Entwicklung einer nachhaltigen, sozial gerechte Informations-/Wissensgesellschaft einzusetzen. Denn das Sein des Menschen und mit ihm das Sein der Welt ist noch unzureichend bestimmt. Wenn wir von den realen Möglichkeiten der Entwicklung und des Einsatzes der modernen Technologie sprechen und von der Möglichkeit und Notwendigkeit einer am Menschen orientierten Selektion aus dieser sich anbietenden Potentialität, dann hat dies eine gründliche Technikfolgenabschätzung zur Voraussetzung.

Technik ist Schöpfung durch den Menschen, sie bringt das „Noch-nicht-Seiende zum Vorschein.“ Durch das Werk von Ernst Bloch ziehen sich Grundgedan-

88 Christiane Floyd, Christian Fuchs, Wolfgang Hofkirchner (Hrsg.): *Stufen zur Informationsgesellschaft – Festschrift zum 65. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski*, Peter Lang Verlag, Frankfurt a.M. 2000.

89 Karl Marx, *Das Kapital*. Band 3. MEW 25 Dietz, Berlin, 1994, S. 784.

ken von den realen Möglichkeiten der Entwicklung oder von der Ontologie des Noch-Nicht-Seins, dass das Sein des Menschen und mit ihm das Sein der Welt noch unzureichend bestimmt ist. Es gilt die realen Möglichkeiten einer weltweiten Wende zur Nachhaltigkeit, wie dies u.a. im jüngsten Bericht des Club of Rom, von Ernst Ulrich von Weizsäcker und Anders Wijkman u.a.⁹⁰ begründet wird, zu Geltung zu bringen. Auf der Grundlage einer sozio-technischen Informationssystemgestaltung und Softwareentwicklung, wie sie auch in neueren Arbeiten unter anderen von Abert Fleischmann, Werner Schmidt, Christian Stary, Stefan Obermeier, Egon Börger,⁹¹ Thomas Herrmann,⁹² Andrea Kienle, Gabriele Kunau⁹³ entwickelt wird, ist eine am Menschen orientierte Selektion aus dem sich mit der Entwicklung und des Einsatzes der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien anbietenden Potentialität möglich und damit die Vision einer „nachhaltigen Entwicklung“⁹⁴ und einer „Informationsgesellschaft für alle“⁹⁵ gemeinsam,⁹⁶ als „konkrete Utopien“, im Sinne von Ernst Bloch,⁹⁷ zum Überleben in einer besseren Welt, realisierbar.

4. Zukunftsweisende Rationalität und Humanität - Grundlage für die Bewältigung der Ambivalenz der Wissenschaft

4.1. Zur Tragweite der Wissenschaft und zur Möglichkeit der Vermeidung ihrer Ambivalenz

Die Tragweite der Wissenschaft ist der Titel einer Vorlesungsreihe von Carl Friedrich von Weizsäcker. In der 10. Vorlesung des erst 1990 veröffentlichten 2. Teils, geht er explizit auf diese zu Beginn gestellte Ausgangsthese und ständig im-

90 Von Weizsäcker, E. U., Wijkman, A., u.a., Wir sind Dran – Was wir ändern müssen, wenn wir bleiben wollen,

91 Herrmann, Th., Kreatives Prozessdesign – Konzepte und Methoden zur Integration von Prozessorganisation, Technik und Aufgabengestaltung, Heidelberg, 2012.

92 Kienle, A., Kunau, G., Informatik und Gesellschaft - Eine sozio-technische Perspektive, Oldenburg, 2014.

93 Von Weizsäcker, E. F., Das Jahrhundert der Umwelt – Vision: Öko-effizient leben und arbeiten, Frankfurt, New York, 2000.

94 Floyd, Ch., Fuchs., Chr., Hofkirchner, W. (Hrsg.): Stufen zur Informationsgesellschaft. Festschrift zum 65. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski. Frankfurt am Main, 2002.

95 Dompke, M., et al (Hrsg.): Memorandum Nachhaltige Informationsgesellschaft, Freihofers IRB Verlag, Stuttgart, 2004.

96 Siehe zum Beispiel Ernst Bloch, Über die Bedeutung der Utopie, in: Tübinger Einleitung in die Philosophie, Gesamtausgabe 13 Suhrkamp Verlag, Frankfurt a.M. 1977, S. 91 – 98.

97 Von Weizsäcker, C. F., Die Tragweite der Wissenschaft (zweiter Teil), Stuttgart, 1990, S. 405 ff.

plizite Thema ein. „Was bedeutet die Wissenschaft für unsere Zeit?“ C. F. von Weizsäckers Ausgangsthese war und vorläufige Antwort ist:

Glaube an die Wissenschaft spielt die Rolle der vorherrschenden Religion unserer Zeit - und: - die Tragweite der Wissenschaft für unsere Zeit kann zumindest jetzt, nur in Worten, die eine Zweideutigkeit ausdrücken, formuliert werden.

Diese Zweideutigkeit ist am ehesten in der Ambivalenz des Erfolges zu sehen.

Medizin und Hygiene haben Wege gefunden, Leben zu erhalten, und schaffen das nahezu unlösbare Problem der Weltbevölkerung; Atomwaffen, erfunden um zu töten, sind das stärkste Argument für den Weltfrieden und erhalten ihn vielleicht für eine Weile

Da der Zwillingsbaum von Wissenschaft und Technik weiterwächst, kann jeder gegenwärtige Effekt durch den nächsten übertroffen werden, dessen Konsequenzen wir nicht absehen können.

All unsere Zweifel erwachsen nun aus unserem Unvermögen, die Handlungen der Menschen vorherzusehen und zu lenken.

Wir kommen zu dem Hauptpunkt der Zweideutigkeit: Versteht die Wissenschaft den Menschen?“⁹⁸

Der Gedanke der Wertfreiheit der Wissenschaft wird meist zurückgeführt auf Gedanken des Soziologen Max Weber. Er hat in seiner Bürokratietheorie herausgearbeitet, dass es notwendig sei, klar zwischen Wahrheit und Wert zu unterscheiden. Weber unterscheidet zwischen dem Bürokraten, der sich bei seinen Entscheidungen an klar vorgegebene Regeln zu halten hat, und dem charismatischen Politiker, der, um seine Ziele zu erreichen, sich vorrangig an einem Wertesystem orientiert. J. Weizenbaum bemerkt in seinem Buch: „Die Macht des Computers und die Ohnmacht der Vernunft“.⁹⁹

Mit der Realisierung der Bürokratietheorie von Max Weber gab es in unserer Gesellschaft schon Computer, bevor sie überhaupt erfunden wurden.

Die Notwendigkeit einer Trennung von Wahrheit und Wertung in der wissenschaftlichen Forschung bzw. die Wertfreiheit der Wissenschaft wurde dann insbesondere von Jacques Monod in seinem Buch: „Zufall und Notwendigkeit“¹⁰⁰ betont. Für ihn ist die Objektivität des Wissens der einzige und höchste Wert für die Wissenschaft. Eine solche Verabsolutierung des Objektivitätspostulates ist jedoch gefährlich, denn die in der Naturwissenschaft wichtige methodische Tren-

98 Weizenbaum, J., *Die Macht des Computers und die Ohnmacht der Vernunft*, Frankfurt a.M., 1977.

99 Monod, J., *Zufall und Notwendigkeit. Philosophische Fragen der modernen Biologie*. München 1971.

100 Eigen, M., Vorwort zur deutschen Ausgabe von MONOD, J.: *Zufall und Notwendigkeit. Philosophische Fragen der modernen Biologie*. München 1971, S.XVI.

nung von Tatsachen- und Werturteil kann überall dort und speziell im gesellschaftlichen Bereich nicht aufrechterhalten werden, wo der Mensch einen Wert, ein Ziel erreichen will. Auch M. Eigen antwortet J. Monod: „Mir schaudert aber bei dem Gedanken einer Dogmatisierung des Objektivitätspostulats, die über die Forderung nach ständiger geistiger Auseinandersetzung hinausgeht. Barmherzigkeit und Nächstenliebe wären die ersten Opfer. Was wir zu tun haben, lässt Berthold Brecht seinen Galilei treffend sagen.“¹⁰¹

Das eigentliche Ziel der Wissenschaft, dem Wohle des Menschen zu dienen, kann in der Tat bei der Dogmatisierung des Objektivitätspostulats verlorengehen, denn die Ziele naturwissenschaftlicher Forschung und die Garantie der sinnvollen Anwendung ihrer Ergebnisse ergeben sich nicht aus der Naturwissenschaft selbst. Es muss weiter ganz entschieden deutlich gemacht werden, dass, wenn man wie J. Monod das „reine“ Wissen zum höchsten Wert erhebt, die Frage nach den Entscheidungskriterien der Wahrheit beantwortet werden muss. Damit tritt das „reine“, „objektive“ Wissen in eine enge Beziehung zum Ziel des Handelns und verliert so die Position des höchsten, alleinigen Wertes.¹⁰² Für den marxistisch denkenden Wissenschaftler¹⁰³, aber nicht nur für diesen, ist das Entscheidungskriterium der Wahrheit nicht abstrakt, sondern es ist die umfassende theoretisch und empirisch gestützte Praxis. Für die meisten empirisch Forschenden und Ingenieure gilt in der Tat die Praxis, Experiment und Industrie, als das entscheidende Kriterium der Wahrheit.

So hebt C. F. von Weizsäcker in seinem Werk: „Die Tragweite der Wissenschaft“ hervor: „Meines Erachtens beruht die Ambivalenz der Wissenschaftseffekte auf einer Zweideutigkeit der Wahrheit der Wissenschaft.“¹⁰⁴ Wir können „von einer Zweideutigkeit der Art und Weise sprechen, in der wir die Wahrheit der Wissenschaft verstehen und gebrauchen.“¹⁰⁵ Er schreibt weiter: „Ich ziehe es vor, von einer Zweideutigkeit in der Wahrheit der Wissenschaft selbst zu sprechen und die Wissenschaft nun als ein großes Phänomen der Geschichte zu betrachten, in dem sich ein Aspekt dessen offenbart, was wir Realität nennen.“¹⁰⁶

101 Fuchs-Kittowski, K., Probleme des Determinismus und der Kybernetik in der molekularen Biologie, Jena (zweite Auflage) 1976, S. 329 . Digitalisierte Ausgabe: <http://www.max-stirner-archiv-leipzig.de/dokumente/Fuchs-Kittowski-Determinismus.pdf>

102 Fuchs, K., Theorie – Wahrheit – Wirklichkeit, in: 75 Jahre Quantentheorie – Festband zum 75. Jahrestag der Entdeckung der Planckschen Energiequanten, Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften der DDR – Abteilung Mathematik, Naturwissenschaften, Rechentechnik, N7 1977, S. 33 – 44.

103 Von Weizsäcker, C. F., Die Tragweite der Wissenschaft, Stuttgart, 1990, S. 206.

104 Ebenda.

105 Ebenda.

106 Ebenda S. 406 – 407.

Wenn die Ambivalenz der Wissenschaft so eng verbunden ist mit der Art und Weise, in der wir die Wahrheit der Wissenschaft „verstehen und handhaben“, liegt der Schluss nahe: „Deshalb kann unermüdliches Suchen nach der Wahrheit einige der Wurzeln der grundlegenden Zweideutigkeit aufdecken. Doch die Macht, dieser grundlegenden Zweideutigkeit zu eliminieren, ist nicht in unsere Hände gelegt.“¹⁰⁷

Doch das Entscheidende ist, die Wissenschaft als großes Phänomen der Geschichte zu betrachten. Der Wissenschaftler hat daher zu beachten, welchen gesellschaftlichen Strukturen er sein Wissen und die damit verbundene ungeheure Macht, zur Verfügung stellt. Denn diese können die ambivalenten Wirkungen, insbesondere den, die Kriege, nicht verhindern. Ja, man muss verstärkend hinzufügen, die kapitalistischen Gesellschaftsstrukturen bringen Kriege immer wieder hervor. Daher untersucht C. F. von Weizsäcker in seinem Sternberger Institut auch verschiedene Gesellschaftsstrukturen: Feudalismus, Kapitalismus, Staatssozialismus, die für ihn alle offensichtlich nicht geeignet sind, die Herausforderungen zu meistern. Er, als eher konservativer Denker und kein Linker¹⁰⁸ in seinem Institut, empfiehlt einen „liberalen Sozialismus“, dem es gelingt, Marktwirtschaft und Planung zusammen zu gestalten. In seinem letzten großen Werk „Der bedrohte Frieden – heute“¹⁰⁹ übt Carl Friedrich von Weizsäcker scharfe Kritik am unkontrollierten Kapitalismus, dem es nicht gelingen kann, die Zukunft zu gestalten.

„Die Tragweite der Wissenschaft beruht auf ihrer Wahrheit.“ Die Wissenschaft ist jedoch nicht die einzige Quelle der Wahrheit. Auch die Kultur, speziell die Literatur und Malkunst tragen zur Gewinnung und Vermittlung von Wahrheiten über unser gesellschaftliches Zusammenleben bei. Wenn, wie gesagt, die Naturwissenschaften nicht selbst ihr Wertesystem hervorbringt, dann gewinnen wir unsere Werte vorrangig aus den Erfahrungen unseres gesellschaftlichen Zusammenlebens.

Zur Überwindung der negativen Wirkungen und Verhinderung des Missbrauchs sagt uns Norbert Wiener: „..., dass der moderne Mensch ..., soviel ‚Know

107 Diese Feststellung folgen der Darstellung von Hubert Laitko, in: Der Ambivalenzbegriff bei Carl Friedrich von Weizsäcker – Versuch einer Exegese. In: Klaus Hentschel, Dieter Hoffmann (Hrsg.): Carl Friedrich von Weizsäcker: Physik – Philosophie – Friedensforschung, Leopoldina-Symposium vom 20. bis 22. Juni 2012 in Halle (Saale), Acta Leopoldina Nr. 63, Halle (Saale) 2014.

108 Von Weizsäcker, C. F., Der bedrohte Frieden – heute, München, 1983.

109 Wiener, N., God and Golem – A Comment on Certain Points where Cybernetics Impinges on Religion, Cambridge, Mass, 1964, S. 193.

Abbildung 20: Joseph Weizenbaum



Abbildung 21: Albert Schweitzer Rede bei der Entgegennahme des Nobelpreises für Frieden und in seinem Urwald Hospital in Lambarene



how' er auch haben mag, sehr wenig um das ‚Know what‘ weiß. Er wird die überlegene Gewandtheit der Entscheidungen, die die Maschine fällt, annehmen, ohne allzu sehr nach ihren Motiven und Hintergründen zu forschen. Dadurch wird er sich früher oder später in die Lage des Vaters in W. W. JACOBS ‚The Monkey's

Paw' (Die Affenpfote) versetzt sehen, der sich hundert Pfund gewünscht hatte und der dann an seiner Tür den Beauftragten der Fabrik vorfand, in der sein Sohn arbeitete, und von jenem hundert Pfund überreicht erhielt als Trost für den Tod seines Sohnes in der Fabrik.“¹¹⁰

Joseph Weizenbaum sagt uns: „Wir können die Technik nicht aus unserem Leben verbannen, die Verkehrsmittel nicht und inzwischen auch die Computer nicht.

Umso wichtiger aber ist es, dass wir darüber nachdenken, wie wir mit den Erregenschaften der Technik in Zukunft umgehen sollen und wollen.“¹¹¹.

J. Weizenbaum schreibt: „Ich fordere die Einführung eines ethischen Denkens in die naturwissenschaftliche Planung. Ich bekämpfe den Imperialismus der instrumentellen Vernunft, nicht die Vernunft an sich.“¹¹²

Ethisches Denken geht über die Tragweite der Wissenschaft hinaus, umschließt weitere Wahrheitsquellen über unser gesellschaftliches Zusammenleben. So macht Albert Schweizer in seiner Rede zur Verleihung des Friedensnobelpreises¹¹³ klar, dass wir zur Friedenssicherung die internationalen Institutionen der UNO brauchen, dass diese jedoch nur wirksam werden können, wenn ein friedlicher Geist allgemein wirksam ist. „Es bedarf einer friedlichen Gesinnung!“

In diesem Sinne schreibt C. F. von Weizsäcker ganz ohne falsches Pathos:

„Wenn wir auf die Praxis zu sprechen kommen, können und müssen wir einfach sagen: Was die Wissenschaft zweideutig macht, ist Mangel an Liebe.“¹¹⁴

Die Orientierung auf Nächstenliebe ist sicher eine wichtige Grundlage dafür, dass die Wissenschaft ihren humanistischen Auftrag, dem Leben, dem Wohle des Menschen zu dienen, erfüllen kann.

Die Gewinnung und Anwendung von Wissen, die Entwicklung und der Einsatz der modernen genetischen sowie Informations- und Kommunikationstechnologien muss fachlich, sozial und ethisch verantwortbar sein. Um dies zu sichern, bedarf es auch entsprechen wissenschaftlich, sozial und ethisch begründeter gesetzlicher Regelungen.

110 Weizenbaum, J., Sind Computer die besseren Menschen? 1990; S. 60.

111 Weizenbaum, J., Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft, 1977, Umschlagtext.

112 Schweitzer, A., Das Problem des Friedens in der heutigen Zeit. Rede bei der Entgegennahme des Nobel-Friedenspreises in Oslo am 4. November 1954, München 1955.

113 Von Weizsäcker, C. F., Die Tragweite der Wissenschaft, Stuttgart, 1990, S. 430.

114 Krämer, H., Integrative Ethik, Suhrkamp Verlag, Frankfurt a. M. 1992.

Abbildung 22: *Autonomes Fliegen - bewaffnete Drohnen*



Abbildung : autonomes Fliegen – bewaffnete Drohnen

4.2. Naturerkenntnis und Verantwortung - Zum Verhältnis von Naturerkenntnis und Ethik

In unserem durch die Wissenschaft und Technologie so stark bestimmten Zeitalter spielt die Wissenschaftsethik eine zentrale Rolle. Die Ethik und Moral dieser speziellen Gruppe von Menschen ist trotz ihrer Spezifik weithin beispielgebend für andere Berufsethiken. Beim Ethos des Wissenschaftlers steht die Pflicht zur Aufklärung im Vordergrund, zur Information über die Chancen und insbesondere über die Risiken seiner Forschung, über die primären, aber auch die sekundären sozialen und gesellschaftlichen Wirkungen der sich entwickelnden, aber auch bereits etablierter Technologien. Diese Informationspflicht gilt gegenüber den direkt Betroffenen aber auch gegenüber der breiteren Öffentlichkeit, und zwar nicht nur bezogen auf die Resultate der eigenen Forschung, sondern auch auf weitere Erkenntnisse, die dem Wissenschaftler als Experten zugänglich werden.¹¹⁵

115 Von dem Artikel: Mukaiyl Kilic, Klaus Fuchs-Kittowski, Sicherheitsrisiken und Vermeidungsverhalten im Fall der modernisierten und neuen Informationsquellen bei der Lenkung und Remotefunktionen von Fahrzeugen – Zusammenfassung, in: Technik – Sicherheit – Techniksicherheit, Sitzungsberichte Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Band 116, Jahrgang 2013, S. 123 – 124 wurde der volle Text, auf Grund einer solchen Konfliktlage nicht veröffentlicht.

Für den Wissenschaftler und Ingenieur entsteht in der heutigen Zeit jedoch sofort die Frage, wird er nicht durch die weithin existierenden Geheimhaltungspflichten sogleich von dieser Informationspflicht entbunden? Die Wissenschaftsethik gibt bis heute kaum Antwort darauf, wie im Konfliktfall zu handeln ist.¹¹⁶

Wir sprechen über die Verantwortung des Wissenschaftlers! Wo beginnt sie? Wo endet sie? Viele behaupten, der Wissenschaftler trägt erst für die Anwendung seiner Erkenntnisse Verantwortung, der Forschungsprozess selbst sei wertfrei und müsse wertfrei bleiben, da, wie unter anderen Nobelpreisträger J. Monod¹¹⁷ feststellte, es ansonsten zu einer gefährlichen Vermischung zwischen Wahrheits- und Wertaussagen komme, die „Objektivität“ wäre der alleinige und höchste Wert der Wissenschaft. Dazu hatten wir in Bezugnahme auf Klaus Fuchs¹¹⁸ schon festgestellt, dass, wenn man wie J. Monod, das „reine“ Wissen zum höchsten Wert erhebt, die Frage nach den Entscheidungskriterien der Wahrheit beantwortet werden muss. Damit tritt das „reine“, „objektive“ Wissen in eine enge Beziehung zum Ziel des Handelns und verliert so die Position des höchsten, alleinigen Wertes. Das Kriterium der Wahrheit ist nicht abstrakt, sondern es ist die umfassende theoretisch und empirisch gestützte Praxis.

Man könnte annehmen, dass heute weithin akzeptiert ist, dass es keine wertfreie Wissenschaft gibt. Dies ist aber nicht der Fall. Auch ist wahrscheinlich die Bereitschaft, wirklich Verantwortung für negative Wirkungen aus der jeweiligen Wissenschaftsentwicklung zu übernehmen, nicht generell gewachsen. Zugleich ist der wissenschaftliche Arbeitsprozess komplexer, arbeitsteiliger, internationaler, ja global geworden. Dies macht die Übernahme individueller Verantwortung sicher schwieriger, aber schließt sie nicht aus, sondern fordert sie heraus.

Auch wenn meines Erachtens anzuerkennen ist, dass auch die Naturwissenschaft nicht wertfrei ist, so dürfen doch Wert- und Erkenntniskategorien nicht verwechselt werden. Es gilt, Tatsachen- und Werturteile methodisch voneinander zu trennen, denn die Natur bleibt von unseren Wünschen und Sehnsüchten unberührt. Doch die für die Naturwissenschaften wichtige methodische Trennung von Wahrheit und Wert, von Tatsachen und Werturteil kann überall dort nicht aufrechterhalten bleiben, wo der Mensch einen Wert, ein Ziel erreichen will. So

116 Monod, J., Zufall und Notwendigkeit, Pieper Verlag, München, 1971.

117 Fuchs, K., Theorie – Wahrheit – Wirklichkeit. - In: 75 Jahre Quantentheorie – Festband zum 75. Jahrestag der Entdeckung der Planckschen Energiequanten, Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften der DDR – Abteilung Mathematik, Naturwissenschaften, Technik, N7 1977, S. 33 - 44.

118 Eigen, M., Vorwort zu: J. Monod: Zufall und Notwendigkeit, Pieper Verlag, München, 1971, S. VVI.

schrieb Manfred Eigen in seiner Kritik an J. Monod, der die Objektivität des Wissens zum höchsten Wert erheben wollte, ihm „schaudert [...] vor dem Gedanken einer Dogmatisierung des Objektivitätspostulats, die über die Forderung nach ständiger geistiger Auseinandersetzung hinaus geht“¹¹⁹. In der Tat könnte dabei das eigentliche Ziel der Wissenschaft, dem Wohle des Menschen zu dienen, verloren gehen, denn die Ziele naturwissenschaftlicher Forschung und die Garantie der sinnvollen, ethisch vertretbaren Anwendung ihrer Ergebnisse ergeben sich nicht allein aus der Naturwissenschaft selbst.

Wir sind grundsätzlich der Meinung, dass eine Begrenzung forschenden Handelns dort erforderlich ist, wo es das Menschsein zerstört, das humanistische Ziel der Wissenschaft dem Leben, dem Wohle der Menschen zu dienen zuwiderläuft, oder wo es die Menschenrechte nicht mehr gewährleistet.

Die Freiheit der Forschung sollte jedoch nicht durch eine Ethik und Rechtsprechung eingeschränkt werden, die sich nicht von einer sachgerecht urteilenden Vernunft leiten lässt, sondern die Maßstäbe aus einer sogenannten „höheren“ Vernunft, aus einer der Vernunft oftmals widersprechenden sogenannten „tieferen“ Einsicht gewinnt, „die ihre Maßstäbe nicht dem Forschungsgeschehen selbst, d.h. der forschenden und beurteilenden Vernunft, sondern höheren, gegenüber dieser Vernunft gerade isolierten Einsichten entnimmt“, wie von Jürgen Mittelstraß akzentuiert herausgearbeitet wurde.¹²⁰

Mit der Bestimmung des vertretbaren oder nicht vertretbaren Risikos wird ein wesentlicher Maßstab aus dem Forschungsgeschehen selbst gewonnen, der eine wichtige Grundlage unserer Entscheidungen war und ist. Es bedarf aber darüber hinaus weiterhin der sachgerecht urteilenden Vernunft, denn mit diesem Maßstab sind die rechtlichen und ethischen Probleme, die sich aus den Erfahrungen aus dem gesellschaftlichen Zusammenleben der Menschen und nicht aus der naturwissenschaftlichen Erkenntnis ergeben, noch nicht gelöst.

Doch ist die Abschätzung der Chancen und Risiken ein wichtiger Maßstab.

Bei der Beurteilung der ambivalenten sozialen und gesellschaftlichen Wirkungen der wissenschaftlich-technologischen Entwicklung ist weder Scheinoptimismus noch Kulturpessimismus hilfreich.

Es ist eine sehr berechtigte Forderung, dass die Freiheit der Forschung nicht durch eine Ethik und Rechtsprechung eingeschränkt werden sollte, die sich nicht

119 Mittelstraß, J.: Krise des Wissens? Über Erosionen des Wissens- und Forschungsbegriffs, Wissen als Ware, Information statt Wissen und drohende Forschungs- und Wissenschaftsverbote – Festvortrag zum Leibniz-Tag 2001 – In: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Band 47, 2001. H. 4, S. 21- 42.

120 Küppers, B. - O., Wissen statt Moral – Fünf Thesen Wissensgesellschaft, Fackelträger, Köln, 2010.

von einer sachgerecht urteilenden Vernunft leiten lässt, die ihre Maßstäbe aus einer sog. „höheren“ Vernunft oder sog. „tieferen“ Einsicht gewinnt. Um zu verhindern, dass auf der Grundlage eines dogmatischen Moralverständnisses, bei dem Moral über das Wissen erhoben wird, Wissenschaftsverbote ausgesprochen werden, ist es jedoch nicht erforderlich, zu einem streng positivistischen Wissenschaftsverständnis zurückzukehren, wie es von Bernd-Olaf Küppers in seinem Buch: „Wissen statt Moral“¹²¹ vertreten wird.

4.3. Zum Verhältnis von Wahrheit und Wert, Rationalität und Humanität

Die Weiterentwicklung der Gesellschaft zur Wissensgesellschaft kann es nur auf der Grundlage der Einheit von wissenschaftlicher Erkenntnis und gesellschaftlichen Wertvorstellungen geben. Denn der Einsatz der Bio – und der Informationstechnologien verlangt sachgerechte Entscheidungen, die nur auf der Grundlage der Einheit von Rationalität und Humanität, der Beachtung des widersprüchlichen Verhältnisses von Wahrheit und Wert getroffen werden können.

Bernd-Olaf Küppers schreibt: „Die Weiterentwicklung der Gesellschaft zur Wissensgesellschaft kann es aber nur im Einklang mit Naturwissenschaft und Technik geben. Daher ist die geisteswissenschaftlich-literarische Intelligenz dazu aufgerufen, am Aufbau einer zukunftsweisenden Rationalität mitzuwirken, die ausschließlich das kontrollierte und methodisch abgesicherte Wissen zum Maßstab gesellschaftlichen Handelns macht. Eine unabdingbare Voraussetzung hierzu ist allerdings die tatsachengetreue Wahrnehmung der Wirklichkeit.“¹²² Was Bernd-Olaf Küppers anstrebt ist richtig, die naturwissenschaftlich-technische und die geisteswissenschaftliche Intelligenz muss zusammenwirken, wollen wir den Herausforderungen der sich entwickelnden Wissensgesellschaft, der Globalisierung und Informatisierung (bzw. Digitalisierung) der Gesellschaft gerecht werden. Alle müssen mitwirken am Aufbau einer „zukunftsweisenden Rationalität“. Eine solche kann aber nur entwickelt werden in Einheit mit einer „zukunftsweisenden Humanität!“

Schon im alten Griechenland unterschieden die Philosophen zwischen der epistémé, dem Wissen, und der dóxa, dem Glauben (wörtlich: dem Vorurteil). Zum einen haben wir es, nach genauer Beschäftigung mit der Thematik und an-

121 Küppers, B. - O., Wissen statt Moral – Fünf Thesen zur Wissenschaftsgesellschaft, Köln 2016, S. 48.

122 Zimmermann, R. E., Järvenpää, S., Dobler, R-M., Öffentlichkeit im digitalen Zeitalter - Gemeinsame Vorlesung im Sommersemester 2017 - an der Fakultät für Studium Generale und interdisziplinäre Studien der Hochschule München - Nach einer von Hubert Steiner erstellten Mitschrift.

schließender Reflexion, mit geprüftem Wissen zu tun, beim anderen mit ungeprüftem Wissen, das sich vor allem auf Hörensagen stützt.¹²³ Das philosophisch-wissenschaftliche Denken, welches sich im 7. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung in Griechenland entwickelte, zielte auf Objektivität, d.h. Allgemeingültigkeit der phänomenalen Beziehungen der Wirklichkeit. Diese Objektivität wird diskursiv vermittelt. Platon aber begründet die Höherwertigkeit des auf das Allgemeine gerichteten Denkens, indem er es von der zufälligen, körperhaften Sinneswahrnehmung abhebt.¹²⁴ Aristoteles unterscheidet ebenfalls die Erkenntnis von der Sinneswahrnehmung und dem bloßen Meinen.¹²⁵ Aber wie B.-O. Küppers verdeutlicht: „Schon damals hatten kritische Philosophen erkannt, dass Platons Lehre von den zwei Welten, in der behauptet wird, dass es neben der realen Welt noch eine eigenständige ideale Welt gebe, auf bloßen Ad-hoc Annahmen beruht. Bereits Aristoteles bezeichnete die Vorstellung von einer jenseitigen Welt absoluter Ideen als „leere Worte und poetische Metapher.“¹²⁶

Unter der Kapitelüberschrift: „Moralischen Dogmatismus bekämpfen!“ schreibt B. - O. Küppers: „Die Gesellschaft kann sich nur zu einer echten Wissensgesellschaft weiterentwickeln, wenn sie dem Wissen gegenüber der Moral Vorrang gibt. Dazu muss sie aber den Kampf gegen den moralischen Dogmatismus aufnehmen.“¹²⁷

Ob man dazu, wie er meint, im Zeitalter der Globalisierung und der Migration, „die die Kulturen zunehmend mischen“ und damit „eine Integration der Gesellschaft über moralische Werte nicht mehr möglich ist“? Hinsichtlich „absolut vertretener Werte“ hat er Recht, denn: „Absolute Werte führen, wie er sagt, in der Tat „zur Aushöhlung der Moral.“¹²⁸ Aber das rechtfertigt keine absolute Trennung von Wissen und Moral. Denn jede sachgerechte medizinische, ökonomische und ethische Entscheidung kann u. E. nur auf der Grundlage der Einheit von wissenschaftlicher Erkenntnis und gesellschaftlichen Wertvorstellungen getroffen werden. Zu einer absoluten Trennung von Wissen und gesellschaftlichen Wertvorstellungen kommt man nur auf dem Standpunkt des sog. Scientismus, zu dem sich B. - O. Küppers auch ausdrücklich bekennt.

Schon mit dem Aufkommen der Kybernetik und der verstärkten Mathematisierung der Wissenschaften, speziell auch der Wirtschafts- und Sozialwissenschaft

123 Phaidon 78b 4–79.

124 De Anima II.5.

125 Küppers, B.-O., Wissen statt Moral – Fünf Thesen zur Wissenschaftsgesellschaft, Köln 2016, S.109 -110.

126 Ebenda 109.

127 Ebenda S. 93.

128 Von Cube, F., Was ist Kybernetik, Bremen 1967, S. 87.

ten, wurde der Gedanke propagiert, dass damit auch die Werturteile durch wissenschaftliche Feststellungen ersetzt werden könnten.¹²⁹ Diese Befreiung von Werturteilen als wichtige Folge der Kybernetik und insbesondere auch durch den Einsatz von elektronischen Datenverarbeitungsanlagen (EDV) wurde als „Entideologisierung der Gesellschaft“ gefeiert.¹³⁰ Das ist es, was der Scientismus erreichen will. Dieser lässt sich durch Kybernetik und Informatik jedoch gerade nicht stützen, denn offensichtlich spielen Bewertungen im Rahmen der Informatik, der Informationssystemgestaltung und Softwareentwicklung eine besonders große Rolle.

Daher haben wir damals schon versucht darzustellen (vergl. Abbildung 24¹³¹), dass es in der Tat zwei Denkrichtungen gibt, die voneinander getrennt verlaufen können. In der Trennung führt die eine letztlich zu einem abstrakten Humanismus und bleibt somit praktisch wirkungslos und die andere zum Scientismus, der letztlich lebensfeindlich werden kann.¹³² Der Schluss, der daraus letztlich gezogen wird, ist, dass beide Denkrichtungen zusammengeführt werden müssen und dass dies, trotz des Unterschiedes zwischen Wahrheit und Wert auch möglich ist, da es auf der Grundlage von Werturteilen im praktischen verantwortungsbewussten Handeln zwischen beiden Denkrichtungen doch Wechselbeziehungen auf den verschiedenen Ebenen gibt.

In Abbildung 23 wird versucht, Wechselbeziehungen zwischen Wahrheit und Wert, Rationalität und Humanismus, wie sie sich in der Medizin und im ärztlichen Handeln ergeben, schematisch darzustellen. Wahrheit und Wert und damit

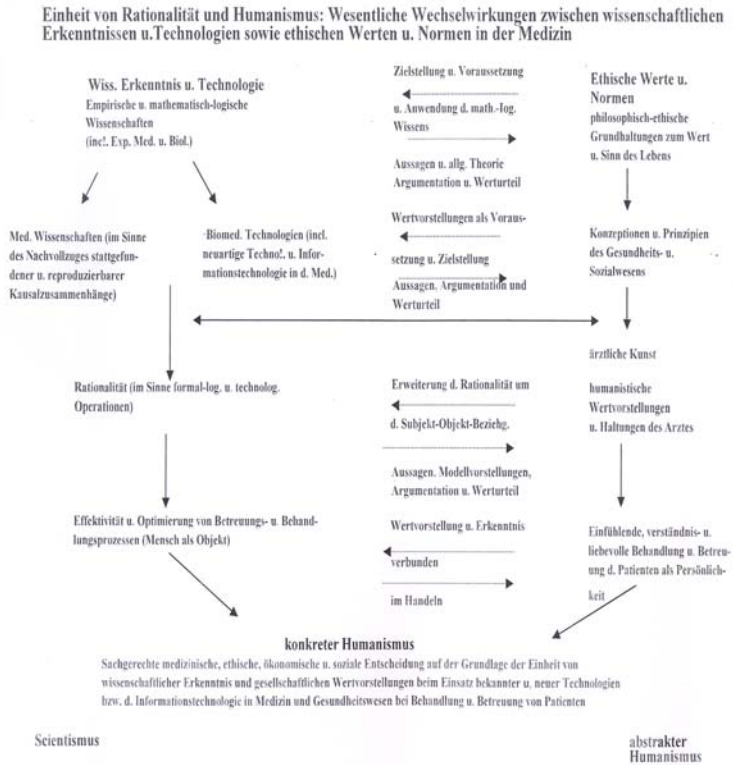
129 Werner, S. *Kybernetik statt Marx?: politische Ökonomie und marxistische Philosophie in der DDR unter dem Einfluss der elektronischen Datenverarbeitung*. Bonn 1977.

130 Fuchs-Kittowski, K., Rosenthal, H. A., Rosenthal, S., *Zu den modernen genetischen Technologien und zum Verhältnis von Wissenschaft und Ethik, Wahrheit und Wert, Rationalität und Humanismus*. In: *genetic engineering und der Mensch*, VII. Kühlungsborner Kolloquium, Berlin 1981, S. 107 – 129.

131 Die Ambivalenz Wirkungen der Erkenntnisse aus der Humangenomschlüsselung auf Wissenschaft und Gesellschaft sowie der Wirkungen der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien auf Natur, Mensch und Gesellschaft hat seine wesentliche Quelle in der Vereinsseitigung der Anwendung der Erkenntnisse der Wissenschaft bzw. beim Einsatz der Technologien, meist indem die sozialen Konsequenzen nicht genügend beachtet werden oder überhaupt unbeachtet bleiben. Aber genau dies wird durch eine scientistische Haltung stark befördert. Als dem Präsidenten der IFIP, Heins Zemanek, vom Plenum der IFIP das dritte Mal die Gründung eines Technischen Komitees für „nicht technische Probleme“, des späteren TC9: „Wechselbeziehungen zwischen Computer und Gesellschaft“ abgelehnt wurde, schrieb er an C. C. Gottlieb, der Chairman des Komitees werden sollte: „Mir standen Tränen in den Augen. Einen solchen Scientismus konnte ich mir gar nicht vorstellen.“

132 Monod, J., *Zufall und Notwendigkeit. Philosophische Fragen der modernen Biologie*, München, 1971, S. 211-213.

Abbildung 23: Zum Verhalten von Rationalität und Humanismus



Rationalität und Humanität werden insbesondere in der gestaltenden Tätigkeit, bei einer partizipativen, sich am konkreten Humanismus orientierenden Tätigkeit, beim Einsatz der modernen Technologien, bei der Informationssystemgestaltung und Softwareentwicklung miteinander verbunden. Dass Wahrheit und Wert in der konkreten Tätigkeit der Menschen miteinander verbunden werden, wurde auch von J. Monod nicht bestritten. So stellt J. Monod die Frage: "Muss man ein für allemal zugeben, dass die objektive Wahrheit und die Lehre von den Werten auf ewig getrennte Bereiche bleiben, die nichts miteinander zu tun haben? Diese Einstellung scheint bei einem großen Teil der modernen Denker vorzuherrschen, seien sie Schriftsteller, Philosophen und selbst Wissenschaftler. Ich

halte sie nicht nur für unannehmbar für die meisten Menschen, bei denen sie nur die Angst aufrecht erhalten und schüren kann, sondern für absolut falsch, und zwar aus zwei wichtigen Gründen: Zunächst natürlich, weil Wertvorstellungen und Erkenntnis im Handeln wie in der Rede immer und notwendig miteinander verknüpft werden; dann vor allem, weil schon die Definition der ‚wahren‘ Erkenntnis letzten Endes auf einer ethischen Forderung beruht“¹³³

Die Frage nach dem Verhältnis von Naturerkenntnis und Ethik sowie Moral ist nicht neu.

Das Problem seiner Bestimmung ist aber mit der Bewusstwerdung der Ambivalenz der Wissenschaft, der Molekularbiologie und Informatik, der Entwicklung der Gentechnologien und der Informations- und Kommunikationstechnologien, der damit verbundenen ethischen Debatten und juristischer Bestimmungen hoch aktuell geworden.

Hans Reichenbach, der 1926 auf Empfehlung von Albert Einstein¹³⁴ zum a.o. Prof. für Philosophie der Physik an der Universität Berlin ernannt wurde und 1930 zusammen mit Rudolf Carnap die Zeitschrift „Erkenntnis“, das Organ des logischen Positivismus gründete, schrieb: „Die moderne Analyse der Erkenntnis macht eine kognitive Ethik unmöglich: die Erkenntnis enthält keine normativen Aussagen und kann daher nicht zu einer Deutung der Ethik benutzt werden.“¹³⁵ Der Positivismus beruft sich bei dieser Auffassung auf formale Logik: Aus den Sätzen über das Sein folg nie ein Satz über das Sollen. H. Reichenbach schreibt: „Der zweitausend Jahre alte Plan, die Ethik kognitiv zu begründen, entspringt einem Missverständnis der Erkenntnis.“¹³⁶ Dies entspringt aus dem „Wunsch, die Ethik auf einer besseren Grundlage als der Religion zu verankern.“¹³⁷ Ethische Anweisungen zielen auf Willenshandlungen. Aber über das was wir wollen, können wir aus der Natur nichts erfahren.

Mir scheint jedoch, dass bei einer solchen Auffassung das weltanschauliche Gewicht naturwissenschaftlicher Erkenntnis unterschätzt wird. So wurde zum Beispiel schon von dem Philosophen Hobbes der naturwissenschaftliche (mechanische) Materialismus auf die Staatslehre übertragen. Charles Darwin hat bekanntlich lange gezögert, bis er seine Erkenntnis von der Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl publizierte, da er die große weltanschauliche Wirkung seines Werkes voraussah. In der Tat war und ist der Entwicklungsgedanke die tragende Idee der Dialektik in Natur und Gesellschaft sowie des Denkens.

133 Siehe: Hans Reichenbach und die Berliner Gruppe. Hrsg. v. Andreas Kahmla, Lothar Schäfer u. Lutz Danneberg. Braunschweig: Vieweg 1994.

134 Reichenbach, H., Der Aufstieg der wissenschaftlichen Philosophie, S. 310.

135 Ebenda.

136 Ebenda S. 66.

Die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse des 20. und des jetzt begonnenen 21. Jahrhunderts sind keinesfalls weniger umwälzend als der Darwinismus und daher ebenso weltanschaulich relevant. Angesichts der neuen Möglichkeit, durch Umweltbelastung oder Atomkrieg unsere Erde und die Menschheit völlig zu vernichten, stellen sie selbst einen sehr hohen Wert dar.¹³⁸

Die genaue Analyse der kybernetischen Systeme einschließlich der lernenden Roboter zeigte, dass ihnen ihr Wertesystem vorgegeben werden muss. Dies eben ist der entscheidende Unterschied zwischen Systemen, die sich durch Aufnahme von Informationen aus der Außenwelt selbst strukturieren bzw. organisieren (Funktionssysteme), zu den Systemen, die sich durch interne Informationsentstehung selbst organisieren (Aktionssystemen). Bei der Entstehung des Lebens muss, im Unterschied zum lernenden Automaten, auch das Wertesystem mit entstehen, arbeitet M. Eigen mit seiner darwinistischen Theorie der Lebensentstehung¹³⁹ heraus, die von B. - O. Küppers in seinem Buch: „Der Ursprung biologischen Information“¹⁴⁰ tiefgreifend dargestellt wurde.

In der Evolution der Gesellschaft spielt die gesellschaftliche Überlieferung, wie bei den Lebewesen die Erbinformation, eine große Rolle, doch auch das, was am Werkzeugen, Maschinen, gesellschaftlicher Organisation und auch an Wertvorstellungen an die nachfolgenden Generationen überliefert wird, musste einmal geschaffen werden und jede Generation schafft neue Werkzeuge, neue gesellschaftliche Strukturen und muss auch neue Wertesysteme herausbilden. Die Ent-

137 In diesem Sinne wurde 1997 auch die „Universal UNESCO Declaration on the Human Genome and Human Rights“ verabschiedet. Hier wird erklärt, dass das Humangenom die Einheit der Menschheit und Anerkennung ihrer inhärenten Würde und Diversität unterstreicht und so im symbolischen Sinne ein Menschheitserbe darstellt. Aufgrund der Einmaligkeit der Evolution der Menschheit auf unserer Erde, ist sie zu achten, ihr Erhalt, ihr Schutz gegen die Selbstvernichtung durch die Umweltschäden oder einen Atomkrieg oberstes Gebot. Diese Achtung vor der Menschheit ist jedoch nicht in dieser Weise auf die einzelnen biologischen Strukturen, auf den Prozess der Evolution zu beziehen. Die biologische Evolution hat keinen ethischen Wert, der zu schützen wäre. Im Ergebnis der Evolution sind eine ganze Reihe menschlicher (physische und psychische) Eigenschaften entstanden, die verbesserungsbedürftig sind. Die Menschheit ist auch ständig gefordert, solche Verbesserungen, mehr oder weniger gut, auf der Grundlage unserer sozialen Evolution in weitestem Sinne (Wissenschaft, Medizin, Kultur, Erziehung, Gesellschaftsentwicklung usw.) zu erreichen.

138 Eigen, M., Self-organization of matter and the evolution of biological macromolecules. *Naturwissenschaften* 58, 465 (1971).

139 Küppers, B. - O., *Der Ursprung biologischer Information*, München, Zürich, 1986.

140 Fuchs-Kittowski, K., Mühlberg, E.: Die Unterscheidung von semantischer und syntaktischer Informationsverarbeitung als Grundlage für die Gestaltung von EDV –Anwendungssystemen, in: Sonderheft der *Wissenschaftlichen Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin Math.-Nat. R. XXV* (1976) 2, S. 259-267.

stehung neuer Information ist auch in der gesellschaftlichen Entwicklung mit der Entstehung neuer Werte eng verbunden. Die Entstehung neuer Werte kann sich dabei also nicht nur auf methodisch abgesichertes (natur-) wissenschaftliches Wissen stützen. Es werden immer auch Erfahrungen aus dem gesellschaftlichen Zusammenleben, wie sie von der geisteswissenschaftlich-literarische Intelligenz rational durchdacht und erprobt bereitgestellt wird, herangezogen. Angesichts von sich auf überlieferte Wertsysteme stützende Fehlentscheidungen, ist die Forderung, sich auch hier nicht außerhalb des wissenschaftlichen Denkens zu bewegen, mehr als gerechtfertigt. Hierbei jedoch der rigorosen Forderungen einer positivistischen Sicht auf die Wissenschaft zu folgen, ist unseres Erachtens nicht angeraten, denn dies könnte wiederum zu problematischen Einschränkungen führen. Der Positivismus war und ist der Versuch, Weltanschauung rein logisch aufzubauen, wodurch die Wertproblematik ignoriert wird. Im positivistischen Wissenschaftsverständnis werden Fragen nach dem Sinn der Wissenschaft, ihrem Verhältnis zu unserem Handeln und nach der Verantwortung des Wissenschaftlers aus wissenschaftstheoretischen Untersuchungen ausgeschlossen. Wissenschaft sei ihrem Wesen nach empirisch-rationale (wobei rational = mathematisch-logische) Wahrheitsfindung. Eine Ethik wird bei einigen Autoren nur insoweit zugelassen, als aus der naturwissenschaftlichen Methodik und Denkweise selbst eine neue Ethik zu entwickeln sei. In diesem Sinne fordert Monod eine Ethik der Erkenntnis, deren höchster Wert das Objektivitätspostulat ist. Für die aus einem solchen Wissenschaftsverständnis hervorgehende technokratische Konzeption sind die eigentlichen ethischen Probleme gegenstandslos. Entsprechend der technokratischen Denkhaltung sind Handlungen nur nach den durch bestimmte Sachzwänge erzwungenen Maßnahmen zu beurteilen. Verantwortung ist somit eingeschränkt auf einen im Prinzip mathematisch-logisch entscheidbaren Sachverhalt. Wenn auch diese extreme Haltung der völligen Wertfreiheit der Wissenschaft, durch die die objektive Wahrheit und die Lehre von den Werten völlig voneinander getrennte Bereiche bleiben, sich im Kampf gegen das andere Extrem herausgebildet hat, demzufolge nur solche Erkenntnisse gesucht und zugelassen werden, die in ein vorgefasstes Wertsystem hinein passen, rechtfertigt der notwendige Kampf gegen ideologische Vorurteile doch nicht das positivistische Extrem der völligen Trennung, sondern es gilt, die tatsächlich existierenden Wechselbeziehungen aufzuzeigen (siehe . Abbildung 23).

Dem Missbrauch der Vernunft, dem moralischen Dogmatismus kann man auch begegnen, ohne sich dazu auf den Standpunkt des Scientismus, des Positivismus zu stellen, ohne einen Naturalismus, einen weltanschaulichen Reduktionismus vertreten zu müssen. Damit wird im Kampf gegen die Doktrinierung der Moral eher ein neuer Dogmatismus entwickelt. Aufgrund der Vereinseitigung der

methodischen Absicherung des wissenschaftlichen Wissens durch den Positivismus ist dieser mit der philosophischen Entwicklung nach dem II. Weltkrieg, insbesondere durch materialistisches und dialektisches Denken, doch weitgehend überwunden worden. Wenn man sich heute auf den Positivismus als die Philosophie der Wissenschaft, insbesondere der Physik, beruft, legt man sich ein zu enges Korsett an. Von Vertretern des Positivismus ist die Auffassung vertreten worden, dass nur dem operational Definierbaren auch Wirklichkeit zukommt, nur das Messbare sei wirklich. Nach unserer Differenzierung der Information und der Daten¹⁴¹, ¹⁴² ist damit nur das wirklich, was durch die am strengsten formalisierte Information, durch Messwerte, erfasst wurde. Aber diese Auffassung kann einer näheren Prüfung nicht standhalten, denn sie ist in sich widerspruchsvoll. Hier wird eine Entscheidung über den Begriff „Wirklichkeit“ getroffen, die selbst nicht operational zu definieren ist und damit aufgrund der eigenen Definition selbst zum Unwirklichen gehören würde. Die positivistische Interpretation der Quantenphysik wurde u.a durch die Arbeiten von Max Born ¹⁴³, ¹⁴⁴ und W. A. Fock ¹⁴⁵ widerlegt. Der Positivist betont die Gegenüberstellung: Aus indikativen Prämissen folgen keine imperativen Schlüsse¹⁴⁶ bzw. aus deskriptiven Sätzen folgen keine präskriptiven. Besteht nun wirklich kein Zusammenhang zwischen Wollen und Wissen? Das logische Modell mit der scharfen Trennung von Indikativen und imperativen Sätzen ist in sich widerspruchsfrei. Ob jedoch auch die Wirklichkeit so ist, dass diese Trennung aufrechterhalten werden kann, darüber sagt das Modell nichts aus. Gerade der Positivismus sagt uns, dass die Logik nichts über Realitätsverhältnisse aussagt. Die vom logischen Positivismus vertretene scharfe Trennung von Wahrheit und Wert – einer „wertfreien Wissenschaft“ – lässt sich, wie gesagt, in dieser Absolutheit ebenfalls nicht aufrechterhalten.

Um die Ambivalenz der Wissenschaft zu bewältigen, gilt es in der Tat, eine zukunftsweisende Rationalität und Humanität, gesetzliche und ethische Regelungen, gesellschaftliche Strukturen zu schaffen, so dass die Menschen ihre

141 Fuchs-Kittowski, K., Problem und Methode als Gegenstand der Wissenschaftsforschung - Mit Blick auf Theorie und Praxis der Informatik. - In: Vivien Petras, Walther Umstätter, Karl-Friedrich Wessel (Hrsg.), Theorien und Konzepte des wissenschaftlichen Erkennens: Festschrift zum 80. Geburtstag von Heinrich Parthey. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2017. S. 29 - 72.

142 Born, M., Physik im Wandel meiner Zeit, Wiesbaden 1957.

143 Born, M., Leopold Infeld, Erinnerungen an Einstein, Berlin 1967.

144 Fock, W. A., Über die Interpretation der Quantenphysik. Referate der Allunionskonferenz der Akademie der Wissenschaften der UdSSR zu den philosophischen Fragen der Naturwissenschaften, Moskau 1957, Berlin 1962, S. 189 – 212.

145 Stegmüller, W., Hauptströmungen der Gegenwarts-Philosophie, S. 504 f.

146 Eigen, M., Jenseits von Ideologie und Wunschdenken – Perspektiven der Wissenschaft, München, Zürich 1991, S. 9 - 10.

körperlichen und geistigen Fähigkeiten im Dienste der Gemeinschaft voll entfalten können. Dieser Beitrag zur Diskussion über die Ambivalenz der Wissenschaft soll daher mit den Worten von Manfred Eigen im Vorwort zu seinem Buch: „Jenseits von Ideologie und Wunschenken“ abgeschlossen werden: „Es richte sich: gegen taktische Kompromisse und Scheinlösungen, gegen falsches Prestigedenken, gegen Lobbyisierung, gegen einen Bildersturm auf Wissenschaft und Technik und wirbt für vorurteilsfreies Durchdenken aller Sachprobleme, für eine Einsicht in die ethische Komponente von Forschung und deren Anwendung, in summa für Verantwortungsbewusstsein und – für Vertrauen in die noch ungenutzten Fähigkeiten menschlicher Vernunft.“¹⁴⁷

147 Fleischmann, A., Schmidt, W., Stary, Chr., Obermeier, S., Börger, E.. Subjektorientiertes Prozess Management: Mitarbeiter einbinden, Motivation und Prozessakzeptanz steigern, München, 2011.

HORST KANT

Die Erforschung und Nutzung der Kernenergie – ihre Ambivalenz(en) im historischen Kontext*

In der Geschichte der Wissenschaft ist immer wieder diskutiert und konstatiert worden, dass sie für die Menschheit, deren organisierte kognitive Aktivität sie darstellt, sowohl gut als auch böse (metaphorisch: Segen und/oder Fluch usw.) ist und dass aus der Wahrnehmung und Analyse dieses Phänomens Konsequenzen sowohl für das individuelle und kollektive Verhalten der Wissenschaftler als auch für die gesellschaftliche Regulierung der wissenschaftlichen Tätigkeit auf der kognitiven wie auf der applikativen Ebene folgen.

Die Annäherung an diese Problematik erfolgte im Wesentlichen auf zwei Ebenen. Auf der *ersten*, relativ oberflächlichen Ebene erscheint die Wissenschaft selbst als neutral (weder gut noch böse), während ihre Anwendungen entweder als gut (Gebrauch) oder als böse (Missbrauch) qualifiziert werden können. Dabei ist unterstellt, dass sich *Gebrauch* (zum Guten) und *Missbrauch* wissenschaftlicher Erkenntnisse eindeutig voneinander unterscheiden lassen und dass das Problem im Prinzip aus der Welt geschafft werden kann, wenn der Missbrauch zuverlässig unterbunden wird – sei es durch gesetzliche Regelungen, sei es durch rationale Gewissensentscheidungen der Wissenschaftler oder das Zusammenspiel beider.

Auf der zweiten, tiefer liegenden Ebene wird deutlich, dass die Unterscheidung von Gut und Böse in Bezug auf die Wissenschaft nur bis zu einer bestimmten, von den historischen Umständen abhängenden und mit ihnen veränderlichen Grenze, aber nicht absolut durchführbar ist. In seiner Kernzone ist wissenschaftliches Erkennen stets Ermöglichung und Gefährdung menschlich-gesellschaftlicher Existenz und Evolution *zugleich*, weil es – nicht anders als die

* Überarbeitete und veränderte Fassung eines Vortrages auf der Tagung „Ambivalenz der Wissenschaft“ der Gesellschaft für Wissenschaftsforschung am 31. März 2017 in Berlin. Eine Variante dieses Beitrages erschien unter dem Titel „Die Entdeckung der Kernenergie – Fluch oder Segen? Einige wissenschaftshistorische Betrachtungen.“ in: „Radiochemie, Fleiß und Intuition – Neue Forschungen zu Otto Hahn.“ Hrsg. von Vera Keiser. Berlin, Diepholz: GNT-Verlag 2018, S.395-432. – Ich danke Hubert Laitko für die Durchsicht des Manuskriptes und für Anregungen, die vor allem im Einleitungskapitel des vorliegenden Beitrages ihren Niederschlag gefunden haben.

menschliche Arbeit, aus der es herausgewachsen ist – unvermeidlich in die Integrität von Natur (und Gesellschaft) eingreift. Man kann nicht das eine ohne das andere haben, sondern muss die widersprüchliche Einheit dieser beiden polaren Bestimmungen akzeptieren und mit ihr umgehen. Auf dieser Ebene hat das Ambivalenzkonzept seinen Ort.¹ Es ist nach wie vor schwach bestimmt und kontrovers. Die Absicht dieses Aufsatzes ist nicht, mit definitorischen Bemühungen direkt in diese Kontroversen einzugreifen. Vielmehr geht es darum, durch die Präsentation und Diskussion einiger „Features“ aus der neueren Wissenschaftsgeschichte die Materialbasis für einschlägige wissenschaftstheoretische Bemühungen zu bereichern. Wie auch immer der Ambivalenzbegriff genauer bestimmt oder für spezifische Situationen konkretisiert werden mag – entscheidend ist nicht die Dualität der beiden polaren Aspekte für sich allein, sondern ihr Aufeinanderbezogensein, ihre widersprüchliche Einheit.

Wenn man alltagssprachlich von gut/böse oder von Nutzen/Schaden spricht, dann ist ganz deutlich, dass es sich hier um *Wertungen*, um Bezüge zu menschlichen Interessen oder gar zu existentiellen Bestimmungen des Menschseins handelt. Dieser fundamentale Bezug wird oft verdeckt, wenn der Terminus „Ambivalenz“ ins Spiel kommt, den man wohl eher als Ausdruck des Versuchs auffassen sollte, eine intuitiv wahrgenommene und alltagssprachlich erwogene Problematik der Wissenschaft und ihres gesellschaftlichen Daseins theoretisch zu reflektieren. Geht man davon aus, dass durch den Ambivalenzbegriff bei der Wissenschaftsanalyse alltagssprachliche Begriffspaare wie gut/böse oder Nutzen/Schaden nicht ersetzt, sondern expliziert werden, dann muss man als Mindestforderung von einer solchen Explikation verlangen, dass darin der *kognitive* und der *ethische* Aspekt der Wissenschaft zueinander in Beziehung gesetzt werden. Wenn das nicht geschieht, dann ist die Reflexion unterkomplex, und es gibt auch keinen Grund, hier den Terminus „Ambivalenz“ heranzuziehen. Stellt man aber eine solche Beziehung her, dann ergeben sich äußerst verwickelte Verhältnisse.

1 Der Begriff *Ambivalenz* wird erst am Anfang des 20. Jahrhunderts eingeführt, und zwar von dem Schweizer Psychiater Eugen Bleuler (1857-1939) [Bleuler, E.: Die Ambivalenz. Zürich: Schulthess & Co 1914. (siehe Anlage zu diesem Band)]. Eigentlich bedeutet er einfach Doppeldeutigkeit oder Mehrwertigkeit, speziell in der Psychologie das Nebeneinander von gegensätzlichen Gefühlen und Gedanken. Inzwischen hat der Begriff Eingang in die Umgangssprache gefunden und wird auf den verschiedensten Gebieten gerade auch von Wissenschaft und Technik verwendet – und wie so häufig, wird auch dieser Begriff meist nur einseitig ausgelegt und vorrangig für die Kennzeichnung negativer Folgen technischer Entwicklungen benutzt. Vgl. z.B. Fratzscher, W.: Zu Risiken und Nebenwirkungen lesen Sie den Sicherheitsbericht oder fragen Sie ... In: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät 112 (2011), S. 131-141 (hier S. 131 f).

Die Geschichte der Erforschung der Kernenergie ist, wie im Folgenden dargestellt wird, geradezu ein Paradebeispiel für solche Komplikationen. Eine verbreitete, aber naive Manier, mit dem Ambivalenzproblem in der Kernphysik umzugehen, besteht beispielsweise in der Behauptung, die Verwendung kernphysikalischer Erkenntnisse zur Waffenentwicklung sei böse, ihre Nutzung zur Energieerzeugung hingegen gut. In der historisch-politischen Realität erfolgte die Schaffung und Weiterentwicklung von Kernwaffen aber in konfrontativen Situationen zwischen verfeindeten Staaten bzw. Blöcken mit der Konsequenz extremer Relativierung der Gut-Böse-Polarität: Die eigenen Waffen sind gut, die (gleichartigen) Waffen des Gegners sind böse. Bei der Nutzung der Kernphysik zur Energieerzeugung zeigt sich die Ambivalenz des Erkennens und Handelns auf eine andere, aber nicht minder drastische Art: Die (positiv gewertete) Energieerzeugung ist untrennbar mit nichteliminierbaren Neben- bzw. Folgeeffekten verbunden, die in manchen Ländern, darunter auch in Deutschland, als so negativ gewertet werden, dass sie den Ausstieg aus der Kernenergie begründen. Andere Länder hingegen teilen diese Wertung nicht und setzen die Entwicklung und den Bau neuer Generationen von Kernkraftwerken fort.

Max von Laue (1879-1960) wird in einem Gespräch im Jahre 1941 mit Friedrich Houtermans (1903-1966) über die Möglichkeit einer Atombombe die Aussage zugeschrieben: „[...] eine Erfindung, die man nicht machen will, macht man auch nicht.“² Wohlweislich sprach Laue hier von Erfindung und nicht von Entdeckung. Denn bezüglich der Grundlagenforschung stellt sich die Frage der Folgenabschätzung wesentlich komplizierter und komplexer dar als für angewandte Forschung und für technische Entwicklungen, was aber nicht heißt, das letztere „einfacher“ sei. Dennoch stellte Meyer-Abich gerade mit Blick auf das Jahr 1945 unmissverständlich und zu Recht fest:

„Die Atombombe war ein direktes Resultat der Grundlagenforschung. Also *gibt es keine Grundlagenforschung* im Sinn eines verantwortungsfreien Raums, sondern wer zur Entdeckung der Kernspaltung beigetragen hat, ist mitverantwortlich für die Toten von Hiroshima und Nagasaki. Otto Hahn und die anderen Beteiligten haben das gewusst und haben unter der Last dieser Verantwortung gelitten.“³

Und bei Carl Friedrich von Weizsäcker (1912-2007) findet sich bereits 1970 die Feststellung:

-
- 2 Zit. nach Hoffmann, K.: Schuld und Verantwortung: Otto Hahn. Konflikte eines Wissenschaftlers. Berlin etc.: Springer 1993, S. 169.
 - 3 Meyer-Abich, K. M.: Die Idee der Universität im öffentlichen Interesse. In: M. Eigen u.a.: Die Idee der Universität: Versuch einer Standortbestimmung. Berlin etc.: Springer 1988, S. 23-39 (hier S. 25 f).

„Die Wissenschaft kann sich nicht leisten, unter dem Motto, sie suche die Wahrheit und sonst nichts, die Wirkungen, die sie auf das Leben ausübt, nicht zu bedenken. Ich habe es persönlich nie begrifflich gefunden, dass Wissenschaftler der Meinung waren, wenn das, was die Wissenschaft in der Technik produziert, von Politikern oder von Militärs so benutzt wird, dass die Wissenschaftler damit unglücklich sind, zu sagen, hier sei die Wissenschaft missbraucht worden.

Schließlich hat die Wissenschaft diese Mittel geliefert, und sie ist selbstverständlich verantwortlich für die Mittel, die sie in andere Hände gibt. Wenn sie in eine politische Struktur hinein, die diesen Mitteln nicht adäquat ist, Mittel liefert, die in dieser Struktur unheilvoll wirken, so ist das mindeste, was von der Wissenschaft zu verlangen ist, dass sie darüber nachdenkt, wie die Struktur geändert werden kann, die diese unheilvollen Wirkungen zu erzeugen offenbar nicht vermeiden kann. In diesem Sinne also ist Selbstreflexion der Wissenschaft eine Forderung an die Wissenschaft.“⁴

So weit, so richtig. Aber wie kann das in der täglichen Praxis funktionieren?

Die verschiedenen Disziplinen sind unterschiedlich sensitiv für Diskurse über die Ambivalenzproblematik, und jede einzelne ist es in verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung in unterschiedlichem Maße. Die Kernphysik ist ein Gebiet, in dem diese Diskurse im 20. Jahrhundert spektakuläre Brisanz angenommen haben und, weit über die Fachwelt hinaus, die breite Öffentlichkeit tangieren. Sie sind weiterhin aktuell. Das Vorgehen dieses Aufsatzes ist im Hinblick auf die Ambivalenzproblematik nicht *systematisch*, sondern *historisch*. Er verfolgt die Geschichte dieses Gebietes seit dem Aufkommen der Vorstellungen über die Kern-Hülle-Struktur des Atoms, markiert die Stellen, an denen einschlägige Diskurse aufkamen, und beleuchtet sie näher in ihrem geschichtlichen Zusammenhang. Auf einem anderen Blatt steht die Frage, inwieweit das begriffliche Werkzeug des Ambivalenzkonzepts bereits ausreicht, um die hier wissenschaftshistorisch aufbereiteten Phänomene auch wissenschaftstheoretisch zu analysieren.

* * *

Seit Anfang des 20. Jahrhunderts beschäftigte man sich näher mit dem Aufbau der Atome und den Eigenschaften ihrer Bausteine;⁵ bis dahin war die Frage

4 Weizsäcker, C. F. v.: Die Macht der öffentlichen Meinung im Kampf gegen Einzelinteressen. – In: Süddeutsche Zeitung, Nr. 166/1970 vom 13. 7., S. 7.

5 Die Darstellung der wissenschaftshistorischen Zusammenhänge folgt teilweise dem Beitrag des Verfassers „Die Entdeckung der nuklearen Energie – Einige wissenschaftshistorische Betrachtungen“. In: Technik & Technologie *technè cum epistème* et commune bonum (= Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften

nach der Existenz von Atomen unter den Wissenschaftlern noch umstritten. Die ersten Atommodelle entstanden um 1910. Zu nennen sind Joseph J. Thomson (1856-1940) mit seinem Rosinenkuchen- oder Plumpudding-Modell (1904), Ernest Rutherford (1871-1937) 1911 mit seinem Modell von einem positiven (noch nicht weiter strukturierten) Kern und darum kreisenden negativen Elektronen, gefolgt von Niels Bohr (1885-1962) mit der Weiterentwicklung des Rutherford'schen Modells auf quantentheoretischer Grundlage zu einer Art Planetenmodell, das wiederum von Arnold Sommerfeld (1868-1951) 1915/16 verfeinert wurde. Das Elektron war um 1874 bereits als Konzept eingeführt und wurde 1897 von J. J. Thomson erstmals nachgewiesen;⁶ über eine mögliche Strukturierung des Atomkerns hatte man auch weiterhin noch keine plausiblen Vorstellungen. – Das Bohr-Sommerfeldsche Atommodell, wie wir es heute kennen (mit strukturiertem Kern), kam erst in den 1930er Jahren, ist zwar heute auch nur noch von historischer Bedeutung, bleibt jedoch alltagsmäßig anschaulich.

Schließlich führte Rutherford 1919 die erste künstliche Atomumwandlung herbei, indem er Stickstoffatome mit Alpha-Teilchen beschoss und dabei beobachtete, dass der Stickstoff in Sauerstoff umgewandelt wurde, wobei ein Wasserstoffkern freigesetzt wurde; für diesen positiv geladenen Wasserstoffkern führte er 1920 den Begriff Proton ein. Führten die bisher bekannten natürlichen Kernumwandlungen durch Alpha- und Beta-Zerfall zu Elementen, bei denen das Atomgewicht abnahm oder gleich blieb, so war nunmehr eine Kernumwandlung realisiert, bei der eine Zunahme des Atomgewichts auftrat (d.h. es entstand ein Element, das höher im Periodensystem stand als das Ausgangselement).⁷ Für die Kernumwandlungs-Experimente wurde es nun notwendig, hochenergetische Elementarteilchen, insbesondere Protonen und Elektronen, zu verwenden (Rutherford hatte für seine Experimente noch natürliche Alpha-

Bd. 131). Hrsg. von L.-G. Fleischer & B. Meier. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag 2017, S. 189-207. – Verwiesen sei hier lediglich auf zwei weitere lesenswerte allgemeinverständliche kürzere Beiträge zu dieser Geschichte: Szilard, L.: Creative Intelligence and Society: The Case of Atomic Research, The Background in Fundamental Science. In ders.: The Collected Works Vol. 1, Scientific Papers; The MIT Press 1972, S. 178-189. – Stamm-Kuhlmann, Th.: Die Internationale der Atomforscher und der Weg zur Kettenreaktion 1874-1942. In: Salewski, M. (Hrsg.): Das nukleare Jahrhundert. Stuttgart: Franz Steiner 1998, S. 23-40.

- 6 U.a. von Wilhelm Weber (1804-1891), Hermann von Helmholtz (1821-1894) und George Johnstone Stoney (1826-1911); letzterer schlug 1891 auch die Bezeichnung *Elektron* vor.
- 7 1925 konnte der Rutherford-Schüler Patrick S. Blackett (1897-1974) diesen Vorgang auch mit Hilfe einer Wilsonschen Nebelkammer visualisieren und damit experimentell verifizieren.

Strahler benutzt), und so regte Rutherford die Entwicklung von elektrischen Beschleunigungsanlagen an, was Anfang der 1930er Jahre gelang.

Das Jahr 1932 wird oft als *annus mirabilis* der Kernphysik bezeichnet: das Neutron, das Deuterium und das Positron wurden entdeckt, was Werner Heisenberg (1901-1976) in Leipzig und Dmitri Dmitrijewitsch Iwanenko (1904-1994) in Moskau unabhängig voneinander zur Entwicklung eines Proton-Neutron-Konzeptes des Atomkernes anregte, und in den USA wurde von Ernest O. Lawrence (1901-1958) und Mitarbeitern das Zyklotron als Teilchenbeschleuniger entwickelt. Und schließlich gelang 1932 John D. Cockcroft (1897-1967) und Ernest T. S. Walton (1903-1995) mit einer etwas anderen Beschleunigerkonstruktion in Rutherfords Laboratorium in Cambridge/ England die erste Kernumwandlung durch künstlich beschleunigte Teilchen: Lithiumkerne wurden durch Beschuss mit beschleunigten Protonen in zwei Heliumkerne umgewandelt. Dies war zugleich eine experimentelle Bestätigung für Albert Einsteins (1879-1955) Äquivalenzbeziehung von Masse und Energie, die er 1905 im Rahmen seiner Speziellen Relativitätstheorie formuliert hatte. Er leitete diese Beziehung für die elektromagnetische Strahlung her, schlussfolgerte aber, dass sie auch für alle anderen Formen von Energieumsetzungen gelten müsse. Allerdings spielte diese Einsteinsche Beziehung in den ersten Überlegungen zur Atomenergie noch keine Rolle. Erst in den 1920er Jahren gewann sie in atomphysikalischen Überlegungen Relevanz (Massendefekt) und konnte dann 1932 im Lichte der neuen Entdeckungen experimentell bestätigt werden.

Mit diesen ersten Kernumwandlungen rückte eine neue Variante des alten Traumes der Alchemisten von der Erzeugung von Gold durch Elementumwandlung in den Blickpunkt. Dabei muss man aber deutlich sagen, dass die Physiker (und Chemiker) seinerzeit eigentlich weder auf der Suche nach dieser speziellen Möglichkeit noch nach einer praktisch nutzbaren Energiequelle auf der Grundlage von Atomkernumwandlungen waren, sondern dass es vornehmlich darum ging, die Bausteine der Atome und ihrer Kerne zu erfassen und die Mechanismen solcher Kernumwandlung zu verstehen – also im wahrsten Sinne des Goetheschen Faust-Anspruches zu „... erkennen, was die Welt im Innersten zusammenhält“.⁸ Dabei kamen auch die energetischen Beziehungen, soweit sie für den Zusammenhalt der verschiedenen Bausteine von Bedeutung sind, in Diskussion. Allerdings war die Frage, ob man diese Energie praktisch nutzen könne, immer noch nachrangig. Man erkannte zwar, dass bezogen auf die beteiligten Stoffmengen enorme Energiemengen umgesetzt werden, mehrere Größenordnungen über den Reaktionswärmen chemischer Reaktionen, aber man dachte nicht über diesen Fakt hinaus – bis auf wenige Ausnahmen, auf die wir gleich zu sprechen kommen.

8 Goethe, J. W., Faust I, Zeile 382-383.

Der Begriff *Atomenergie*⁹ geht auf die verdienstvollen Gymnasiallehrer Julius Elster (1854-1920) und Hans Geitel (1855-1923) zurück. In einem Vortrag vor dem Verein für Naturwissenschaften in Braunschweig unter dem Titel „Bemühungen, die Energiequelle der Becquerelstrahlen zu finden“¹⁰ schlussfolgerten sie 1899:

„[...] man wird vielmehr aus dem Atom des betreffenden Elementes selbst die Energiequelle ableiten müssen. Der Gedanke liegt nicht fern, dass das Atom eines radioactiven Elementes [...] unter Energieabgabe in einen stabilen Zustand übergeht.“¹¹

Wie weitblickend diese Erkenntnis war, wird klar, wenn man bedenkt, dass sich zu dieser Zeit die Vorstellung von einer atomaren Struktur der Materie überhaupt erst durchzusetzen begann. Und es gab tatsächlich bereits relativ frühzeitig erste Überlegungen zur Nutzung der Atomenergie, doch wurden sie von der Mehrheit der Forschergemeinschaft nicht wirklich ernst genommen, denn sie erschienen ihnen doch zu sehr aus dem Bereich der Utopie zu kommen.¹²

Der Rutherford-Schüler Frederick Soddy (1877-1956) hielt im Jahre 1908 eine öffentliche Reihe von Experimentalvorlesungen, die unter dem Titel „Die

9 Man spricht heute, wenn es um Energiegewinnung aus dem Atom geht, lieber von Kernenergie, denn tatsächlich geht es dabei um die energetischen Beziehungen im Kern und nicht zwischen Kern und „Atomhülle“; oft werden beide Ausdrücke aber synonym gebraucht.

10 1896 hatte Antoine Henri Becquerel (1852-1908) in Paris – kurz nach der Entdeckung der X- oder Röntgenstrahlung durch Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) – die radioaktive Strahlung entdeckt und damit ein neues Forschungsgebiet eröffnet. Zu den Pionieren der Radioaktivitätsforschung zählten u.a. Marie (1867-1934) und Pierre (1859-1906) Curie, Ernest Rutherford (1871-1937), Frederick Soddy (1877-1956), Otto Hahn (1879-1968) und Hans Geiger (1882-1945).

11 Elster, J. & H. Geitel: Weitere Versuche an Becquerelstrahlen. In: *Annalen der Physik* N.F. 69(1899)1, S. 83-90 [der ganzen Folge 305. Bd. (Teil 9/1899)], hier S. 88. – Vgl. auch Fricke, R.: J. Elster & H. Geitel. Braunschweig: Döring 1992, S. 116.

12 Aber dieser Bereich der Utopie blühte durchaus und auch nur bedingt realitätsfern. So beschrieb beispielsweise der amerikanische Radiumforscher Everard Hustler 1910 für das zu erwartende „Jahrhundert des Radiums“ sowohl die Möglichkeit einer nuklearen Waffe (wenn auch auf der Grundlage eines völlig anderen Funktionsprinzips) als auch das Radium als ein medizinisches Allheilmittel [in: Brehmer, A. (Hrsg.): *Die Welt in 100 Jahren*. Berlin 1910, S. 245-266 (Neuauflage Hildesheim etc.: Olms 2012)]. – Zur Diskussion dieser Voraussagen vgl. u.a. Steger, F. & Friedmann, H.: Radium – Ein faszinierendes Element: Segen oder Fluch? Teil 3: Radium in der Medizin, in *Industrieprodukten und im privaten Bereich*. In: *Strahlenschutz aktuell* 46(2011)1, S. 7-47 (hier insbes. S. 44-45).

Natur des Radiums“ erschien.¹³ Darin deutete er abschließend in vager Form an, dass das Radium bzw. die Radioaktivität in Zukunft dazu beitragen könnte, die Urquellen der Energie zu erkennen und zu beherrschen – Radium als unerschöpfliche Energiequelle. Viele grundsätzliche Vorstellungen in diesem Buch sind durchaus richtig, auch wenn die Atommodelle noch sehr dürftig waren – Bohrs Atommodell kam erst 1913 – und man von der Struktur der Atomkerne noch keine Ahnung hatte.

Die Darstellung Soddys regte den bekannten britischen utopischen Schriftsteller H. G. Wells (1866-1946) zu seinem – allerdings im deutschen Sprachraum weniger bekannten – Roman „The World Set Free“ an, der 1914 erschien (in deutsch erst 1985). Das Buch beginnt mit der Feststellung: „Die Geschichte der Menschheit ist die Geschichte der zunehmenden Beherrschung der Umwelt.“¹⁴ Und wenige Seiten später heißt es: „Die in Kohle und Dampf schlummernde Energie wartete lange auf ihre so naheliegende Entdeckung, bevor sie das Leben zu beeinflussen begann.“¹⁵ Wells verstand Menschheitsgeschichte hier als Energiegeschichte. Im Weiteren lässt er Soddy¹⁶ im Roman sagen:

„Radium ist ein Element, das zerfällt und sich spaltet. [...] Und wir wissen jetzt, dass das Atom, das wir einst für fest und undurchdringlich [...] hielten, in Wirklichkeit ungeheure Energie speichert. [...]“

Wells lässt seinen Vortragenden eine Flasche mit Uranoxyd zeigen und fährt fort: „Und in dieser Flasche [...] schlummert fast ebensoviel Energie, wie wir durch Verbrennung von hundertsechzig Tonnen Kohle erhalten. [...] Aber bisher weiß kein Mensch [...] wie dieses kleine Quantum Materie dazu gebracht werden kann, seine Energie rascher freizugeben. [...]“¹⁷

Der Roman beschäftigt sich hauptsächlich mit den Konsequenzen des Zugriffs auf die neue Atomenergie, sowohl in ihrer zivilen, wie in ihrer militärischen Nutzung als Atombomben. Die entscheidende Entdeckung dafür macht in Wells' Buch ein Chemiker im Jahre 1935!¹⁸ Die englische Ausgabe enthält die Widmung – in der deutschen Fassung ist sie leider entfallen –: „To Frederick Soddy's ‚Interpretation of Radium‘ [...]“.¹⁹

13 Soddy, F.: The interpretation of radium. 1909. Dtsch: Die Natur des Radiums. [1909] (= Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Bd. 289). Frankfurt am Main: Harri Deutsch 2002.

14 Wells, Herbert G.: Befreite Welt. Wien/Hamburg: Paul Zsolnay 1985, S. 7.

15 Ebenda S. 18.

16 Soddy entspricht im Roman die Figur *Rafjus*.

17 Ebenda S. 29 f.

18 Diese Jahreszahl kommt der tatsächlichen erstaunlich nahe.

19 Die Widmung lautet weiterhin: „This Story, which owes long passages to the eleventh chapter of that book, acknowledges and inscribes itself“.
[<http://www.gutenberg.org/ebooks/1059>] (Zugriff: 28.2.2017).

Nach Soddy war Francis William Aston (1877-1945) einer der wenigen Wissenschaftler, der die Möglichkeit der Nutzung der Atomenergie ernst nahm.²⁰ Er postulierte bereits 1919 die extrem energiereiche Fusion von Wasserstoff zu Helium. Seine Nobelpreisrede schloss er 1922 mit dem Hinweis, dass die Verschmelzung von Wasserstoffatomen die Energiequelle für die Sonne sein könnte, und bemerkte abschließend:

„Sollten zukünftige Forscher Mittel finden, wie man die Atomenergie nutzen kann, wird die Menschheit über Energiemengen jenseits aller wissenschaftlichen Fiktion verfügen; aber man muss immer das Restrisiko in Betracht ziehen, dass die einmal freigesetzte Energie vollständig unkontrollierbar sein könnte [...]“²¹

Doch die Realität sah noch gänzlich anders aus. Rutherford hatte zwar 1919, wie erwähnt, die erste Kernumwandlung nachweisen können, doch war der Prozess weit davon entfernt, Energie freizusetzen. Im Gegenteil war die freiwerdende Energie in diesem Prozess sogar kleiner als die benötigte Energie des Alphateilchens.

Und so ist es nicht verwunderlich, dass Rutherford in einem Vortrag auf der Tagung der *British Association for the Advancement of Science* im September 1933 in Leicester sagte:

„These transformations of the atom are of extraordinary interest to scientists but we cannot control atomic energy to an extent which would be of any value commercially, and I believe we are not likely ever to be able to do so. A lot of nonsense has been talked about transmutation. Our interest in the matter is purely scientific, and the experiments which are being carried out will help us to a better understanding of the structure of matter.“²²

-
- 20 Erwähnt sei auch der deutsche Physiko-Chemiker Walther Nernst (1864-1941), Nobelpreisträger von 1920, der 1912 auf der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Münster i.W. in seinem Vortrag „Zur neueren Entwicklung der Thermodynamik“ bemerkte: „Die Entdeckung des radioaktiven Zerfalls der Elemente hat uns mit Energiequellen von einer Mächtigkeit bekannt gemacht, von denen wir früher keine Vorstellung hatten [...]“ (Nernst, Walther: *Das Weltgebäude im Lichte der neueren Forschung*. Berlin: Springer 1921, S. 2). 1921 betonte er allerdings ergänzend: „Man hüte sich aber vor der Illusion, als ob die technische Gewinnung der hier vorhandenen Energiemengen in greifbare Nähe gerückt sei [...]“ (Ebenda, S. 23).
- 21 Aston, F. W.: *Mass spectra and isotopes*. Nobel lecture 1922. In: *Nobel Lectures Chemistry 1922-1941*. Amsterdam: Elsevier 1966, S. 20 (Übersetzung vom Verfasser).
- 22 Zit. nach Eve, A. S.: *Rutherford - Being the life and letters of the Rt. Hon. Lord Rutherford, O.M.* The Macmillan Company New York & The University Press Cambridge/England 1939, S. 374. – Eher im Scherz hatte Rutherford allerdings bereits 1903 die „beunruhigende Idee“ geäußert, dass mit einem geeigneten Zünder ei-

Die Berichterstattung machte daraus das berühmte „Moonshine“-Zitat: so hieß es in der *Nature*, Rutherford habe gesagt, jeder, der in Atomumwandlungen eine Energiequelle sehe, rede „moonshine“.²³ Diese Meinung bestätigte er, wenn vielleicht auch nicht mehr ganz so drastisch, erneut 1936:

„[...] here seems to be little hope of gaining useful energy from the atoms by such methods. [...] At the moment, however, the natural radioactive bodies are the only known sources for gaining energy from atomic nuclei, but this is on far too small a scale to be useful for technical purposes.“²⁴

Auch andere bedeutende Wissenschaftler wie Einstein oder Bohr waren dieser Meinung. Hier sei nur noch der bedeutende kroatisch-amerikanische Erfinder Nikola Tesla (1856-1943) erwähnt, bestimmt jemand, der ungewöhnlichen Ideen aufgeschlossen gegenüberstand, dem für 1931 ebenfalls die Aussage zugeschrieben wird, dass die Idee der Atomenergie illusionär sei und dass sie sich weder zivil noch militärisch nutzen lasse.²⁵ Und Pjotr L. Kapiza (1894-1984) war sogar noch Anfang 1940 – als die Kernenergie bereits Realität geworden war – davon überzeugt, dass eine Nutzung der Kernenergie nicht zu erwarten sei und berief sich dabei auf Rutherford. Einschränkend bemerkte er, vielleicht werde noch etwas entdeckt, aber das sei unwahrscheinlich.²⁶

Doch ein junger Physiker, der Ungar Leo Szilard (1898-1964), der 1921 aus Ungarn nach Deutschland emigriert war und dieses Land nun bei Machtübernahme der Nazis in Richtung England verließ und der gerade H. G. Wells' Roman gelesen hatte, las in der *Times* auch die erwähnte Äußerung Rutherfords und fand die Sache gar nicht abwegig. Szilard entwickelte daraufhin die Idee der atomaren Kettenreaktion (die Wells in seiner Fiktion noch nicht haben konnte) und ließ sie sich ein Jahr später sogar in einem Geheimpatent der britischen

ne gewaltige Explosionswelle durch atomaren Zerfall gestartet werden könnte, die die ganze Masse des Erdballs in Helium verwandeln könnte (vgl. Weart, Sp.: Nuclear Fear. A History of Images. Harvard University Press 1988, S. 18).

23 [A.F.]: Atomic Transmutation. In: *Nature* 132(1933)3333, Sept. 16, S. 432-433 (hier S. 433). – Vgl. auch: Jenkin, J. G.: Atomic Energy is „Moonshine“: What did Rutherford *Really* Mean? In: *Physics in Perspective* 13(2011)2, S. 128-145.

24 Rutherford, E.: The Transformation of Energy. In: *Nature* 137(1936, Jan 25)3456, S. 135-137 (hier S. 137).

25 Zit. nach [http://www.nur-zitate.com/autor/Nikola_Tesla] (Zugriff: 6.10.2016). – Sinngemäß auch in: Tesla, 75, Predicts New Power Source. In: *New York Times* vom 5. Juli 1931. – Vgl. auch Cheney, M.: Nikola Tesla – Erfinder, Magier, Prophet. Aachen: Omega 2005, S. 258 f.

26 Vgl. Interview für die Kinderzeitschrift „Detskaja Literatura“ 1940, Nr. 4, S. 18-23, auszugsweise abgedruckt in: *Atomnoj Proekt SSSR*, Bd. 1, Teil I. Moskva: Izd. Nauka 1998, S. 93-94.

Marine patentieren.²⁷ Doch welche Elemente für einen solchen Prozess geeignet sein könnten, konnte auch Szilard noch nicht angeben. – Auch Ernest O. Lawrence beispielsweise, der Schöpfer des Zyklotrons, meinte: „ich habe keine Meinung, ob man es [die Nutzung der Atomenergie – HK] jemals erreichen kann, aber wir sollten es versuchen.“²⁸

Soviel zu den Visionen oder Fiktionen der Atomenergie, die es in den ersten Dezennien des 20. Jahrhunderts durchaus gab.²⁹ Aber die meisten „ernstzunehmenden“ Wissenschaftler glaubten eigentlich nicht daran und sie sahen auch keinen Weg, wie man das prüfen könnte. – In der Science-fiction-Literatur allerdings wurde diese Möglichkeit der Energiegewinnung durchaus weiterhin in Betracht gezogen, wenn auch meist nicht so tiefgründig wie bei Wells.³⁰ Die Frage ist also, wie weit hätten die Wissenschaftler diese Fiktionen ernst nehmen sollen bzw. müssen. Szilard zumindest versuchte es.

* * *

Die neuesten Ergebnisse der Kernforschung regten auch einen jungen deutschen Physiker an. Carl Friedrich von Weizsäcker hatte an den damaligen physikalischen Zentren Deutschlands studiert: Berlin, Göttingen und Leipzig. Weizsäcker promovierte im Sommer 1933 mit einer kernphysikalischen Arbeit in Leipzig bei Werner Heisenberg, der dort seit 1927 Physikordinarius war. 1936 habilitierte sich Weizsäcker dort mit einer Arbeit über Kernkräfte. Anschließend ging er nach Berlin an das neugegründete Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik, das unter der Leitung des ebenfalls zuvor in Leipzig wirkenden niederländischen Physikers Peter Debye (1884-1966) stand.³¹ Da sich das KWI für Physik noch im Aufbau befand und erst im Frühjahr 1937 seine Arbeit

-
- 27 Szilard, L.: Creative Intelligence and Society: The Case of Atomic Research, The Background in Fundamental Science. In ders.: The Collected Works Vol. 1, a.a.O., S. 178-189 (hier S. 183).
 - 28 Lawrence äußerte dies als Kommentar zum Bericht über Rutherfords Feststellung in der New York Harold Tribune vom 12.9.1933. (Zit. nach Weiner, Ch.: Physics in the Great Depression. In: Physics Today 23 (October, 1970), S. 31-38 (hier S. 35)).
 - 29 Vgl. auch Strub, E.: Soddy, Wells und die Atombombe. In: Physik Journal 4(2005)7, S. 47-51.
 - 30 Diese Aspekte können hier nicht vertieft werden; verwiesen sei lediglich auf der deutschsprachigen Literatur beispielsweise auf Hans Dominik (1872-1945) und seinen Roman „Der Brand der Cheopspyramide“ (1925/26).
 - 31 Ursprünglich war das KWI für Physik bereits 1917 unter der Leitung Einsteins gegründet worden, doch seinerzeit ohne Institutsgebäude und Labore. Spätestens seit Ende der 1920er Jahre wurde die Idee eines Institutsbaues verfolgt. (Vgl. u.a. Kant, H.: Max-Planck-Institut für Physik Berlin – München. In: Denkmale. Max-Planck-Gesellschaft und Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft. Brüche und Kontinuitäten 1911-2011. Hrsg. von P. Gruss & R. Rürup. Dresden: Sandstein 2010, S. 316-323).

aufnahm, nutzte Weizsäcker die Gelegenheit und ging im Herbst 1936 für ein Vierteljahr an das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, wo er den ihm von Kopenhagener Tagungen im Bohr-Institut bekannten Max Delbrück (1906-1981) vertreten sollte.³² Delbrück war damals sogenannter „Haustheoretiker“ bei Lise Meitner (1878-1966) und Otto Hahn, den führenden deutschen Forschern auf dem Gebiet der Radioaktivität, interessierte sich aber bereits mehr für die Biochemie. – Ende 1936 erschien Weizsäckers Monographie zur Kernphysik "Die Atomkerne – Grundlagen und Anwendungen ihrer Theorie", die die neuesten Erkenntnisse der letzten Jahre zu bündeln versuchte.³³ In seinem im September 1936 in Berlin verfassten Vorwort umriss er sein Anliegen:

"Das rasch anwachsende Erfahrungsmaterial über die Atomkerne lässt die Aufstellung einer erschöpfenden Theorie noch nicht zu, zeigt aber durchweg die Richtigkeit und Fruchtbarkeit gewisser theoretischer Grundvorstellungen. Das vorliegende Buch wendet sich einerseits an experimentell eingestellte Leser, die eine Übersicht über den gesicherten Teil dieser Kerntheorie gewinnen wollen, andererseits an Theoretiker, die sich für ihren weiteren Ausbau interessieren."³⁴

Delbrück schrieb in seiner Rezension dieses Buches, dass die Erforschung der Atomkerne derzeit das beliebteste Arbeitsfeld der Physiker sei und konstatierte, dass das Buch Weizsäckers „[...] die erste theoretische Darstellung des Gegenstandes“ sei und „[...] in klarer, verständlicher Sprache eine knappe Zusammenfassung unserer jetzigen Kenntnisse von den Atomkernen und aller der theoretischen Gesichtspunkte, die sich bei ihrer Analyse bewährt haben [...]“ gebe.³⁵

Bemerkenswert für unsere Betrachtungen hier ist die Abbildung auf S. 51 in Weizsäckers Buch, denn sie zeigt (in heutigen Worten) die Größe der Kernbindungsenergie in Abhängigkeit von der Kernmasse.³⁶ Aus der Kurve folgt, dass im Gebiet der leichten Kerne Nutzenergie durch Kernverschmelzung (Kernfusion) gewonnen werden kann, im Gebiet der schweren Kerne dagegen durch

32 Vgl. u.a. Kant, H.: Vom KWI für Chemie zum KWI für Radioaktivität: Die Abteilung(en) Hahn/Meitner am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie. In: Dahlemer Archivgespräche Heft 8, Berlin 2002, S. 57-92.

33 Weizsäcker, C. F. v.: Die Atomkerne – Grundlagen und Anwendungen ihrer Theorie. (= Physik und Chemie und ihre Anwendungen in Einzeldarstellungen Bd. 11). Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1937.

34 Ebenda.

35 Delbrück, M.: C. F. von Weizsäcker, Die Atomkerne. In: Physikalische Zeitschrift 38(1937) S. 388.

36 Weizsäcker bezog sich in der Ordinate auf den Packungsanteil, das ist der Quotient aus Massendefekt und Nukleonenzahl. Er ist ein Maß für die relative Stabilität der Atomkerne (N = Zahl der Neutronen, Z = Zahl der Protonen; $N + Z$ = Nukleonenzahl) – siehe Abbildung 1 auf S.172.

Kernspaltung (in zwei mittelschwere Kerne). Doch kamen die Physiker zu dieser Zeit nicht darauf, diese Möglichkeiten ernsthaft zu prüfen, weil andere Überzeugungen dem entgegen standen, u.a. die Grundaussage, dass Kernumwandlungen nur bei solchen Elementen vollzogen werden können, die im Periodensystem der Elemente dicht beieinander liegen.³⁷ Dieses „Versäumnis“ kann man aus historischer Sicht zwar konstatieren, aber wohl keinem der beteiligten Wissenschaftler einen Vorwurf daraus machen.

Weizsäcker war seit frühester Jugend stark an Astronomie interessiert. Da die gängigen Atommodelle Parallelen zu den Planetensystemen aufwiesen, suchte er da auch nach Zusammenhängen. Und da die Kernphysik nun „in“ war, kam ihm die Überlegung, dass die Energiequelle der Sterne vielleicht eine Kernreaktion sein könnte (Aston hatte das ja bereits postuliert). Die Frage nach der Energiequelle der Sterne war damals unter Astrophysikern ebenfalls „in“.³⁸ Weizsäcker publizierte seine Überlegungen dazu in der *Physikalischen Zeitschrift* und trug sie 1938 auch vor der *Berliner Physikalischen Gesellschaft* vor.³⁹

Die Astrophysiker gingen davon aus, dass die Sonne vorwiegend aus Wasserstoff und Helium besteht. Der Energieproduktionsmechanismus musste sich also vorwiegend auf die Kerne von Wasserstoff und Helium stützen. Weizsäcker schlug mehrere mögliche Grundreaktionen vor, und schlussendlich ergab sich, dass Helium aus Wasserstoff – unter Freisetzung großer Energiemengen – durch eine Fusionsreaktion entsteht. Weizsäcker gab noch verschiedene weitere mögliche Reaktionen an. Doch hat er nicht ausgerechnet, wie viel Energie dabei entsteht, und ob das Resultat mit der Energieabgabe der Sonne übereinstimmt.⁴⁰

Ein anderer Wissenschaftler, der in diesem Zusammenhang zu nennen ist, ist Hans Bethe (1906-2005). Er hatte in Frankfurt am Main und bei Arnold Sommerfeld in München Physik studiert. Im Wintersemester 1932/33 war er Assistenzprofessor für theoretische Physik in Tübingen, doch verlor er diese Stelle nach der Machtübernahme durch die Nationalsozialisten, da seine Mutter jüdischer Abstammung war. 1935 bekam er eine Stelle an der Cornell-University in den USA.⁴¹

37 Anders gesagt, deren Ordnungszahlen – gleich Zahl der Protonen im Kern – sich nur um „1“ unterscheiden.

38 Zu jener Zeit hatte Weizsäcker gerade das Buch des bedeutenden britischen Astrophysikers Sir Arthur Eddington (1882-1944) über den *inneren Aufbau der Sterne* gelesen (1926 erschienen), und Eddington hatte eine ähnliche Vermutung ausgesprochen.

39 Weizsäcker, C. F. v.: Über Elementumwandlungen im Innern der Sterne. In: *Physikalische Zeitschrift* 38(1937)6, S. 176-191 & 39(1938)16, S. 633-646.

40 Auf weitere Details kann hier nicht eingegangen werden.

41 Bethe erhielt dort 1937 eine Professur, wurde 1941 US-Bürger und war am Manhat-

Bethe kam eher zufällig zur Beschäftigung mit Problemen der Kernfusion. Der Ungar Edward Teller (1908-2003) und der Russe George Gamow (1904-1968), der eine Schüler von Heisenberg, der andere von Bohr und Rutherford und beide ebenfalls Emigranten, organisierten in Washington eine jährliche Tagung zur theoretischen Physik, an der auch Bethe teilnahm.⁴² An der Konferenz im März 1938 hatte er ursprünglich gar nicht teilnehmen wollen, da sie sich mit astrophysikalischen Fragen befassen sollte, doch Teller hatte ihn überredet, denn Ziel dieser 4. Konferenz war es, möglichst viele Physiker mit den aktuellen astrophysikalischen Problemen vertraut zu machen, damit sie vielleicht etwas dazu beitragen könnten.⁴³ Bethe erinnerte sich mit folgenden Worten:

„Auf dieser Konferenz erzählten die Astrophysiker einigen von uns Physikern, was Sterne sind, wie sie entstehen, welche Verteilung von Dichte und Druck in ihnen herrscht usw. Und dann schlossen sie mit der Frage, wo die Energie dafür herkommt. Alle stimmten natürlich darin überein, dass die Energie aus nuklearen Reaktionen stammen müsste, aber welche? Sie suchten zu dieser Zeit viel zu viel, d.h. sie versuchten gleichzeitig das Problem des Entstehens der Elemente und das Problem der Energieproduktion in den Sternen zu lösen. Erst die Entkopplung machte es möglich, das Problem zu lösen.“⁴⁴

Zunächst hatte Bethe mit Charles L. Critchfield (1910-1994), einem Schüler von Gamow und Teller, unter Bezug auf Weizsäckers Artikel von 1937 die einfache Fusionsreaktion zwischen zwei Wasserstoffkernen durchgerechnet.⁴⁵ Das Ergebnis stimmte mit dem von den Astrophysikern angegebenen Wert für die Energieproduktion der Sonne recht gut überein, doch bei größeren Sternen kam man mit dieser einfachen Reaktion nicht zurecht. Bethe rechnete sich dann systematisch durch das Periodensystem und suchte Kerne, die mit Wasserstoffkernen reagieren konnten. Schließlich wurde er beim Kohlenstoff fündig. Dabei dient der Kohlenstoff lediglich als Katalysator, indem er zuerst mit einem Wasserstoffkern zu einem Stickstoffisotop verschmilzt, das dann wieder in ein anderes Kohlenstoffisotop zerfällt, welches im nächsten Schritt wiederum mit

tan-Projekt beteiligt, u.a. als Leiter der Abteilung für theoretische Physik.

42 Zufällig waren Bethe und Teller bei der Überfahrt nach USA auf dem gleichen Schiff gewesen. Vgl. Hargittai, I.: Judging Edward Teller. Prometheus Books 2010, S. 103.

43 Vgl. dazu u.a. Bethe, H. A.: Energy on Earth and in the Stars. In: From a life of physics. World Scientific 1989, S. 1-18.

44 Ebenda, S. 11 (Übersetzung vom Verfasser).

45 Bethe, H. A. & C. L. Critchfield: The Formation of Deuterons by Proton Combination. In: Physical Review 54(1938)4, S. 248-254.

einem Wasserstoffkern verschmilzt und so weiter. Gesamtergebnis eines solchen Kohlenstoff-Stickstoffzyklus ist schließlich die Verschmelzung von vier Wasserstoffkernen zu einem Heliumkern (Alpha-Teilchen), dessen Masse um etwa 1% geringer ist als die Masse der vier Wasserstoffkerne (Protonen). Dieser Massendefekt wird nach der Einsteinschen Gleichung $E = mc^2$ fast vollständig in Energie umgewandelt. Man spricht bei diesem Kohlenstoff-Stickstoff-Zyklus heute auch vom Bethe-Weizsäcker Zyklus. Er läuft erst bei Temperaturen über 14 Millionen Kelvin ab.

Auf weitere mögliche Fusionsprozesse sei hier nicht eingegangen. Die hohen Temperaturen machen deutlich, dass es völlig illusorisch war, zur damaligen Zeit an eine praktische Nutzung zu denken. Deshalb haben die Physiker die Sache auch nicht weiter verfolgt, denn die Frage der Astrophysiker war für sie erst einmal prinzipiell gelöst.

Bethe erhielt für seine Arbeit 1967 den Nobelpreis für Physik; Weizsäcker ging leer aus, weil er die Sache im wesentlichen nur qualitativ betrachtet hatte, und da beide unabhängig voneinander gearbeitet hatten, hatte Bethe also die vollständigere Leistung erbracht. Das sah auch Weizsäcker selbst so.⁴⁶

* * *

Die Entdeckungen aus dem *annus mirabilis* 1932 waren dem jungen italienischen Physiker Enrico Fermi (1901-1954) Anstoß gewesen, seiner gerade konstituierten Forschungsgruppe in Rom eine interessante Aufgabe zu stellen. Fermi hatte schnell erkannt, dass sich das von James Chadwick (1891-1974) entdeckte Neutron wegen seiner neutralen Ladung wesentlich besser zur Herbeiführung von Atomumwandlungen eignen müsste als das bislang für solche Zwecke benutzte positiv geladene Alpha-Teilchen. Der letzte Anstoß für seine konkreten Untersuchungen ergab sich durch die Entdeckung der künstlichen Radioaktivität Anfang 1934 durch Irène (1897-1956) und Frédéric (1900-1958) Joliot-Curie.⁴⁷ In den folgenden Jahren zeigte Fermis Gruppe, dass sich fast alle Elemente durch Beschießen mit Neutronen in radioaktive Elemente umwandeln lassen. Dabei lag folgende Modellvorstellung zu Grunde: wenn ein energiearmes – also „langsames“ – Neutron auf einen Atomkern trifft, kann es in diesen eingebaut werden; in dem neu entstandenen Kern wandelt es sich dann in ein Proton um,

46 Vgl. dazu Schaaf, M.: Weizsäcker, Bethe und der Nobelpreis. In: Carl Friedrich von Weizsäcker: Physik – Philosophie – Friedensforschung. (= Acta Historica Leopoldina Nr. 63), Hrsg. von Klaus Hentschel und Dieter Hoffmann. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft 2014, S. 145-156.

47 Im Detail siehe dazu u.a. De Gregorio, A.: Neutron physics in the early 1930s. In: Historical Studies in the Physical and Biological Sciences 35(2005)2, S. 293-340.

wobei ein Beta-Teilchen emittiert wird, und die Ordnungszahl des Elementes steigt um eine Einheit.⁴⁸

Der beobachtete Umwandlungsmechanismus führte u.a. zu der Annahme, dass beim Beschießen des Urans, des schwersten natürlich vorkommenden Elementes – und damit des im Periodischen System der natürlichen Elemente mit der Ordnungszahl 92 an letzter Stelle stehenden – sogenannte Transurane entstehen müssten, also „künstlich hergestellte“ Elemente, die im Periodensystem auf das Uran folgen sollten.

Erste Reaktionen auf diese Fermischen Arbeiten machten u.a. darauf aufmerksam, dass es nicht ausgeschlossen sei, dass statt des Elementes 93 – wie von Fermi behauptet – das Element 91 entstanden sein könnte. Element 91 – Protactinium – war nun aber eine Domäne der Berliner Forscher Otto Hahn und Lise Meitner, denn sie waren 1918 dessen Entdecker gewesen. Also wandten sie sich Ende 1934 ebenfalls diesen Forschungen zu.

Nicht zuletzt die politischen Umstände in Deutschland zwangen Hahn und Meitner ab 1934 wieder zu einer engeren direkten Zusammenarbeit.⁴⁹ Meitner überzeugte Hahn davon, eine gemeinsame Überprüfung der Fermischen Ergebnisse vorzunehmen; hinzugezogen wurde für die notwendigen chemischen Analysen Fritz Straßmann (1902-1980), Hahns Assistent seit 1929. Die Behauptung der möglichen Entstehung von Protactinium war bald widerlegt, aber die Frage blieb, was bei der Neutronenbestrahlung wirklich entsteht.⁵⁰

Zwischen 1934 und 1938 erschienen von Hahn, Meitner und Straßmann 15 Publikationen über Fragen der künstlichen Umwandlung des Urans durch Neutronen, wobei auf der Grundlage der Fermischen Hypothese Transurane als Umwandlungsprodukte erwartet wurden. 1937 schienen die Drei eine Lösung gefunden zu haben und stellten drei mögliche Umwandlungsreihen des Urans in zwei Arbeiten – einer chemisch und einer physikalisch orientierten – vor.⁵¹ Die bei der Bestrahlung des Urans – und anderer Elemente – mit Neu-

48 Kant, H.: Von den falschen Transuranen zur Kernspaltung – die Atomphysiker Enrico Fermi und Lise Meitner. In: Italien und Europa. Der italienische Beitrag zur europäischen Kultur. Hrsg. von Franziska Meier & Italien-Zentrum der Universität Innsbruck; Innsbruck: Studien Verlag 2007, S. 171-186.

49 Meitner war Österreicherin und entstammte einer jüdischen Familie, war allerdings bereits 1908 zum evangelischen Glauben konvertiert.

50 Kant, H.: Die radioaktive Forschung am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie von den Anfängen bis zum deutschen Uranprojekt. In: Kant, H. & Reinhardt, C. (Hrsg.): 100 Jahre Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Institut für Chemie (Otto Hahn-Institut). Facetten seiner Geschichte. (= Veröffentlichungen aus dem Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Bd. 22) Berlin 2012, S. 53-98.

51 Hahn, O. & L. Meitner, F. Straßmann: Über die Transurane und ihr chemisches Verhalten. In: Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 70(1937) S. 1374-1391. – Meitner, L. & O. Hahn, F. Straßmann: Über die Umwandlungsreihen des

tronen entstehenden Reaktionsprodukte musste man zunächst chemisch abtrennen, um dann auf physikalischem Wege ihre Radioaktivität zu bestimmen. Da es sich um kleinste – nahezu „unwägbar“ Mengen – handelte, waren besonders diffizile chemische Analysemethoden notwendig, die aber gerade Hahn mit seinen Mitarbeitern hervorragend beherrschte.

Bei den Kernumwandlungen entstanden auch radioaktive Produkte, die sich nur mit Barium separieren ließen und in denen deshalb Radiumisotope vermutet wurden;⁵² dieser Teil des Forschungsprogramms warf allerdings mehr Fragen auf als Antworten gefunden werden konnten. Die Zuordnungsschwierigkeiten hatten ihre Ursache nicht zuletzt darin, dass damals die sogenannte Aktinidenreihe im Periodensystem der Elemente noch nicht bekannt war und deshalb die Einordnung der letzten drei natürlichen Elemente etwas anders aussah als heute.⁵³

Dass tatsächlich Barium entstanden sein könnte, wie einige Analyseergebnisse nahelegten, lag damals außerhalb jeder sinnvoll annehmbaren Vermutung. Parthey⁵⁴ verweist in diesem Zusammenhang gern auf eine Episode aus dem KWI für Chemie: Straßmann berichtete, dass er bereits 1936 nachts zwischen zwei Routine-Messungen, die er im Rahmen des Forschungsprogramms durchführte, auch eine Messung mit Barium durchführte, die ihm interessant erschien. Doch Lise Meitner meinte dazu am nächsten Morgen: „Ach, das überlassen Sie mal lieber uns Physikern – das können Sie ruhig in den Papierkorb werfen.“⁵⁵ Und Straßmann konstatierte: „Was ich damals weggeworfen hatte, war bereits der Nachweis der Bildung von Barium aus Uran nach der Bestrahlung mit langsamen Neutronen – das heißt die Kernspaltung.“⁵⁶ Ist das tatsächlich ein Beispiel für Ambivalenz in der experimentellen Forschung, wie Parthey meint, wenn man ein experimentelles Ergebnis, das offensichtlich der anerkannten Theorie über den Vorgang widerspricht, verwirft? Immerhin gab es zu diesem Zeitpunkt zumindest bereits die ersten Grundlagen einer „alternativen“ Theorie, die dieses Ergebnis dann bestätigte. Aus meiner Sicht eine offene Frage.

Urans, die durch Neutronenbestrahlung erzeugt werden. In: Zeitschrift für Physik 106(1937)3/4, S. 249-270.

- 52 Barium ist ein sogenanntes Homolog des Radiums, d.h. es steht im Periodensystem in der 2. Hauptgruppe unterhalb des Radiums.
- 53 Uran wurde damals in die 6. Nebengruppe der 7. Periode eingeordnet, heute findet es sich an 3. Stelle in der Aktinidenreihe.
- 54 Vgl. u.a. Parthey, H.: Ambivalenz der experimentellen Methode in der Forschung. In diesem Jahrbuch, S. 58.
- 55 Straßmann, F.: Kernspaltung. Privatdruck, Mainz 1978, S. 31.
- 56 Krafft, F.: Im Schatten der Sensation. Leben und Wirken von Fritz Straßmann. Weinheim etc.: Verlag Chemie 1981, S. 218.

Zwar hatte die Chemikerin Ida Noddack (1896-1978) bereits 1934 Zweifel an Fermis Transuran-Ergebnissen angemeldet und eben die Vermutung geäußert, dass es sich eventuell auch um Spaltprodukte des Urans handeln könne, doch hatte sie damals keine Möglichkeit, dies experimentell zu überprüfen. Und die Physiker schlossen eben aus den aufgestellten Theorien über den Kern, dass zwar Kernumwandlungen in benachbarte Elemente möglich seien, nicht aber ein „Zerplatzen“ des Kernes. Als wie abwegig Ida Noddacks Publikation seinerzeit von den Physikern aufgenommen worden war, zeigt eine Erinnerung Emilio Segrès (1905-1989) aus der Fermi-Gruppe:

„Wir haben die Möglichkeit der Kernspaltung nicht ernsthaft in Erwägung gezogen, obwohl sie von Ida Noddack, die uns einen Reprint ihrer Arbeit geschickt hatte, erwähnt wurde. Die Gründe für unsere Blindheit, die ja auch von Hahn und Meitner, den Joliot-Curies und jedem anderen, der auf diesem Gebiet arbeitete, geteilt wurde, sind mir bis heute nicht klar.“⁵⁷

Bald nach der Veröffentlichung der Hahn-Meitnerschen Zerfallsreihen kam eine erstaunliche Nachricht aus Paris. Irène Joliot-Curie und ihre Mitarbeiter hatten mit einer etwas anderen Analyseverfahren, als sie in Berlin üblich war, ein Reaktionsprodukt gefunden, das die Berliner wohl bisher übersehen hatten; doch in der Deutung dieses Produktes ergingen sich die Pariser in "wilden Spekulationen", die Meitner theoretisch unhaltbar fand und bald verlor sie jegliches Interesse an dem von ihr "Curiosum" getauften Reaktionsprodukt.⁵⁸ Mitte 1938 musste sie dann infolge der deutschen Annexion Österreichs Deutschland verlassen und fand in Schweden Asyl und bescheidene Arbeitsmöglichkeiten.

Im Herbst 1938 kam eine neue überraschende Veröffentlichung aus Paris über mögliche neue Reaktionsprodukte bei den Transuranuntersuchungen, und Hahn und Straßmann entschlossen sich nach anfänglichem Widerstreben, die Versuchsreihen erneut aufzunehmen. Ende Oktober 1938 schrieb Hahn an Meitner, dass sie nun diesen Pariser "Körper" tatsächlich gefunden hätten. Mehrere Briefe gingen hin und her. Am Montag, dem 19. Dezember 1938 schrieb Hahn an Meitner die folgenden berühmten Zeilen:

"[...] Es ist jetzt gleich 11 Uhr abends; [...] Es ist nämlich etwas bei den "Radium-Isotopen", was so merkwürdig ist, dass wir es vorerst nur Dir sagen. [...] immer mehr kommen wir zu dem schrecklichen Schluß: Unsere Ra-Isotope verhalten sich nicht wie Ra, sondern wie Ba. [...] Vielleicht kannst Du irgendeine

57 Segrè, E.: *A Mind always in Motion. The Autobiography of Emilio Segrè*. Berkeley & Oxford: University of California Press 1993, S. 91 (Übersetzung vom Verfasser).
– Auch Lise Meitner sah die Überlegungen Noddacks sehr kritisch; vgl. Krafft, Fritz: *Im Schatten der Sensation*. a.a.O., S. 318.

58 Krafft, F.: *Im Schatten der Sensation*; a.a.O., S. 79.

phantastische Erklärung vorschlagen. Wir wissen dabei selbst, daß es [das Uran – H.K.] eigentlich nicht in Ba zerplatzen kann.⁵⁹

Das war nun die berühmte eigentliche Entdeckung der Urankernspaltung.

Hahn war sich der Bedeutung dieser Entdeckung – wenngleich sicher noch nicht in allen ihren Konsequenzen – durchaus bewusst, ebenso der Wettbewerbssituation, in der er zumindest mit der Pariser Forschergruppe stand. So gab er noch am 23. Dezember 1938 das Manuskript des entsprechenden Artikels an die Zeitschrift *Die Naturwissenschaften* und erreichte mit seinen guten Beziehungen zum Redakteur, dass dieser Artikel bereits im ersten Heft von 1939 gedruckt wurde, das am Freitag, dem 6. Januar, erschien. Das Manuskript hatte Hahn auch an Meitner geschickt und es erreichte sie am 30. Dezember 1938.

Gemeinsam mit ihrem zu Besuch weilenden Neffen Otto Robert Frisch (1904-1979), der – ebenfalls Emigrant – an Bohrs Institut in Kopenhagen arbeitete, gelang Meitner dann in jenen Tagen um die Jahreswende 1938/39 unter Berücksichtigung des bereits seit mehreren Jahren bekannten Tröpfchenmodells⁶⁰ sowie der daraus drei Jahre zuvor von Bohr entwickelten Theorie über den sogenannten „Compound“-Kern die von Hahn erhoffte „phantastische Erklärung“ – mit anderen Worten: die Kernspaltung war durchaus im Rahmen der bereits vorliegenden physikalischen Theorien erklärbar! Damit fand die gemeinsame Arbeit der 1930er Jahre doch noch einen krönenden gemeinsamen Abschluss – Hahn und Straßmann lieferten die unumstößlichen chemisch-experimentellen Ergebnisse, Meitner und Frisch die physikalisch-theoretische Erklärung. Allerdings hatten sie etwas anderes gefunden, als sie ursprünglich suchten!

Die entsprechende Arbeit von Meitner und Frisch ging am 16. Januar 1939 an die englische Zeitschrift *Nature*.⁶¹

Nachdem der Aufsatz von Hahn und Straßmann erschienen war, hatte auch Weizsäcker am KWI für Physik schon bald die richtige theoretische Erklärung gefunden, ebenso wie Siegfried Flügge (1912-1997), seit 1937 als Nachfolger von Delbrück der neue „Haustheoretiker“ am KWI für Chemie, gemeinsam

59 Zit. nach Krafft, F.: Im Schatten der Sensation; a.a.O., S. 263 f.

60 Zunächst von George Gamow eingeführt, von anderen weiterentwickelt. Auch Weizsäckers Ausführungen in seinem Buch von 1937 beruhen darauf.

61 Meitner, L. u. O. R. Frisch: Disintegration of Uranium by Neutrons: a New Type of Nuclear Reaction. In: *Nature* 143(1939, Febr 11)3615, S. 239-240. – Frisch hatte nach seiner Rückkehr nach Kopenhagen die Kernspaltung nun auch physikalisch experimentell nachweisen können: wenn man von der Tatsache der Spaltung ausgeht und die entsprechenden Berechnungen zu Grunde legt, lässt sich der erwartete freigesetzte Energiebetrag relativ leicht messen. Sein entsprechender Artikel erschien eine Woche nach dem gemeinsamen Aufsatz mit Meitner.

mit Meitners langjährigem Assistenten Gottfried von Droste (1908-1992), deren entsprechender Aufsatz am 22. Januar 1939 eingereicht wurde (erschien Anfang März), also nur eine Woche nach Meitner/Frisch.⁶² Da Hahn am Institut nichts von der Entdeckung verraten hatte, um Meitner die Chance zu geben, die physikalische Erklärung zu finden und dadurch doch noch „das alte Team“ bei dieser Entdeckung irgendwie zusammenzuführen, war man in Berlin durchaus – und verständlicherweise – etwas „sauer“ über diese „Geheimhaltung“.⁶³

Flügge war es auch, der dann im Juni 1939 in den *Naturwissenschaften* einen mehr wissenschaftlichen und zwei Monate später in der *Deutschen Allgemeinen Zeitung* einen populären Artikel über die Möglichkeiten der Ausnutzung der Atomenergie publizierte und damit eine breitere Öffentlichkeit auf die neue Möglichkeit der Energiegewinnung aufmerksam machte.⁶⁴

Niels Bohr startete Anfang Januar 1939 von Kopenhagen zu einem mehrmonatigen Forschungsaufenthalt nach Princeton/USA. Wenige Tage vor der Abreise kam Frisch aus Schweden zurück und informierte Bohr über die neuesten Erkenntnisse.⁶⁵ Am 16. Januar 1939 kam Bohr in New York an, d.h. noch bevor das besagte Heft der *Naturwissenschaften* dort eintraf. Bohr hatte zwar Frisch versprochen, nichts verlauten zu lassen, bevor die entsprechenden Veröffentlichungen erschienen, aber wie das so ist, teilte er, der sich während der ganzen Überfahrt natürlich mit dieser sensationellen Entdeckung beschäftigt hatte, bereits am Kai dem ihn empfangenden John Archibald Wheeler (1911-2008) unter dem Siegel der Verschwiegenheit die Neuigkeit mit, und wie das

62 In Wien waren es Josef Schintlmeister (1908-1971) und Werner Czilius (1913-2008), die im Jan./Febr. 1939 entsprechende Überlegungen anstellten und diese am 23. Februar 1939 der Wiener Akademie vorstellten. [vgl. Nagel, G.: Atomversuche in Deutschland. Zella-Mehlis: Heinrich-Jung-Verlagsgesellschaft 2003, S. 24 ff.]

63 So vermerkte Flügge 1949 etwas süffisant: „Als wir Anfang Januar 1939 aus den Weihnachtsferien zurückkehrten, war bereits alles entschieden ...“ (Flügge, S.: Zur Entdeckung der Uranspaltung vor zehn Jahren. In: Zeitschrift für Naturforschung 4a(1949), S. 82-84). – Laut Eintrag in seinem Taschenkalender hatte Hahn am Montag, dem 9.1.1939 mit Weizsäcker, Flügge und anderen über die Entdeckung diskutiert.

64 Flügge, S.: Kann der Energieinhalt der Atomkerne technisch nutzbar gemacht werden? In: Die Naturwissenschaften 27(1939)23/24 (erschieden am 9.6.1939), S. 402-410. – Flügge, S.: Die Ausnutzung der Atomenergie. In: Deutsche Allgemeine Zeitung vom 15. August 1939. – Zur gleichen Zeit (am 16.6.1939) meldete Georg Stetter (1895-1988) aus Wien beim Deutschen Reichspatentamt ein Patent darüber an, wie die Kernspaltung zur Energieerzeugung genutzt werden kann (vgl. Nagel, G.: Atomversuche in Deutschland. Zella-Mehlis 2003, S. 29).

65 Frisch, O. R.: What little I remember. Cambridge University Press 1979, S. 116. – Röseberg, U.: Niels Bohr. Leben und Werk eines Atomphysikers. Berlin: Akademie-Verlag 1985, S. 215.

mit solchen vertraulichen Mitteilungen läuft, so verbreitete sich auch diese wie ein Lauffeuer.⁶⁶ So überraschend und unerwartet die Entdeckung gewesen war, nachdem sie bekannt geworden war, war jedem auf dem Gebiet der Atomforschung Tätigen sofort nicht nur die Bedeutung dieser Entdeckung klar, sondern sie ließ sich experimentell wie theoretisch auch relativ schnell nachvollziehen.

Und so blieb Bohr nichts weiter übrig, als am Rande der diesmal bereits Ende Januar stattfindenden Washingtoner Konferenz zur Theoretischen Physik, auf der es eigentlich um Tieftemperaturphysik ging, darüber offiziell zu berichten.⁶⁷ Damit aber blieb die Aufmerksamkeit für die Meitner-Frisch-Veröffentlichung wenige Wochen später gering und insbesondere der Anteil Lise Meitners an diesen Arbeiten wurde demzufolge auch in der wissenschaftlichen Welt zunächst unterschätzt.

Bohr arbeitete in den folgenden Wochen gemeinsam mit Wheeler die Theorie der Kernspaltung weiter aus und ihr grundlegender Artikel erschien am 1. September 1939 in *Physical Review* – ein Datum, das bekanntlich zugleich von grundlegender politisch-historischer Bedeutung ist – Ausbruch des Zweiten Weltkrieges.

Die weltpolitische Situation führte seit dem Frühjahr 1939 dazu, dass die Physiker in aller Welt nicht nur begeistert über die neuen Erkenntnisse waren und fasziniert die Möglichkeit einer fast unbegrenzten Energiegewinnung verfolgten. Sie erkannten auch, dass die freigesetzte Atomenergie die Möglichkeit einer unheimlichen Zerstörung in sich barg und damit für eine neue Art von Bombe geeignet war. In dieser neuen Art sahen Wissenschaftler wie Militärs allerdings lediglich eine „übliche“ Bombe mit „nur“ wesentlich größerer Zerstörungskraft – dass es sich dabei um einen absolut neuen Waffentyp handeln sollte, der auch ein neues militärpolitisches Denken erforderlich machen würde, wurde den allermeisten erst nach dem ersten schrecklichen Einsatz über Japan bewusst.⁶⁸

66 Die Überlieferungen sind nicht ganz eindeutig, ob Bohr bereits Wheeler informierte und eventuell am gleichen Abend auch Fermi, der ihn ebenfalls am Kai begrüßt hatte; mit Sicherheit jedoch hatte er seinem ihn begleitenden Assistenten Leon Rosenfeld (1904–1974), mit dem er während der Schiffsreise die Sache diskutiert hatte, nicht mitgeteilt, dass noch Stillschweigen gewahrt werden sollte, und Rosenfeld plauderte die Neuigkeit noch am gleichen Abend gegenüber Wheeler sowie im Wissenschaftlerklub in Princeton aus. – Vgl. Röseberg, U.: Niels Bohr; a.a.O. S. 219. – Wheeler, J. A.: *Geons, Black Holes & Quantum Foam. A Life in Physics*. New York/London 1998, Kapitel 1.

67 Interessanterweise wird auf der entsprechenden Gedenktafel in der George Washington University zwar auf Bohrs Ausführungen hingewiesen, jedoch werden die Namen Hahn, Straßmann und Meitner darauf nicht erwähnt. – Vgl. <https://physics.columbia.gwu.edu/1939-fifth-washington-conference-theoretical-physics-low-temperature-physics-and-superconductivity> (Zugriff: 10.4.2018).

68 Vgl. hierzu u.a. Kant, H.: *J. Robert Oppenheimer*. Leipzig: Teubner 1985.

In der relativ kurzen Zeitspanne zwischen der Entdeckung der Kernspaltung Mitte Dezember 1938 und der Publikation ihrer Theorie Anfang September 1939 liegt m.E. ein wesentlicher Aspekt zur Diskussion der Ambivalenz dieses wissenschaftlichen Ergebnisses. Allen beteiligten Wissenschaftlern war diese Ambivalenz offensichtlich bewusst, aber keiner zog daraus die Konsequenz, sich nicht weiter an diesen Forschungen zu beteiligen. Einige Wissenschaftler zogen einen Publikationsstopp in Erwägung, andere sahen dadurch die Gefahr der Freiheit der Grundlagenforschung bedroht und waren dagegen. So stellte Szilard bereits Anfang Februar 1939 an Frédéric Joliot-Curie die Frage, ob er sich einem entsprechenden Publikationsstopp anschließen würde, denn er wusste von dessen Forschungen zur Neutronenvermehrung.⁶⁹ Joliot-Curie antwortete, dass er zwar prinzipiell mit Szilards Absicht übereinstimme, aber man nicht voraussetzen könne, dass sich alle Laboratorien daran hielten und deshalb werde auch er weiter publizieren.⁷⁰

Ab Mitte 1940 erschien dann aber in amerikanischen und auch anderen Zeitschriften nichts mehr zu dieser Thematik, insbesondere mit der einsichtigen Begründung, den Deutschen keine weiterführenden Informationen zu geben.⁷¹ Aber insbesondere in Deutschland und in der Sowjetunion – also Ländern auf vergleichbarem Forschungsstand – schloss man natürlich aus diesem Publikationsstopp, dass in den USA an einer Atombombe gearbeitet wird.⁷² Hat der Publikationsstopp also tatsächlich etwas „Positives“ bewirken können?

Insbesondere den aus Deutschland und Italien vor dem Faschismus emigrierten Wissenschaftlern war schnell klar, welche Gefahr eine Atombombe in den Händen der deutschen Faschisten bedeuten könnte. Das galt für die nach USA ebenso wie für die nach England und Frankreich Emigrierten und sie bemühten sich darum – zum Teil im Zusammenwirken mit Wissenschaftlern jener Länder – die jeweiligen Regierungen auf diese Gefahr aufmerksam zu machen.

69 Goldsmith, M.: Nuclear fission and war. In: New Scientist (1976, 17 June), S. 646-647.

70 Ebenda, S. 647.

71 Überhaupt bezogen sich die Erwägungen zum Publikationsstopp nur auf die mögliche militärische Nutzung, also auf den eigentlichen „Missbrauch“. Aber den sah man damals letztlich nur beim politisch-militärischen Gegner (dem man deshalb keine Information zukommen lassen wollte), die eigene militärische Anwendung wurde gebilligt, wie die folgenden Ausführungen zeigen.

72 Dazu kamen entsprechende Geheimdienstinformationen beispielsweise in der Sowjetunion (vgl. dazu insbesondere: Atomnyj proekt SSSR. Dokumenty i materialy. Tom 1.1 (1938-1945), Moskva 1998; div. Materialien, u.a. S. 121/122 der Brief von drei Akademiemitgliedern vom 12. Juni 1940 an den stellv. Vorsitzenden des Ministerrates der UdSSR).

Leo Szilard, der im Berlin der 1920er Jahre u.a. eng mit Einstein zusammengearbeitet hatte und der sich, wie erwähnt, bereits 1934 das Prinzip der Kettenreaktion hatte patentieren lassen, unternahm im März 1939 gemeinsam mit Fermi und anderen einen ersten – allerdings erfolglosen – Versuch, das Interesse amerikanischer Regierungsstellen zu gewinnen. Um einen zweiten Versuch erfolgreicher zu gestalten, versicherte sich Szilard im Sommer 1939 der Unterstützung Einsteins, und so entstand jener berühmte, von Szilard verfasste und von Einstein unterschriebene Brief vom 2. August 1939 an US-Präsident Franklin D. Roosevelt (1882-1945), woraus schließlich – sehr vereinfacht formuliert – das US-amerikanische Atombombenprogramm resultierte, das jedoch nicht vor Ende 1940 staatlich gezielt koordiniert wurde und im vollen Umfang sogar erst im Sommer 1942 anlief, als das Militär die organisatorische Leitung und Gesamtverantwortung übernahm, nunmehr unter der Tarnbezeichnung *Manhattan-Projekt*. – Wie ist dieses Bemühen von Szilard, Einstein und anderen aus heutiger Sicht zu beurteilen, was hätten sie eventuell anders machen müssen?

Die Ängste jener Wissenschaftler waren durchaus begründet. Bereits Ende April 1939 hatten sich im deutschen Reichserziehungsministerium einige führende deutsche Atomforscher versammelt, um entsprechende Forschungen zu koordinieren. Nach Kriegsbeginn berief man die wichtigsten Atomforscher Deutschlands ins Heereswaffenamt ein, darunter auch Hahn, Heisenberg und von Weizsäcker. Inoffiziell sprach man vom *Uranverein*, und bei der Eröffnung dieses Projektes wurde deutlich gemacht, dass die Frage nach dem technischen Nutzen der Kernenergie nicht nur von allgemein-militärischem Interesse sei, sondern auch in direktem Bezug zu möglichen neuen Waffen stünde.⁷³ Als erstes wurde Heisenberg beauftragt, die theoretischen Grundlagen eines Kernreaktors – in Deutschland sagte man damals *Uranmaschine* – auszuarbeiten. Man muss in diesem Zusammenhang durchaus betonen, dass dieses militärische Uranprojekt zunächst kein ausdrückliches Bombenprogramm darstellte, wenngleich der Hintergrund eindeutig war.

In einem Interview von 1984, in dem es um das deutsche Uranprojekt ging, stellt Weizsäcker auch die Frage, was hätten wir gemacht, wenn wir erkannt hätten, dass wir die Bombe bauen können? „Daß wir sagten: Verehrter Führer, wir wissen zwar, wie man die Bombe baut, aber wir werden es Ihnen nicht sagen? Das möchte ich mal sehen, wie wir das hingekriegt hätten.“⁷⁴

73 Bagge, E. & K. Diebner, K. Jay: Von der Uranspaltung bis Calder Hall. Hamburg: Rowohlt 1957, S. 23.

74 Die Atomwaffe. Interview 1984 mit H. Jaenecke vom *Stern*. Abgedruckt in: Weizsäcker, C. F. v.: Bewußtseinswandel. München/Wien: Carl Hanser 1988, S. 362-383 (hier S. 367).

Dass im Frühjahr 1942, als entsprechende Entscheidungen zur Weiterführung anstanden, aus diesem Projekt in Deutschland kein direktes Atombombenprogramm wurde, hatte weder etwas mit einer manchmal behaupteten Unfähigkeit der beteiligten Wissenschaftler noch mit eventuellen ethisch-moralischen Bedenken zu tun. Die Gründe lagen in anderen politischen, militärischen und ökonomischen Zusammenhängen. Jedenfalls lief das deutsche Uranprogramm ab Sommer 1942 weitgehend als ein eher „ziviles“ Programm zum Bau eines Uranreaktors. Dennoch hatten zumindest involvierte Kreise aus Wehrmacht und SS den Gedanken an eine Atombombe nicht aufgegeben.⁷⁵

Vom ersten Einsatz von Atombomben durch die USA über japanischen Städten nach dem europäischen Ende des Zweiten Weltkrieges erfuhren zehn der führenden deutschen Atomwissenschaftler – darunter Hahn, Heisenberg und Weizsäcker – im britischen Farm Hall, wo sie für ein halbes Jahr in westalliiert gefangenschaft verbrachten, da sich vor allem der amerikanische Geheimdienst ein Bild machen wollte, wie weit die Deutschen tatsächlich in der Atombombenentwicklung gekommen seien und ob sie gegebenenfalls für das Manhattan-Projekt noch nutzbringend eingesetzt werden könnten. Es ist hier nicht der Ort, diesen Aspekt ausführlicher zu diskutieren. Durch die Gespräche der Protagonisten in Farm Hall wurde aus ihren individuell verschieden gelagerten Verstrickungen in das deutsche Uran-Projekt die kollektive Erfahrung einer illegitimen Indiennahme der Wissenschaft durch die politische Macht. Aus der retrospektiven Konstruktion von Widerstand gegen diese Verwendung sollte bald – im Zusammenhang mit der Wiederaufrüstung Westdeutschlands nach dem Krieg – das weitere Potential eines realen Widerstandes von Wissenschaftlern gegen solche Indiennahmen erwachsen.

Hahn hat immer betont, dass seine Forschungen während des Krieges nichts mit einer Atombombe zu tun gehabt hätten, man habe an seinem Institut nur Spaltprodukte der Uranspaltung untersucht. Im Prinzip stimmt das, aber ein bisschen blauäugig war das schon. Denn Hahn war beispielsweise Mitglied des Uranvereins und wusste zumindest grundsätzlich über die Arbeiten Bescheid, auch wenn man unterstellt, dass er von den physikalischen Zusammenhängen, die da behandelt wurden, nur relativ wenig verstand (was sicher nicht ganz falsch ist). Im Herbst 1945 erhielt er den Chemie-Nobelpreis für 1944

75 Zahlreiche Untersuchungen zum Deutschen Atomprojekt aus den letzten Jahren machen dies deutlich. Vgl. u.a. Karlsch, R.: Hitlers Bombe. Die geheime Geschichte der deutschen Kernwaffenversuche. München: Deutsche Verlags-Anstalt 2005. – Nagel, G.: Atomversuche in Deutschland. Geheime Uranarbeiten in Gottow, Oranienburg und Stadttilm. Zella-Mehlis/Meiningen: Heinrich-Jung-Verlagsgesellschaft mbH 2003. – Nagel, G.: Wissenschaft für den Krieg. Die geheimen Arbeiten der Abteilung Forschung des Heereswaffenamtes. (= Pallas Athene, Bd. 43) Stuttgart: Franz Steiner 2012.

zugesprochen „für seine Entdeckung der Spaltung schwerer Kerne“; überreicht wurde er ihm zur Nobelfeier im Dezember 1946, da er 1945 noch im britischen Farm Hall interniert war. Ob auch Meitner sowie Straßmann und Frisch hätten mit einbezogen werden müssen, ist ein anderes Thema, das ich an anderer Stelle diskutiert habe.⁷⁶

Hahn, Meitner und Straßmann erhielten dann gemeinsam 1966 den Enrico-Fermi-Preis der US-Atomenergiebehörde.

* * *

Wie die meisten Wissenschaftler seiner Generation war Hahn der Meinung, dass man friedliche und militärische Nutzung wissenschaftlicher Ergebnisse relativ klar trennen könne. Von den Segnungen der Wissenschaft für die Menschheit war er überzeugt, und so war es für ihn auch keine Frage, dass die friedliche Nutzung der Atomenergie eine der zukunftsreichsten Aufgaben der Menschheit sei. Am Schluss seines Nobelvortrages äußerte er sich deshalb im Dezember 1946 sehr dezidiert in diesem Sinne:

„[...] Die Energie kernphysikalischer Reaktionen ist in die Hand der Menschen gegeben. Soll sie ausgenutzt werden für die Förderung freier wissenschaftlicher Erkenntnis, sozialen Aufbau und Erleichterung der Lebensbedingungen der Menschen, oder soll sie missbraucht werden zur Zerstörung dessen, was die Menschen in Jahrtausenden geschaffen haben? Die Antwort sollte nicht schwerfallen und wird wohl auch von den Wissenschaftlern der ganzen Welt im Sinne der ersteren Möglichkeit gewünscht.“⁷⁷

Auf Grund des Alliierten Kontrollratsgesetzes Nr.25 waren im Nachkriegsdeutschland kernphysikalische Forschungen allerdings weitgehend untersagt.⁷⁸ Schon frühzeitig suchten die Wissenschaftler um Heisenberg jedoch nach Mittel und Wegen, dieses Verbot abzuschwächen oder gänzlich außer Kraft zu

76 Vgl. hierzu u.a. Kant, H.: „... der Menschheit den größten Nutzen geleistet ...“? 100 Jahre Nobelpreis, eine kritische Würdigung aus historischer Perspektive. In: *Physikalische Blätter* 57(2001)11, S. 75-79 (insbes. S. 77 f). – Kant, H.: *Die radioaktive Forschung am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie von den Anfängen bis zum deutschen Uranprojekt*. 2012, a.a.O. (hier S. 96-99).

77 Hahn, O.: *Von den natürlichen Umwandlungen des Urans zu seiner künstlichen Zerspaltung*. (Nobelvortrag 1946). In: *Otto Hahn – Mein Leben*. München: Piper 1986, S. 247-267 (hier: S. 264).

78 *Alliiertes Kontrollratsgesetz Nr. 25 „Regelung und Überwachung der naturwissenschaftlichen Forschung“* vom 29.4.1946 [<http://www.verfassungen.de/de/de45-49/kr-gesetz25.htm>] (Zugriff: 4.10.2017), spezifiziert durch das *Gesetz Nr. 22 der Alliierten Hohen Kommission „Überwachung von Stoffen, Einrichtungen und Ausrüstungen auf dem Gebiet der Atomenergie“* vom 2.3.1950.

setzen, und auch Hahn, nunmehr Präsident der Max-Planck-Gesellschaft, unterstützte diese Bemühungen.⁷⁹

Was die friedliche Nutzung der Kernenergie betraf, so waren in den 1950er Jahren die Kernreaktoren, die auf der Spaltungsreaktion beruhen, soweit entwickelt worden, dass sie elektrische Energie liefern konnten. Das erste Kraftwerk, das 1954 ans Netz ging, stand in Obninsk bei Moskau. Dass die Sowjetunion hier Vorreiter war, hatte nicht nur politische Hintergründe. Die Sowjetunion war stärker als beispielsweise die USA darauf angewiesen, neue Energiequellen zu erschließen. Andererseits muss man dazu sagen, dass dieses Kernkraftwerk keine zivile Gründung war, sondern dass man hier einige führende sowjetische Atomwissenschaftler, die aus verschiedenen Gründen gegen die militärische Entwicklung waren, geschickt in die entsprechenden Forschungen einbeziehen konnte. Es war aus dem 1945 gegründeten „Labor V“ des sowjetischen Atombombenprojektes hervorgegangen.

England und die USA folgten einige Jahre später und auch hier waren die ersten Kernreaktoren aus der militärischen Forschung hervorgegangen. Weiter sei auf die Entwicklung der Kernenergieindustrie nicht eingegangen.

Die Kernwaffen, die in den 1950er Jahren zur Verfügung standen, waren Atombomben und Wasserstoffbomben, also sowohl Spaltungsbomben wie auch Fusionsbomben. Die internationale Rüstungsentwicklung betrachteten auch in Deutschland viele Menschen mit Sorge – insbesondere in Bezug auf die Entwicklung der Atom- und Wasserstoffbomben – doch war man zunächst mehr mit dem eigenen Wiederaufbau beschäftigt und sah zudem die Kernwaffenfrage als Problem der Großmächte. Die beginnende internationale Protestwelle Anfang der 1950er Jahre berührte die Bundesrepublik Deutschland deshalb kaum. Aktivitäten wie die des 1949 gegründeten Weltfriedensrates unter Frédéric Joliot-Curie – so der als Stockholmer Appell von 1950 bekannte Aufruf, Atomwaffen zu bannen, den weltweit Millionen von Menschen unterschrieben – blieben in der BRD weitgehend unbeachtet, nicht zuletzt wegen der Angst vor kommunistischer Einflussnahme.

Das änderte sich um die Jahreswende 1954/55. Mindestens drei Aspekte sind für diesen Zeitpunkt von besonderer Wichtigkeit. Zum einen wurden im Oktober 1954 die Pariser Verträge unterzeichnet,⁸⁰ durch die u.a. der Beitritt der Bundesrepublik Deutschland zur NATO und damit der Wiederaufbau einer bundesdeutschen Armee besiegelt wurde. Zum anderen hatten auf internationaler Ebene die Eskalation des Kalten Krieges sowie die Folgen des Koreakrieges zu einer wachsenden Anti-Atomkriegsbewegung geführt, die nun auch

79 Das Kontrollratsgesetz Nr. 25 wurde im Mai 1955 in Folge der Pariser Verträge für die BRD offiziell außer Wirkung gesetzt; in der DDR erfolgte daraufhin die Außerwirkungsetzung im September 1955.

80 Die Pariser Verträge traten im Mai 1955 in Kraft.

Deutschland erreichte. Und schließlich kamen die Pläne der deutschen Atomforscher, Kernforschung wieder im „normalen Rahmen“ betreiben zu können, ihrer Realisierung immer näher und die deutschen Forscher erkannten, dass es für ihr Anliegen günstig sein würde deutlich zu machen, dass sie *nur* an der „friedlichen Kernforschung“ interessiert seien. Dass friedliche Kernforschung nutzbringend für die menschliche Gesellschaft sei, war nicht nur für die bundesdeutschen Wissenschaftler Konsens.

Hahn hatte im Frühjahr 1955 – angeregt durch Korrespondenzen mit Max Born (1882-1970) und Bertrand Russell (1872-1970) – erst einen Radiovortrag gehalten und dann eine Broschüre veröffentlicht unter dem Titel „Cobalt 60 – Gefahr oder Segen für die Menschheit“; über die Gefahren eines Missbrauchs der Kernenergie hatte Hahn sich dabei wohl deutlicher geäußert als andere vor ihm.⁸¹

Im Gedankenaustausch mit Born, Heisenberg und Weizsäcker entschloss er sich zu der Initiative, die seit 1951 alljährlich stattfindende Lindauer Tagung der Nobelpreisträger zu nutzen, um einen Aufruf *gegen* militärische und *für* friedliche Nutzung der Atomenergie in Umlauf zu setzen. Es gelang Hahn, alle 16 in Lindau anwesenden Nobelpreisträger zur Unterschrift zu bewegen.⁸²

Im Zusammenhang mit der Frage, in Folge des NATO-Beitritts auch die Bundeswehr mit Atomwaffen auszurüsten, kam es 1957 zur sogenannten *Göttinger Erklärung*. Hier waren vor allem Hahn und Weizsäcker die Initiatoren. Wichtige Aspekte der Göttinger Erklärung waren, dass die Unterzeichner gegen eine atomare Bewaffnung der Bundeswehr auftraten, dass sie die Gefahren von Atomwaffen deutlich machten und dass sie erklärten, sich nicht an der Herstellung oder Erprobung von Atomwaffen zu beteiligen; gleichzeitig traten sie für Forschungen zur friedlichen Nutzung der Atomenergie ein. Diese Erklärung war ausschließlich an die deutsche Bundesregierung gerichtet, beanspruchte

81 Vgl. dazu ausführlicher Kant, H.: Otto Hahn und die Erklärungen von Mainau (1955) und Göttingen (1957). In: Vom atomaren Patt zu einer von Atomwaffen freien Welt. Zum Gedenken an Klaus Fuchs. (= Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften Bd. 32) Hrsg. von Günter Flach & Klaus Fuchs-Kittowski. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag 2012, S. 183-197.

82 Vgl. Hahn, O.: Mein Leben. a.a.O. S. 230. – In seinem Notizbuch vermerkt Hahn unter dem 11.7.55 „Nachmittags noch längere Besprechungen mit den anwesenden 16 Nobelpreisträgern. Schließlich gibt auch Lipmann nach.“ (in Hahn, D.: Otto Hahn – Begründer des Atomzeitalters. Eine Biographie in Bildern und Dokumenten. München: Paul List 1979, S. 249) – Vgl. dazu auch die Anmerkung von Born in Max Born: My Life and My Views. New York 1968, S. 85. – Von den Erstunterzeichnern waren Compton und Yukawa nicht in Lindau anwesend (vgl. Abb. der Originalerklärung in Hahn, D., a.a.O. S. 250; auch in Gerlach, W. & D. Hahn: Otto Hahn – Ein Forscherleben unserer Zeit. (= Große Naturforscher Bd. 45). Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft 1984, S. 154 f.).

also keine internationale Dimension wie die Mainauer Kundgebung, und wandte sich beispielsweise ausdrücklich auch nicht gegen Atomwaffenversuche.⁸³ – Ein wichtiges Resultat war die künftige Teilnahme bundesdeutscher Wissenschaftler an der internationalen Pugwash-Bewegung; für die Antiatombewegung der 1950/60er Jahre „auf der Straße“ war der Einfluss der Göttinger Erklärung letztlich aber nur gering, weil die beteiligten Wissenschaftler selbst nicht bereit waren, „auf die Straße“ zu gehen.

Wesentlich festzuhalten ist, dass mit der Mainauer und mehr noch mit der Göttinger Erklärung führende deutsche (Natur-)Wissenschaftler erstmals aus ihrem unmittelbaren wissenschaftlichen Wirkungskreis in eine breite politische Öffentlichkeit traten. Aber taten sie es wirklich aus politischer Überzeugung oder eher aus sehr verschiedenen eigennützigen Gründen? Ein Zweifel ist durchaus angebracht, ob diesem öffentlichkeitswirksamen Auftritt wirklich *die* verantwortungspolitische Absicht zuzuschreiben ist, die ihm in den letzten Jahren verstärkt zugeschrieben wird.

Hahn betonte immer wieder ausdrücklich, dass er in dieser Sache nicht als Präsident der Max-Planck-Gesellschaft agiere, sondern als unabhängiger Wissenschaftler, doch nutzte er andererseits die Möglichkeit, auf der 1957er Jahrestagung der Gesellschaft in Lübeck am Schluss seiner Präsidentenansprache noch einmal das Anliegen der *Göttinger 18* zu vertreten.⁸⁴

Über das weitere Vorgehen gab es unter den Unterzeichnern unterschiedliche Auffassungen.⁸⁵

Für Hahn bot sich die nächste passende Gelegenheit, sein Anliegen in die Öffentlichkeit zu bringen, bei seinem vielbeachteten Vortrag „Atomenergie für den Frieden oder für den Krieg“, den er auf Einladung der Österreichischen

83 Letzteres betonte Hahn beispielsweise explizite in einem Brief an Karl Bechert (1901-1981) vom 12.12.1957 [MPG-Archiv, NL Hahn, Abt. III, Rep. 14A, Nr. 00 208, Bl. 2]. – Bechert war Physiker und SPD-Politiker und widmete sich frühzeitig dem Kampf gegen militärische wie zivile Nutzung der Atomenergie; später auch Mitbegründer der Anti-Atomenergie-Bewegung.

84 Hahn, O.: Ansprache des Präsidenten auf der Hauptversammlung der MPG 1957 in Lübeck. In: Mitteilungen aus der Max-Planck-Gesellschaft Heft 4/1957 (August), S. 194-201 (hier S. 199 f).

85 Entsprechend dem im Bundeskanzleramt vereinbarten Kompromiss vom 17.4.1957 waren die Wissenschaftler jedoch allgemein der Ansicht, vor den Bundestagswahlen im September 1957 nicht mehr an die Öffentlichkeit zu treten, um sich nicht dem Vorwurf auszusetzen, parteipolitisch Stellung zu beziehen. – Siehe dazu u.a. Kraus, E.: Von der Uranspaltung zur Göttinger Erklärung. Otto Hahn, Werner Heisenberg, Carl Friedrich von Weizsäcker und die Verantwortung des Wissenschaftlers. Würzburg: Königshausen & Neumann 2001. – Rese, A.: Wirkung politischer Stellungnahmen von Wissenschaftlern am Beispiel der Göttinger Erklärung zur atomaren Bewaffnung. Frankfurt am Main: Lang 1999.

Kulturvereinigung am 14. November 1957 im Wiener Konzerthaus hielt.⁸⁶ Er blieb darin seiner Überzeugung treu, unmissverständlich gegen einen Atomkrieg aufzutreten und zitierte ausführlich die Mainauer und die Göttinger Erklärung, trat gleichwohl vehement für die friedliche Nutzung ein.⁸⁷

Auch Weizsäcker, der ja wesentlichen Anteil an der Mainauer und der Göttinger Erklärung hatte, war zu jener Zeit noch von dieser Überzeugung geprägt. Das gilt selbst für die überwiegende Mehrheit der an der Atombombenentwicklung beteiligten Wissenschaftler.

„Die Physiker haben erfahren, was Sünde ist, und dieses Wissen wird sie nie mehr ganz verlassen,“ kommentierte J. Robert Oppenheimer (1904-1967), der sogenannte „Vater der amerikanischen Atombombe“ nach ihrem Einsatz über Japan und nach dem Ende des Manhattan-Projektes. Aber diese „Sünde“ bezog er eindeutig auf die militärische Anwendung, und man muss durchaus konstatieren, dass den meisten daran beteiligten Wissenschaftlern ein hohes Maß an Verantwortung zugebilligt werden muss. Sie hatten sich zu diesem Schritt gerade deshalb entschlossen, weil sie befürchten mussten, dass diese Waffe durch andere skrupellos missbraucht werden würde, wenn sie sie besäßen. Dass auch die Regierung, die sie ursprünglich regelrecht überreden mussten, die Atombombenentwicklung aufzunehmen, später selbst diese Waffe skrupellos missbrauchen würde, konnten sie bei ihrer politisch-gesellschaftlichen Prägung damals kaum ahnen.⁸⁸ Doch die friedliche Nutzung, für die sie in den 1950er und 1960er Jahren mehr oder weniger vehement eintraten, war für sie eine unzweifelhaft positive Option.⁸⁹

* * *

86 Hahn sagte den Vortrag am 11.9.1957 zu [MPG-Archiv NL Hahn, Abt. III, Rep. 14A, Nr. 05 548, Bl. 15].

87 Vortragsmanuskript im MPG-Archiv NL Hahn, Abt. III, Rep. 14A, Nr. 06 379.

88 Vgl. u.a. Kant, H.: J. Robert Oppenheimer. a.a.O., S. 156.

89 Dessen ungeachtet hatte bereits der US-amerikanische Acheson-Lilienthal-Plan von 1946, ein erster Entwurf zur internationalen Kontrolle von Atomwaffen und Atomenergieindustrie, der unter maßgeblicher Mitwirkung Oppenheimers zustande gekommen war, deutlich gemacht: „Die Entwicklung der Atomenergie für friedliche Zwecke und die Entwicklung der Atomenergie für Bomben sind in fast jeder Hinsicht austauschbar und voneinander abhängig.“ (A report on the international control of atomic energy. Prepared for the secretary of state's committee on atomic energy. Washington, D.C. March 16, 1946, S. 10). – Dieses Grundproblem ließ sich auch durch das deutliche Eintreten für die friedliche Nutzung nicht auflösen, wie die weitere Entwicklung zeigte, auch wenn man bemüht war, für die Öffentlichkeit den militärischen Aspekt immer wieder in den Hintergrund treten zu lassen. Hahn beispielsweise war zwar auf der Hauptversammlung der MPG 1958 in Hannover erneut vehement für die friedliche Nutzung der Kernenergie eingetreten, äußerte jedoch auch erste vorsichtige Zweifel an dieser Nutzung. „Seit Jahren habe ich mir gelegentlich überlegt, ob es nicht besser wäre, die ganze Nutzbarmachung der Atomenergie sei niemals Tatsache geworden

Es sollte nicht vergessen werden, dass die Euphorie der Wissenschaftler bezüglich der friedlichen Nutzung der Kernenergie in den 1950er und 1960er Jahren unterstützt wurde durch eine politische Euphorie (nicht nur in Deutschland), die zum einen mit Gegebenheiten des Kalten Krieges zusammenhing und zum anderen mit wirtschaftlichen Überlegungen, die Franz Josef Strauß (1915-1988), Bundesminister für Atomfragen von 1955-1956, so auf den Punkt brachte:

„Wir müssen aber jetzt ganz bescheiden und schlicht die ersten Schritte unternehmen, die notwendig sind, daß wir überhaupt im Kreis der Atommächte [...], die für friedliche Zwecke diese Kraft ausnutzen, in absehbarer Zeit einen gleichberechtigten Platz einnehmen.“⁹⁰

Aus dieser Zielsetzung resultierte u.a., dass die Bundesregierung die Energieindustrie regelrecht drängte, in die Kernenergiegewinnung einzusteigen und dazu auch entsprechende Kapitalbereitstellungen avisierte, denn es war klar, dass der Kapitalaufwand für die Errichtung entsprechender Kapazitäten wesentlich höher werden würde als für konventionelle Kraftwerke. Die Bedenken der Energiewirtschaft resultierten also wesentlich aus finanzwirtschaftlichen Gegebenheiten und weniger aus Risiken der technischen Realisierbarkeit oder ökologischen Überlegungen.⁹¹ Und das gilt bis heute.

[...]“, um dann aber zunächst seine positive Sichtweise zu betonen, dass es doch ein Glück sei, angesichts der Verknappung von Kohle und Erdöl die Atomenergie zur Verfügung zu haben. Doch dann weist er auch auf die Gefahren der entstehenden Spaltprodukte im Kernreaktor sowie auf deren Nutzung (z.B. Plutonium) für den Atombombenbau hin und verweist dann abschließend auf die sich abzeichnende Möglichkeit der Kernfusion, wobei er u.a. betont, daß der Fusionsreaktor nicht für die Herstellung von Wasserstoffbomben genutzt werden, aber das Energieproblem lösen könne. (Hahn, Otto: Ansprache auf der Hauptversammlung der Max-Planck-Gesellschaft 1958 in Hannover. In: Mitteilungen aus der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (1958) 4, S. 216–224 (hier S. 221 ff)).

90 Zit. nach Fischer, P.: Atomenergie und staatliches Interesse: Die Anfänge der Atompolitik in der Bundesrepublik Deutschland 1949–1955. (= Internationale Politik und Sicherheit, Bd. 30/3) Baden-Baden: Nomos 1994, S. 261. – Wie Fischer im Weiteren zeigt, war Strauß durchaus nicht nur auf die friedliche Nutzung aus, denn für ihn galt: „Was die Bundeswehr auf dem einen Gebiete war, war die Kernenergie auf dem anderen“ (ebenda, S. 262). – Und letztlich hatte dieser militärische Hintergrund auch Einfluss auf die Auswahl des Brennstoffes (Natururan oder angereichertes Uran) und damit des Reaktortyps (vgl. z.B. Radkau, J. (1983) a.a.O., S. 63: „Daß die Bundesrepublik auf den Bau von Nuklearwaffen verzichtete, hat nicht verhindert, daß auch hier die Kernenergie-Entwicklung von der Militärtechnik vorstrukturiert wurde.“).

91 Vgl. u.a. Radkau, J.: Aufstieg und Krise der deutschen Atomwirtschaft 1945-1975. Verdrängte Alternativen in der Kerntechnik und der Ursprung der nuklearen Kontroverse. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt 1983, S. 196 ff. – Müller, W. D.: Geschichte der Kernenergie in der Bundesrepublik Deutschland. Bd. I: Anfänge und Weichenstellungen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel 1990 (insbes. Kap. B.6.: Wer braucht Kernenergie?). – Zur entsprechenden Entwicklung in der DDR vgl. beispielsweise Liewers, P. & J. Abele, G.

Dabei wurde von Wissenschaftlern wie Politikern in jener Zeit auch immer wieder ein internationaler Wettlauf beschworen, in dem man sich bezüglich der Kernenergienutzung angeblich befände und wobei man den Anschluß nicht verlieren dürfe. Dem setzte Erich Bagge (1912-1996) bereits 1960 – wohl eher unbewußt, denn für ihn schien es selbstverständlich – entgegen:

„Die Frage, ob es überhaupt zweckmäßig sei, sich in dieses besonders kostspielige Wettrennen um die friedliche Nutzung der Kernenergie einzuschalten, stand in keinem Augenblick etwa als Problem zur Diskussion.“⁹²

Zum Konzept der friedlichen Nutzung von Kernenergie gehörte nicht nur die Energiebereitstellung für öffentliche Stromnetze durch Kernkraftwerke. So gab es auch zahlreiche Überlegungen, Kernenergie direkt für Antriebstechnik zu nutzen, beispielsweise für Schiffe.⁹³ Allerdings war bei Schiffsantrieben ebenfalls die militärische Nutzung Vorreiter: 1955 ging das erste US-Atom-U-Boot in Betrieb.⁹⁴ In Deutschland publizierte die *Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt* (GKSS) in Geesthacht im Jahre 1960 eine Ausschreibung für ein nuklear angetriebenes Handelsschiff.⁹⁵ 1964 war Stapellauf, 1968 Indienstellung des Erzfrachters *Otto Hahn*.⁹⁶ Es blieb jedoch bei diesem

Barkleit (Hrsg.): Zur Geschichte der Kernenergie in der DDR. Frankfurt am Main: Peter Lang 2000.

- 92 Bagge, E.: Die friedliche Nutzung der Kernenergie für technische Zwecke. In: Atom. Wirklichkeit – Segen – Gefahr. Werbebroschüre des Innenministeriums des Landes Schleswig-Holstein, Kiel 1960, S. 55-65 (hier S. 56). – Bagge ebenso wie Kurt Diebner (1905-1964) gehörten zu den Mitgliedern des Uranvereins, die 1945 in Farm Hall interniert waren. Sie standen jedoch in vielen kernphysikalischen Fragen im Gegensatz zu dem Kreis um Heisenberg, was nicht nur damit zu tun hatte, dass sie während des Krieges ihre kernphysikalischen Forschungen in der Forschungsstelle des Heereswaffenamtes betrieben. Bagge, ein Heisenberg-Schüler, war 1948-1957 an der Universität Hamburg tätig und danach Leiter des Instituts für Reine und Angewandte Kernphysik an der Universität Kiel. Er gehörte mit Diebner auch zu den Gründern der nachfolgend genannten GKSS.
- 93 Zu diesem und weiteren Anwendungsbeispielen siehe u.a. Margulies, R.: Atome für den Frieden. Köln/Opladen: Westdeutscher Verlag 1965. – Zwar wurde dieses Buch unter dem Aspekt der Begeisterung für die Kernenergie geschrieben, nennt aber beispielsweise im Abschnitt „Die Suche nach Energiequellen“ (S. 13-18) auch die verschiedensten alternativen Energiequellen einschließlich Wind- und Sonnenenergie, die aber nach dem damaligen Stand der Technik eben nicht industriemäßig zuverlässig eingesetzt werden konnten.
- 94 Gegenwärtig betreiben die USA, Russland, Frankreich, Großbritannien, VR China und Indien U-Boot-Flotten mit Kernenergieantrieb. – Flugzeugträger mit Kernenergieantrieb bauen die USA seit 1960; in Russland und China gibt es entsprechende Pläne.
- 95 Vorangegangen waren der sowjetische Atomeisbrecher *Lenin* (Stapellauf 1957, Indienstellung 1959) sowie das US-amerikanische Handels- und Passagierschiff *Savannah* (Planung seit 1955, Indienstellung 1962).
- 96 Hahn nahm am Stapellauf am 13. Juni 1964 in Kiel teil und sah in diesem Projekt eine Bestätigung seiner Vorstellungen von der friedlichen Nutzung der Kernenergie (vgl.

einen Schiff, das 1979 stillgelegt und 2009 verschrottet wurde.⁹⁷ Nukleare Frachtschiffe konnten sich aus verschiedenen Gründen nicht durchsetzen (vor allem stellten sie sich als unwirtschaftlich heraus).

Dabei spielten offensichtlich Aspekte, die heute bei der Beurteilung auch der friedlichen Nutzung der Kernenergie eine wesentliche Rolle spielen, zunächst eine nur untergeordnete bis gar keine Rolle. Im Vordergrund standen vor allem die Möglichkeit einer relativ unbegrenzten Verfügbarkeit von Energie (die noch dazu gegenüber den begrenzten fossilen Brennstoffen als „sauber“ galt) und der nutzbringende Einsatz radioaktiver Isotope beispielsweise in Medizin und Technik. Zwar war Reaktorsicherheit von Anfang an ein durchaus beachtetes Thema, doch die Problematik beispielsweise der langfristig sicheren Lagerung des sogenannten Atommülls (wie Brennelemente, Bauschutt von entsorgten Atommeilern udgl.) oder des technischen, finanziellen und zeitlichen Aufwandes des Reaktorrückbaus spielte zunächst eine untergeordnete Rolle bzw. wurde als relativ unproblematisch lösbar betrachtet, wohl auch unter dem Aspekt, dass man annahm, die Kernspaltungsenergie würde bald von der Fusionsenergie abgelöst werden. Doch rechnete man zu Beginn der Fusionsforschung Ende der 1950er Jahre bis zur Realisierung eines Fusionsreaktors mit einem Zeitraum von maximal 20 bis 30 Jahren, geht man heute davon aus, dass mit einer möglichen kommerziellen Nutzung nicht vor 2050 zu rechnen sei (also mehr als 100 Jahre später gegenüber dem Beginn der Forschung).⁹⁸ Und auch bei der Frage, ob die Fusionsenergie soviel „sauberer“ bzw. umweltverträglicher sei als die Spaltungsenergie, sind die Abschätzungen heutzutage nicht mehr so optimistisch wie noch Ende des 20. Jahrhunderts.

Mitte der 1980er Jahre schrieb Weizsäcker dann allerdings in der Einleitung zu einer Studie von Meyer-Abich und Schefold, die zu dem Ergebnis kam, dass die Kernenergie – im Vergleich zur Sonnenenergie und zur technisch ermöglichten Energieeinsparung – weder dem Kriterium der Sozialverträglichkeit noch der Wirtschaftlichkeit ausreichend gerecht werde, rückblickend:

„Meiner wissenschaftlichen Herkunft nach war ich bis zum Anfang der siebziger Jahre ein spontaner Befürworter der Kernenergie. [...] Im Winter 1974-75

Hahn, D., a.a.O. S. 324; Hoffmann, K., a.a.O., S. 246).

97 1979 war der Kernreaktor durch einen Dieselantrieb ersetzt worden; 1983 wurde das Schiff zudem zu einem Containerschiff umgebaut und fuhr weiter unter wechselnden Namen und Flaggen bis zur Verschrottung als Frachtschiff. Der ausgebaute Reaktor wurde im GKSS bis 2010 eingelagert. – Vgl. u.a. Neumann, H.: Vom Forschungsreaktor zum "Atom Schiff" OTTO HAHN: Die Entwicklung von Kernenergieantrieben für die Handelsmarine in Deutschland. (= Deutsche Maritime Studien 7) Bremen: H. M. Hauschild 2009.

98 Radkau nennt den Fusionsreaktor gar die „Fata Morgana der Atomeuphorie“ (Radkau, J. & L. Hahn: Aufstieg und Fall der deutschen Atomwirtschaft. München: oekom 2013, S. 53).

habe ich als Berater des Bundesministers für Forschung und Technologie auf die unausweichlich kommende öffentliche Kernenergie-debatte hingewiesen. Die Form, in der die öffentliche Kritik an der Kernenergie dann ausgesprochen wurde, empfand ich freilich als sachlich viel zu undifferenziert.

[...] trete ich nunmehr entschieden für Sonnenenergie als hauptsächliche Energiequelle, unterstützt durch technisch ermöglichte Energieeinsparung, und gegen die Entscheidung für Kernenergie als Hauptenergiequelle ein; [...]“⁹⁹

Radkau kommentierte diesen Meinungswechsel eines führenden Kernphysikers der Pionierzeit mit folgenden Worten:

„[...] Weizsäcker had become skeptical of nuclear power, and that was a deep shock for them [gemeint ist die nuclear community – HK] – as if they had lost their demigod. A remarkable thing: nuclear power is based on the laws of physics and a huge army of experts, and yet its promotion was so dependent on the blessing of key personalities.“¹⁰⁰

Weizsäckers Feststellung kann aus heutiger Sicht dahingehend verallgemeinert werden, dass es zu erneuerbaren Energien langfristig keine ernst zu nehmenden Alternativen gibt.¹⁰¹ Bei dieser Einschätzung spielt neben weiteren Aspekten die Gefahr von atomaren Katastrophen ebenso eine Rolle wie die nach wie vor ungeklärte Entsorgung atomarer Abfälle.¹⁰² Beobachtete man allerdings in den 1950er und 1960er Jahren – je nach Standpunkt – eine gewisse Atomhysterie bzw. -euphorie in Wissenschaft und Politik, so besteht heute bei den Diskussionen um den relativ plötzlichen Atomausstieg nach der Katastro-

99 Weizsäcker, C. F. v.: Einleitung zu Klaus Michael Meyer-Abich & Bertram Schefold: Die Grenzen der Atomwirtschaft. München: C.H.Beck 1986, S. 15 f.

100 Interview von Frank Uekoetter mit Joachim Radkau. In: Environmental History 13(2008)4, S. 757-768 (hier S. 760).

101 Hubert Laitko fasst die diesbezüglichen Überlegungen Weizsäckers, die zu dieser Schlussfolgerung führten, so zusammen: „Bei der Entwicklung von Waffen wird ihre zerstörerische Wirkung bewusst einkalkuliert; es ist der genuine Zweck von Waffen, eben diese Wirkung zu erzielen. Ökologische Schäden hingegen treten in der Regel unbeabsichtigt ein und stehen sogar im Gegensatz zu den Zielen, mit denen die Handlungen unternommen werden, die solche Schäden hervorrufen. Kognitiv und ethisch haben wir es hier mit einer ganz anderen Situation zu tun als bei der Waffenentwicklung. Die eigentliche Komplikation liegt darin, dass hier nicht unabsichtlich der Schaden anstelle des angestrebten Nutzens eintritt, sondern der angestrebte Nutzen erreicht wird und *außerdem* – als Sekundär- oder Folgeeffekt – auch noch ein ökologischer Schaden resultiert.“ (Laitko, H.: Der Ambivalenzbegriff in Carl Friedrich von Weizsäckers Starnberger Institutskonzept. Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Preprint 449, Berlin 2013, S. 16). – Im Grunde führten solche Überlegungen dann seit den 1960er/1970er Jahren zur Etablierung des Forschungsgebietes *Technikfolgenabschätzung*.

102 Einen Überblick über atomare Unglücke bietet beispielsweise Mahaffey, J.: Atomic Accidents. A history of nuclear meltdowns and disasters. From the Ozark mountains to Fukushima. New York/London: Pegasus Books 2015.

phe von Fukushima im März 2011 andererseits die Gefahr, in eine Anti-Atomhysterie bzw. -euphorie zu verfallen.¹⁰³ Wenngleich ein Atomausstieg schon längerfristig im Visier war,¹⁰⁴ kam es in der BRD erst im Jahre 2000 zu einem entsprechenden Beschluss der rot-grünen Bundesregierung unter Gerhard Schröder, der allerdings 2009 von der CDU/CSU/FDP-Regierung unter Angela Merkel in wesentlichen Punkten zurückgenommen wurde (Kernenergie sollte nunmehr wieder stärker als „Brückentechnologie“ betrachtet werden).¹⁰⁵ Angesichts der Reaktorkatastrophe von Fukushima setzte diese Regierung dann aber ziemlich abrupt in einer beispiellosen Kehrtwende einen neuen Beschluss zum Atomausstieg in Kraft, der nunmehr die Abschaltung aller deutschen Kernkraftwerke bis 2022 vorsieht. Dieser Beschluss manifestierte in der Öffentlichkeit zugleich die sogenannte Energiewende, worunter der Übergang von fossilen Energieträgern sowie der Kernenergie zu einer „nachhaltigen“ Energieversorgung durch sogenannte erneuerbare Energien¹⁰⁶ verstanden wird.¹⁰⁷

-
- 103 Inzwischen gibt es eine Vielzahl von Publikationen zu den Fragen und Folgen der sogenannten Energiewende und dem Atomausstieg. Im Zusammenhang mit dem hier Dargestellten verweise ich nur auf folgende: Banse, G. u.a. (Hrsg.): *Energiewende – Produktivkraftentwicklung und Gesellschaftsvertrag*. (= Abhandlungen der Leibniz-Sozietät, Bd. 31) Berlin: trafo Wissenschaftsverlag 2013. – Ostheimer, J. & M. Vogt (Hrsg.): *Die Moral der Energiewende. Risikowahrnehmung im Wandel am Beispiel der Atomenergie*. (= Ethik im Diskurs Bd.10) Stuttgart: W. Kohlhammer 2014. – Morris, C. & M. Peht (2016) : *Energy Transition. The German Energiewende*. Heinrich-Böll-Stiftung 2016. [https://book.energytransition.org/sites/default/files/downloads-2016/book/German-Energy-Transition_en.pdf] (Zugriff: 14.02.2018). – Kemfert, C.: *Das fossile Imperium schlägt zurück. Warum wir die Energiewende jetzt verteidigen müssen*. Hamburg: Murmann 2017.
- 104 Der Begriff „Atomausstieg“ entstand als Schlagwort der Anti-Atomkraft-Bewegung in den 1970er Jahren. Zur Entstehung der Anti-Atomkraft-Bewegung vgl. u.a. Radkau/Hahn, a.a.O., S. 288 ff.
- 105 Das hing nicht zuletzt mit dem Mythos der sogenannten „nuklearen Renaissance“ zusammen, die für die letzten Jahre des 20. sowie das erste Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts propagiert wurde (der Begriff wurde wohl von William J. Nuttall geprägt) – die ersten Kernreaktoren der III. Generation gingen in Betrieb. Für eine knappe Übersicht zum Zeitpunkt 2011 vgl. z.B. Joskow, Paul L. & John E. Parsons: *The Future of Nuclear Power After Fukushima*. In: *Economics of Energy & Environmental Policy* 1(2012)2, S. 99-113 (insbes. S. 101-105).
- 106 Der landläufig verwendete Begriff „erneuerbare Energie“ ist eigentlich irreführend, denn Energie kann sich nicht erneuern (Energieerhaltungsgesetz!). Besser spräche man von „regenerativer Energie“ (dabei bezieht sich „regenerativ“ auf den Energieträger).
- 107 In Deutschland begann die Diskussion um die Energiewende bereits in den 1970er/1980er Jahren im Rahmen der Umweltbewegung und mit dem Einzug der Grünen in den Bundestag. (vgl. Morris/Peht a.a.O., S. 55 ff). – Seit 2011 wird das Wort Energiewende zunehmend sogar synonym für Atomausstieg verwendet, was jedoch eher eine Verschleierung der Zusammenhänge darstellt. Der Atomausstieg gehört zwar zur Energiewende, ist aber nur ein Teil derselben [Kemfert a.a.O., Kap. Postfakt 1].

Dabei muss die Problematik Atomausstieg und Energiewende nicht zuletzt auch im Zusammenhang mit der Klimaproblematik betrachtet werden.¹⁰⁸

International ist der Ausstieg aus der Kernenergie jedoch längst nicht Konsens, sondern wird sehr kontrovers diskutiert.¹⁰⁹ Und gerade in letzter Zeit wurden verschiedene weltweite Bestrebungen bekannt, neue Generationen von Kernkraftwerken zu entwickeln und zu bauen.^{110, 111} Dabei sollte aber auch nicht unterschlagen werden, dass nach wie vor die vermutlich größere Gefahr von der militärischen Nutzung der Kernenergie ausgeht, und zwar nicht nur hinsichtlich ihres möglichen Einsatzes in kriegerischen Auseinandersetzungen

108 Vgl. beispielsweise Edenhofer, O. & M. Jakob: Klimapolitik. Ziele, Konflikte, Lösungen. (= C.H.Beck Wissen bw 2853) München: C. H. Beck 2017.

109 Vgl. u.a. Strategiepapier PINC der EU-Kommission vom April 2016: [<https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/DE/1-2016-177-DE-F1-1.PDF>], [https://ec.europa.eu/germany/news/kommission-veroeffentlicht-bericht-zur-kernenergie-der-eu_de] (Zugriff: 25.2.2018). – In Deutschland reagierte denn auch die Bundesregierung mit Protest auf diese Pläne der EU-Kommission [<http://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/atomkraft-strategie-der-eu-bundesregierung-reagiert-empoeert-a-1092664.html>] (Zugriff: 25.2.2018).

110 In der internationalen Diskussion um mögliche neue Kernkraftwerke spielt vor allem die Entwicklung von Kraftwerkstypen der III. und IV. Generation eine wichtige Rolle (als I. Generation bezeichnet man dabei Reaktoren der Baujahre 1950-1960, die eher als Demonstrationskraftwerke verstanden werden, und als II. Generation Reaktoren der Baujahre 1970-1990, die überwiegend heute noch in Betrieb sind. Wesentliche Ziele bei der Entwicklung der IV. Generation sind dabei u.a. erhöhte Sicherheit sowie eine nachhaltige Nutzung des Urans und Wiederverwertung des Abfalls (wie weit das tatsächlich realistisch ist, ist eine andere Frage). Vgl. dazu u.a. [https://de.nucleopedia.org/wiki/Generations_IV], [<https://www.heise.de/tr/artikel/Neue-Heimat-Kanada-3889812.html>], [<http://www.ageu-die-realisten.com/archives/2423>] (Zugriff: 25.2.2018).

111 Die Länder mit den meisten Kernkraftwerken sind derzeit (in dieser Reihenfolge): USA, Frankreich, Japan, China, Russland, Südkorea. Davon planen bzw. bauen mindestens USA, Frankreich, China und Russland neue Reaktoren. [vgl. Wikipedia-Artikel „Kernenergie nach Ländern“ [https://de.wikipedia.org/wiki/Kernenergie_nach_Ländern] (Zugriff: 16.2.2018); auch: Nuclear Power in the World Today (Stand Februar 2018). [<http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today.aspx>] (Zugriff: 14.4.2018)]. – 14 Mitgliedstaaten der EU betreiben gegenwärtig Kernkraftwerke (bzw. etwa ein Viertel der weltweit betriebenen Reaktoren stehen auf EU-Gebiet). – Österreich andererseits hat sein einziges Kernkraftwerk in Zwentendorf (Projektbeginn 1971, Stilllegung 1978) nie ans Netz gehen lassen; seit 1999 gibt es dort das *Bundesverfassungsgesetz für ein atomfreies Österreich*. In Wien gibt es lediglich noch einen in Betrieb befindlichen Forschungsreaktor. (Vgl. dazu u.a. Forstner, Christian: Zur Geschichte der österreichischen Kernenergieprogramme. In: Kernforschung in Österreich. Wandlungen eines interdisziplinären Forschungsfeldes 1900-1978. Hrsg. von Silke Fengler & Carola Sachse. Böhlau: Wien etc. 2012, S. 159-180). – Die Türkei dagegen baut ihr erstes Kernkraftwerk mit russischer Hilfe in Akkuyu an der Mittelmeerküste; 2023 soll es ans Netz gehen. Ein weiteres Kernkraftwerk entsteht in Sinop an der Schwarzmeerküste mit japanischer Unterstützung. Beide Regionen sind erdbebengefährdet! [Wikipedia-Artikel „Kernenergie in der Türkei“ (Zugriff: 10.4.2018)].

gen,¹¹² sondern auch in Bezug auf die Entsorgung sowohl veralteter Kernsprengköpfe udgl. als auch der entsprechenden Infrastruktur, die zur Herstellung von Kernwaffen dient.

Es ist hier nicht der Ort, das Für und Wider von Kernenergieausstieg und Energiewende zu diskutieren, denn in diesem Beitrag ging es in erster Linie um wissenschaftshistorische Betrachtungen zur Entdeckungsgeschichte der Kernenergie, um dieses Phänomen und seine Bedeutung für die Wissenschaft wie für die Gesellschaft besser zu verstehen. Doch lässt sich andererseits die wissenschaftliche Entdeckung eben nicht von Überlegungen zu ihrer Nutzung trennen, wie wir gesehen haben.¹¹³

Diese Entdeckungsgeschichte zeigt aber auch, dass es am Anfang einer solchen offenbar immer eine gewisse Anwendungseuphorie gibt und Risiken und Gefahren erst später in den Blick geraten.¹¹⁴ Und das gilt wohl auch für die Energiewende im weiteren Sinne – viele Probleme der Windkraft- oder der Sonnenenergieanlagen beispielsweise werden gegenwärtig eher in den Hintergrund gedrängt, als dass sie einer ernsthaften Betrachtung auf die Zukunft unterzogen werden und somit besteht durchaus die Gefahr, dass vergleichbare „Fehler“ wie bei der Nutzereinführung der Kernenergie erneut gemacht werden.¹¹⁵

112 Vgl. dazu z.B. Weizsäcker, E. U. von & A. Wijkman: Wir sind dran. Club of Rome: Der große Bericht: Was wir ändern müssen, wenn wir bleiben wollen. Eine neue Aufklärung für eine volle Welt. Gütersloher Verlagshaus 2017 (Kapitel 1.6.2 Atomwaffen – die verdrängte Bedrohung).

113 Verwiesen sei in diesem Zusammenhang auch auf eine Diskussionsveranstaltung der Leibniz-Sozietät vom 12. April 2018: Die Energiewende 2.0. Essentielle wissenschaftlich-technische, soziale und politische Herausforderungen. [https://leibnizsozietat.de/wp-content/uploads/2017/12/Thesen_Energiewende-2.0_end.pdf] (Zugriff: 14.4.2018).

114 Andere entsprechende Beispiele aus der Geschichte von Wissenschaft und Technik lassen sich nennen, verwiesen sei beispielhaft nur auf die anfangs inflationäre Nutzung der Röntgenstrahlung, den landwirtschaftlichen Einsatz des Insektizids DDT oder die Nutzung von FCKW als Treibgas und Kältemittel.

115 Auch bei der sogenannten Digitalisierung, die die im März 2018 neu gebildete Bundesregierung an die vorderste Front ihrer gesellschaftspolitischen Ziele gehievt hat, deutet sich eine ähnliche Problematisierung bereits an. Wenn die neue Staatsministerin für Digitalisierung, Frau Dorothee Bär (CSU), einen Wahl-Slogan der FDP aus der Bundestagswahl 2017 aufgreift „Digital first. Bedenken second“ und kurz nach ihrer Amtsübernahme erklärt: „Wir wollen auch Digital-Weltmeister werden! [...], aber ich habe das Bedenkenträgertum satt“, (vgl. z.B.: Interview mit Dorothee Bär am 31.03.2018 [<https://www.bild.de/politik/inland/dorothee-baer/flugtaxis-werden-in-wenigen-jahren-fliegen-55257916.bild.html>] (Zugriff 8.4.2018)), dann erinnert dies stark an das politische Vorgehen zur Einführung der Kernenergie in den 1950er und 1960er Jahren (vgl. z.B. die weiter oben zitierte Aussage von F. J. Strauß), ist zumindest ein sehr bedenkliches Politikverständnis bezüglich des Umgangs mit neuen wissenschaftlich-technischen Entwicklungen und spricht aller historischen Erfahrung, die gerade im Hinblick auf die Kern-

Unbeantwortet bleibt in diesem Zusammenhang allerdings auch die Frage, wie weit Forschung tatsächlich gehen darf bzw. soll. Walther Gerlach machte bereits Mitte der 1950er Jahre auf folgenden Zusammenhang aufmerksam:

„[...] Es ist nun einmal die Methode der physikalischen Forschung, daß „Neuland“ nicht in der Natur entdeckt, sondern in der künstlich bereiteten Welt des Laboratoriums geschaffen wird: durch die Herstellung von Bedingungen, die klar zu übersehen und bei welchen störende Nebenbedingungen so weit als möglich ausgeschaltet sind.“¹¹⁶

Das heißt aber nichts anderes, als dass das Laborexperiment stets unter eingeschränkten, „künstlichen“ Bedingungen stattfindet, also eigentlich einen Eingriff in die Natur darstellt. Unkalkulierbare „unbeabsichtigte“ Folgen können damit nicht ausgeschlossen werden.¹¹⁷

Ein Aspekt dieser Ambivalenz liegt u.a. darin, dass bei der Erforschung der Transurane offenbar Experimente durchgeführt wurden, die so in der Natur nicht vorkommen, also einen Eingriff in die Natur unter Laborbedingungen darstellen. Aber gilt die hier angesprochene Ambivalenz tatsächlich erst für die Experimente von Hahn und Straßmann zu den Transuranen oder bereits für die früheren 1930er Jahre bezüglich der Entdeckung der künstlichen Radioaktivität? Hätte man hier bereits die Forschungen abbrechen müssen, da es letztlich um einen Eingriff in die Natur ging? Ist das aber tatsächlich so? Bereits Flügge hatte 1939 in seinem Beitrag für die *Naturwissenschaften* die Frage aufgeworfen: „Wenn eine solche Umsetzung des Urans möglich ist, [...] warum hat dann die Natur dies Experiment nicht schon vorweg genommen und im Gestein ausgeführt?“¹¹⁸ Damals konnte Flügge die Frage nicht beantworten, äußerte aber Vermutungen über die Möglichkeit. Inzwischen hat man aber beispielsweise in der Region Oklo im afrikanischen Gabun eine Uranerzlagerstätte entdeckt, in der vor etwa zwei Milliarden Jahren eine reaktormäßige Spaltungsreaktion abgelaufen war – nur ist dort heute kein spaltbares Uran in der notwendigen Konzentration mehr vorhanden, der Prozess hat also aufgehört.¹¹⁹

energie so gern hervorgehoben wird, Hohn. – Zu den gesellschaftspolitischen Dimensionen der Digitalisierung vgl. z.B. Santarius, T. & St. Lange: *Smarte grüne Welt?: Digitalisierung zwischen Überwachung, Konsum und Nachhaltigkeit*. München: oekom 2018.

116 Gerlach, W.: Die Kosten der modernen naturwissenschaftlichen Forschung. *Mitteilungen aus der Max-Planck-Gesellschaft* (1956) S. 23-32 (hier S. 29).

117 Parthey weist in seinem Beitrag zu diesem Jahrbuch ebenfalls ausdrücklich darauf hin.

118 Flügge: *Kann der Energieinhalt ...*; a.a.O. S. 409.

119 Meshik, A. P.: Natürliche Kernreaktoren. In: *Spektrum der Wissenschaft* (2006, Juni), S. 84-90. – Schaaf, M.: *Kernspaltung im Herzen der Finsternis. Afrika und die Ursprünge des Nuklearzeitalters*. In: *„Radiochemie, Fleiß und Intuition – Neue Forschungen zu Otto Hahn.“* Hrsg. von Vera Keiser. Berlin, Diepholz: GNT-Verlag 2018.

Wie weit darf Forschung tatsächlich gehen?¹²⁰ Wie weit können sich Forscher – vor allem Grundlagenforscher – über Folgen bewusst sein, wenn sie solche Grenzen überschreiten? Und wo liegen diese Grenzen?¹²¹ Kann man das mit dem Begriff *Ambivalenz der Wissenschaft* fassen? Hier spielen nicht zuletzt wissenschaftsethische Fragen auch für physikalisch-chemische Forschungen eine bedeutende Rolle. Der Biophysiker und Geophysologe James Lovelock (*1919) betrachtet die Erde auf der Grundlage seiner Gaja-Theorie durchaus als eine Art lebenden Organismus!¹²²

Dass Hahn und Straßmann schließlich etwas anderes entdeckt haben, als sie ursprünglich gesucht hatten, hängt letztlich auch mit diesem Aspekt der Forschung zusammen, der hier aber nicht weiter diskutiert werden kann. Andererseits ist es in der Forschung kein ganz seltener Fall, dass etwas anderes gefunden wird, als man ursprünglich zu finden beabsichtigte.¹²³

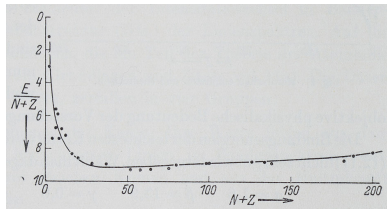


Abb. 1: Größe der Packungsanteile in Abhängigkeit von der Teilchenzahl. (Aus: Weizsäcker (1937), S. 51)

-
- 120 Parthey verweist in diesem Zusammenhang in seinem Beitrag in diesem Jahrbuch auf das deutsche Embryonenschutzgesetz. Sollte etwas ähnliches auch für Forschungen über nichtlebende Materie gelten? Zumindest ist eine solche Frage nicht pauschal von der Hand zu weisen, doch würde dies ein grundsätzlich neues Verständnis vom physikalisch-chemischen Experiment erfordern.
- 121 Oppenheimer schrieb im Juni 1946 in einer Art Kommentar zum Acheson-Lilienthal-Plan: Der Punkt ist [...], „wenn man nicht versucht, die Atomenergie zu entwickeln, kann man sie nicht kontrollieren – man kann nicht sagen, zuerst wollen wir sie kontrollieren und dann entwickeln [...]“ [Oppenheimer, J. R.: The International Control of Atomic Energy. Bulletin of the Atomic Scientists 1(1946)12, S. 1-5 (hier S. 4; Übersetzung vom Verfasser)]. – Das ist zwar durchaus einsichtig, jedoch letztlich ein Plädoyer dafür, der (Grundlagen-)forschung keine Grenzen vorzugeben. Kann man das heute noch aufrecht erhalten?
- 122 Lovelock, J.: *Gaias Rache: Warum die Erde sich wehrt.* (= Ullstein Taschenbuch 37210) Berlin: Ullstein 2008.
- 123 Man spricht dabei von *Serendipität*; dieser Begriff geht auf den Wissenschaftssoziologen Robert K. Merton (1910-2003) zurück. Oft wird auch von *Zufallsentdeckungen* gesprochen, die bei genauerer Betrachtung allerdings gar nicht so „zufällig“ sind, aber ein genaues Beobachtungsvermögen zum richtigen Zeitpunkt voraussetzen (häufig zeigt sich hinterher, dass andere vor dem eigentlichen Entdecker das entsprechende Phänomen bereits beobachtet hatten, aber eben nicht richtig deuteten). Als weitere Beispiele sei hier nur verwiesen auf die Entdeckung der Röntgenstrahlen oder des Penicillins.

Autoren

Prof. Dr. Klaus Fischer, Universität Trier Philosophie/Wissenschaftstheorie, D - 54286 Trier, Post: Dr. Vollbracht-Straße 25, D - 554695 Simmern.

Prof. Dr. Klaus Fuchs-Kittowski, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin. Sitz: Wilhelminenstraße 75a, 12458 Berlin. Post: Treskoallee 8, D - 110318 Berlin-Karlshorst.

Prof. Dr. Matthias Groß, Institut für Soziologie der Friedrich-Schiller Universität Jena, Itz: Carl-Zeiß-Straße 3, D - 07743 Jena, Post; Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Soziologie, PF 07737 Jena; Department Stadt- und Umweltsoziologie des Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Permsersstraße 15, D - 04318 Leipzig.

Dr. Horst Kant, Kaiserdamm 102, D - 10243 Berlin.-

Dr. Makayil Kilic, Hochschule für Wirtschaft und Recht, Altfriedrichsfelde 60, 10315 Berlin.

PD Dr. Heinrich Parthey, Institut für Bibliotheks- und Informationswissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin, Sitz: Dorotheenstraße 26, D - 100117 Berlin. Berlin; Post: Unter den Linden 6, D - 10099 Berlin - Mitte.

Eugen Bleuler (1914): Die Ambivalenz

Festgabe zur Einweihung der Neubauten der Universität Zürich 18. IV. 1914 (Festgabe der medizinischen Fakultät). Zürich: Schulthess & Co. 1914, 5. 95 - 106.

Eine internierte Geisteskranke verlangt jahrelang mit viel Affekt und noch mehr Schimpfen, aus der Anstalt zu kommen; es nützt nichts, ihr täglich zu sagen, sie könne ja gehen, man habe ihr eine Unterkunft besorgt und bezahle ihr noch die Reise; man bringt sie nicht fort, aber auch nicht zum Schweigen.

Eine an der nämlichen Geisteskrankheit leidende Mutter hat ihr Kind vergiftet; aber nachträglich ist sie in Verzweiflung über ihre Tat; nur fällt auf, daß auch beim ärgsten Jammern und Weinen der Mund ganz deutlich lacht. Letzteres ist der Kranken unbewußt. Die erste Patientin aber weiß so gut wie irgend jemand, daß sie austreten kann, wann sie will, und sie weiß, daß es ihr in der Anstalt nicht gefällt, aber sie bringt beides nicht in logische Verbindung. Obgleich sie über beides im gleichen Zusammenhang sprechen kann, zieht sie weder den einen Schluß, daß sie gehen wolle, noch den andern, daß sie keinen Grund habe, zu schimpfen, wenn sie doch gehen könne. Es ist, wie wenn ihre Person zwischen den beiden zusammengehörigen Gedanken einen Riß hätte. Sie betont die Idee der Entlassung mit zweierlei Gefühlen; einerseits möchte sie gern wieder ihr eigener Meister sein; anderseits weiß sie sich in der Anstalt vor allen Schwierigkeiten des Lebens geschützt. Der Gesunde würde nun in bewußter Überlegung oder instinktiv die Vorteile und Nachteile gegeneinander abwägen und dann in der Richtung handeln, wo nach seiner subjektiven Wertung die Unannehmlichkeiten am geringsten und das Angenehme am größten ist. Die gespaltene Psyche der Kranken aber führt Buch über Aktiven und Passiven, vermag aber die beiden Wertungsreihen nicht zu einer einheitlichen Bilanz zu verdichten. Die Idee des Austritts bleibt von zwei widersprechenden, aber unverbunden nebeneinander existierenden Gefühlen betont; sie ist ambivalent. Ganz gleich die Mutter, die ihr Kind getötet hat und nun trotz aller Verzweiflung mit dem Munde lacht. Sie hat das Kind nicht aus Versehen umgebracht, sondern nach langem Kampf. Sie mußte also einen Grund haben, das Kind zu töten. Sie liebt ihren Mann nicht, und das Kind dieses Mannes ist ihr ein Greuel; deshalb hat sie es getötet und lacht darüber; es ist aber auch ihr Kind, und deshalb liebt sie es und

weint über seinen Tod. In allen den nicht zu seltenen Fällen, wo eine analoge Dissoziation der Mimik untersucht werden kann, stößt man auf gleiche Zusammenhänge, ja man kann manchmal geradezu experimentieren, indem man durch Anschneiden eines solchen mit verschiedenen Gefühlen betonten Ideenkomplexes das Phänomen erscheinen und mit Änderung des Gesprächsthemas wieder verschwinden läßt. In gleichem Falle wie diese Kranke sind nun noch viele Frauen; bei der gesunden Mutter kommt aber dennoch ein Mord gar nicht in Betracht. Die Mutterliebe, der moralische Abscheu vor dem Verbrechen und eventuell die Vorstellung der Folgen lassen den Gedanken an einen Mord gar nicht zum Bewußtsein, vielleicht überhaupt nicht zur Entstehung kommen. Nur in Träumen, in unbewußten Handlungen und in gewissen Symptomen wie ganz sinnloser Ängstlichkeit um das Kind findet der eingehendere Beobachter Spuren der Ambivalenz.

Bei den jugendlichen Verblödungen, zu deren Natur die Spaltungen im Ideengang gehören, und die deshalb auch Schizophrenien, Spaltungsirresein, genannt worden sind, treffen wir alltäglich auf analoge Erscheinungen. Die Assoziationsstörung hebt nur gegensätzliche Gefühlsbetonungen der nämlichen Idee hervor und gibt uns einen Fingerzeig, auch an andern Orten nach ähnlichen Zuständen zu forschen. Wir finden denn auch überall bei andern Kranken wie bei Gesunden solche ambivalente Komplexe und können zugleich konstatieren, daß sie unsere Psyche ganz besonders beeinflussen. Schon ein einfacher Reiz kann gleichzeitig angenehm und unangenehm sein, am deutlichsten auf dem Gebiete des Geschmacks und Geruches. Es gibt ferner eine Wonne des Leidens, des körperlichen wie des geistigen. Wir sehen etwa, daß der Schmerz gesucht wird, indem man sich Verletzungen beibringt, sich brennt, ätzt oder auch, indem man Gründe sucht oder schafft, um sich operieren zu lassen. Wir können uns diese Ambivalenz des Schmerzes nur schwer vorstellen. Meistens wird es sich um sexuell wollüstige Mitempfindungen handeln, die unserem Verständnis schon näherliegen. Immerhin saugt auch der Gesunde gern an einem schmerzhaften Zahn herum, ohne daß wir das Motiv sicher kennen.

Viel häufiger treffen wir die Ambivalenz des psychischen Schmerzes, die Wonne des Martyriums, des Beleidigtseins. Es gibt ja genug Leute, die sich ihr ganzes Leben so einrichten, daß sie immer größeres oder kleineres Unrecht von andern zu erdulden haben. Natürlich kann man sich dabei bemitleiden lassen, sich wichtig und zugleich gerecht und besser fühlen als die andern, und jedenfalls spielen hier Nebenvorstellungen meist eine wichtige Rolle; aber die Häufigkeit und die Intensität des Symptoms wäre kaum verständlich, wenn nicht das Erleiden eines Unrechts bei diesen Personen direkt neben dem Schmerz auch Lust hervorbrächte.

Die gewöhnliche Wurzel ambivalenter Gefühlsregungen ist indessen entweder das Vorhandensein verschiedenwertiger Eigenschaften oder verschiedener Beziehungen beim nämlichen Dinge. Die Rosen haben ihre Dornen, und die Dornen haben ihren Nutzen. Man hätte gern warmes und trockenes Wetter für seinen Rheumatismus; im Hinblick aber auf den Gemüsegarten wünscht man Regen. Am wichtigsten ist das Bestehen dieser zwei Seiten im Verhältnis von Mann und Frau. Schon die Ehe als solche ist nicht ohne Schatten; man gibt seine Freiheit auf, seine ökonomische Unabhängigkeit, seine Freunde. Die speziellen persönlichen Verhältnisse sind auch bei der größten Verliebtheit nie oder nur vorübergehend mit ausschließlich positiven Gefühlen betont. Die Frau kann in körperlicher Hinsicht allen Wünschen entsprechen, in geistiger aber unzulänglich sein; ganz besonders häufig und wichtig ist eine Differenz in den eigentlich sexuell anregenden Eigenschaften einerseits und denen, die Achtung und Zärtlichkeit hervorrufen andererseits. Bei diesen Dingen allerhöchster psychischer Dignität kann auch der Gesunde nur selten das Fazit aus positiv und negativ ziehen; man bringt es weder zu einem Verzicht noch zu einem glücklichen Zusammentreffen. Die beiden Tendenzen bleiben unvereinigt und unabgeglichen nebeneinander bestehen, ein Umstand, der wohl die häufigsten und schwersten Konflikte des Ehelebens und der Psyche überhaupt schafft.

Man denkt sich meist, daß die Gegensätze einander ausschließen und möglichst weit auseinander liegen. Das trifft aber nur zu in bezug auf eine oder wenige ihrer Eigenschaften, in bezug auf alle andern sind sie die engsten Verwandten.

Am selbstverständlichsten zeigt sich das auf intellektuellem Gebiete. Total verschiedene, einander fremde Dinge, ein Blitzableiter und ein See, können nicht wohl im Gegensatz zueinandergestellt werden, sondern nur Dinge und Begriffe, die der nämlichen Kategorie angehören, wie die Helligkeiten weiß und schwarz, die Landschaftsformen Berg und Tal; ja oft könnte der eine Gegensatzbegriff ohne den andern gar nicht existieren: ohne Helligkeit hätten wir keine Dunkelheit, ohne Kälte keine Wärme; solche Gegensätze sind nur verschiedene Seiten des nämlichen Dinges oder Begriffes. Nur innerhalb von Begriffsgruppen, die in irgendeiner Hinsicht zu einer Einheit vereinigt werden können, sind Gegensätze möglich, und in unserem Denken bilden Gegensatzpaare immer eine Einheit. Zu „weiß“ werden die meisten Leute nicht nur wieder eine Farbe, sondern speziell „schwarz“ hinzudenken; wenn man „heiß“ sagt, denkt man nicht an schwarz und nicht an Millionen anderer Begriffe, sondern nur an ganz wenige, und unter diesen ist, wie das Assoziationsexperiment zeigt, „kalt“ wohl der nächstliegende. Das „Tütu“ (Türe zu) eines kleinen Kindes kann auch heißen: „macht die Türe auf“. In den ältern Sprachen finden sich solche Worte in Menge, die, wie das lateinische „altus“, die ganze Dimension in positiver und negativer Richtung be-

zeichnen. „Schlecht“ bezeichnete früher auch „gut“. (Vgl. Freud, Jahrbuch für Psychoanalyse II, „Über den Gegensinn der Urworte“.)

Bei kleinen Kindern sehen wir oft spielende Äußerungen von Urteilen, wobei es ganz gleichgültig ist, ob sie sie positiv oder negativ sagen; kurz, überall steht der Position die Negation sehr nahe, oft am nächsten. Diese „intellektuelle Ambivalenz“ läßt sich natürlich von der affektiven nicht trennen; was positiv gedacht angenehme Gefühle [>89] erweckt, ist in der Verneinung von unangenehmen Affekten begleitet. Hat man ambivalente Gefühle gegenüber einer Sache oder einer Person, so liegt der Grund dazu in der Erkenntnis und dem Auseinanderhalten von Licht- und Schattenseiten, an die einzeln die entsprechenden Gefühle geknüpft werden. Aber auch außerhalb dieses Zusammenhanges liegen auf rein affektivem Gebiete die Gegensätze einander besonders nahe. Ob man etwas überhaupt auf die Waage lege oder nicht, ist oft von mehr Bedeutung, als ob es leicht oder schwer befunden werde. In bezug auf die Kinder ist es sprichwörtlich, wie nahe ihnen Weinen und Lachen liegt, viel näher als eines von beiden der Gleichgültigkeit. Das nämliche sehen wir bei den Geisteskrankheiten. Allerdings wird der Melancholiker nicht leicht zur Fröhlichkeit zu bringen sein, aber wenn seine Krankheit abgelaufen ist, so sehen wir in der Regel, daß er nun eine Zeitlang lebenslustiger ist als vorher, auch wenn es sich nicht um das gerade für unser Thema wichtige manisch-depressive Irresein handelt, bei dem Anfälle von übertrieben gehobener Stimmung und melancholische Depressionen miteinander abwechseln; hier zeigt es sich, wie bei den Kindern und bei den stark sanguinischen Temperamenten und beim Altersblödsinn, daß das Wesentliche gar nicht die Schwankung nach der einen Richtung ist, sondern die Neigung zu Schwankungen überhaupt, deren Vorzeichen dann von Nebenumständen bestimmt wird, die wir beim manisch-depressiven Irresein nicht kennen, bei labilen Affektivitätsanlagen der gesunden und kranken Psyche aber leicht überblicken können. Ebenso bei der verwandten Suggestibilität. Bei den Hysterischen hat man darüber gestritten, ob sie besonders leicht oder besonders schwer suggestibel seien. Kinder, Sanguiniker, Altersblödsinnige sind je nach der Konstellation besonders suggestibel oder besonders eigensinnig. Haß und Liebe können in der nämlichen Brust wohnen, nicht aber zusammen mit der Gleichgültigkeit. Der glühendste Haß entsteht aus Liebe. „Wo ein Weib haßt, da hat sie geliebt oder liebt sie oder wird sie lieben.“ Der bekannte Renegatenfanatismus ist in solchen Zusammenhängen begründet. Je fanatischer ein Atheist ist, um so mehr Gottesglauben hat er noch in sich selbst zu bekämpfen. Zwischen Saulus und Paulus besteht ebensowenig ein psychologi- [>90] scher Unterschied wie zwischen einem zu Tränen gerührten und einem fröhlichen Sanguiniker. Man muß sich aber hüten, Gegensatzpaare und Ambivalenzen zu konstruieren, wo keine sind. Man spricht

oft von Widersprüchen in einem Charakter; die Frauen gelten als wetterwendisch und als konservativ; die Schweizer sind nüchtern und festsüchtig. Dabei liegen Widersprüche nicht in den Sachverhalten, sondern nur in unseren Auffassungen. Wenn wir einen Altersblödsinnigen seine Mutter zuerst in begeisterten Ausdrücken als verehrungswürdige und fehlerlose Frau und gleich nachher als unwissenden und boshafte Menschen schildern hören, so erklärt sich das leicht daraus, daß der Kranke in einem bestimmten Moment nur eine einzige Klasse von Vorstellungen haben kann, das eine Mal nur die guten, das andere Mal nur die schlechten Eigenschaften der Mutter. Gegensätze sind es auch nicht, wenn ein „willensschwacher“ junger Mann je nach der Umgebung ein geordnetes und korrektes und dann wieder ein lockeres Leben führt. Beides ist Folge seines schwachen Charakters. Das Gute beweist nicht seine Tüchtigkeit, das Schlimme nicht eine besonders schlechte Neigung.

Von der Ambivalenz zu trennen sind auch alle die Kompensationen bewußter und unbewußter Gefühle irgendeiner Minderwertigkeit, die Gegensätze vortäuschen und in letzter Zeit namentlich von Adler in ihrer Bedeutung - vielleicht etwas zu stark - hervorgehoben worden sind. Die Phantasien des körperlich Schwächlichen drehen sich am leichtesten um den Begriff von Kraft, und wenn er an Schizophrenie erkrankt, so fühlt er sich leicht allmächtig. Der zu sensitive Nietzsche schuf den Übermenschen und wurde zum Gegner des übertriebenen Mitleids und des in seiner jetzigen Ausdehnung gefährlichen christlichen Schutzes der Schwachen. Die normale Ambivalenz ist der psychische Ausdruck unserer Regulierungseinrichtungen überhaupt; die Muskelbewegungen werden durch ein Zusammenspiel von Agonisten und Antagonisten, die chemischen Prozesse durch eine unübersehbare Zahl von unter sich gegensätzlich wirkenden Substanzpaaren reguliert. Die psychischen Funktionen werden durch Hunger und Sättigungsgefühl resp. Ekel, durch Bewegungsdrang und Bequemlichkeit oder Faulheit, durch Suggestibilität und Eigensinn innerhalb der zuträglichen Schranken gehalten. Zum Überlegen ist vor allem notwendig, daß man das „Für und Wider“ erwägt, daher die Einrichtung, daß zu jedem neuen Gedanken ganz von selbst der Gegensatz auftritt, während normaliter alles, was dem aktuellen Thema ferne liegt, ausgeschlossen wird. Ebenso auf dem Gebiete des Strebens und Wollens, wo die Ambivalenz die spezielle Form der „Ambitendenz“ annimmt. Kinder, denen man unerwartet etwas Gutes anbietet, nehmen es manchmal nicht an. Entgegengesetzte Triebrichtungen manifestieren sich häufig in der Reue nach einer Tat oder nach einem Entschluß. Es gibt viele Leute, die bewußt das ganze Leben hindurch Ruhe suchen, aber sich unbewußt ständig Situationen schaffen, die sie äußerlich und innerlich in Atem halten. Viele streben beim Heiraten nach einem bestimmten Typus, sind aber unglücklich, wenn sie ihr Ziel erreichen; oder

sie heiraten aus dem Unbewußten heraus den Gegensatz von dem, was sie sich gewünscht hatten, oft zu ihrem Glück. Der Anfänger im Radfahren fährt oft mit Sicherheit auf die Hindernisse los, die er vermeiden möchte; der gebesserte Trinker, der sich auf einmal der Heilung rühmt, macht sich damit auf baldigen Rückfall verdächtig. Wenn Grund vorhanden ist, die Menstruation besonders zu ersehnen, so verspätet sie sich leicht. Manche Schüler haben gerade im Examen die schlechtesten Leistungen.

Eine besondere Erscheinungsform der Ambivalenz finden wir bei der Sexualität. Diese wird nicht nur durch positive Wollusttriebe und negative Tendenzen wie Scham und Ekel reguliert, sondern hier bilden die Hemmungen einen Bestandteil des positiven Triebes selber. Während sonst diejenigen Triebbefriedigungen gesucht werden, die am wenigsten Anstrengung kosten, dient hier das Widerstreben des Partners geradezu der Anlockung. Die Schamhaftigkeit des normalen Mädchens ist nicht nur von außen anezogen, sondern die Sitte konnte sich deshalb bilden, weil die Schamhaftigkeit zum Sexualtrieb gehört. In allen Kulturen wird mit den verschiedensten Begründungen der Sexualtrieb verdrängt und unterdrückt durch eine Stufenleiter von Vorschriften, die von der Wertschätzung der Keuschheit durch das Zölibat bis zur Kastration gehen, welche letztere noch bei gewissen australischen Stämmen und [92] bei russischen Sekten geübt wird. Wir sehen die Ambivalenz der Sexualität auch darin, daß diese schon normaliter mit Angst verbunden ist und daß sie unter krankhaften Umständen geradezu in der Form von Angst in die Erscheinung tritt. Nicht genug, daß man versucht, die Zeugung durch den Tod und den Tod durch die Zeugung zu erklären, die Gefühle, welche die Begriffe von Liebe und Tod begleiten, sind so ähnlich, daß der Tod als Symbol für Liebe gebraucht wird („nun sterb' ich doch den süßen Tod“, Ottegebe in Hauptmanns „Armer Heinrich“).

Eine andere sexuelle Ambivalenzerscheinung ist die Verbindung von Schmerz und Wollust im Masochismus und Sadismus, Abnormitäten, die prinzipiell nichts Neues sind, sondern nur Tendenzen übertreiben, die im normalen Menschen stecken. Die Ambivalenz der Sexualität ist aber eine kulturgeschichtlich wichtige Erscheinung und zugleich einer der Gründe, warum viele Nerven- und Geisteskrankheiten so eng mit der Sexualität zusammenhängen.

Im Traum finden wir die Ambivalenz von großer Bedeutung. Sicher ist, daß der Traum sehr häufig Bezug nimmt auf innere Konflikte, also auf ambivalente Themen. Wer geneigt ist, die Freudschen Deutungen anzunehmen, muß die ambivalenten Ideen geradezu als die wesentliche Ursache der Träume oder doch ihres Inhaltes betrachten. Die Personen, die im Traume auftreten, sind sehr häufig von ganz klaren ambivalenten Gefühlen begleitet. Besonders deutlich und häufig tritt uns aber die Ambitendenz entgegen. Wenn ich im Traume denke: merkwür-

dig, daß das und das nicht erfolgt, so tritt es ausnahmslos ein - oder dann sein Gegenteil. Freuds „Darstellung von Ideen durch das Gegenteil“ mag in den Deutungen der Psychoanalytiker etwa mißbraucht werden, aber ich halte es für bewiesen, daß sie häufig vorkommt. Der Begriff „Geheimnis“ oder das Auftauchen der Tendenz, etwas geheimzuhalten, wird, wie Freud darstellt, häufig durch das Auftreten einer Menge von Menschen bezeichnet.

Die Ambivalenz ist eine der wichtigsten Triebfedern der Dichtung und weist zugleich ihren gestaltenden Kräften den Weg. Der wahre Dichter schafft aus den ihn bewegenden Komplexen heraus, und diese sind ihrer Natur nach wohl immer ambivalent, da abgeschlossene Ideen uns kaum mehr lebhaft bewegen können. Goethe [>93] lebte im ‚Werther‘, im ‚Clavigo‘ und eigentlich in allen seinen Werken seine Konflikte aus, Schiller läßt die Helden, die sein Machtbedürfnis repräsentieren, alle zugrunde gehen, denn der Wille zur Macht ist nicht nur bei ihm praktisch nicht realisierbar, sondern er ist auch für ihn wie für andere gefährlich. Gottfried Keller zerlegt die von ihm heimlich geliebte Betty Tendering, den Gefühlen des Angezogenen und Abgestoßenen entsprechend, in die kokette Lydia in ‚Pankraz dem Schmoller‘ und in das idealisierte Dortchen Schönfund des ‚Grünen Heinrich‘.

Mit Traum und Dichtung sind Mythologie, Sagenbildung und Volksgebräuche innig verwandt. Wie des Dichters Gestalten sind auch eine Menge - vielleicht alle - mythologischen Wesen ambivalent, oder sie zerfallen in Gegensatzpaare. Der Sonnengott ist überall sowohl der Lebenspendende als der Sengende und Tötende; durch besondere Zunamen wird er häufig nach diesen Eigenschaften in mehrere Personen zerlegt. Gute und böse Mächte in der Einzahl und in der Mehrzahl sind bald in einer Person vereinigt, bald nach den Prinzipien, die sie vertreten, getrennt. Der Eine Allmächtige, der die guten und die bösen Schicksale in der Hand hat, zerfällt immer wieder in Gott und den Teufel. Die Liebesgöttinnen sind entsprechend der Ambivalenz der Sexualität zugleich Todesgöttinnen. Worte wie „Anathema“, „religio“, „sacre“ bezeichnen Heiligung und Verdammung. In dem Begriffe und dem so unendlich komplizierten Zeremoniell des Tabu liegt gleichermaßen das Heilige und das Unreine. Die Totentiere sind für gewöhnlich gefeiert, müssen aber bei gewissen Zeremonien geschlachtet und gegessen werden. In besonders krasser Weise tritt die Ambivalenz im Totenkult der primitiven Völker hervor. Ist der Feind einmal totgeschlagen, so wird ihm große Ehrung zuteil mit dem Zweck, ihn zum unschädlichen Freunde zu machen; die Freunde aber fürchtet man, wenn sie tot sind; sie könnten wiederkommen, nachdem sie so liebenswürdig Platz und Eigentum hinterlassen haben; deshalb sorgt man eifrig für sie, damit es ihnen ja im Jenseits genügend gefalle - woneben die Freude über den Tod des Feindes und der Schmerz über den Hingang eines Lie-

ben gleichwohl zu ihrem Rechte kommen. [>94] Interessant ist, wie sich der im höchsten Grade ambivalente Vaterkomplex in den Mythologien auslebt. Der Vater ist der, dem man das Leben zu verdanken hat und der uns lange Zeit erhält. Aber er ist auch derjenige, der am meisten Macht hat über uns, der *beatus possidens* der Güter, die wir haben möchten, der Konkurrent bei der Mutter, kurz in so vielen Beziehungen der Tyrann und zugleich der Rivale. So vernichten Uranus und Saturn ihre Kinder, die aber als Repräsentanten der Zukunft sich doch durchringen und ihren Vater kastrieren und entthronen.

Die „Nervenkrankheiten“ im vulgären Sinne, die „Psychoneurosen“, entstehen, wie immer klarer wird, meist durch das Zusammenwirken einer Disposition, die verschieden geartet sein kann, und einer oder mehrerer auslösender Ursachen, die zum größten Teil psychische Konflikte, also ambivalente Motive sind. Meistens allerdings ist der Zusammenhang ein komplizierter, bloß durch genauere Untersuchungen aufdeckbar. Dann und wann aber sehen wir auch da die Ambivalenz an der Oberfläche. Da ist ein kleines Mädchen, das in der Familie sich sehr hübsch benimmt, wie es soll, aber unter der Zucht der Eltern und namentlich einer Tante leidet. Nun bekommt es Zustände, in denen es seine ganze Vergangenheit vergessen hat und neue Relationen mit der Welt anknüpfen muß. In diesem Stadium wehrt sich das Kind gegen die Erziehung und spielt der Tante in Wort und Tat allerlei Schabernack. Gewiß hatte das brave Kind schon zur Zeit der Gesundheit allerlei Böses von denen gedacht, die es zu sehr erzogen, und der (unbewußte) Zweck der Krankheit war wohl gerade der, sich ihnen zu entziehen und an ihnen Rache zu nehmen.

Zwangsideen und Zwangshandlungen haben oft deutlich den Charakter des Ambivalenten, indem die Kranken z. B. gerade bei heiligen Handlungen gegen- teilige häßliche Worte denken oder gar aussprechen müssen, und ähnliches.

Unter den Geisteskrankheiten ist es fast nur die Schizophrenie (*Dementia praecox*), deren Symptomatologie die Ambivalenzmechanismen benutzt, diese aber in so ausgiebigem Maße, daß man versucht ist, zu vermuten, es seien ausschließlich ambivalente Komplexe, die sich Zugang in die Wahngedanken verschaffen und eventuell sogar das Manifestwerden der Krankheit bedingen können. Die affektive Ambivalenz äußert sich in schwärmerischer Liebe und feurigem Haß gegenüber der nämlichen Person, nebeneinander, durcheinander. Eine Kranke kann stundenlang verbigerieren: Du Engel, du Teufel, du Engel, du Teufel, und dabei die nämliche Person meinen. Der oder die Geliebte wird in den schizophrenen Wahnideen regelmäßig auch zum Verfolger. Seltener ist es, daß der ursprüngliche Verfolger nachher zum geliebten Beschützer wird. Bei der Ausbildung der Verfolgungswahnideen wirkt die Wonne am Schmerz und an der Verfolgung deutlich mit. Entschlüsse werden durch Gegenentschlüsse im Entste-

hen oder an der Ausführung verhindert; gar oft zerstören die Kranken eine Arbeit, die sie eben fertiggemacht haben. In den Halluzinationen werden wunschgemäß diejenigen, die im Wege sind, umgebracht; aber darüber sind die Kranken untröstlich und verzweifelt. Neben der affektiven Ambivalenz und der Ambitendenz kommt hier die intellektuelle Ambivalenz oft ganz kraß zum Vorschein. Die Leute drücken eine Idee durch das Gegenteil aus; sie sagen „schön“, wo sie sagen wollen „häßlich“, oder sie denken den Begriff „häßlich“, wo der Begriff „schön“ richtig wäre. Sie zerlegen einerseits einfache Dinge in zwei Gegensätze, also die eine Person in den Geliebten und den Feind, und verschmelzen anderseits Gegensätze in eines: Ein Kranker, der nach Hause strebt, wollte seiner Frau einen freundlichen Brief beantworten; statt dessen schrieb er ihr einen Abschiedsbrief. Zur Rede gestellt, meint er: «Dire bonjour ou dire adieu, c'est la même chose.» Oft verlieren die Kranken auf kürzere oder längere Zeit vollständig das Gefühl für positiv und negativ. Sie sind reich und sind arm; sie sind in der Anstalt und sind nicht in der Anstalt, so daß man oft gar nicht herausbringen kann, was sie eigentlich meinen. Oder sie sagen etwas Liebes mit der Betonung, wie wenn sie einen Schimpf sagen würden; Handlung und Gedankengang sind dann bald die logische Folge des Schimpfens, bald die der Artigkeit. Auch in dem, was zu ihnen gesagt wird, sehen sie oft das Vorzeichen nicht. Besonders bei Dingen, die auf ihre Wahnideen Bezug haben, ist es oft ganz gleich, ob man etwas positiv oder negativ sagt; sie nehmen die Worte nicht so, wie sie gesagt sind, sondern so, wie sie ihnen passen. Da glaubt eine Frau, ihr Mann sei in der Anstalt eingesperrt. Wenn ich ihr sage, er sei nicht [>96] eingesperrt, so ist das für sie ganz gleichbedeutend, wie wenn ich ihr sage, er sei es. So wird auch die Bedeutung der Worte oft ganz systematisch verkehrt wie im Traum: „Gift“ kann „Speise“ bedeuten, „Lohn“ „Strafe“ usw.

Intellektuell und affektiv ambivalent sind auch oft die unaufhörlichen Stimmen, die die Kranken plagen. Haben sie sich entschlossen, irgend etwas zu tun, so wird ihnen gesagt, das sei das Unrichtige; wollen sie den Stimmen folgen, so ist es wieder nicht recht. Sie sagen ihnen, die Frau sei gestorben, und gleich darauf, sie sei nicht gestorben. Einer unserer Kranken nannte solche Stimmen bezeichnend „Plus- und Minus-Stimmen“. Manchmal werden die guten und die bösen Stimmen verschiedenen Personen zugeschrieben oder auf die beiden Ohren verteilt; manchmal sind es Dämonen, welche vom Patienten Besitz genommen haben und ihn nach entgegengesetzten Seiten reißen. Der Dämonismus ist eine Personifikation der Ambitendenz. Fassen wir zusammen: „Ambivalenz“ bezeichnet zunächst eine doppelte Wertung, die naturgemäß meist eine gegensätzliche ist. Die Wertung kann eine affektive oder eine intellektuelle sein, d. h. eine Idee kann mit positiven oder mit negativen Gefühlen betont oder sie kann positiv

oder negativ gedacht werden. Affektive und intellektuelle Ambivalenz sind also zwei sehr verschiedene Dinge. Sie haben aber so viel Berührungen miteinander und gehen so ineinander über, daß es mir besser schien, aus beiden einen Begriff zu machen mit zwei Unterabteilungen. Die Ambitendenz ist nur die eine Seite der affektiven Ambivalenz.

Der Begriff der Ambivalenz hat auch in seiner Begrenzung eine Unklarheit. Er ist geschaffen worden zur Heraushebung der Eigenschaften der Schizophrenen, einesteils nebeneinander mit zweierlei Affekten auf die gleiche Idee zu reagieren, und andererseits die nämliche Idee positiv und negativ zu denken. Das letztere ist wohl bei Erwachsenen immer krankhaft und speziell schizophren; bei Kindern kommt es auch unter normalen Verhältnissen vor. Die affektive Ambivalenz aber findet sich prinzipiell gleich, nur graduell abgeschwächt, auch bei Gesunden und geht ohne jede Grenze über in die Erscheinung, daß eine Menge von Erfahrungen und Begriffen in einer Hinsicht angenehm, in einer anderen unangenehm sind. In [97] den extremen Fällen wird bei der pathologischen Ambivalenz, der Ambivalenz im strikteren Sinne, kein Fazit gezogen (ein Mensch wird zugleich geliebt und gehaßt; der Anstaltsaufenthalt wird als Schutz betrachtet und zugleich als Gefangenschaft); bei der normalen Ambivalenz aber wird das Positive und das Negative meist zu einer affektiven Wertung verschmolzen, wobei eines das andere abschwächt oder überkompensiert; eine Person wird wegen ihrer Vorzüge geliebt, aber wegen ihrer Mängel weniger geliebt, als wenn sie nicht da wären; oder sie wird wegen ihrer unangenehmen Eigenschaften gehaßt oder sonst negativ gewertet, aber weniger stark, als wenn sie keine guten Eigenschaften hätte. Dies unbeschadet der Erfahrung, daß Liebe gern in Haß umschlägt oder daß sie nach der Ausdrucksweise Freuds einen Beitrag an die Energie des sie übertönenden Hasses geben kann.

Der Übergänge wegen habe ich auch hier keine Grenze gemacht, die ja doch recht willkürlich wäre. Es genügt vorläufig, zu wissen, daß es eine gewöhnliche, selbstverständliche Ambivalenz gibt, die in den Beziehungen zum nämlichen Objekt angenehmes und unangenehmes konstatiert, aber beides mehr oder weniger zu einer einheitlichen Wertung verbindet, und daneben eine andere, die sich dadurch auszeichnet, daß zwei Wertungen nebeneinander bestehenbleiben. Die letztere kommt auch etwa bei Normalen vor, bedeutet aber, wenn sie sich auf wichtige Dinge bezieht, eine Erschwerung des Lebens und führt oft direkt zu Neurosen; sie findet ferner ihren Ausdruck im autistischen Denken des Traumes, der Dichtung, der Mythologie und in religiösen Vorstellungen und Gebräuchen; am ausgesprochensten aber treffen wir sie bei der Schizophrenie.

Bibliographie Werner Ebeling.

Zusammengestellt anlässlich seines 80. Geburtstages

I. Monographische und herausgegebene Schriften

Zur kinetischen Theorie schwach ionisierter Plasmen und elektrolytischer Lösungen. – Rostock, 1963. – 83 gez. Bl., Universität Rostock, Mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät, Diss. v. 18. Juni 1963.

Zur statistischen Theorie der Bindungszustände in Plasmen und Elektrolyten kleiner Konzentration. – Rostock, 1968. – 267 gez. Bl. mit Abb., Universität Rostock, Mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät, Hab. Schr. v. 6. Juni 1968.

(mit R. Albrecht, Günter Asser, W. Fischer, K. H. Köhler & Horst Völz): Streitbarer Materialismus und gegenwärtige Naturwissenschaft. Berlin: Akademie-Verlag 1974.

Strukturbildung bei irreversiblen Prozessen. Eine Einführung in die Theorie dissipativer Strukturen. Leipzig: Teubner Verlagsgesellschaft 1976. 194 Seiten.

(mit Wolf-Dietrich Kraeft & Dietrich Kremp): Theory of Bound States and Ionization Equilibrium in Plasmas and Solids. Berlin: Akademie-Verlag 1976. 164 Seiten.

Образование структур при необратимых процессах. Moscow: Mir Publisher 1979. 274 Seiten.

(mit Wolf-Dietrich Kraeft & Dietrich Kremp): Teoriya svyazannykh sostoyanii i ionisovannovo ravnovesiya v plasme i tverdom tele. Moscow: Mir Publisher 1979. 262 Seiten.

(mit Rainer Feistel): Physik der Selbstorganisation und Evolution. Berlin: Akademie-Verlag 1982. 2. Auflage 1986. 451 Seiten.

(mit Vladimir E. Fortov, Yuri L. Klimontovich, Nikolai P. Kovalenko, Wolf-Dietrich Kraeft, Yuri E. Krasny, Dieter Kremp, Pavel Kulik, Vladimir A. Riabii, Gerd Röpke, E. Rozanov & M. Schlanges): Transport Properties of Dense Plasmas. Berlin: Akademie-Verlag 1984. Basel-Boston-Stuttgart: Birkhäuser 1984. 182 Seiten.

- (mit Yuri L. Klimontovich): *Selforganization and Turbulence in Liquids*. Leipzig: Teubner-Verlag 1984. 196 Seiten.
- (mit Manfred Peschel (Eds.)): *Lotka-Volterra-Approach to Cooperation and Competition in Dynamic Systems*. Berlin: Akademie-Verlag 1985. 271 Seiten.
- (mit Wolf-Dietrich Kraeft, Dietrich Kremp & Gerd Röpke): *Quantum Statistics of Charged Particle Systems*. Berlin: Akademie-Verlag 1986. New York-London Plenum Press 1986. 298 Seiten.
- (mit Heinz Ulbricht (Eds.)): *Selforganization by Nonlinear Irreversible Processes*. Berlin-Heidelberg-New York 1986. 231 Seiten.
- (mit Hans G. Bothe, Alexander B. Kurzhanski & Manfred Peschel (Eds.)): *Dynamical Systems and Environmental Models*. Berlin: Akademie-Verlag 1987. 283 Seiten.
- (mit Wolf-Dietrich Kraeft, Dietrich Kremp & Gerd Röpke): *Kvantovaya statistika system zaryashennykh chastiz*. Moscow: Mir Publisher 1988. 405 Seiten.
- (mit Robert Rompe & Hans Jürgen Treder): *Zur großen Berliner Physik*. Leipzig: Teubner-Verlag 1988. 88 Seiten.
- (mit Manfred Peschel (Eds.)): *Dynamical Networks*. Berlin: Akademie-Verlag 1989. 221 Seiten.
- (mit Rainer Feistel): *Evolution of Complex Systems*. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften 1989. Dordrecht-Boston-London: Kluwer Academic Publishers 1989. 248 Seiten.
- Chaos, Ordnung und Information*. Leipzig-Jena-Berlin: URANIA-Verlag 1989. 118 Seiten. Frankfurt am Main-Thun: Verlag Harri Deutsch 1989, 2. Aufl. 1992.
- (mit Heinz Ulbricht (Eds.)): *Irreversible Processes and Selforganization*. Leipzig: Teubner-Verlag 1989. 256 Seiten.
- (mit Andreas Engel & Rainer Feistel): *Physik der Evolutionsprozesse*. Berlin: Akademie-Verlag 1990. 371 Seiten.
- (mit Harald Engel & Hanspeter Herzel): *Selbstorganisation in der Zeit*. Berlin: Akademie-Verlag 1990. 205 Seiten.

- (mit Andreas Förster, Vladimir E. Fortov, Viktor K. Gryaznov & Aleksander Ya. Polishchuk): *Thermophysical Properties of Dense Plasmas*. Stuttgart-Leipzig: Teubner-Verlag 1991. 315 Seiten
- (mit Manfred Peschel & Wolfgang Weidlich (Eds.)): *Models of Selforganization in Complex Systems*, MOSES. Berlin: Akademie-Verlag 1992. 336 Seiten.
- (mit Andreas Förster & Rainer Radtke (eds.)): *Physics of Nonideal Plasmas*. Stuttgart-Leipzig: Teubner-Verlag 1992. 318 Seiten.
- (mit Rainer Feistel): *Chaos und Kosmos. Prinzipien der Evolution*. Heidelberg-Berlin-Oxford: Spektrum Akademischer Verlag 1994. 251 Seiten.
- (mit Hans-M. Voigt, Ingo Rechenberg & Hans-P. Schwefel (Eds.)): *Parallel Problem Solving from Nature – PPSN IV*. Berlin-Heidelberg; Springer 1996.
- (mit Jan Freund & Frank Schweitzer): *Komplexe Strukturen: Entropie und Information*. Stuttgart-Leipzig: B.G. Teubner 1998. 265 Seiten.
- (mit Andreas Engel & Rainer Feistel): *Fizika Protseessow Evolyutsii*. Moskva: Izdatelstvo URSS 2001. 326 Seiten.
- (mit Yury Mikhail Romanovsky & Lutz Schimansky-Geier (eds.)): *Stochastic Dynamics of Reacting Biomolecules*. Singapore: World Scientific Publ. Comp. 2003. 310 Seiten.
- Образование структур при необратимых процессакх. 2nd edition. Moscow-Ishvsk: RCD-Publisher 2004. 274 Seiten.

II. Artikel aus periodischen und anderen fortlaufend erscheinenden Publikationen

- (mit Yuri L. Klimontovich): Hydrodynamische Beschreibung der Bewegung geladener Teilchen in schwach ionisierten Plasmen (in Russ.). – In: *Zhurnal experimental i teoreticheskoi Fiziki* (Moskau). 43(1962), S. 146 – 152.
- (mit Yuri L. Klimontovich): Hydrodynamische Näherungen in der Theorie stark bzw. schwach ionisierter Plasmen. – In: *Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe* (Rostock). 11(1962), S. 355 – 363.

- (mit Hans Falkenhagen): Die Grundgleichungen der Theorie homogener elektrolytischer Lösungen. – In: Berichte der Akademie der Wissenschaften (Berlin). 5(1963), S. 616 – 620.
- (mit Hans Falkenhagen): Zur kinetischen Theorie schwach ionisierter Plasmen im Magnetfeld. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 10(1963)7/8, S. 347 – 359.
- Statistische Mechanik der irreversiblen Prozesse in Lösungen wechselwirkender Teilchen. – In: Zeitschrift physikalische Chemie (Leipzig). 224(1963), S. 321 – 330.
- Statistische Mechanik der irreversiblen Prozesse in Lösungen wechselwirkender Teilchen II. – In: Zeitschrift physikalische Chemie (Leipzig). 225(1964), S. 15 – 25.
- Zur statistischen Theorie der elektrischen Eigenschaften von Ionenlösungen. – In: Zeitschrift physikalische Chemie (Leipzig). 227(1964), S. 329 – 337.
- Reversibilität und Irreversibilität in der Physik. – In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe (Rostock). 13(1964).
- Kurze Mitteilung kinetische Gleichungen und Momentengleichungen für inhomogene Plasmen. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 15(1964)7/8, S. 404 – 406.
- (mit Wolf D. Kraeft & Zbigniew Ratajewicz): Statistische Theorie der Ionen-Dipol-Lösungen I. Molekulare Verteilungsfunktionen, Stationäre Leitfähigkeit. – In: Zeitschrift physikalische Chemie (Leipzig). 232(1964), S. 205 – 227.
- Statistisch-mechanische Ableitung von verallgemeinerten Diffusionsgleichungen (Herrn Prof. Dr. H. Falkenhagen zum 70. Geburtstag). – In: Annalen der Physik (Leipzig). 16(1965)3/4, S. 147 – 159.
- (mit Hans Falkenhagen & Wolf-Dietrich Kraeft): Zur Deutung der Abhängigkeit der elektrolytischen Leitfähigkeit von der Konzentration neutraler Komponenten. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 18(1966)1/2, S. 15 ff.
- (mit Dietrich Kremp & Wolf-Dietrich Kraeft): Zur Theorie der Leitfähigkeit von Elektrolyten und schwach ionisierten Plasmen. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 18(1966)5/6, S. 246 ff..

- Zur Theorie der elektrophoretischen Effekten in Ionenlösungen. – In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe (Rostock). 14(1965), S. 271 – 275.
- Die Gesetze der Makrophysik und ihr Verhältnis zur Quantenmechanik. – In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin (Berlin). (1965)4/5, S. 593 – 595.
- (mit Hans Falkenhagen): Statistical derivation of diffusion equations according to the Zwanzig method. – In: Physics Letters. 15 (1965), S. 131 – 132.
- (mit Wolf D. Kraeft): Statistische Theorie der Ionen. Dipol-Lösungen III. Dielektrische Eigenschaften. – In: Zeitschrift physikalische Chemie (Leipzig). 233(1965), S. 388 – 402.
- Zur freien Energie von Systemen geladener Teilchen. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 18(1966)7/8, S. 415 – 416.
- (mit Günter Kelbg): Zur statistischen Thermodynamik elektrolytischer Lösungen mit großem Bjerrum-Parameter. – In: Zeitschrift physikalische Chemie (Leipzig). 233(1966), S. 209 – 230.
- (mit Günter Kelbg & Gerhard Schmitz): Molekulare Verteilungsfunktionen klassischer Systeme geladener Teilchen im thermodynamischen Gleichgewicht. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 18(1966), S. 29 – 41.
- (mit Hans Falkenhagen und Wolf D. Kraeft): Zur Deutung der Abhängigkeit der elektrolytischen Leitfähigkeit von der Konzentration neutraler Komponenten. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 18(1966)1/2, S. 15 – 28.
- (mit Dietrich Kremp & Wolf D. Kraeft): Zur Theorie der Leitfähigkeit von Elektrolyten und schwach ionisierten Plasmen II. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 18(1966)5/6, S. 246 – 256.
- (mit Wolf D. Kraeft & Dietrich Kremp): On the Conductance of symmetrical electrolytes. – In: Journal of Physical Chemistry . 70(1966), S. 3338 – 3339.
- Statistische Thermodynamik der gebundenen Zustände in Plasmen. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 19(1967)1/2, S. 104 – 112.
- Zur statistischen Theorie der Diffusion geladener Teilchen. – In: Beiträge zur Plasmaphysik. 7(1967), S. 11 – 20.

- (mit Heinz J. Hoffmann & Günter Kelbg): Quantenstatistik des Hochtemperaturplasmas im thermodynamischen Gleichgewicht. – In: Beiträge zur Plasmaphysik. 7 (1967), S. 233 – 248.
- (mit Heinz Ulbricht): Hydrodynamische Näherungen für stark ionisierte Plasmen. – In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe (Rostock). 16(1967), S. 857 – 868.
- Ableitung der freien Energie von Quantenplasmen kleiner Dichte aus den exakten Streuphasen. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 17(1968)1/2, S. 33 – 39.
- Zur freien Energie von Quantenplasmen kleiner Dichte. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 21(1968)5/6, S. 315 – 317.
- (mit Günter Kelbg & Klaus Rohde): Binary Slater Sums and Distribution Functions for Quantum Statistical Systems with Coulomb Interaction. I. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 21(1968)5/6, S. 235 ff.
- (mit Klaus Rohde & Günter Kelbg): Binary Slater Sums and Distribution Functions for Quantum Statistical Systems with Coulomb Interaction. II. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 22(1968)1/2, S. 1 ff.
- Zur freien Energie von Systemen geladener Teilchen. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 17(1968), S. 415 – 416.
- (mit Günter Kelbg & Hartmut Krienke): Zur statistischen Thermodynamik elektrolytischer Lösungen mit großem Bjerrum-Parameter II. – In: Zeitschrift physikalische Chemie (Leipzig). 238(1968), S. 76 – 88.
- (mit Heinz J. Hoffmann): Quantenstatistik des Hochtemperatur-Plasmas im thermodynamischen Gleichgewicht II. – In: Beiträge Plasmaphysik. 8(1968), S. 43 – 56.
- Zur Theorie der Bjerrumschen Ionenassoziation in Elektrolyten. – In: Zeitschrift physikalische Chemie (Leipzig). 238(1968), S. 400 – 402.
- Equation of State and Saha Equation of Partially Ionized Plasmas. – In: Physica. 38(1968), S. 378 – 388.
- Zur freien Energie von Quantenplasmen kleiner Dichte. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 21(1968), S. 315 ff.
- (mit Heinz J. Hoffmann): On the Equation of State of Fully Ionized Quantum Plasmas. – In: Physica. 39(1968), S. 593 – 598.

- (mit Nikolai F. Kovalenko): Zur statistischen Theorie der Diffusionsprozesse in kondensierten Medien. – In: *physica status solidi*. 30(1968), S. 533 – 540.
- The Exact Free Energy of low Density Quantum Plasmas. – In: *Physica*. 40(1968), S. 290 – 292.
- Zur statistischen Thermodynamik von Systemen chemisch reagierender Teilchen. – In *Zeitschrift physikalische Chemie (Leipzig)*. 240(1969), S. 265 – 278.
- (mit Wolf D. Kraeft): Zur Theorie der Leitfähigkeit assozierender Elektrolyte. – In: *Zeitschrift physikalische Chemie (Leipzig)*. 240(1969), S. 141 – 143.
- Zur Quantenstatistik der Bindungszustände in Plasmen. I. Cluster-Entwicklungen. – In: *Annalen der Physik (Leipzig)*. 22(1969), S. 383 – 391.
- Zur Quantenstatistik der Bindungszustände in Plasmen. II. Berechnung der Cluster-Integrale. – In: *Annalen der Physik (Leipzig)*. 22(1969), S. 392 – 401.
- Coulomb Interaction and Ionization Equilibrium in Partially Ionized Plasmas. – In: *Physica*. 43(1969), S. 293 – 300.
- (mit Wolf D. Kraeft & Dietrich Kremp): Complex Representation of the Quantumstatistical Second Virial Coefficient. – In: *Physics Letters*. 29A (1969), S. 466 ff.
- (mit Klaus Rohde & Günter Kelbg): Quantum Statistical State Equation of Highly Ionized Hydrogen: – In: *Annalen der Physik (Leipzig)*. 22(1969)7/8, S. 392 – 401.
- (mit Dieter Kremp, Heinrich Parthey & Heinz Ulbricht): Reversibilität und Irreversibilität als physikalisches Problem in philosophischer Sicht. – In: *Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock. Gesellschaftswissenschaftliche Reihe (Rostock)*. 19(1970)1, S. 127 – 138.
- (mit Heinz Ulbricht): Zur statistischen Theorie des thermodynamischen Verhaltens der Tetraalkylammonium-Ionen. – In: *Zeitschrift physikalische Chemie (Leipzig)*. 243(1970), S. 129 – 134.
- (mit Wolf D. Kraeft & Dietrich Kremp): Quantum Statistical Second Virial Coefficient for Real Gases and Plasmas. – In: *Beiträge zur Plasmaphysik*. 10(1970), S. 237 – 263.
- (mit Klaus Rohde & Günter Kelbg): Quantenstatistische Zustandsgleichung von stark ionisierten Wasserstoffplasmen mittlerer Dichte. – In: *Annalen der Physik (Leipzig)*. 25(1970), S. 80 – 87.

- (mit Günter Kelbg & Rainer Sändig): Zustandsgleichung und Ionisationsgleichgewicht des Wasserstoffplasmas. – In: Beiträge zur Plasmaphysik. 10(1970), S. 507 – 525.
- Zur Hypothesenbildung in der physikalischen Forschung. – In: Die Technik. 25(1970), S. 754 ff.
- Thermodynamik irreversibler Prozesse und Verfahrenstechnik. – In: Wissenschaftliche Thesen der Deutsche Akademie der Wissenschaften (Berlin). 3(1970). S. 31 – 39.
- (mit Dietrich Kremp & Wolf D. Kraeft): Quantum Statistics of the Second Virial Coefficients and Scattering Theory. – In: Physica. 51(1971), S. 146 – 164.
- On the Possibility of Diffusion Instabilities in Weak Elektrolytes. – In: Zeitschrift für physikalische Chemie (Leipzig). 247(1971), S. 340 – 342.
- (mit Rainer Sändig): Über das Ionisationsgleichgewicht und die Stabilität des Quantenplasmas (in Russ.). – In: Teplofizika Vysokich Temperatur (Moskau). 9 (1971), S. 1300 – 1301.
- (mit Hartmut Krienke): A Generalized Debye-Hückel-Theory of Concentrated Electrolytes. – In: Zeitschrift physikalische Chemie (Leipzig). 248(1971), S. 274 – 276.
- Quantum Statistics of Ionization and Shielding Effects in Non-Degenerate Moderately Doped Semiconductors. – In: physica status solidi (b). 46(1971), S. 243 – 255.
- (mit Gerd P. Bartsch): Quantum Statistical Fugacity Expansions for Partially Ionized Plasmas in Equilibrium. – In: Beiträge zur Plasmaphysik. 11(1971), S. 393 – 403.
- Zur Theorie der Ionenpaar-Bildung in Elektrolyten. – In Zeitschrift physikalische Chemie (Leipzig). 249(1972), S. 140 – 142.
- (mit Yuri L. Klimontovich): Quantenkinetische Gleichungen nichtidealer Gase und nichtidealer Plasmen (in Russ.). – In: Zhurnal experimental teoreticheskoi Fiziki (Moskau). 63(1972), S. 905 – 917.
- (mit Rainer Sändig): Theory of the Ionization Equilibrium in Dense Plasmas. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 28(1973), S. 289 – 305.
- (mit Rainer Feistel): Zur Kinetik molekularer Replikationsprozesse mit Selektionscharakter. – In: studia biophysica (Berlin). 45(1974), S. 183 – 190.

- (mit Detlev Geisler, Wolf D. Kraeft & Rainer Sändig): Zur Theorie der elektrischen Leitfähigkeit von Elektrolyten höherer Konzentration. – In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe (Rostock). 23(1974), S. 903 – 910.
- Diffuse Phasenübergänge in Systemen mit Bindungszuständen (in Russ.). – In: Uconye Sapiski Latvishovo Universiteta P. Stutschka Riga. 238(1975). S. 119 – 131.
- (mit Rainer Feistel): Electrolytic Conductance and Short-Range Ionic Interactions for Aqueous Alkali Halides. – In: Chemical Physics Letters. 36(1975). S. 404 – 406.
- (mit Gerd P. Bartsch): Theory of the Ionization Equilibrium in Dense Semiconductor Plasma. – In: Beiträge zur Plasmaphysik . 25(1975), S. 25 – 35.
- (mit Dietrich Kremp & Wolf D. Kraeft): Phase Transitions in Electron – Hole Plasmas. – In: physica status solidi (b). 69(1975), S. K59 – K62.
- (mit Hartmut Krienke & Hans J. Czerwon): Zur Bestimmung der zwischenionalen Wechselwirkungen in Elektrolyten aus thermodynamischen Daten. – In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe (Rostock). 24(1975), S. 671 – 679.
- (mit Peter Jakubowski, Reinhard Mahnke & Eberhard Rogmann): Zur Geschichte der Elektrolytforschung an der Universität Rostock. – In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe (Rostock). 25(1975), S. 111 – 119.
- (mit G. Czajkowski): Phase Separation in Bistable Enzyme Reaction Systems. – In: studia biophysica (Berlin). 60(1976)3, S. 201 – 204.
- (mit Rainer Feistel): Zur nichtlinearen Kinetik von homogenen Konkurrenzreaktionen. – In: Zeitschrift physikalische Chemie (Leipzig). 257(1976)4, S. 705 – 720.
- (mit Wolf Kraeft, Dietrich Kremp & Klaus Kilimann): Coexisting Phases in an Electron-Hole-Plasmas. – In: physica status solidi (b). 78(1976), S. 241 – 253.
- Bound-State Effects in Quantum Transport-Theory. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 33(1976)5, S. 350 – 358.

- Physikalische Aspekte der qualitativen Sprünge bei Entwicklungsprozessen. I. Grundlagen. – In: *Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Gesellschaftswissenschaftliche – Sprachwissenschaftliche Reihe* (Berlin). 25(1976)1.
- Wie können Strukturen spontan entstehen? – In: *Wissenschaft und Fortschritt* (Berlin). 26(1976), S. 309 – 313.
- (mit Rainer Feistel): Dynamische Modelle zum Selektionsverhalten offener Systeme. – In: *Wissenschaftlich Zeitschrift der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock. Mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe*. 25(1976), S. 507 – 513.
- (mit Rainer Feistel und Detlev Geisler): Zur Theorie der elektrolytischen Leitfähigkeit bei höheren Konzentrationen. – In: *Zeitschrift physikalische Chemie* (Leipzig). 257(1976), S. 337 – 353.
- (mit Rainer Feistel): Physikalische Aspekte der qualitativen Sprünge bei Entwicklungsprozessen. II. Modellsysteme. – In: *Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Gesellschaftswissenschaftliche – Sprachwissenschaftliche Reihe* (Berlin). 25(1976)2, S. 25 – 32.
- (mit Eckardt Bich & Hartmut Krienke): Interionische Wechselwirkungen und Thermodynamik starker Elektrolyte. – In: *Zeitschrift physikalische Chemie* (Leipzig). 257(1976), S. 549 – 562.
- (mit Rainer Feistel): Stochastic Theory of Molecular Replication Processes with Selection Character. – In: *Annalen der Physik* (Leipzig) (Berlin). 34(1977)2, S. 81 – 91.
- (mit W. Zimdahl): Theory of Ionization Equilibrium in nonideal Alkali Plasmas. – In: *Annalen der Physik* (Leipzig). 34(1977)1, S. 9 – 22.
- (mit Rainer Feistel & Reiner Sändig): Einfluß spezifischer Ionenwechselwirkungen auf die thermodynamischen und Transporteigenschaften von Elektrolyten (in Russ.). – In: *Termodinamika i Strojnie Rastvorov*. 4(1977), S. 38 – 42.
- Makroskopische Materie als Quantensystem von Punktladungen. – In: *Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften der DDR*. Berlin: Akademie-Verlag 1977. 7N(1977), S. 149 – 167.
- (mit Christo Ivanov): Derivation of Generalized Diffusion Equations. – In: *acta physica polonica*. 52(1977), S. 329 – 345.

- (mit G. Czajkowski): Non-Equilibrium Phase Transitions in Enzyme Reaction Systems. – In: *J. Non-Equilib. Thermodyn.* 2(1977), S. 1 – 16.
- (mit C. Ivanov, & Lutz Schimansky-Geier): Stochastic Theory of Nucleation in Bistable Reaction Systems. – In: *Rostocker Physikalische Manuskripte.* (Rostock: Universität Rostock). 2(1977), S. 93 ff.
- Non-Equilibrium Transitions and Stationary Probability Distributions of Stochastic Processes. – In: *Physics Letters A.* 68(1978)5/6.
- (mit Rainer Feistel): Deterministic and Stochastic Theory of Sustained Oscillations in Autocatalytic Reaction Systems. – In: *Physica A.* 93(1978), S. 114 – 137.
- (mit Rainer Feistel): On the Eigen-Schuster Concept of Quasispecies in the Theory of natural Self-Organization. – In: *studia biophysica* (Berlin). 71(1978)2, S. 139 ff.
- (mit Jean-Claude Justice): Ionic interactions in solutions. VI. Conductance theory of binary electrolytes for Hamiltonian models. – In: *Journal Solution Chemistry.* 8(1979), S. 809 – 833.
- (mit Reinhard Mahnke): Kinetics of Molecular Replication and Selection. – In: *Zagadnienia Biofizyki Wspolczesnej.* 4(1979), S. 119 – 128.
- (mit Jörn Schmelzer): Oszillationen in chemischen Reaktionssystemen von Lotka-Typ. – In: *Wissenschaftliche Zeitschrift der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe.* 28(1979)3, S. 233 – 242.
- (mit Horst Malchow): Bifurcations in a Bistable Reaction-Diffusion System. – In: *Annalen der Physik* (Leipzig). 36(1979)2, S. 121 – 134.
- (mit Claudia V. Meister, Rainer Sändig & Wolf-Dietrich Kraeft): Pressure Ionization in nonideal Alkali Plasmas. – In: *Annalen der Physik* (Leipzig). 36(1979)5, S. 321 – 332.
- (mit Gerd Röpke): Conductance Theory of Nonideal Plasmas. – In: *Annalen der Physik* (Leipzig). 36(1979)6, S. 429 – 437.
- (mit Lutz Schimansky-Geier): Stochastic Dynamics of a Bistable Reaction Systems. – In: *Physica A.* 98(1979), S. 578 – 600.

- (mit Jörn Schmelzer): Koexistenz von Sorten in nichtlinearen autokatalytischen Parallelreaktionen. – In: Zeitschrift physikalische Chemie (Leipzig). 261(1980)4, S. 677 – 696.
- (mit Harald Engel-Herbert): The Influence of External Fluctuations on Self-Sustained Temporal Oscillations. – In: Physica A. 104(1980), S. 378 – 396.
- (mit Harald Engel-Herbert & Lutz Schimansky-Geier): Strukturelle Instabilitäten chemischer Reaktionen. – In: Greifswalder Physikalische Hefte. 5(1980), S. 18.
- (mit Miguel Jimenez-Montano): Stochastic Evolutionary Models of Technological Change. – In: Collective Phenomena. 3(1980), S. 107 – 120.
- (mit Manfred Grigo): An analytical Calculation of the Equation of State and the Critical-Point in a Dense Classical Fluid of Charged Hard-Spheres. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 37(1980)1, S. 21 – 30.
- (mit Waldemar Richert, Wolf-Dieter Kraeft & Werner Stolzmann): Pade Approximations for the thermodynamic Functions of Weakly Interacting Coulombic Quantum Systems. – In: Physica Status Solidi (b) Basis Research. 104(1981), S. 193 ff.
- (mit Ingrid Sonntag & Lutz Schimansky-Geier): On the Evolution of Biological Macromolecules II: Catalytic Networks. – In: studia biophysica (Berlin). (1981), S. 84 – 87.
- (mit Ulrike Feudel): Electric Potential and Charge Distribution in the Cell Surface Coat. – In: studia biophysica (Berlin). 89(1982)3, S. 179 – 185.
- (mit Harald Engel-Herbert): Stochastic Theory of Kinetic Transitions in Nonlinear Mechanical Systems. – In: Advances in Mechanics. 5(1982)3/4.
- (mit Waldemar Richert): Thermodynamic Functions of nonideal Hydrogen Plasmas. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 39(1982)5, S. 362 – 370.
- (mit Horst Malchow, Rainer Feistel and Lutz Schimansky-Geier): Stochastic Bifurcations in a Bistable Reaction-Diffusion System with Neumann Boundary Conditions. – In: Annalen der Physik (Leipzig). 40(1983)2/3, S. 151 – 160.
- (mit Lutz Schimansky-Geier & Alexander S. Mikhailov): Effect of Fluctuations on Plane Front Propagation in Bistable Nonequilibrium Systems. – In: Physics Letters. 96A(1983), S. 453 ff.

- (mit H. Malchow & Rainer Feistel): Polarity, Symmetry, and Gradients in a Reaction-Diffusion System II. Patterns of Charge. – In: *studia biophysica* (Berlin). 97(1983)3, S. 231 – 236.
- (mit Lutz Schimansky-Geier): Stochastic Theory of Nucleation in Nonequilibrium Bistable Reaction Systems. – In: *Annalen der Physik* (Leipzig). 40(1983)1, S. 10 – 24.
- Discussion of the Klimontovich Theory of Hydrodynamic Turbulence. – In: *Annalen der Physik* (Leipzig). 40(1983)1, S. 25 – 33.
- (mit Ulrike Feudel): Influence of Coulomb Interactions on Dissipative Structures in Reaction-Diffusion System. – In: *Annalen der Physik* (Leipzig). 40(1983)1, S. 68 – 78.
- (mit Peter M. Allen): Evolution and the Stochastic Description of Simple Ecosystems. – In: *BioSystems*. 16(1983), S. 113 – 126.
- (mit Hanspeter Herzel & Evgeni E. Selkov): The Influence of Noise on an Oscillating Glycolytic Model. – In: *studia biophysica* (Berlin). 98(1983)3, S. 147 – 154.
- (mit Rainer Feistel): Energieumwandlung auf der Grundlage isothermer dissipativer Strukturen. – In: *Experimentelle Technik der Physik* (Berlin). 32(1984)1.
- (mit Waldemar Richert): Thermodynamic Functions of the Electron Fluid for a Wide Density-Temperature Range. – In: *Physica Status Solidi (b) Basic Research*. 121(1984), S. 633 ff.
- (mit Manfred Grigo): Radial Distribution Function in a Modified Bjerrum Model of Associating Electrolytes. – In: *Zeitschrift physikalische Chemie* (Leipzig). 265(1984)6, S. 1072 – 1078.
- (mit Waldemar Richert): Thermodynamic Properties of Liquid Hydrogen Metal. – In: *Physica Status Solidi (b) Basic Research*. 128(1985), S. 467 ff.
- (mit Yury Mikhail Romanovsky): Energy Transfer and Chaotic Oscillations in Enzyme Catalysis. – In: *Zeitschrift physikalische Chemie* (Leipzig). 266(1985)5, S. 836 – 843.
- (mit Lutz Schimansky-Geier): Fokker Planck-Equations for Nonlinear Kinetic Processes and Their Solution. – In: *Fluid Dyn. Transaction*. 7(1985), S. 12 ff.

- (mit Lutz Schimansky-Geier & A. V. Tolstopjatenko): Noise Induced Transitions Due to Additive External Noise. – In: *Physics Letters A*. 108(1985), S. 329 ff.
- Pattern Dynamics and Optimization in Reaction Diffusion Systems. – In: *J. Statistical Physics*. 45(1986), S. 891 ff.
- (mit Wolf-Dietrich Kraeft, Dietrich Kremp & Gerd Röpke): Quantum Statistics of Coulomb Systems: Thermodynamic Functions and Phase Transitions. – In: *Physica*. 140A (1986), S. 160 – 168.
- (mit Beate Röder & Lutz Schimansky-Geier): Kinetic Models of Tumor Cell Populations Influenced by a Photodynamic Therapy. – In: *studia biophysica* (Berlin). 113(1986), S. 151 ff.
- (mit Hanspeter Herzel, Waldemar Richert & Lutz Schimansky-Geier): Influence of Noise on Duffing – van der Pol Oscillators. – In: *ZAMM*. 66(1986), S. 141 ff.
- (mit Andrea Scharnhorst): Stochastic Models for the Mobility of Physicist. – In: *Czech. J. Physics*. B 36(1986), S. 43 – 46.
- (mit Ingrid Sonntag): Stochastic Description of Evolutionary Processes. – In: *BioSystems*. 19(1986), S. 91 – 100.
- Physik komplexer nichtlinearer Netzwerke und neue Wege der Informationsverarbeitung. – In: *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften der DDR: Mathematik – Naturwissenschaften – Technik*. (Nr 4N). Berlin 1987. S. 1 – 19.
- (mit Frank Schweitzer, Lutz Schimansky-Geier & Heinz Ulbricht): Stochastics of Nucleation in Isolated Gases Including Carrier Molecules. – In: *Physica* 153 A (1988), S. 573 ff.
- (mit Frank Schweitzer, Lutz Schimansky-Geier & Heinz Ulbricht): Stochastic Approach to Nucleation in Finite Systems. Theory and Computer Simulations. – In: *Physica*. 150 A(1988), S. 261 ff.
- On the Entropy of Dissipative and Turbulent Structures. – In: *Physica Scripta*. T25(1989), S. 238 – 242.
- Nonideality Effects in Plasmas with Multiply Charged Ions. – In: *Contributions to Plasma Physics*. 29(1989)2, S. 165 – 172.
- Selbstorganisation und Evolution vom Standpunkt der Physik. – In: *Zeitschrift angewandte Mathematik und Mechanik* (Berlin). 69(1989), S. 379 – 284.

- (mit Christoph Zülicke & Lutz Schimansky-Geier): Dynamic Pattern Processing with Adaptive Excitable Media. – In: *Bioinformatics*. 22(1989), S. 261 ff.
- (mit Klaus Kilimann): Ionization Energy and Level Shifts of Multiply Charged Ions in Nonideal Plasmas. – In: *Zeitschrift für Naturforschung*. 44a(1989), S. 519 – 523.
- (mit Eberhard Bruckner, & Andrea Scharnhorst): Stochastic Dynamics of Evolutionary Systems. – In: *System Dynamics Review*. 5(1989), S. 3 – 20.
- (mit Harald Engel-Herbert): Entropy Lowering and Attractors in Phase Space. – In: *Acta Physica Hungaria*. 66(1989), S. 339 – 348.
- Applications of Evolutionary Strategies. – In: *Syst. Anal. Model Simul*. 7(1990), S. 3 – 16.
- Ionization and Level Occupation of Hydrogen-like Ions in Highly Ionized Plasma. – In: *Zeitschrift physikalische Chemie (Leipzig)*. 271(1990), S. 233 – 237.
- Free Energy and Ionization in Dense Plasmas of Light Elements. – In: *Contributions to Plasma Physics*. 30(1990), S. 553 – 561.
- (mit Eberhard Bruckner & Andrea Scharnhorst): The Application of Evolution Models in Scientometrics. – In: *Scientometrics (Budapest-Amsterdam)*. 18(1990), S. 21 – 41.
- (mit Ulrich Bunke): Large-Noise Expansions for the Stationary Solution of Fokker-Planck-Equations. – In: *Annalen der Physik (Leipzig)*. 7(1990), S. 101 – 104.
- (mit Frank Schweitzer, Lutz Schimanski & Heinz Ulbricht): Stochastic Approach to Cluster Formation in Adiabatically Expanding Molecular Beams. – In: *Zeitschrift physikalische Chemie (Leipzig)*. 271(1990), S. 1113 – 1122.
- (mit Klaus Kilimann): Energy Gap and Line Shifts for H-Like Ions in Dense Plasmas. – In: *Zeitschrift für Naturforschung*. 45a(1990), S. 613 – 617.
- (mit Mikhail V. Volkenstein): Entropy and the Evolution of Biological Information. – In: *Physica A*. 163(1990), S. 398 – 402.
- (mit Lutz Schimansky-Geier, Frank Schweitzer & Heinz Ulbricht): Stochastic Approach to Cluster Formation in Adiabatically Expanding Molecular Beams. – In: *Zeitschrift physikalische Chemie (Leipzig)*. 271(1990), S. 1113 ff.

- (mit Lutz Schimansky-Geier & Frank Schweitzer): Stochastic Theory of Nucleation in Open Molecular Systems. – In: Zeitschrift physikalische Chemie (Leipzig). 169(1990), S. 1 – 10.
- (mit Vadim S. Anishenko): Effects of strong noise on attractors of dynamical systems. – In: Z. Phys. B – Condensed Matter. 81(1990), S. 445.
- (mit Jean-C. Justice): Frequency-Dependent Conductance and Dielectric Permittivity. – In: J. Solution Chemistry. 19(1990), S. 945 – 955.
- Stochastic Models of Competition Processes in Non-Physical Systems. – In: Syst. Anal. Modell. Simul. 8(1991), S. 3 – 17.
- Chaos, Ordnung und Entropie. – In: academie spectrum (Berlin). 7(1991), S. 15 – 22.
- Entropie und Evolution der biologischen Information. – In: Informatik Berichte der Universität Bonn (Bonn). (1991), S. 67 – 82.
- The Berlin School of Thermodynamics founded by Helmholtz and Clausius. – In: Eur. J. Physics. 12(1991), S. 1 – 9.
- (mit Andreas Engel, Lutz Schimansky-Geier & C. Zülicke): Dynamics of Fronts, Nuclei and Patterns in 2d Random Media. – In: Physica D. 49(1991), S. 170 – 176.
- (mit Ines Leike): Kinetics of Ionization-Recombination Processes in Nonideal Hydrogen Plasmas. – In: Physica A. 170(1991), S. 682 – 688.
- (mit Gregoire Nicolis): Entropy of Symbolic Sequences: The Role of Correlations. – In: Europhysics Letters. 14(1991), S. 191 – 196.
- (mit Gerd Röpke): Thermodynamische und Transporteigenschaften dichter Plasmen. – In: Physikalische Blätter (Weinheim). 47(1991), S. 51 – 54.
- (mit Martin Janssen): Soliton – Assisted Activation Processes. – In: Ber. Bunsenges. Phys. Chem. 95(1991), S. 356 – 362.
- (mit Gregoire Nicolis): Word Frequency and Symbolic Sequences: A Dynamical Perspective. – In: Chaos, Solitons and Fraktals. 2(1992), S. 635 – 650..
- Entropy and Information in Processes of Self-Organization: Uncertainty and Predictability. – In: Physica A. 194(1993), S. 563 – 575.

- Entropy, Transinformation and Word Distribution in Information-Carrying Sequences. – In: Technical Report KeioPhys. 94-12, July 1994, Dept. of Physics, Keio University, Yokohama, Japan.
- (mit Hanspeter Herzel & Armin O. Schmitt): Entropies of biosequences: the role of repeats. – In: Physical Review E. 50(1994)6, S. 5061 – 5070.
- (mit Hanspeter Herzel & Armin O. Schmitt): Finite Sample Effects in Sequence Analysis. – In: Chaos, Solitons & Fraktals. 4(1994), S. 97 – 113.
- (mit Vadim S. Anishchenko & Alexander Neiman): Power Law Distributions of Spectral density and Higher Order Entropies. – In: Chaos, Solitons & Fraktals. 4(1994), S. 69 – 81.
- (mit Thorsten Pöschel): Entropy and Long-Range Correlations in Literary English. – In: Europhysics Letters. 26(1994), S. 241 – 246.
- (mit Helge Rose & J. Schuchhardt): Evolutionary strategies for solving frustrated problems. – In: IEEE WCCI Orlando 1994.
- (mit Ole Steuernagel & Vera Calenbuhr): An Elementary Model for Directed Active Motion. – In: Chaos, Solitons & Fraktals. 4(1994)10, S. 1917 – 1930.
- (mit Eberhard Bruckner, Mignet A. Jimenez Montano & Andrea Scharnhorst): Nonlinear stochastic effects of substitution – an evolutionary approach. – In: J. Evol. Econ. 5 (1995).
- (mit Victor Podlipchuk & Alexander Valuev): Molecular Dynamics Simulation of the Activation of Soft Molecules Solved in Condensed Media. – In: Physica A. 217(1995), S. 22 – 37.
- (mit Alexander Neiman): Long-Range Correlations Between Letters and Sentences in Texts. – In: Physica A. 215(1995), S. 233 – 241.
- (mit Thorsten Pöschel & K.-F. Albrecht): Entropy, Transinformation and Word Distribution of Information-Carrying Sequences. – In: International Journal Bifurc & Chaos. 5(1995), S. 51 – 60.
- (mit Thorsten Pöschel & Helge Rose): Guessing Probabilities from Small Samples. – In: J. Statist. Physics. 26(1995), S. 241 – 248.
- (mit Andreas Förster & Victor Yu. Podlipchuk): Quantum wave-packets simulation of ionization. – In: Physics Letters A. 218(1996), S. 297 – 303.

- (mit Andreas Förster, Helmut Hess & Mikhail Yury Romanovsky): Thermodynamic and kinetic properties of hot nonideal plasmas. – In: Plasma Phys. Control. Fusion. 38(1996), S. A31 – A47
- (mit Alexander Neiman, Boris Shulgin, Vadim S. Anishchenko, Lutz Schimansky-Geier & Jan Freund): Dynamic Entropies Applied to Stochastic Resonance , Erratum. – In: Physics Rev. Letters. 76(1996), S. 4922.
- (mit Jens Ortner & Friedemann Schautz): Quasi-classical Molecular Dynamics Simulations of the Electron Gas: Dynamic properties. – In: Physics Rev. E. 56(1997), S. 4665 ff.
- Prediction and entropy of nonlinear dynamical systems and symbolic sequences with LRO. – In: Physica D. 109(1997), S. 42 – 52.
- (mit Dieter Beule & Andreas Förster): Adiabatic equation of state and ionization equilibrium. – In: Physica A. 241(1997), S. 719 – 728.
- (mit Alexander A. Valuev & Victor J. Podlipchuk): Molecular Dynamics Simulation of the Energy. – In: Journal of Molecular Liquids. 73/74(1997), S. 445 – 452.
- (mit Burkhard Militzer): Quantum molecular dynamics of partially ionized plasmas. – In: Physics Letters A. 226(1997), S. 298 – 304.
- (mit Friedemann Schautz): Many Particle simulations of the quantum electron gas using momentum-dependent potentials. – In: Physical Review E. 56(1997)3.
- (mit Mikhail Yury Romanovsky): Microfields and fusion rates for dense plasmas. – In: Physica A. 252(1998), S. 488 – 504.
- (mit Mario Steinberg & Jens Ortner): Equation of state of a strongly magnetized hydrogen plasma. – In: Physical Review E. 58(1998), S. 3806 ff.
- (mit Jens Ortner): Quasiclassical theory and simulations of strongly coupled plasmas. – In: Physica Scripta. T75(1998), S. 93 – 98.
- (mit Andreas Förster, Dieter Beule & Hans Conrads): Highly Ionised Carbon in Capillary Discharge Plasma. – In: Contributions to Plasma Physics. 38(1998)5/6, S. 655 – 660.
- (mit Andrej. Yu. Chikishev, Nina V. Netrebko, Yuryi M. Romanovsky, Lutz Schimansky-Geier & Aleksej V. Netrebko): Stochastic Cluster Dynamics of

- Macromolecules. – In: International Journal of Bifurcation and Chaos. 8(1998)5, S. 921 – 926.
- (mit Victor Yu. Podlipchuk & Mikhail G. Sapechinsky): Microscopic Models and Simulations of Local activation Processes. – In: International Journal of Bifurcation and Chaos. 8(1998), S. 755 – 765.
- (mit Frank Schweitzer & Benno Tilch): Complex Motion of Brownian Particles with Energy Depots. – In: Physical Review Letters. 80(1998)23.
- (mit Katja Rateitschak): Symbolic Dynamics, Entropy and Complexity of the Feigenbaum Map at the Accumulation Point. – In: Discrete Dynamics in Nature and Society . 2(1998), S. 187 – 194.
- (mit Cornelius Frömmel): Entropy and predictability of information carriers. – In: BioSystems. 46(1998), S. 47 – 55.
- (mit Werner Stolzmann): New Padé approximations for the free charges in two-component strongly coupled plasmas based on the Unsöld-Berlin-Montroll asymptotics. – In: Physics Letters A. 248(1998), S. 242 – 246.
- (mit Mikhail Yury Romanovsky, Jens Ortner & Vladimir V. Korobkin): Complex double ionization of helium by superstrong laser radiation in presence of plasma microfields. – In: Laser Physics. 9(1999), S. 1 – 8.
- (mit Ronald Redmer, Gerd Röpke & Dieter Beule): Electrical Conductivity in Dense Hydrogen Fluid and Metal Plasmas. – In: Contributions to Plasma Physics. 39(1999), S. 25 – 28.
- (mit Genri E. Norman, Alexander A. Valuev & Ilya A. Valuev): Quasiclassical Theory and Molecular Dynamics of Two-Component Nonideal Plasmas. – In: Contrib. Plasma Phys. 39(1999), S. 61 – 64.
- (mit Martin Jenssen): Brownian particles with Toda interactions a model of non-linear molecular excitations. – In: SPIE. 3726(1999), 0277 – 786.
- (mit Yuri Mikhail Romanovsky): On the 75th Birthday of Youri L. Klimontovich. – In: Contributions to Plasma Physics. 39(1999), S. 285 – 286.
- (mit Udo Erdmann): Komplexe Nichtlineare Prozesse: Sonderforschungsbereich 555. – In: Humboldt-Spektrum (Berlin). 1999.
- (mit Jens Ortner & Ilya Valuev): Semiclassical Dynamics and Time Correlations in Two-Component Plasmas. – In: Contributions to Plasma Physics. 39(1999), S. 311 – 321.

- (mit Dieter Beule, Andreas Förster, Helge Juranek, Siegfried Nagel, Ronald Redmer & Gerd Röpke): Equation of state for hydrogen below 10000 K: From the fluid to the plasma. – In: *Physical Review B*. 59(1999), S. 22 ff.
- (mit Peter C. Werner & Friedrich-W. Gerstengarbe): Changes in Probability of Sequences, Exit Time Distribution and Dynamical Entropy in the Potsdam Temperature Record. – In: *Theor. Appl. Climatol.* 62 (1999), S. 125 – 132.
- (mit Benno Tilch & Frank Schweitzer): Directed Motion of Brownian Particles. – In: *Physica A*. 273(1999), S. 293 – 314.
- (mit Frank Schweitzer & Benno Tilch): Active Brownian particles with energy depots modeling animal mobility. – In: *Biosystems*. 49(1999), S. 17 – 29.
- (mit Werner Stolzmann, Andreas Förster & Michael Kasch): Quasiclassical Statistical Thermodynamics and New Padé Approximations for the Free Charges in Strongly-Coupled Plasma. – In: *Contributions to Plasma Physics*. 39(1999), S. 287 – 306.
- (mit Dieter Beule, Andreas Förster, Helge Juranek, Ronald Redmer & Gerd Röpke): Hydrogen Equation of State and Plasma Phase Transition. – In: *Contributions to Plasma Physics*. 39(1999), S. 1 – 24.
- (mit Hans Wagenknecht & Andreas Förster): Effective Potentials, Energies, and Pair-distribution Functions of Plasmas by Monte-Carlo Simulations. – In: *Contributions to Plasma Physics*. 41(2000), S. 15 – 25.
- (mit Udo Erdmann, Lutz Schimansky-Geier & Frank Schweitzer): Brownian particles far from equilibrium. – In: *European Physical Journal B*. 15(2000), S. 105 – 113.
- (mit Dieter Beule, Andreas Förster, Helge Juranek, Ronald Redmer & Gerd Röpke): Compression of hydrogen and deuterium plasma. – In: *Journal Physics IV France*. 10(2000), S. 295 – 298.
- (mit Udo Erdmann, Jörn Dunkel & Martin Jenssen): Nonlinear dynamics and fluctuations of dissipative Toda chains. – In: *Journal of Statistical Physics*. 101(2000), S. 443 – 457.
- (mit Jens Ortner & Ilya Valuev): Electric microfield distribution in two-component plasmas. Theory and Simulations. – In: *Contributions to Plasma Physics*. 40(2000), S. 555 – 568.

-
- (mit Lutz Molgedey): Intraday Patterns and Local Predictability of High Frequency Financial Time Series. – In: *Physica A*. 287(2000)3/4.
- (mit Mario Steinberg & Jens Ortner): Second virial coefficient for the Landau diamagnetism of a two component plasma. – In: *Physical Review E*. 61(2000), S. 2290 ff.
- (mit Lutz Molgedey & Axel Reimann): Stochastic Urn Models of Innovation and Search Dynamics. – In: *Physica A*. 287(2000), S. 599 – 612.
- (mit Mario Steinberg & Jens Ortner): Ionization Equilibrium and EOS of a Low-Temperature Hydrogen Plasma in Weak Magnetic Fields
- (mit Frank Schweitzer & Benno Tilch): Uphill motion of active brownian particles in piecewise linear potentials. – In: *European Physical Journal B*. 14(2000), S. 157 – 168.
- (mit Mario Steinberg & Jens Ortner): The Equation of State of a Magnetized Plasma. Proc. 1999 International Conference on Strongly Coupled Coulomb Systems, (St. Malo). — In: *Journal de physique*. IV(2000)10, S. 377 ff.
- (mit Mario Steinberg & Jens Ortner): Ionization equilibrium and EOS of a low-temperature hydrogen plasma in weak magnetic fields. – In: *European Physical Journal*. D 12(2000), S. 513 – 520.
- (mit Lutz Molgedey): Local Order, Entropy and Predictability of Financial Time Series. – In: *European Physical Journal B*. 15(2000), S. 733 – 737.
- (Valeri A. Makarov & Manuel G. Velarde): Soliton-like waves in dissipative Toda lattices. – In: *International Journal of Bifurcation and Chaos*. 10(2000), S. 1075 – 1090.
- (mit Martin Jenssen): Distribution Functions and Excitation Spectra of Toda Systems at Intermediate Temperatures. – In: *Physica D*. 141(2000), S. 117 – 132.
- (mit Alexander Chetverikov & Martin Jenssen): Statistical Thermodynamics and Nonlinear Excitations of Toda Systems. – In: *Ukr. Journal Physics*. 45(2000), S. 479 – 487.
- (mit Hans Wagenknecht & Andreas Förster): Monte Carlo simulations of an electron gas and a mass-symmetrical plasma: energies and pair-distribution functions. – In: *Journal Physics IV France*. 10(2000), S. 257 – 278.

- (mit Polina S. Landa & V. G. Ushakov): Self-oscillations in ring Toda chains with negative friction. – In: *Physical Review E*. 63(2001), 046601.
- (mit Dieter Beule, Andreas Förster, Helge Juranek, Ronald Redmer & Gerd Röpke): Isentropes and Hugoniot curves for dense hydrogen and deuterium. – In: *Phys.Rev. E*. 63 (2001). 060202.
- (mit Valeri A. Makarov, Ezequiel del Rio & Manuel G. Velarde): Dissipative Toda-Rayleigh lattice and its oscillatory modes. – In: *Physical Review E*. 64(2001), 036601.
- (mit Karmeshu & Andrea Scharnhorst): Dynamics of economic and technological search processes in complex adaptive landscapes. – In: *Advances in Complex Systems*. 4(2001), S. 71 – 88.
- (mit Vladimir S. Filinov, Manfred Bonitz & Vladimir E. Fortov): Thermodynamics of hot dense plasmas: path integral Monte Carlo simulations and analytical approximations. – In: *Plasma Phys. Control. Fusion*. 43 (2001), S. 743 – 759.
- (mit Ralf Steuer, L. Molgedey & Miguel A. Jimenez-Montano): Entropy and optimal Partition for Data Analysis. – In: *European Physical Journal B*. 19 (2001), S. 265 – 269.
- (mit Ralf Steuer & M. R. Titchener): Partition-based entropies of deterministic and stochastic maps. – In: *Stochastics and Dynamics*. 1(2001), S. 45 – 61.
- (mit S. Matyjaskiewicz, A. Krawiecki, J. A. Holyst & K. Kacperski): Stochastic multiresonance in a chaotic map with fractal basins of attraction. – In: *Phys. Rev.* 63(2001), 026215.
- (mit S. Sarkar, P. Mukhopadhyay, M. Khan, Jens Ortner & Mario Steinberg): Evolution of induced axial magnetization in a two-component magnetized plasma. – In: *Physical Review E*. 64(2001), 046401.
- (mit Hans Wagenknecht & Andreas Förster): Effective Potentials, Energies, and Pair-distribution Functions of Plasmas by Monte-Carlo Simulations. – In: *Contributions to Plasma Physic*. 41(2001), S. 15 – 25.
- (mit Frank Schweitzer & B. Tilch): Statistical mechanics of canonical-dissipative systems and applications to swarm dynamics. – In: *Physical Review E*. 64(2001) 021110, S.1 – 12.

- (mit Jörn Dunkel & Udo Erdmann): Thermodynamics and transport in an active morse ring chain. – In: *European Physical Journal B*. 24(2001), S. 511 – 524.
- (mit Ralf Steuer, D. F. Russell, S. Bahar, A. Neiman & F. Moss): Entropy and local uncertainty of data from sensory neurons. – In: *Physical Review E*. 64(2001) 061911
- (mit Alexej N. Pavlov, L. Molgedey, A. R. Ziganshin & V. S. Anishchenko): Scaling features of texts, images and time series. – In: *Physica A*. 300(2001), S. 310 – 324.
- (mit Thomas Pohl & Ulrike Feudel): Bifurcations of a semiclassical atom in a periodic field. – In: *Physical Review E*. 65(2002) 046228.
- (mit Udo Erdmann & Vadim S. Anishchenko): Excitation of rotational modes in two-dimensional systems of driven Brownian particles. – In: *Physical Review E* 65 (2002) 061106.
- (mit Axel Reimann): Ensemble-based Control of Search Dynamics with Application to String Optimization. – In: *Zeitschrift physikalische Chemie*. 216(2002), S. 65 – 75.
- (mit A. M. Ignatov, S. A. Trigger, S. A. Maiorov): Rotational kinetics of absorbing dust grains in neutral gas. – In: *Physical Review E*. 65(2002) 046413-1.
- (mit Miguel A. Jimenez-Montano, Thomas Pohl & Paul E. Rapp): Entropy and complexity of finite sequences as fluctuating quantities. – In: *BioSystems*. 64(2002), S. 23 – 32.
- (mit Sergej A. Trigger, V. S. Filinov, V. E. Fortov & Manfred Bonitz): Internal energy of high density hydrogen: Analytical approximations compared with path integral Monte Carlo calculations. – In: *Zhurnal experimental i teoreticheskoi Fiziki (Moskau)*.
- (mit Stefan Hilbert): On Saha's equation for partially ionised plasmas and Onsager's bookkeeping rule. – In: *European Physical Journal D*. 20(2002). S. 93 – 101.
- (mit Frank Schweitzer): Zwischen Ordnung und Chaos Komplexität und Ästhetik aus physikalischer Sicht. – In: *Gegenworte (Berlin)*. 9(2002), S. 46 – 49.
- (mit Axel Reimann): Ensemble-based control of evolutionary optimization algorithms. – In: *Physical Review E*. 65(2002) 046106.

- (mit Alexander Chetverikov): Nonlinear problems of molecular physics. – In: *Izv. Vuz. Applied Nonlinear Dynamics*. 10(2002), S. 3 – 21.
- Nonequilibrium statistical mechanics of swarms of driven particles. – In: *Physica A*. 314(2002), S. 92 – 96.
- (mit Stefan Hilbert & Hartmut Krienneke): On Bjerrum's Mass Action Law for Electrolytes and Onsager's Bookkeeping Rule. – In: *Journal of Molecular Liquids*. 96/97(2002), S. 409 – 423.
- Synchronization of stochastic motions in swarms of active Brownian particles with global coupling. – In: *Fluctuation and Noise Letters (FLN)*. 2(2003), S. L137 – L144.
- (mit Exequiel del Rio, Valeri A. Makarov & Manuel G. Velarde): Mode transitions and wave propagation in a driven Toda-Rayleigh ring. – In: *Physical Review E*. 67(2003), 056208, 1 – 9.
- (mit Udo Erdmann): Collective motion of brownian particles with hydrodynamic interactions. – In: *Fluctuation and Noise Letters*. 2(2003), S. L145 – L154.
- (mit Udo Erdmann): Nonequilibrium statistical mechanics of swarms of driven particles. – In: *Complexity*. 8(2003)4, S. 23 – 30.
- (mit Thomas Pohl & Mikhail Yury Romanovsky): Recoil ion momentum distributions from laser-induced double ionization. – In: *Physics Letters. A*. 311(2003), S. 396 – 402.
- (mit Jörn Dunkel, Lutz Schimansky-Geier & Peter Hänggi): Kramers problem in evolutionary strategies. – In: *Physical Review E*. 67(2003), 061118.
- (mit Genri E. Norman): Coulombic Phase Transitions in Dense Plasmas. – In: *J. Statistical Physics*. 110(2003), S. 861 – 870.
- (mit Manfred Bonitz & Yuri Mikhail Romanovsky): Contributions of Yuri L. Klimontovich to the kinetic theory of nonideal plasmas. – In: *Contributions to Plasma Physics*. 43(2003), S. 247 – 251.
- (mit Hendrik Hache & Michael Spahn): Thermodynamics of ionization and dissociation in hydrogen plasmas including fluctuations and magnetic fields. – In: *European Physical Journal D*. 23(2003), S. 265 – 272.

- (mit Frank Schweitzer): Self-organization, active Brownian dynamics, and biological applications. – In: *Nova Acta Leopoldina. Neue Folge.* 88(2003), S. 169 – 188.
- (mit Gerd Röpke): Statistical mechanics of confined systems with rotational excitations. – In: *Physica D.* 187(2004), S. 268 – 280.
- Nonlinear Brownian motion – mean square displacement. – In: *Condensed Matter Physics.* 7(2004), S. 539 – 550.
- (mit Alexej Kargovsky, Alexej Neteubko & Yuri Romanovsky): Fermi resonance – New applications of an old effect. – In: *Fluctuation and Noise Letters.* 4(2004) S. L183 – L193.
- (mit Jörn Dunkel & Sergej A. Trigger): Active and passive Brownian motion of charged particles in 2D-plasma models. – In: *Physical Review E.* 70(2004) 046406.
- (mit Mikhail Yuri Romanovsky): Fluctuations of electric microfields in laser-produced ion clusters: Enhancement of nuclear fusion. – In: *Laser Physics* 14(2004)6, S. 1 – 7.
- (mit Alexander Chetverikov & Manuel G. Velarde): Nonlinear ionic excitations, dynamic bound states, and nonlinear currents in a one-dimensional plasma. – In: *Contributions to Plasma Physics.* 45(2005), S. 275 – 283.
- (mit Udo Erdmann & Alexander S. Mikhailov): Noise-induced transition from translational to rotational motion of swarms. – In: *Physical Review E.* 71(2005), S. 1 – 7.
- (mit Hendrik Hache, Helge Juranek, Ronald Redmer & Gerd Röpke): Pressure ionizations and transitions in dense hydrogen. – In: *Contributions to Plasma Physics.* 45(2005), S. 160 – 167.
- (mit Manuel G. Velarde & Alexander Chetverikov): On the possibility of electric conduction mediated by dissipative solitons. – In: *International Journal of Bifurcation and Chaos & Chaos.* 15(2005), S. 245 – 251.
- (mit Lutz Schimansky-Geier & Udo Erdmann): Stationary distribution densities of active Brownian particles. – In: *Acta Physica Polonica.* 36(2005), S. 1757 – 1765.

- (mit Alexander Chetverikov & Manuel G. Velarde): Thermodynamics and phase transitions in dissipative and active Morse chains. – In: *European Physical Journal B*. 44(2005), S. 509 – 519.
- Thermodynamics – Past Present and Future. – In: *Adv. In Solid State Physics*. 45(2005), S. 3 – 14.
- (with Alexey Filinov, Michael Bonitz, Vladimir Filinov & Thomas Pohl): The method of effective potentials in the quantum-statistical theory of plasmas. – In: *Journal of Physics A – Mathematical and General*. 39(2006), S. 4309 – 4317.
- (mit Manuel G. Velarde): Sobre Boltzmann: de la primera parte de su vida y algo mas. – In: *Revista Esp. Fisica*. Dec. (2006), S. 1 – 3.
- (mit Dirk Hennig, Christian Neißner & Manuel G. Velarde): Effect of anharmonicity on charge transport in hydrogen-bonded systems. – In: *Physical Review B*. 73(2006) 024306-1–10.
- (mit Alexander P. Chetverikov & Manuel G. Velarde): Dissipative solitons and complex currents in active lattices: – In: *International Journal of Bifurcation and Chaos & Chaos*. 16(2006), S. 1613 – 1632.
- Value in Physics and Self-Organization in Relation to Marx's Theory of Value. – In: *Nature, Society and Thought – a Journal of Dialectical and Historical Materialism*. 19(2006), S. 133 – 144.
- (mit Valeri A. Makarov, Ezequiel Del Rio, Manuel G. Bedia & Manuel G. Velarde): Central pattern generator incorporating the actuator dynamics for a hexapod robot. – In: *Trans. Eng. Computing & Techn.* 15(2006), S. 19 – 24.
- (mit Rainer Feistel, Ingrid Hartmann-Sonntag, Lutz Schimansky-Geier & Andrea Scharnhorst): New species in evolving networks – stochastic theory of sensitive networks and applications on the metaphoric level. – In: *BioSystems*. 85(2006), S. 65 – 71.

III. Beiträge zu wissenschaftlichen Sammelbänden und Lexika

- (mit Hans Falkenhagen): Equilibrium Properties of Ionized Dilute Electrolytes . – – In: *Ionic Interactions*. Ed. by S. Petrucci. New York: Academic Press 1970.
- Zur Hypothesenbildung in der physikalischen Forschung. – In: *Problemtypen bei der Hypothesen- und Prognosenbildung* (Rostocker Philosophische

- Manuskripte, Heft 7). Hrsg. v. Heinrich Parthey. Rostock: Universität Rostock 1970. S. 221 – 229.
- (mit Hans Falkenhagen & Wolf D. Kraeft): Mass Transport Properties of Ionized Dilute Electrolytes. – In: Ionic Interactions. Vol. 1. Ed. by S. Petrucci. New York: Academic Press 1971.
- (mit Hans Falkenhagen): Elektrolyte. – In: Physikalisches Taschenbuch 5. Aufl. Braunschweig 1974.
- (mit Wolf D. Kraeft & Dietrich Kremp): Quantum statistics of two component systems of charged particles. – In: Proceedings of the International Research Symposium on Statistical Physics. Calcutta 1975. S. 119 – 123.
- (mit Hans Falkenhagen): Elektrolytische Flüssigkeiten. – In: Grimsehl Lehrbuch der Physik. Band IV. Leipzig: Teubner-Verlag 1975. S. 470 – 504.
- (mit Rainer Feistel): Limit Cycles in Reaction Systems with Second Order Autocatalysis. – In: Proc. VII. Int. Conf. Nonlinear Oscillations. Berlin 1975.
- Physikalisch-Chemische Grundlagen der Strukturbildung bei Entwicklungsprozessen. – In: Struktur und Prozess. Hrsg. v. Karl-Friedrich Wessel. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften 1976. S. 151 – 171.
- (mit Wolfgang Bordel): Entwicklung als Folge qualitativer Veränderungen durch die Dialektik von Stabilität und Instabilität. – In: Philosophische und Ethische Probleme der Molekularbiologie, IV. Kühlungsborner Kolloquium. Hrsg. v. Erhard Geisler, Hermann Ley, Werner Scheler und Alfred Kosing. Berlin: Akademie-Verlag 1976.
- Makroskopische Materie als Quantensystem von Punktladungen. – In: 75 Jahre Quantentheorie – Max Planck Festschrift. Hrsg. W. Brauer, H.-W. Streitwolf, K. Werner. Berlin: Akademie-Verlag 1977.
- (mit Lutz Schimansky-Geier): Nonequilibrium Phase Transition and Nucleation in Reacting Systems. – In: Proc. of the 7th International Conference on Thermodynamics, Merseburg, TH Leuna Merseburg, Merseburg 1979. S. 65.
- (mit Rainer Feistel): Physical Models of Evolution Processes. – In: Self-Organization, Autowaves and Structures Far from Equilibrium. Proceedings of an International Symposium, Pushino, USSR, July 18-23, 1983; Ed. by V. I. Krinsky. Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo: Springer-Verlag 1984. S. 233 – 239.

- (mit Hanspeter Herzel & Lutz Schimansky-Geier): Stochastic Description of a Biochemical Oscillator. – In: Proc. of the ICNO-XIV, Varna 1984.
- (mit Hanspeter Herzel, Lutz Schimansky-Geier & Evgeni E. Selkov): The Influence of Noise on a Biochemical Oscillator. – In: 'Lotka-Volterra Approach to Cooperation and Competition in Dynamic Systems'. Ed. by Werner Ebeling & Manfred Peschel. Berlin: Akademie-Verlag 1985. S.152 – 161.
- (mit Andreas Engel, Rainer Feistel & Lutz Schimansky-Geier): Kinetics of Nonequilibrium Bistable Systems. – In: Selforganization by Nonlinear Irreversible Processes. Ed. by Werner Ebeling & Heinz Ulbricht. Berlin: Springer 1986. S. 110 – 117.
- (mit Lutz Schimansky-Geier, Frank Schweitzer & Heinz Ulbricht): On the Kinetics of Nucleation in Isochoric Gases. – In: Selforganization by Nonlinear Irreversible Processes. Ed. by Werner Ebeling & Heinz Ulbricht. Berlin: Springer 1986. S. 67 – 75.
- On Stochastic Models for Human Conduct in the Evolution of Science and Technology. – In: Laws of Nature and Human Conduct. Ed. by Ilya Prigogine & M Sanglier. Brüssel 1987. S. 54 – 55.
- (mit Hanspeter Herzel & Lutz Schimansky-Geier): Stochastic and Chaotic Processes in Biochemical Systems. – In: From Chemical to Biological Organization. Springer Series in Synergetics. Ed. by M. Markus, S. C. Müller and G. Nicolis. Berlin 1988.
- (mit Andrea Scharnhorst): Evolutionsmodelle für die Dynamik von Wissenschaftsgebieten. Mit einem Anhang von Eberhard Bruckner und Andrea Scharnhorst. – In: Wissenschaft. Das Problem ihrer Entwicklung. Band 2. Hrsg. v. Günter Kröber. Berlin 1988. S. 187 – 202.
- Über die Strategie der Evolution. – In: 1939 – J. D. Bernal's The Social Function of Science – 1989. Hrsg. v. Helmut Steiner. Berlin: Akademie-Verlag 1989. S. 164 – 174.
- (mit Rainer Feistel): Netzwerkmodelle einfacher Lernstrategien. – In: Evolution der Lernstrategien. Hrsg. v. Erhard Geissler & Günter Tembrock. Berlin: Akademie-Verlag 1989.
- (mit Christoph Zülicke & Lutz Schimansky-Geier): Dynamic Networks and Pattern Processing. – In: Chemical Dissipative Structures. Springer-Series in Synergetics. Ed. by Peter Plath. Berlin: Springer Verlag 1989.

- (mit Lutz Schimansky-Geier): Transition Phenemena in High-Dimensional Systems and Models of Evolution. – In: Noise in Nonlinear Systems. Ed. by F. Moss and P.V.M.E. Mc Clintock. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- Das Neue in der natürlichen und technischen Evolution. — In: Das Neue. Seine Entstehung und Aufnahme in Natur und Gesellschaft. Hrsg. v. Heinrich Parthey. Berlin: Akademie-Verlag 1990. S. 19 – 44.
- Instabilität, Mutation, Innovation, Erneuerung aus evolutionstheoretischer Sicht. – In: Jahrbuch Selbstorganisation. Hrsg. v. Uwe Niedersen. Berlin: Duncker & Humblot 1990.
- Equation of State and Ionization of Dense Plasmas. – In: Inside the Sun. Ed. by G. Berthomieu & M. Cribier. Dordrecht: Kluwer Academic Oublisher 1990.
- Mutations and Selection in Evolutionary Systems. – In: Complexity, Chaos, and Biological Evolution. New York: Plenum Press 1991.
- Zeit und Komplexität. Die kreativen Potenzen des Chaos. – In: Tohowabohu, Chaos und Schöpfung. Essays. Hrsg. v. Klaus Meier & Karlheinz Strech. Berlin: Akademie-Verlag 1991. S. 65 – 82.
- Evolution of Strings: On the Borderline Between Order and Chaos. – In: Models of Selforganization in Complex Systems – MOSES. Berlin: Akademie-Verlag 1991. S. 77 – 89.
- Modelle der Selbstorganisation in ökologischen und ökonomischen Systemen. – In: Die ökologische Herausforderung für die ökonomische Theorie. Hrsg. v. F. Beckenbach. Marburg: Metropolis-Verlag 1991.
- (mit T. Boseniuk): Boltzmann-, Darwin- and Haeckel-Strategies in Optimization: – In: Parallel Problem Solving from Nature. Ed. by H.-P. Schwefel & R. Männer. Berlin: Springer Verlag 1991.
- (mit Ines Leike): Kinetics of Level Occupation in Nonideaö Plasmas. – In: Proc. ICPIG XX, Conributed Papers Vol. 2. Pisa 1991. S. 385 – 386.
- (mit Andreas Förster & T. Kahlbaum): Plasma Phase Transitions in Dense Fluid Helium. – In: Proc. ICPIG XX, Conributed Papers Vol. 4. Pisa 1991. S. 879 – 880.

- (mit Martin Jenssen): Soliton-Assisted Transitions. – In: *Far From Equilibrium Dynamics of Chemical Systems*. Ed. by J. Popielawski & J. Gorecki. Singapore: World Scientific 1991.
- On the Relation Between Various Entropy Concepts and Valoric Interpretation. – In: *Festschrift on the Occasion of Peter Szepfakluzys 60th Birthday*. Ed. by I. Kondor. Singapore: World Scientific 1992.
- Selbstorganisation und Entropie in oekologischen und oekonomischen Prozessen. – In: *Zwischen Entropie und Selbstorganisation; Perspektiven einer oekologischen Oekonomie*. Hrsg. v. Frank Beckenbach & Hans Diefenbacher. Marburg: Metropolis-Verlag 1994.
- Self-Organization, Valuation and Optimization. – In: *Self-Organization*. Ed. by R. Mishra, D. Maaß & E. Zwierlein. Berlin: Springer-Verlag 1994.
- (mit Eberhard Bruckner, Mignuel A. Jimenez Montano & Andrea Scharnhorst): Hyperselection and Innovation described by a Stochastic Model of Technological Evolution. – In: *Evolutionary Economics and Chaos Theory*. Ed. by L. Leydesdorff & P. v. d. Besselaar. London: Pinter Publ. 1994.
- (mit Yuri Romanovsky, Yuri Kurgin, Aleksej Netrebko, Nina Netrebko & Elena Shidlovskaya): Complex regimes in the simple models of the molecular dynamics of enzymes. – In: *5th International Conference on Laser Applications in Life Sciences*. 28.-June – 2. July 1994 Minsk, Belarus. Published by SPIE – The International Society for Optical Engineering .
- (mit Andreas Förster): Thermodynamics, kinetics, and phase transitions of dense plasmas. – In: *Elementary Processes in Dense Plasmas*. Ed. by S. Ichimaru & S. Ogata. Addison-Wesley. Reding Masss. 1995. S. 165 – 190.
- Dynamic entropies and predictability of evolutionary processes. – In: *Nonlinear Dynamic Chaotic and Complex Systems, Proceedings of Int. Conf. in Zakopane, Poland*, Ed. by E. Infeld et al.. Cambridge University Press 1997. S. 224 – 236.
- (mit Alexander Neiman, Frank Moss & Lutz Schimansky-Geier): Synchronization in Models of Ensembles of Stochastic Resonators. – In: *APS Conf. Proc. 411, 'Applied Nonlinear Dynamics and Stochastic Systems Near the Millennium'*. Ed. by J. B. Kadtko and A. Bulsara. AIP, Woodbury, New York 1997. S. 151– 156.

- (mit Ilya Valuev & Jens Ortner): Molecular dynamics simulations of nonideal plasmas – comparison of various effective potentials. Proceedings of the workshops on nonequilibrium physics at short time scales, Rostock 1994-1998. Rostock: Rostock University Press 1998.
- (mit Udo Erdmann, Lutz Schimansky-Geier & Frank Schweitzer): Complex Motion of Brownian Particles with Energy Supply. – In: Stochastic and Chaotic Dynamics in the Lakes. Ed. by D. S. Broomhead, E. A. Luchinskaya, P. V. E. McClintock and T. Mullin. American Institute of Physics, Melville, New York 2000.
- (mit Udo Erdmann & Jörn Dunkel): Nonlinear Waves and Moving Clusters on Rings. Proc. Stuttgart TGF 99, Traffic and Granular Flow 99. – In: Social, Traffic and Granular Dynamics, Ed. by D. Helbing, et al., Springer, Heidelberg/Berlin 2000.
- (mit Frank Schweitzer): Active Motion in Systems with Energy Supply. – In: Integrative Systems Approaches in Natural and Social Sciences. Ed. by M. Matthies, H. Malchow & J. Kriz. Berlin: Springer 2001. S. 119 – 142.
- (mit Andrea Scharnhorst): Technische Evolution aus der Sicht der Theorie der Selbstorganisation. – In: Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2001. Hrsg. v. Heinrich Parthey & Günter Spur. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2002. S. 59 – 73.
- (mit Thomas Pohl): Quantum wave packet dynamics: Langevin equations for Hamiltonian systems imbedded into a heat bath. – In: Quantum limits to the second law, AIP Conf. Proc. Vol. 643. Ed. by D. P. Sheehan. New York: Melville 2002. S. 9 – 18.
- (mit Lutz Molgedey, Jürgen Kurths & Udo Schwarz): Entropy, Complexity, Predictability and Data Analysis of Time Series and Letter Sequences. – In: The science of disaster: Climate disruptions, heart attacks, and market crashes, Eds. by A. Bunde, J. Kropp, H.-J. Schellnhuber. Berlin-Heidelberg: Springer 2002. S. 3 – 25.
- (mit Miguel Jimenez-Montano & Thomas Pohl): Entropy and complexity of sequences. – In: Entropy measures, maximum entropy principle and emerging applications. Ed. by Karmeshu. Berlin: Springer 2003.
- (mit Miguel Jimenez-Montano & Thomas Pohl): Entropy and Complexity of Sequences. – In: Entropy Measures, Maximum Entropy Principle and Emerging Applications. Ed. by Karmeshu. Berlin: Springer 2003.

(mit Olga A. Chichigina, Valeri A. Makarov, Aleksej V. Netrebko, Yury Mikhail Romanovsky & Lutz Schimansky-Geier): Stochastic dynamics of enzymes: molecular scissors. – In: Proceedings of SPIE, Volume 5110. Ed. by Sergey M. Bezrukov, Hans Frauenfelder & Frank Moss. May 2003. S. 28 – 40.

Bibliographie Horst Kant.

Zusammengestellt anlässlich seines 70. Geburtstages

I. Monographische und herausgegebene Schriften

(mit Hartmut Scholz): Wissenschaftstheoretische Untersuchungen zur Entwicklung der Beziehungen zwischen physikalischen und chemischen Disziplinen unter besonderer Berücksichtigung der wissenschaftlichen Kommunikation sowie des Zusammenhangs zwischen gesellschaftlichen Bedürfnissen und wissenschaftlichen Problemen. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades doctor rerum politicarum vorgelegt der Gesellschaftswissenschaftlichen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin. Berlin, den 9.5.1973. 454 Seiten.

(mit Dieter Hoffmann): Von der Atomistik zur modernen Atomforschung. Dia-Serie (60 Dias + Textheft 50 Seiten). Hrsg.: Präsidium der URANIA; Verlag für Agitations- und Anschauungsmittel Berlin 1980.

(Hrsg.): „Hat die Gesellschaft ein technisches Bedürfnis, so hilft das der Wissenschaft mehr voran als zehn Universitäten“ (Friedrich Engels). Wissenschaftstheoretisches Kolloquium des Instituts für Theorie, Geschichte und Organisation der Wissenschaft der Akademie der Wissenschaften der DDR am 3. April 1981 (Kolloquien Heft 25). Berlin 1981. 114 Seiten.

(mit Dieter Hoffmann): Max Planck 1858 – 1947. Dia-Serie (50 Dias + Textheft 48 S.). Hrsg.: URANIA-Präsidium. Verlag für Agitations- und Anschauungsmittel. Berlin 1983.

Alfred Nobel (= Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner Bd.63), Leipzig: BSB B.G. Teubner 1983 (2. erg. Aufl. 1986), 128 Seiten. Übersetzung ins Bulgarische: Sofia: Izdatelstvo Prosveta 1997. 134 Seiten.

G.D. Fahrenheit, R.-A.F. de Réaumur, A. Celsius (= Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner Bd.73). Leipzig: BSB B.G. Teubner 1984. 133 Seiten. (Hrsg.): In: Die Entwicklung Berlins als Wissenschaftszentrum (1870–1930) V – Die Entwicklung der Physik in Berlin. Wis-

- senschaftstheoretisches Kolloquium des Instituts für Theorie, Geschichte und Organisation der Wissenschaft der Akademie der Wissenschaften der DDR (Kolloquien Heft 35); Berliner Wissenschaftshistorische Kolloquien VIII). Berlin 1984. 119 Seiten.
- J. Robert Oppenheimer (= Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner Bd.83). Leipzig: BSB B.G. Teubner 1985. 176 Seiten.
- (Hrsg. mit Klaus-Harro Tiemann): Beiträge zur Astronomie- und Physikgeschichte. Wissenschaftstheoretisches Kolloquium des Instituts für Theorie, Geschichte und Organisation der Wissenschaft der Akademie der Wissenschaften der DDR (Kolloquien Heft 61); (Berliner Wissenschaftshistorische Kolloquien XII). Berlin 1987. 156 Seiten.
- (mit Peter Altner u. Eva-Maria Stelzer): Wissenschaften in Berlin – Literatur aus vier Jahrhunderten. Begleitheft zur Ausstellung in der Deutschen Staatsbibliothek vom 15.9.–15.11.1987. Berlin 1987. 43 Seiten.
- (Hrsg. mit Dieter Hoffmann): Vorträge der I. und II. Physikhistorischen Tagung der Physikalischen Gesellschaft der DDR. Physikalische Gesellschaft der DDR, Berlin 1987. 103 Seiten.
- Abram Fedorovic Ioffe (= Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner Bd.96). Leipzig: BSB B.G. Teubner 1989. 136 Seiten.
- (Hrsg.): Fixpunkte – Wissenschaft in der Stadt und der Region. Festschrift für Hubert Laitko anlässlich seines 60. Geburtstages. Berlin: Verlag für Wissenschafts- und Regionalgeschichte Dr. Michael Engel 1996. XII + 399 Seiten.
- (Hrsg. mit Annette Vogt): Aus Wissenschaftsgeschichte und –theorie. Hubert Laitko zum 70. Geburtstag überreicht von Freunden, Kollegen und Schülern. Berlin: Verlag für Wissenschafts- und Regionalgeschichte Dr. Michael Engel 2005. 538 Seiten.

II. Artikel aus periodischen und anderen fortlaufend erscheinenden Publikationen (einschließlich Preprints)

- Zum Problem der Forschungsprofilierung am Beispiel der Nernstschen Schule während ihrer Berliner Zeit von 1905–1914. – In: NTM-Schriftenreihe (Leipzig) 11(1974)2, S. 58–68.

- Wissenschaftshistorische und -theoretische Bemerkungen zur Transistorentwicklung. – In: Physik in der Schule (Berlin). 13(1975)2, S. 54–63.
- Gustav Hertz – Notizen zu Leben und Werk. – In: Physik in der Schule (Berlin). 14(1976)1/2, S. 1– 10.
- (mit Edo Albrecht): Philosophische Probleme des Zyklus Wissenschaft-Technik-Produktion. – In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie (Berlin). 24(1976)3, S. 245–260.
- Werner Heisenberg 1901–1976. – In: Physik in der Schule (Berlin). 14(1976)5, S.177–186. Die Durchsetzung neuer Erkenntnisse – eine bedeutsame Komponente des Schöpferturns. – In: Physik in der Schule (Berlin). 14(1976)7/8, S. 273–280.
- Er schrieb das erste Handbuch der Elektrizitätslehre – Gustav Wiedemann zum 150. Geburtstag. – In: Physik in der Schule (Berlin). 14(1976)11, S. 456–460.
- Peter Debye – einer der vielseitigsten Physiker des 20. Jahrhunderts. – In: Physik in der Schule (Berlin). 14(1976)12, S. 508–513.
- Zu kritischen Punkten im Zyklus Wissenschaft-Technik-Produktion. – In: Aus dem philosophischen Leben der DDR (Informationsbulletin) (Berlin). H. 1/ 1977, S. 11–12.
- Johann Christian Poggendorff. – In: Physik in der Schule (Berlin). 15(1977)1/2, S. 14–17.
- Ein Wahrscheinlichkeitstheoretiker großen Formats – B.W. Gnedenko zum 65. Geburtstag. – In: Mathematik in der Schule (Berlin).. 15(1977)1, S.8–11.
- Zum 150. Geburtstag von Alessandro Volta. – In: Physik in der Schule (Berlin). 15(1977)3, S. 89–93.
- Entscheidende Impulse für die Entwicklung der Physik in Berlin – Gustav Magnus zum 175. Geburtstag. – In: Physik in der Schule (Berlin). 15(1977)5, S. 187–191.
- 200 Jahre Lichtenbergsche Figuren. – In: Wissenschaft und Fortschritt (Berlin). 28(1977)6, S. 266– 268.
- Ein Theoretiker und Praktiker der Optik – Zum 150. Todestag von A.J. Fresnel. – In: Physik in der Schule (Berlin). 15(1977)6, S. 241, 242, 255–258.

- Becquerel und die Frühgeschichte der Radioaktivität. – In: Physik in der Schule (Berlin). 15(1977)7/ 8, S. 291–294.
- Zwanzig Jahre Weltraumfahrt. – In: Physik in der Schule (Berlin). 15(1977)10, S. 415–422.
- Michelson und seine Beiträge zur physikalischen Optik. – In: Physik in der Schule (Berlin). 15(1977)12, S. 497–503.
- (mit Edo Albrecht): A Model of the cycle 'Science-Technology-Production' and its application to the development of semiconductor physics and industry. – In: R & D Management (Oxford). 8(1978)Special Issue, S. 119–125.
- Christian Doppler und zur Geschichte des Doppler-Prinzips. – In: Physik in der Schule (Berlin). 16(1978)4, S. 140–144.
- Anwendung des Dopplereffekts in der Medizin. – In: Physik in der Schule (Berlin).. 16(1978)7/8, S. 339 – 341.
- Hendrik Antoon Lorentz und die Elektronentheorie. – In: Physik in der Schule (Berlin). 16(1978)6, S. 225 – 229.
- Oersted und die Entdeckung des Elektromagnetismus. – In: Wissenschaft und Fortschritt (Berlin). 28(1978)7, S. 258 – 261.
- Einige Betrachtungen zur Geschichte der sogenannten "Geiger-Zähler". – In: Physik in der Schule (Berlin). 16(1978)7/8, S. 299 – 303.
- Auf dem Wege zur Tieftemperaturphysik. – In: Physik in der Schule (Berlin). 16(1978)9, S. 353 – 362.
- Eine Physikerin auf dem Wege zur Entdeckung der Kernspaltung (Lise Meitner zum 100. Geburtstag). – In: Physik in der Schule (Berlin). 16(1978)10, S. 401 – 407.
- Physik-Nobelpreis 1978 für die Entdeckung der kosmischen Hintergrundstrahlung. – In: Physik in der Schule (Berlin). 17(1979)1/2, S. 74 – 76.
- Einige Aspekte wissenschaftshistorischer Arbeit für wissenschaftstheoretische Forschungen. – In: Aus dem philosophischen Leben der DDR (Informationsbulletin) (Berlin). Heft 2/3(1979), S. 65 – 66.
- (mit Marius van der Meer): Der Josephson-Effekt – Grundlagen, Geschichte, Anwendungen. – In: Physik in der Schule (Berlin). 17(1979)5, S. 177 – 186.

- Die Entwicklung der TU Dresden zur sozialistischen Lehr- und Forschungsstätte. – In: Physik in der Schule (Berlin).. 17(1979)9, S. 360 – 366.
- Aus der Geschichte der Elektrizitätslehre im 19. Jahrhundert. Teil I: Georg Simon Ohm und das Gesetz über den elektrischen Widerstand. Teil II: Maxwell und die Elektrodynamik. – In: Physik in der Schule (Berlin). 17(1979)11, S. 453–459; 12, S. 497 – 505.
- Laser-Entwicklung unter dem Aspekt der Analyse des Zyklus "Wissenschaft-Technik-Produktion". – In: Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden. 28(1979)4, S.1011–1014 (sowie: Konferenzbericht "Phil-Hist 78" (TU Dresden 1979) Band IV, S. 102 – 115).
- Christiaan Huygens – der erste Fachgelehrte der Physik. Zu seinem 350. Geburtstag. – In: Wissenschaft und Fortschritt (Berlin). 39(1980)1, S. 18 – 22.
- Zu den Nobelpreisen für Physik und Medizin 1979. – In: Physik in der Schule (Berlin). 18(1980)1/2, S. 27 – 31
- Laser-Entwicklung unter dem Aspekt der Analyse des Zyklus Wissenschaft-Technik-Produktion". – In: der neuerer (Berlin). (1980)2, Ausg. B, S. 20 – 23.
- Zu den Nobelpreisen für Physik und Medizin 1979. – In: Physik in der Schule (Berlin). 18(1980)1/2, S. 27 – 32.
- Genialer Kritiker und beliebter Diskussionspartner – Paul Ehrenfest und die Physik des 20. Jahrhunderts. – In: Physik in der Schule (Berlin). 18(1980)3, S. 81 – 88.
- Joffe und die Entwicklung der Physik in der Sowjetunion. – In: Physik in der Schule (Berlin). 18(1980)11, S. 456 – 462.
- Zum Wechselverhältnis von technischer Entwicklung und physikalischer Erkenntnis – dargestellt am Beispiel der Elektronenröhre. – In: Physik in der Schule (Berlin). 20(1982)1/2, S. 6 – 13.
- 65 Jahre sowjetische Physik – Aspekte ihrer Entwicklung. – In: Physik in der Schule (Berlin). 20(1982)11, S. 449 – 454.
- Zum 100. Geburtstag von Max Born – Fakten und Notizen über Leben und Werk. – In: Physik in der Schule (Berlin). 20(1982)12, S. 510 – 513.
- Zum 125. Geburtstag von Max Planck – Notizen zu Leben und Werk. – In: Physik in der Schule (Berlin). 21(1983)4, S. 135 – 140.

- Elektrische Beleuchtung kontra Gaslicht? – In: Physik in der Schule (Berlin). 21(1983)9, S.341–344, 10, S. 393 – 396.
- Zu den physikalischen Arbeiten Leonhard Eulers. – In: Physik in der Schule (Berlin). 21(1983)10, S. 397 – 399.
- (mit Dieter Hoffmann): Johann Carl Wilcke und seine Bedeutung für die Entwicklung der Physik im 18. Jahrhundert. – In: NTM-Schriftenreihe (Leipzig) 21(1984)2, S. 89 – 93.
- Alexander von Humboldt – Wissenschaftler und Humanist (anlässlich seines 125. Todestages). – In: Physik in der Schule (Berlin). 22(1984)6, S. 214 – 219.
- Die Familie Kohlrausch und die physikalische Meßtechnik. – In: Physik in der Schule (Berlin). 22(1984)11, S. 422–428.
- Zu einigen Aspekten der Haltung Oppenheimers und Tellers zur Entwicklung von Atom- und Wasserstoffbombe. – In: Informationen für die Leitung der Forschung – Gesellschaftswissenschaften GW 36; AdW der DDR, WIZ (Berlin). 1984, S. 51–59.
- Einige Gedanken anlässlich des 40. Jahrestages des amerikanischen Atombombenabwurfs über Japan. – In: Physik in der Schule (Berlin). 23(1985)7/8, S.257–264.
- Aus der Geschichte des Lasers und zum Stand seiner Anwendung. – In: Physik in der Schule (Berlin). 23(1985)11, S. 421–428.
- Das Russell-Einstein-Manifest und die Haltung Oppenheimers. – In: Informationen des DDR-Komitees für wissenschaftliche Fragen des Friedens und der Abrüstung Heft 3/1985, S. 34–45 (WIZ der AdW der DDR, Berlin 1985).
- Charles Augustin Coulomb – Physiker und Ingenieur. – In: Physik in der Schule (Berlin). 24(1986)10, S. 379–383.
- Zur Thermometerentwicklung im 17. Jahrhundert. – In: Wissenschaftliche Zeitschrift der TH "Otto v. Guericke" Magdeburg 31(1987)1, S.65–69.
- (mit Dieter Hoffmann): Berlin – ein Zentrum physikalischer Forschung und Lehre. – In: Physik in der Schule (Berlin). 25(1987)6, S. 209–217.
- Zum quantisierten Hall-Effekt. – In: Physik in der Schule (Berlin). 25(1987)5, S. 166–172.

- (mit Klaus-Harro Tiemann): Skizzen aus der Berliner Wissenschaftsgeschichte. – In: Maschinenbautechnik (Berlin). 26(1987)7, S. 295–300.
- Physik in Berlin – Stationen ihrer personellen und institutionellen Entwicklung. – In: Wissenschaft und Fortschritt (Berlin). 37(1987)9, S. 225–228.
- (mit Dieter Hoffmann): Messen in Berlin – Vor 100 Jahren in Berlin gegründet: Physikalisch-Technische Reichsanstalt. – In: Wissenschaft und Fortschritt (Berlin). 37(1987)12, S. 312–315.
- Werner Siemens und die Entwicklung der Elektrotechnik. – In: Geschichtsunterricht und Staatsbürgerkunde (Berlin). 30(1988)11, S. 868–875.
- Abram Joffe als Organisator der sowjetischen Physik. – In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Jena, Naturwiss. Reihe (Jena) 37(1988)2, S. 249–257.
- (mit Dieter Hoffmann): Skizzen zur Entwicklung der Physik in Berlin – Institutionen, Personen, Wechselbeziehungen. – In: Berichte der Humboldt-Universität (Berlin). 8(1988) 20, S. 4–15.
- Kernspaltung – Vorgeschichte und Folgen einer Berliner Entdeckung. – In: Physik in der Schule (Berlin). 27(1989)3, S. 72–79.
- Das erste Gesetz des elektrischen Stromkreises – Georg Simon Ohm zum 200. Geburtstag. – In: Wissenschaft und Fortschritt (Berlin). 39(1989)3, S. 54–57.
- Andrej Sacharow – Ehre und Würde eines sowjetischen Wissenschaftlers. – In: Physik in der Schule (Berlin). 28(1990)4, S. 120–125.
- Institutsgründung in schwieriger Zeit – 75 Jahre Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Institut für Physik. – In: Physikalische Blätter (Weinheim). 48(1992)12. S. 1031–1033.
- (mit Dieter Hoffmann u. Heinz Reddner): Hermann von Helmholtz – Physiologe und Physiker; eine Auswahlbibliographie der Buch- und Zeitschriftenliteratur anlässlich seines 100. Todestages. Forschungsschwerpunkt Wissenschaftsgeschichte und -theorie der Förderungsgesellschaft Wiss. Neuverhaben mbH (Berlin 1993), Preprint Nr.1, 82 Seiten.
- Werner Siemens und das Wechselverhältnis von Wissenschaft, Technik und gesellschaftlichem Fortschritt. Anmerkungen anlässlich seines 100. Todestages. – In: Physik in der Schule (Berlin). 31(1993)1, S. 31–33.

- "Otto Hahn, lies Meitner" – Zum 25. Todestag von Otto Hahn und Lise Meitner. – In: Physik in der Schule (Berlin). 31(1993)6, S. 231–235.
- George Gamow – Lebensstationen eines sowjetisch-amerikanischen Physikers; anlässlich seines 25. Todestages. – In: Physik in der Schule (Berlin). 31(1993)9, S. 313–317.
- Er schrieb eine Physiker-Bibel – Arnold Sommerfeld zum 125. Geburtstag. – In: Physik in der Schule (Berlin). 31(1993)12, S. 438–442.
- Arthur Wehnelt und die Elektronenphysik. – In: Physik in der Schule (Berlin). 32(1994)3, S. 115–117.
- August Kundt – Ein Ästhet des Experiments. – In: Physik in der Schule (Berlin). 32(1994)5, S. 193–196.
- Hermann von Helmholtz, der "Reichskanzler der Physik" – Zum 100. Todestag des universellen Gelehrten. – In: Physik in der Schule (Berlin). 32(1994)10, S. 352–357.
- Hermann von Helmholtz als Physiker. – In: Physik in unserer Zeit (Weinheim). 25(1994)6, S. 284–289.
- Die Bedeutung Hermann von Helmholtz' für die theoretische Physik des 19. Jahrhunderts. Preprint Nr.12/94, Forschungsschwerpunkt Wissenschaftsgeschichte und –theorie der Förderungsgesellschaft Wiss. Neuvorhaben mbH, Berlin 1994, 28 Seiten.
- Andrej Sacharow – Physik und Verantwortung. Preprint Nr.14/94, Forschungsschwerpunkt Wissenschaftsgeschichte und –theorie der Förderungsgesellschaft Wiss. Neuvorhaben mbH, Berlin 1994, 29 Seiten.
- Albert Einstein, Max von Laue, Peter Debye und das Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik in Berlin. Preprint Nr.18/94, Forschungsschwerpunkt Wissenschaftsgeschichte und –theorie der Förderungsgesellschaft Wiss. Neuvorhaben mbH, Berlin 1994 19 Seiten.
- Im Schatten Niels Bohrs? – Der holländische Physiker H.A. Kramers. – In: Physik in der Schule (Berlin). 33(1995)1, S. 31–33.
- 150 Jahre Deutsche Physikalische Gesellschaft – Ein Blick in die Geschichte und auf die 59. Physikertagung. – In: Physik in der Schule (Berlin). 33(1995)5, S. 195–199.

- Die Ära der Röntgenstrahlen. – In: Spektrum der Wissenschaft (Heidelberg) H.9/1995, S. 88–95.
- Wilhelm Conrad Röntgen und die Entdeckung der Röntgenstrahlen vor 100 Jahren. – In: Physik in der Schule (Berlin). 33(1995)11, S. 412–417.
- Friedensnobelpreis 1995. – In: Physik in der Schule (Berlin). 33(1995)12, S. 457–458.
- (mit Dieter Hoffmann und Hubert Laitko): Walther Bothe – Wissenschaftler in vier Reichen. Preprint Nr. 26/95, Forschungsschwerpunkt Wissenschaftsgeschichte und –theorie der Förderungsgesellschaft Wiss. Neuvorhaben mbH, Berlin 1995 (23 Seiten).
- Emil Warburg und die Physik in Berlin. Preprint 32/95, Forschungsschwerpunkt Wissenschaftsgeschichte und –theorie der Förderungsgesellschaft Wiss. Neuvorhaben mbH, Berlin 1995, 21 Seiten.
- Ein Pionier der Quantenmechanik wird 100 – Friedrich Hund zum Geburtstag. – In: Physik in der Schule (Berlin). 34(1996)2, S. 74.
- Betrachtungen zur Frühgeschichte der Kernphysik – Vor hundert Jahren wurde die Radioaktivität entdeckt. – In: Physikalische Blätter (Weinheim). 52(1996)3. S. 233–236.
- Rutherford und die ersten Dezennien der Erforschung der Radioaktivität. – In: Physik in der Schule (Berlin). 34(1996)10, S. 366–371.
- Zur Geschichte der Physik an der Reichsuniversität Straßburg in der Zeit des Zweiten Weltkrieges. Preprint Nr.73 des Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin 1997, 41 Seiten.
- Berufsverbote in der deutschen Geschichte – Der Fall Leo Arons. – In: Physik in der Schule (Berlin). 36(1998)6, S. 235–236.
- Franz Ernst Neumann (*11.9.1798) – Das Königsberger Seminar für mathematische Physik und die Etablierung der theoretischen Physik in Deutschland. – In: Physik in der Schule (Berlin). 36(1998)10, S. 353–357.
- Hubert Laitko zum 65. Geburtstag. – In: NTM. Internationale Zeitschrift für Geschichte und Ethik der Naturwissenschaften, Technik und Medizin N.S. (Basel) 8(2000)2, S. 116–117.

„... der Menschheit den größten Nutzen geleistet ...„!? – 100 Jahre Nobelpreis, eine kritische Würdigung aus historischer Perspektive. – In: Physikalische Blätter (Weinheim). 57(2001)11, S. 75–79.

Ein „mächtig anregender Kreis“ – die Anfänge der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. Preprint Nr.202, Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin 2002, 15 Seiten.

Werner Heisenberg and the German Uranium Project / Otto Hahn and the Declarations of Mainau and Göttingen. Preprint Nr.203, Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin 2002, 40 Seiten.

Gelehrtenbriefwechsel als Lebensaufgabe – Zum 65. Geburtstag von Regine Zott. – In: NTM. Internationale Zeitschrift für Geschichte und Ethik der Naturwissenschaften, Technik und Medizin N.S. (Basel) 11(2003)4, S. 265–268.

(mit Eckart Henning u. Annette Vogt): Hubert Laitko zum 70. Geburtstag. – In: NTM. Internationale Zeitschrift für Geschichte und Ethik der Naturwissenschaften, Technik und Medizin N.S. (Basel) 13(2005)1, S. 46–47.

III. Beiträge zu wissenschaftlichen Sammelbänden und Lexika

Einige Aspekte der Darstellung der Physikgeschichte für die Erforschung wissenschaftstheoretischer Zusammenhänge. – In: Physik und Gesellschaftswissenschaften., Rostocker Physikalische Manuskripte Heft 3/II (Rostock 1978), S. 97–104.

Der Einfluß gesellschaftlicher Bedürfnisse auf Herausbildung und Entwicklung der modernen Halbleiterphysik. – In: Die Herausbildung wissenschaftlicher Disziplinen in der Geschichte. Rostocker Wissenschaftshistorische Manuskripte Heft 2, Rostock 1978, S. 37–50.

Diskussion einiger kritischer Punkte im Zyklus Wissenschaft-Technik-Produktion. – In: Konferenzbericht "Phil-Hist 78" (TU Dresden 1979) (Dresden) Band I, S. 221–227.

Zu einigen Aspekten des Wechselverhältnisses Wissenschaft-Produktion, diskutiert am Beispiel der Beziehungen von Physik und Elektrotechnik im Berliner Elektrotechnischen Verein ausgangs des 19. Jahrhunderts. – In: Die Produktivkraftfunktion der Wissenschaft in der entwickelten sozialistischen Gesellschaft (Kolloquiumsbeiträge). Ernst-Moritz-Arndt- Universität Greifswald 1980, S. 81–90.

Einige Betrachtungen zur Problematik „Wissenschaftler und Öffentlichkeit“ (diskutiert am Beispiel populärwissenschaftlicher Aktivitäten von Berliner Physikern während der Weimarer Zeit). – In: Der bürgerliche Gelehrte und seine gesellschaftliche Stellung im 18. und 19. Jahrhundert. Rostocker Wissenschaftshistorische Manuskripte Heft 5, Rostock 1980, S. 69–80.

(mit Dieter Hoffmann): Die Berliner Physik und ihre Beziehungen zur Elektrotechnik in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts. – In: Philosophie und Naturwissenschaften in Vergangenheit und Gegenwart, Heft 19 (Naturwissenschaften, Mathematik, Technikwissenschaften und Bildung in Geschichte und Gegenwart); Humboldt-Universität zu Berlin, Sektion ML-Philosophie, Berlin 1980, S. 18–28.

(mit Dieter Hoffmann, Hubert Laitko): K anal'ize vzájemného vztahu fyziky a elektroteckého průmyslu v Berlíně v poslední třetině 19. století. – In: evolucioní změny v oblasti vědy (Védecké Zasedání Liblice 18.–20.10.1979), Prace z dějin přírodních ved 13, Praha 1980, S. 129–151.

Zu einigen Aktivitäten von Physikern im Berliner Elektrotechnischen Verein zwischen 1880 und 1890. – In: Wissenschaft und Technik – Humanismus und Fortschritt (XVI. Internationaler Kongreß für Wissenschaftsgeschichte). (= ITW der AdW der DDR, Kolloquien Heft 22), Berlin 1981, S. 59–63.

(mit Dieter Hoffmann): Zur Entwicklung von Halbleiterphysik und -elektronik im Kontext technischer Bedürfnisse. – In: Proceedings of the 16th International Congress of the History of Science, Bucharest 1981, Bd.4 (A–D) S. 227–232. (sowie in: Wissenschaft und Technik – Humanismus und Fortschritt (XVI. Internationaler Kongreß für Wissenschaftsgeschichte). (= ITW der AdW der DDR, Kolloquien Heft 22), Berlin 1981, S. 189–194).

Aus der Biographie Joffes und Betrachtungen zu seinem wissenschaftsorganisatorischen und -strategischen Wirken. – In: Ausgewählte Beiträge aus den ersten zwanzig Berliner wissenschaftshistorischen Kolloquien, die in der Zeit von 1977 bis 1980 stattgefunden haben. (= ITW der AdW der DDR, Kolloquien Heft 23; Berliner Wissenschaftshistorische Kolloquien II, hrsg. von H. Laitko u. R. Zott), Berlin 1981. S. 123–138.

(mit Dieter Hoffmann): Die Physik in Berlin von der Universitätsgründung bis zur Jahrhundertwende. – In: Die Entwicklung Berlins als Wissenschaftszentrum (1870–1930) I. (= ITW der AdW der DDR, Kolloquien Heft 24; Berliner Wissenschaftshistorische Kolloquien III), hrsg. von H. Laitko u. R. Zott, Berlin 1981, S. 129–175.

- Überlegungen zur Engels-These "Hat die Gesellschaft ein technisches Bedürfnis..." aus der Sicht eines Wissenschaftshistorikers. – In: „Hat die Gesellschaft ein technisches Bedürfnis, so hilft das der Wissenschaft mehr voran als zehn Universitäten“ (F. Engels). (= ITW der AdW der DDR, Kolloquien Haft 25), Berlin 1981, S. 43–54.
- (mit Edo Albrecht): Zyklus Wissenschaft-Technik-Produktion unter den Bedingungen der wissenschaftlich-technischen Revolution. – In: Zyklus Wissenschaft-Technik-Produktion. Wissenschaftstheoretische Studie zur Wechselwirkung von wissenschaftlicher und technischer Revolution im 20. Jahrhundert. Autorenkollektiv unter Leitung von Edo Albrecht. Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin 1982, S. 42–101 (Kapitel 2)
- Fallstudie zur Entwicklung elektronischer Bauelemente. – In: Zyklus Wissenschaft-Technik-Produktion. Wissenschaftstheoretische Studie zur Wechselwirkung von wissenschaftlicher und technischer Revolution im 20. Jahrhundert. Autorenkollektiv unter Leitung von Edo Albrecht. Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin 1982, S. 153–179 (Kapitel 4.1–4.2).
- Die drahtlose Telegrafie – ein Ergebnis sich wechselseitig anregender wissenschaftlicher und technischer Arbeit. – In: Was sind Ergebnisse wissenschaftlicher Arbeit? (= ITW der AdW der DDR, Kolloquien Heft 31, Berlin 1983, S. 39–48.
- James Watt (1736–1819). – In: Biographien bedeutender Techniker, Ingenieure und Technikwissenschaftler. Hsrg. von G. Banse u. S. Wollgast. Berlin: Volk und Wissen 1983, S.87–93 (2. Aufl. 1987).
- George Stephenson (1781–1848). – In: Biographien bedeutender Techniker, Ingenieure und Technikwissenschaftler. Hsrg. von G. Banse u. S. Wollgast. Berlin: Volk und Wissen 1983, S. 117–122. (2. Aufl. 1987).
- Johann Philipp Reis (1834–1874). – In: Biographien bedeutender Techniker, Ingenieure und Technikwissenschaftler. Hsrg. von G. Banse u. S. Wollgast. Berlin: Volk und Wissen 1983, S. 198–203 (2. Aufl. 1987).
- Carl von Linde (1842–1934). – In: Biographien bedeutender Techniker, Ingenieure und Technikwissenschaftler. Hsrg. von G. Banse u. S. Wollgast. Berlin: Volk und Wissen 1983, S.226–231 (2. Aufl. 1987).
- Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski (1857–1935). – In: Biographien bedeutender Techniker, Ingenieure und Technikwissenschaftler. Hsrg. von G. Banse u. S. Wollgast. Berlin: Volk und Wissen 1983, S.235–263 (2. Aufl. 1987).

- Zur Entwicklung der Festkörperphysik als naturwissenschaftliche Grundlage der Festkörperelektronik. – In: Zur Geschichte der Herausbildung und Entwicklung technikkissenschaftlicher Disziplinen. (= Dresdener Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften Band 6), Dresden 1983, S. 26.
- (mit Dieter Hoffmann u. Hubert Laitko): Zum Wechselverhältnis von Physik und Elektroindustrie in Berlin bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts. – In: Intensivierung der Forschung. Bedingungen – Faktoren – Probleme (= Wissenschaft und Gesellschaft Bd.20), hrsg. von G. Kröber, L. Läscher, H. Laitko. Akademie-Verlag Berlin 1984, S. 63–133.
- Johannes Kepler (1571–1630). – In: Biographien bedeutender Physiker, hrsg. von Wolfgang Schreier. Berlin: Volk und Wissen 1984, S. 42–50 (2. Aufl. 1988).
- Otto von Guericke (1602–1686). – In: Biographien bedeutender Physiker, hrsg. von Wolfgang Schreier. Berlin: Volk und Wissen 1984, S. 59–67 (2. Aufl. 1988).
- Ernst Abbe (1840–1905). – In: Biographien bedeutender Physiker, hrsg. von Wolfgang Schreier. Berlin: Volk und Wissen 1984, S. 115–122 (2. Aufl. 1988).
- Georg Simon Ohm (1789–1854). – In: Biographien bedeutender Physiker, hrsg. von Wolfgang Schreier. Berlin: Volk und Wissen 1984, S. 123–129 (2. Aufl. 1988).
- Gustav Robert Kirchhoff (1824–1887). – In: Biographien bedeutender Physiker, hrsg. von Wolfgang Schreier. Berlin: Volk und Wissen 1984, S. 177–183 (2. Aufl. 1988).
- Gustav Hertz (1887–1975). – In: Biographien bedeutender Physiker, hrsg. von Wolfgang Schreier. Berlin: Volk und Wissen 1984, S. 258–264 (2. Aufl. 1988).
- Werner Heisenberg (1901–1976). – In: Biographien bedeutender Physiker, hrsg. von Wolfgang Schreier. Berlin: Volk und Wissen 1984, S. 280–287 (2. Aufl. 1988).
- Enrico Fermi (1901–1954) und J. Robert Oppenheimer (1904–1967). – In: Biographien bedeutender Physiker, hrsg. von Wolfgang Schreier. Berlin: Volk und Wissen 1984, S.295–303 (2. Aufl. 1988).

- Pjotr Leonidowitsch Kapiza (1894–1984). – In: Biographien bedeutender Physiker, hrsg. von Wolfgang Schreier. Berlin: Volk und Wissen 1984, S. 310–317 (2. Aufl. 1988).
- Wladimir Aleksandrowitsch Fok (1898–1974) und Igor Jewgenjewitsch Tamm (1895–1971). – In: Biographien bedeutender Physiker, hrsg. von Wolfgang Schreier. Berlin: Volk und Wissen 1984, S. 317–322 (2. Aufl. 1988).
- Aspekte der Entwicklung der Nachrichtentechnik um die Jahrhundertwende – Beziehungen zwischen physikalischer Forschung und technischer Entwicklung. – In: Die Entwicklung Berlins als Wissenschaftszentrum (1870–1930) V – Die Entwicklung der Physik in Berlin. (= Kolloquienheft Nr. 35 des ITW der AdW der DDR, Kolloquien Heft 35; Berliner Wissenschaftshistorische Kolloquien VIII), hrsg. von H. Kant, Berlin 1984, S. 31–53.
- Zur Vorgeschichte der Nobelpreisverleihung an Planck und zur Persönlichkeit Max Plancks. – In: In: Die Entwicklung Berlins als Wissenschaftszentrum (1870–1930) V – Die Entwicklung der Physik in Berlin. (= Kolloquienheft Nr. 35 des ITW der AdW der DDR, Kolloquien Heft 35; Berliner Wissenschaftshistorische Kolloquien VIII), hrsg. von H. Kant, Berlin 1984, S. 85–96.
- Walter Friedrich – Physiker und Friedenskämpfer. – In: In: Die Entwicklung Berlins als Wissenschaftszentrum (1870–1930) V – Die Entwicklung der Physik in Berlin. (= Kolloquienheft Nr. 35 des ITW der AdW der DDR, Kolloquien Heft 35; Berliner Wissenschaftshistorische Kolloquien VIII), hrsg. von H. Kant, Berlin 1984, S. 97–118.
- Abram Fedorovic Joffe und die Entwicklung der sowjetischen Halbleiterphysik. – In: Sektion WTO der Humboldt-Universität zu Berlin; Wissenschaftswissenschaftliche Beiträge Heft 34 (= Kolloquium anlässlich des 75. Geburtstages von Friedrich Herneck). Berlin 1984, S. 138–145.
- (mit Dieter Hoffmann): "Nechtená revoluce" – Max Planck a vytvoreni kvantové teorie. – In: Problémy a hlavní tendence vedy a techniky 2. Poloviny 19. a počátku 20. století (Reihe: Práce z dejin prirodnych ved, Bd. 18), Praha 1984, S. 81–91.
- Vývoj berlinského elektrotechnického spolku jako elektrotechnického komunikacního centra (přibližně do r.1900). – In: Problémy a hlavní tendence vedy a techniky 2. Poloviny 19. a počátku 20. století (Reihe: Práce z dejin prirodnych ved, Bd. 18), Praha 1984, S. 275–292.

- Zur Geschichte der Beleuchtungstechnik. – In: Geschichte der Technik: Leitfaden. Potsdam: Wissenschaftlich-technisches Zentrum der Pädagogischen Hochschule 1985, S. 120–128.
- Berliner Wissenschaft in der Weimarer Republik. – In: 300 Jahre Wissenschaft in Berlin. hrsg. von H. Laitko (= Teil III von: Berlin – Hauptstadt der Deutschen Demokratischen Republik). Urania-Präsidium Berlin 1986, Kapitel 4, S. 4–32.
- (mit Wolfgang Schlicker): Hauptstädtische Wissenschaft in der 'Republik auf Zeit' 1918–1933. – In: Wissenschaft in Berlin, Autorenkollektiv unter H. Laitko. Berlin: Dietz 1987, S. 396–501.
- Bohr, Oppenheimer und die Atombombe. – In: Beiträge zur Astronomie- und Physikgeschichte. (= ITW der AdW der DDR, Kolloquien Heft 61; Berliner Wissenschaftshistorische Kolloquien XII) Berlin 1987, S. 89–104.
- Das KWI für Physik – von der Gründung bis zum Institutsbau. – In: Beiträge zur Astronomie- und Physikgeschichte. (= ITW der AdW der DDR, Kolloquien Heft 61; Berliner Wissenschaftshistorische Kolloquien XII) Berlin 1987, S. 129–141.
- Zur Herausbildung der Festkörperphysik. – In: Der Ursprung der modernen Wissenschaften, hrsg. von Martin Guntau und Hubert Laitko. Berlin: Akademie-Verlag 1987, S. 127–139.
- Peter Debye und die Entwicklung des KWI für Physik. – In: Vorträge der I. und II. Physikhistorischen Tagung der Physikalischen Gesellschaft der DDR, Berlin 1987, S. 91–103.
- Wechselbeziehungen zwischen Physik und Technik in Berlin – das Beispiel Elektrotechnik. – In: Berlingeschichte im Spiegel wissenschaftshistorischer Forschung – 300 Jahre Wissenschaft in Berlin (= ITW der AdW der DDR, Kolloquien Heft 64). Berlin 1987, S. 281–295.
- Verantwortung des Wissenschaftlers – Zu einigen Aspekten in der Haltung von an der Entwicklung der amerikanischen Atombombe beteiligten Wissenschaftlern. – In: Alma Mater Jenensis – Studien zur Hochschul- und Wissenschaftsgeschichte Heft 4, Jena 1987, S. 109–118.
- Die Entwicklung der Wärmelehre. – In: Geschichte der Physik – Ein Abriss. Hrsg. von W. Schreier. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften 1988, S. 225–234 (2. Auflage 1991, 3. Auflage 2002).

- Die Entstehung und Entwicklung der Festkörperphysik. – In: Geschichte der Physik – Ein Abriss. Hrsg. von W. Schreier. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften 1988, S. 363–373 (2. Auflage 1991, 3. Auflage 2002).
- Die Entstehung und Entwicklung der Kernphysik. – In: Geschichte der Physik – Ein Abriss. Hrsg. von W. Schreier. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften 1988, S.374–391 (2. Auflage 1991, 3. Auflage 2002).
- (mit Dieter Hoffmann): Der Einfluß von Newtons Ideen auf die Erforschung der Elektrizität im 18. Jahrhundert. – In: VI. Zbornik dejin fyziky, CESDEF '88, Bansk'v Studenec 1988, S. 33–44.
- Denkschriften für ein Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik in Berlin. – In: Wissenschaft und Staat (XVIII. Internationaler Kongreß für Wissenschaftsgeschichte). (= ITW der AdW der DDR, Kolloquien Heft 68), Berlin 1989, S. 165–183.
- Carl Friedrich von Weizsäcker als Physiker in Berlin (1936–1942). – In: Erfahrung des Denkens – Wahrnehmung des Ganzen; Carl Friedrich von Weizsäcker als Physiker und Philosoph. Hrsg. von P. Ackermann, W. Eisenberg etc. Berlin: Akademie-Verlag 1989, S. 202–210.
- Die drahtlose Telegraphie – nationale und internationale Entwicklungen in Kooperation und Konkurrenz. – In: Europa um 1900, hrsg. von F. Klein, K.O. v. Aretin, Berlin: Akademie-Verlag 1989, S. 51–57.
- Dynamit und Friedenspreise – Ambivalenz des wissenschaftlich-technischen Fortschritts. – In: Krieg oder Frieden im Wandel der Geschichte, hrsg. von H. Bock, M. Thoms, Berlin: Dietz 1989, S. 216– 222.
- Die Physiker – Beginn des Nuklearzeitalters. – In: Krieg oder Frieden im Wandel der Geschichte, hrsg. von H. Bock, M. Thoms, Berlin: Dietz 1989, S. 478–484.
- Die Atombombe und ihre "Väter" – oder: Wie verantwortungsbewußt handelten die Physiker vor 50 Jahren?: Versuch einer vergleichenden Betrachtung. – In: Wissenschaft im Krieg – Krieg in der Wissenschaft: ein Symposium an der Philips-Universität Marburg (= Arbeitskreis Marburger Wissenschaftler für Friedens- und Abrüstungsforschung Schriftenreihe; 15) Marburg 1990 (Aufl. 1992), S. 385–393.
- Kurz-Biographien über K. F. Alexander, J. Auth, H. Bertsch, H. Frühauf, K. Fuchs, E.-J. Gießmann, P. Görlich, C. Grotwe, L. Herfort, G. Hertz, G. Jung-

- hähnel, K. Lanius, K.-H. Lohs, S. Nowak, K. Rambusch, K. Schwabe, M. Steenbeck, Ch. Weißmantel, B. Wilhelmi. – In: Wer war wer – DDR. Ein biographisches Lexikon. Hrsg. von J. Cerny. Berlin: Links-Verlag 1992 (3. erw. Aufl. 1994; überarb. Aufl. Fischer Taschenbuch Verlag Frankfurt a.M. 1995; erw. Neuauflage Links-Verlag Berlin 2000).
- Kurz-Biographien Über J. Bardeen. N.G. Basow, P.J. Debye, W.A. Fock, J. Franck, O. Hahn, A. F. Ioffe, H. Kamerlingh Onnes, I. Kurtschatow, L.D. Landau, Ch. Lichtenberg, H. A. Lorentz, L.I. Mandelstam, G. Marconi, L. Meitner, A. A. Michelson, A. Nobel, G. S. Ohm, J. R. Oppenheimer, A. S. Popow, I. J. Tamm, E. Teller, E. Torricelli, G. H. Wiedemann, K. E. Ziolkowski. – In: Fachlexikon abc forscher und erfinder. Hrsg. von Hans-Ludwig Wußing, Hans Dietrich, Walther Purkert u. Dietrich Tutzke. Thun / Frankfurt am Main: Verlag Harri Deutsch 1992 (Neuausgabe Hamburg: Verlagsgesellschaft Nikol 2005).
- Werner Heisenberg und das Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik in Berlin. – In: Werner Heisenberg – Physiker und Philosoph; hrsg. von B. Geyer, H. Herwig, H. Rechenberg. Heidelberg / Berlin / Oxford: Spektrum 1993, S. 152–158.
- Peter Debye und das Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik in Berlin. – In: Naturwissenschaft und Technik in der Geschichte (25 Jahre Lehrstuhl für Geschichte der Naturwissenschaft und Technik am Historischen Institut der Universität Stuttgart); hrsg. von Helmuth Albrecht. GNT-Verlag Stuttgart 1993, S. 161–177.
- Helmholtz' Vortragskunst und sein Verhältnis zur populären Wissensvermittlung. – In: Universalgenie Helmholtz – Rückblick nach 100 Jahren. Hrsg. von Lorenz Krüger. Akademie Verlag Berlin 1994, S. 315–329.
- Gustav Magnus und seine Berliner Physiker-Schule. – In: Gustav Magnus und sein Haus, hrsg. von D. Hoffmann; GNT-Verlag Stuttgart 1995, S. 33–53.
- Werner von Siemens und sein Wirken im Berliner Elektrotechnischen Verein sowie in der Preußischen Akademie der Wissenschaften. – In: Werner Siemens (1816–1892) – Studien zu Leben und Werk; hrsg. von D. Hoffmann und W. Schreier. PTB-Texte Band 2, Braunschweig 1995, S. 117–134.
- Andrej Sacharow – Physik und Verantwortung. – In: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1994/95, hrsg. von H. Laitko, H. Parthey, J. Petersdorf (= Forum Wissenschaft Studien Bd. 28); BdWi-Verlag Marburg 1996, S. 259–290.

- Die Bedeutung Hermann von Helmholtz' für die theoretische Physik des 19. Jahrhunderts. – In: Hermann von Helmholtz; Vorträge eines Heidelberger Symposiums anlässlich des einhundertsten Todestages. Hrsg. von Wolfgang U. Eckart und Klaus Volkert. Reihe: Neuere Medizin- und Wissenschaftsgeschichte, Quellen und Studien Bd.2. Centaurus-Verlagsgesellschaft Pfaffenweiler 1996, S. 207–239.
- Kurz-Biographien über L. M. Arons, J. B. L. Foucault, E. A. O. Frölich, G. O. Graftio, J. Kerr, R. E. Klasson, G. M. Krzhizhanowskij, E. Langen, R. A. Millikan, E. O. Naglo, N. D. Papaleksi, J. H. Poincaré, N. G. Slawjanow, J. Stefan, A. G. Stoletov, R. J. Van de Graaff, A. Wehnelt. – In: Lexikon der Elektrotechniker, hrsg. von Kurt Jäger. VDE-Verlag Berlin und Offenbach 1996.
- Albert Einstein, Max von Laue, Peter Debye und das Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik in Berlin (1917–1939). – In: Die Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft und ihre Institute; Studien zu ihrer Geschichte: Das Harnack-Prinzip. Hrsg. von Bernhard vom Brocke und Hubert Laitko, Walter de Gruyter Berlin 1996, S. 227–243.
- Physik in Berlin vor der Jahrhundertwende im Kontext ihrer kommunikativen Strukturen – Eine Betrachtung zu möglichen Untersuchungsfeldern. – In: Fixpunkte – Wissenschaft in der Stadt und der Region. Festschrift für H. Laitko... Hrsg. v. H. Kant; Verlag für Wissenschafts- und Regionalgeschichte Dr. M. Engel, Berlin 1996, S. 135–159.
- Peter Debye und die Deutsche Physikalische Gesellschaft. – In: The Emergence of Modern Physics. Proceedings of a Conference Commemorating a Century of Physics (Berlin 22–24 March 1995); ed. by Dieter Hoffmann, Fabio Bevilacqua, Roger H. Stuewer. (= Collana di Storia della Scienza, diretta da Fabio Bevilacqua); Università degli Studi di Pavia 1996, S. 505–520.
- Peter Debye. – In: Die großen Physiker Bd.2. Hrsg. von Karl von Meyenn. Verlag C. H. Beck München 1997, S. 263–275.
- Emil Warburg und die Physik in Berlin. – In: Dahlemer Archivgespräche (Hrsg. vom Archiv zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft), Band 2, Berlin 1997, S. 64–100.
- The Establishment of Theoretical Physics as a Separate Field of Investigation and Teaching at the End of 19th Century. – In: Proceedings of the International

- Conference on History and Philosophy of Physics in Education, August 21 – 24, 1996, Bratislava. Bratislava 1997, S. 123–133.
- Alfred Nobel und seine Preise (Einleitungssessay). – In: Harenberg Lexikon der Nobelpreisträger. Dortmund: Harenberg Lexikon Verlag 1998, S. 5–15.
- Biographien zu C. D. Anderson, Ch. G. Barkla, P. M. Blackett, W. H. Brattain, J. Chadwick, J. D. Cockroft, C.J. Davisson, P. A. M. Dirac, M. Goepfert-Mayer, V. F. Hess, H. Kamerlingh-Onnes, P. L. Kapiza, E. O. Lawrence, C. F. Powell, I. I. Rabi, Ch. Raman, Lord Rayleigh, O. W. Richardson, W. B. Shockley, O. Stern, G. P. Thomson, J. J. Thomson, J. D. van der Waals, E. T. S. Walton, E. P. Wigner, C. T. R. Wilson, H. Yukawa. – In: Harenberg Lexikon der Nobelpreisträger. Dortmund: Harenberg Lexikon Verlag 1998.
- Der Weg zu Stalins Bombe. Zur Organisation und Entwicklung der physikalischen Wissenschaften von der Oktoberrevolution bis zum Ende der 40er Jahre. – In: Wissenschaftsgeschichte in Osteuropa – Europa litterarum artiumque scientiam communicans. Hrsg. von Aloys Henning und Jutta Petersdorf (Reihe: Multidisziplinäre Veröffentlichungen des Osteuropa-Instituts der Freien Universität Berlin, Bd.7). Verlag Harrassowitz, Wiesbaden 1998, S. 243–266.
- The German Uranium Project and the Kaiser-Wilhelm-Institute for Physics. – In: Proceedings of the International Symposium HISAP'96 Science and Society – History of the Soviet Atomic Project (40's – 50's). Vol. 2; Moskva, IZDAT 1999, S. 57–67.
- Marie Sklodowska Curie. – In: Biographical Dictionary of Literary Influences, the nineteenth century 1800–1914. Ed. by John Powell etc.; Greenwood Press. Westport, Conn. 2001, S. 108–109.
- Alfred Bernhard Nobel. – In: Biographical Dictionary of Literary Influences, the nineteenth century 1800–1914. Ed. by John Powell etc.; Greenwood Press. Westport, Conn. 2001, S. 312–313.
- (mit Regine Zott): Der Bereich Wissenschaftsgeschichte des Instituts für Theorie, Geschichte und Organisation der Wissenschaft (Leitung: Prof. Dr. sc. phil. Hubert Laitko) von seinen Anfängen bis zu seiner Auflösung und zur weiteren Entwicklung seiner früheren Mitarbeiter. – In: Dahlemer Archivgespräche H.6/2000 (Berlin 2000), S. 178–188.

- Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. – In: Reader's Guide to the History of Science. Ed. by Arne Hessenbruch; London: Fitzroy Dearborn Publishers 2000, S.3 93–395.
- Arnold Sommerfeld – Kommunikation und Schulbildung. – In: Wissenschaft und Digitale Bibliothek. Jahrbuch für Wissenschaftsforschung 1998, hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Hubert Laitko, Heinrich Parthey, Walther Umstätter. Verlag der Gesellschaft für Wissenschaftsforschung, Berlin 2000, S. 135–151.
- Friedrich Paschen. – In: Neue Deutsche Biographie, Hrsg. von der Historischen Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Bd.20; Duncker & Humblot, Berlin 2001, S. 82–83.
- Rudolf Peierls. – In: Neue Deutsche Biographie, Hrsg. von der Historischen Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Bd.20; Duncker & Humblot, Berlin 2001, S. 160–161.
- Aus den Anfängen der Wissenschaftsförderung durch wissenschaftsbasierte Wirtschaft – Hermann Helmholtz, Werner Siemens und andere. – In: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2001, hrsg. v. Heinrich Parthey u. Günter Spur. Verlag der Gesellschaft für Wissenschaftsforschung, Berlin 2002, S. 129– 142.
- Vom KWI für Chemie zum KWI für Radioaktivität: Die Abteilung(en) Hahn/Meitner am Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie. – In: Dahlemer Archivgespräche Heft 8 (Hrsg. vom Archiv zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft), Berlin 2002, S. 57–92.
- Verner Gejzenberg i nemeckij uranovjy proekt Werner Heisenberg und das Deutsche Uranprojekt]. – In: Issledovanija po istorii fiziki i mehaniki 2002, Izd. Nauka, Moskva 2003, S. 151–174.
- Otto Lummer, Ernst Pringsheim and Black-Body Radiation. – In: Physics and Mathematics at Wroclaw University – Past and Present (= Proceedings of the 17 Max Born Symposium, Wroclaw 2002). Ed. by Jerzy Lukierski & Helmut Rechenberg; Wroclaw 2002/2003, S. 25–43.
- Nikolaus Riehl. – In: Neue Deutsche Biographie, Hrsg. von der Historischen Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Bd.21; Duncker & Humblot, Berlin 2003, S. 587–588.
- Wolfgang Riezler. – In: Neue Deutsche Biographie, Hrsg. von der Historischen Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Bd.21; Duncker & Humblot, Berlin 2003, S. 619.

- Rudolf Ritschl. – In: Neue Deutsche Biographie, Hrsg. von der Historischen Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Bd.21; Duncker & Humblot, Berlin 2003, S. 651–652.
- Wilhelm Conrad Roentgen. – In: Neue Deutsche Biographie, Hrsg. von der Historischen Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Bd. 21; Duncker & Humblot, Berlin 2003, S. 732–734.
- Disziplinäre Gesellschaften als Träger von Fachzeitschriften. Einige Anmerkungen zur Entstehung physikalischen Zeitschriften im 19. Jahrhundert in Deutschland. – In: Wissenschaftliche Zeitschrift und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2002, hrsg. v. Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Verlag der Gesellschaft für Wissenschaftsforschung, Berlin 2003, S. 61–82.
- Biographien über F.W. Aston (S.78), G.H. Barkhausen (S.109–110), Ch.G. Barkla (S. 110–111),
- N. G. Bassow (S.116–117), A. H. Becquerel (S. 128), P. M .S. Blackett (S. 186–187), B. B. Boltwood (S. 204–205), A. Celsius (S. 312–313), J. Chadwick (S. 315–316), J. D. Cockcroft (S .331–332), C. J. Davison (S. 385–386), J. Dewar (S. 401–402). – In: Lexikon der bedeutenden Naturwissenschaftler, Bd.1 (A–E). Hrsg. von Dieter Hoffmann, Hubert Laitko und Staffan Müller-Wille. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin 2003.
- Biographien über K. Fajans (S. 2), E. Fermi (S. 14–16), G. N. Fljorow (S. 30–31), W. A. Fock (S. 32), J. Franck (S.39–40), O. R. Frisch (S.58–59), O. Hahn (S.145–147), G. K. v. Hevesy (S. 214–215), A. F. Ioffe (S. 267–268), J. F. Joliot-Curie (S. 278–279), I. Joliot-Curie (S. 279–280), H. Kamerlingh Onnes (S. 286–287), I. G. Kurtschatow (S. 353–354), J. H. Lambert (S. 363–364), E. O. Lawrence (S. 378–379), L. I. Mandelstam (S. 462), L. Meitner (S.4 83–485). – In: Lexikon der bedeutenden Naturwissenschaftler, Bd.2 (F–Mei). Hrsg. von Dieter Hoffmann, Hubert Laitko und Staffan Müller-Wille. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin 2004.
- Biographien über H. G.J. Moseley (S. 47–48), A. Nobel (S. 81–82), I.+ W. Noddack (S. 82–83), F. Paschen (S. 121–122), R. Peierls (S. 137), J.Chr. Poggen-dorff (S. 161–162), C. F. Powell (S. 171), A. M. Prochorov (S.1 76–177), B. Rajewsky (S. 183–184), Rayleigh (S. 190–191), O. W. Richardson (S. 207–208), W. C. Röntgen (S.2 21–223), K. M. Siegbahn (S. 289–290), F. Soddy (S. 301–302), Stoletov (S.3 33), I. E. Tamm (S. 347–348), G. P. Thomson (S. 359–360), J. J. Thomson (S. 360– 361), J. D. van der Waals (S. 386–387), G.

H. Wiedemann (S. 450–451), Z. Wroblewski (S. 479–480), Yukawa (S. 487–488). – In: Lexikon der bedeutenden Naturwissenschaftler, Bd.3 (Men–Z). Hrsg. von Dieter Hoffmann, Hubert Laitko und Staffan Müller-Wille. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin 2004.

Forschungen über Radioaktivität am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie – Die Abteilung(en) Hahn/ Meitner und ihre internationalen Kontakte. – In: Aus Wissenschaftsgeschichte und –theorie. Hubert Laitko zum 70. Geburtstag überreicht von Freunden, Kollegen und Schülern. Hrsg. von H. Kant und A. Vogt. Verlag für Wissenschafts- und Regionalgeschichte Dr. Michael Engel, Berlin 2005, S. 289– 320.

Albert Einstein und das Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik. – In: Albert Einstein – Ingenieur des Universums. Hundert Autoren für Einstein. Hrsg. von Jürgen Renn. WILEY-VCH Verlag, Weinheim 2005, S.1 66–169.

Deutsche Naturwissenschaftler und die Wirkungen des Russell-Einstein-Manifestes. – In: Albert Einstein – Ingenieur des Universums. Hundert Autoren für Einstein. Hrsg. von Jürgen Renn. WILEYVCH Verlag, Weinheim 2005, S. 430–433.

(Koautor) in: Albert Einstein – Ingenieur des Universums. Dokumente eines Lebensweges. Hrsg. von Jürgen Renn. WILEY-VCH Verlag, Weinheim 2005.

Betrachtungen zur Physik an der Reichsuniversität Straßburg 1942–1944. – In: Les Reichsuniversitäten de Strasbourg et de Poznan et les résistances universitaires 1941–1944. Hrsg. von Christian Baechler, François Igersheim, Pierre Racine (= Collection Les Mondes Germaniques 12). Presses Universitaires de Strasbourg 2005, S. 185–203.

Heinrich Rubens. – In: Neue Deutsche Biographie, Hrsg. von der Historischen Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Bd.22; Duncker & Humblot, Berlin 2005, S. 154–155.

Eduard Rüchardt. – In: Neue Deutsche Biographie, Hrsg. von der Historischen Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Bd.22; Duncker & Humblot, Berlin 2005, S. 105–206.

Günter Scheibe. – In: Neue Deutsche Biographie, Hrsg. von der Historischen Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Bd.22; Duncker & Humblot, Berlin 2005, S. 621–622.

Paul Scherrer. – In: Neue Deutsche Biographie, Hrsg. von der Historischen Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Bd.22; Duncker & Humblot, Berlin 2005, S. 704–705.

Contribution à l'histoire de la physique à Strasbourg 1941–1944. – In: La science sous influence – L'université de Strasbourg enjeu des conflits franco-allemands 1872–1945. Ed.: Elisabeth Crawford et Josiane Olf-Nathan. La Nuée Bleue, Strasbourg 2005, S. 257–267.

IV. Rezensionen und Berichte

(Bericht): 75 Jahre Plancksches Wirkungsquantum h . – In: Physik in der Schule (Berlin). 14(1976)3, S. 119–121.

(Bericht mit Dieter Hoffmann): 75 Jahre Quantentheorie. – In: NTM-Schriftenreihe (Leipzig) 13(1976)2, S. 113–116.

(Rezension): A. Erck, L. Läscher, H. Steiner (Hrsg.), Sozialismus und wissenschaftliches Schöpfertum. Berlin 1976. – In: Physik in der Schule (Berlin). 14(1976)7/8, S. 345–346.

(Rezension): P.S. Kudrjavcev, Kurs der Physikgeschichte. Moskau 1974 (russ.). – In: Physik in der Schule (Berlin). 14(1976)9, S. 396–397.

(Bericht): 25 Jahre Physikalische Gesellschaft der DDR. – In: Physik in der Schule (Berlin). 15(1977)12, S. 558–559.

(Rezension): I.N. Golowin, I.W. Kurtschatow – Wegbereiter der sowjetischen Atomforschung. Leipzig / Jena / Berlin 1976. – In: Physik in der Schule (Berlin). 16(1978)1/2, S. 77–78.

(Rezension): M.L. Basin, Effektivität der Grundlagenforschung. Berlin 1977. – In: Wissenschaft und Fortschritt (Berlin). 28(1978)1, S.40.

(Bericht mit Dieter Hoffmann): Schultagung und Jahreshaupttagung der Physikalischen Gesellschaft der DDR 1978. – In: Physik in der Schule (Berlin). 16(1978)4, S. 160–163.

(Bericht): 100 Jahre „Anti-Dühring“ von Friedrich Engels. – In: Physik in der Schule (Berlin). 16(1978)5, S. 218–219.

(Rezension): H.L. Sittauer, Nicolaus Otto und Rudolf Diesel. Leipzig 1978 – In: Physik in der Schule (Berlin). 16(1978)11, S. 495.

- (Bericht mit Dieter Hoffmann): Schultagung und Jahreshaupttagung 1979 der Physikalischen Gesellschaft der DDR. – In: Physik in der Schule (Berlin). 16(1979)4, S.165–170. (Bericht): Einstein-Ehrung der Industrie. – In: Physik in der Schule (Berlin). 17(1979)5, S. 212–214.
- (Rezension): K. Hoffmann, Otto Hahn – Stationen aus dem Leben eines Atomforschers. Berlin 1978. – In: Physik in der Schule (Berlin). 17(1979)5, S. 220–221.
- (Rezension): Geschichte der Technischen Universität Dresden 1828–1978. – In: Physik in der Schule (Berlin). 17(1979)9, S. 366–367.
- (Rezension): R. Wahsner, Mensch und Kosmos – Die copernicanische Wende. Berlin 1978. – In: Physik in der Schule (Berlin). 17(1979)11, S. 492.
- (Bericht): Festkolloquium „30 Jahre DDR“ der Physikalischen Gesellschaft der DDR. – In: Physik in der Schule (Berlin). 17(1979)12, S.551–552.
- (Rezension): Albert Einstein und Berlin – Einstein-Literatur des Akademieverlages 1979. – In: Physik in der Schule (Berlin). 17(1979)12, S.555–557.
- (Rezension): Chr. Kirsten u. H.-G. Körber (Hrsg.), Physiker über Physiker II. Berlin 1979. – In: Physik in der Schule (Berlin). 17(1979)12, S. 557–558.
- (Rezension): Eine vollständige Ausgabe von Engels' Naturdialektik? B.M. Kedrow (Hrsg.), Friedrich Engels über die Dialektik der Naturwissenschaft. – In: Physik in der Schule (Berlin). 18(1980)1/2, S. 44.
- (Bericht mit Dieter Hoffmann): Schultagung und Jahreshaupttagung 1980 der Physikalischen Gesellschaft der DDR. – In: Physik in der Schule (Berlin). 18(1980)5, S.216–220.
- (Rezension): W. Gilde, Gespiegelte Welt. Leipzig 1979. – In: Physik in der Schule (Berlin). 18(1980) 7/8, S. 350.
- (Rezension): D. Goetz, Georg Christoph Lichtenberg. Leipzig 1980. – In: Wissenschaft und Fortschritt (Berlin). 31(1981)1, S.41.
- (Bericht): Schultagung und Jahreshaupttagung 1981 der Physikalischen Gesellschaft der DDR. – In: Physik in der Schule (Berlin). 19(1981)4, S. 170–173.
- (Rezension): E. Große u. Chr. Weißmantel: Der gestörte Kristall. Leipzig/Jena/Berlin 1979. – In: Physik in der Schule (Berlin). 19(1981)4, S. 174.

- (Rezension): K. Hoffmann, Kann man Gold machen? Leipzig/Jena/Berlin 1979. – In: Wissenschaft und Fortschritt (Berlin). 31(1981)7, S. 280.
- (Bericht): Wissenschaftsgeschichte mit Blick auf die Zukunft. Vom XVI. Weltkongreß für Wissenschaftsgeschichte. – In: Physik in der Schule 20(1982)1/2, S. 75–78.
- (Bericht mit Dieter Hoffmann): Schultagung und Jahreshaupttagung 1982 der Physikalischen Gesellschaft der DDR. – In: Physik in der Schule (Berlin). 20(1982)5, S. 219–222
- (Rezension): W. Glaser, Lichtleitertechnik – Eine Einführung. Berlin 1981. – In: Physik in der Schule (Berlin). 20(1982)7/8, S. 346–347.
- (Bericht): Seminare zur Physikgeschichte. – In: Physik in der Schule (Berlin). 20(1982)10, S. 443–444
- (Rezension mit A. Vogt): M. Watanabe, Die Japaner und die moderne Wissenschaft. Wiesbaden 1981. – In: Referateblatt Philosophie (Berlin). 19(1983)2, Bl.20–21a.
- (Bericht): Schultagung und Jahreshaupttagung 1984 der Physikalischen Gesellschaft der DDR. – In: Physik in der Schule (Berlin). 22(1984)4, S. 154–156.
- (Bericht mit Dieter Hoffmann): Schultagung und Jahreshaupttagung 1985 der Physikalischen Gesellschaft der DDR. – In: Physik in der Schule (Berlin). 23(1985)5, S. 199–202.
- (Rezension): E. Segrè, Die großen Physiker und ihre Entdeckungen. München 1982. – In: Experiment Technik Physik (Berlin). 33(1985)4, S. 382–383.
- (Bericht mit Dieter Hoffmann): Niels-Bohr-Kolloquium. – In: NTM-Schriftenreihe (Leipzig) 23(1986)1, S. 113.
- (Bericht mit Dieter Hoffmann): Erste Physikhistorische Tagung der Physikalischen Gesellschaft. – In: NTM-Schriftenreihe (Leipzig) 23(1986)1, S.114.
- (Rezension): Zu sehen, was die Welt im Innersten zusammenhält. K. Lanius, Mikrokosmos, Makrokosmos. Leipzig / Jena / Berlin 1988. – In: Neues Deutschland (Berlin). 43(1988)274 vom 19. / 20. Nov., S. 14
- (Rezension): T. Frängsmyr (ed.), Science in Sweden – The Royal Swedish Academy of Sciences 1739– 1989. Canton 1989. – In: Polhem. Tidskrift för Teknikhistoria (Göteborg) 7(1989)3, S. 224–226.

- (Bericht mit Dieter Hoffmann): 3. Physikhistorische Tagung: Defizite sind aufzuarbeiten. – In: *Spectrum* (Berlin). 20(1989)4, S. VI.
- (Rezension): Walther Gerlach (1889–1979). Eine Auswahl aus seinen Schriften und Briefen. Hrsg. v. H.-R. Bachmann u. H. Rechenberg. Berlin etc. 1989. – In: *Deutsche Literaturzeitung* (Berlin). 111(1990)11/12, S. 828–829.
- (Rezension): V.J. Frenkel', *Fiziki o sebe*. Leningrad 1990 (russ.). – In: *Physikalische Blätter* (Weinheim). 47(1991)12, S.1092.
- (Rezension): *Letters of Hermann von Helmholtz to his wife 1847–1859*, ed. by R.L. Kremer. Stuttgart 1990. – In: *Deutsche Literaturzeitung* (Berlin). 113(1992)3/4 S. 167–168.
- (Rezension): K. Simonyi, *Kulturgeschichte der Physik*. Frankfurt/M. 1990. – In: *Deutsche Literaturzeitung* (Berlin). 113(1992)5/6, S. 298–299.
- (Rezension): *Frauen in den exakten Naturwissenschaften*. Hrsg. v. W. Schmidt u. Chr. Scriba, Stuttgart 1990. – In: *Deutsche Literaturzeitung* (Berlin). 113(1992)7/8, S. 531.
- (Rezension): M. Walker, *Die Uranmaschine*. München 1992. – In: *Physikalische Blätter* (Weinheim). 49(1993)5, S.445. (Bericht): V. Physikhistorische Konferenz. – In: *Physik in der Schule* (Berlin). 31(1993)6, S. 238. (leicht gekürzt auch in: *Nachrichtenblatt der Deutschen Gesellschaft für Geschichte der Medizin, Naturwissenschaft und Technik* (Alzey) 43(1993)2, S. 91–93).
- (Rezension): D. Cahan, *The Letters of Hermann von Helmholtz*. – In: *Physikalische Blätter* (Weinheim). 50(1994)3, S.268.
- (Rezension): Dieter Hoffmann (Hrsg.), *Operation Epsilon – Die Farm-Hall-Protokolle oder Die Angst der Alliierten vor der deutschen Atombombe*. Berlin 1993. – In: *Physik in der Schule* (Berlin). 32(1994)11, S. 398–399.
- (Rezension): *The Collected Papers of Albert Einstein Vol.3*. Princeton 1993. – In: *Physik in unserer* (Weinheim). *Zeit* 26(1995)4, S. 195–196.
- (Rezension): A. Fölsing, *Wilhelm Conrad Röntgen – Aufbruch ins Innere der Materie*. München 1995. – In: *Physikalische Blätter* (Weinheim). 51(1995)11, S. 1104.

- Tagungsbericht „150 Jahre Deutsche Physikalische Gesellschaft“. – In: NTM. Internationale Zeitschrift für Geschichte und Ethik der Naturwissenschaften, Technik und Medizin N.S. (Leipzig) 3(1995)4, S. 271–272.
- Tagungsbericht „Wissenschaft und Stadt/Region“. – In: NTM. Internationale Zeitschrift für Geschichte und Ethik der Naturwissenschaften, Technik und Medizin N.S. (Leipzig) 3(1995)4, S. 272–273.
- (Rezension): K. Hoffmann, J. Robert Oppenheimer – Schöpfer der ersten Atombombe (Berlin, Heidelberg, New York 1995). – In: Physikalische Blätter (Weinheim). 52(1996)9, S.904. (Rezension): Lin Qing, Zur Frühgeschichte des Elektronenmikroskops (Stuttgart 1995). – In: NTM N.S. (Basel) 5(1997)3, S.199–200.
- Bericht vom Deutschen Wissenschaftshistorikertag 1996. – In: NTM. Internationale Zeitschrift für Geschichte und Ethik der Naturwissenschaften, Technik und Medizin N.S. (Basel). 5(1997)4, S. 267.
- (Rezension): Albrecht Fölsing, Heinrich Hertz – Eine Biographie. Hamburg 1997. – In: Spektrum der Wissenschaft (Heidelberg) (1999)2, S. 82.
- Bericht über ein Symposium der Arbeitsgruppe Wissenschaftsgeschichte zur Geschichte der KaiserWilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft. – In: NTM. Internationale Zeitschrift für Geschichte und Ethik der Naturwissenschaften, Technik und Medizin N.S. (Basel) 7(1999)1, S. 42–43.
- (Rezension): V.J. Frenkel: Professor Friedrich Houtermans – Arbeiten, Leben, Schicksal. Izd. PIJaF RAN St.Peterburg 1997 (russ.). – In: Physikalische Blätter (Weinheim). 55(1999)9, S. 80.
- (Rezension): Andreas Fickers, Der Transistor als technisches und kulturelles Phänomen. Die Transistorisierung der Radio-und Fernsehempfänger in der deutschen Rundfunkindustrie von 1955 bis 1965. Bassum 1998. – In: NTM. Internationale Zeitschrift für Geschichte und Ethik der Naturwissenschaften, Technik und Medizin N.S. (Basel) 8(2000)1, S. 55–56.
- (Rezension): Vorstoß ins Unerkannte – Lexikon großer Naturwissenschaftler. Hrsg. von Fritz Krafft; Weinheim: Wiley-VCH 1999. – In: Chemie in unserer Zeit (Weinheim). 34(2000)4, S. 264.
- (Rezension): John Archibald Wheeler with Kenneth Ford: Geons, Black Holes, and Quantum Foam: A Life in Physics. W.W. Norton and Company New

- York/London 1999. – In: *Physikalische Blätter* (Weinheim). 56(2000)11, S. 74.
- (Rezension): Lore Sexl und Anne Hardy, Lise Meitner (= rororo Monographien rm 50439) Rowohlt Taschenbuch Verlag Reinbek bei Hamburg 2002. – In: *Physik-Journal* (Weinheim). 2(2003)4, S. 57.
- (Rezension): Peer Hempel, Deutschsprachige Physiker im alten St.Petersburg. Georg Parrot, Emil Lenz und Moritz Jacobi im Kontext von Wissenschaft und Politik. (= Schriften des Bundesinstituts für ostdeutsche Kultur und Geschichte Bd.14); R. Oldenbourg Verlag München 1999. – In: *Jahrbücher für Geschichte Osteuropas* (Wiesbaden) 51(2003)1, S. 137–138.
- (Rezension): Werner Heisenberg – Liebe Eltern! Briefe aus kritischer Zeit 1918–1945. Hrsg. von A.M. Hirsch-Heisenberg; Verlag Langen Müller, München 2003. In: *Physik-Journal* (Weinheim). 2(2003)10, S. 60.
- (Bericht): Wissenschaft in Berlin; Geschichte – Gegenwart – Zukunft. Kolloquium anlässlich des 70. Geburtstages von Hubert Laitko. – In: *Leibniz intern. Mitteilungen der Leibniz-Sozietät* (Berlin). Nr.27 vom 15. Juni 2005, S. 9–10.
- (Rezension): David Cassidy: J. Robert Oppenheimer and the American Century (PI Press, New York 2005). – In: *Physik Journal* (Weinheim). 4(2005)7, S. 56.
- (Rezension): Mauro Dardo, Nobel Laureates and Twentieth-Century Physics (Cambridge Univ. Press 2004). – In: *Physik-Journal* (Weinheim). 4(2005)10, S. 60–61.
- (Rezension): Spekulationen oder Fakten. Heinrich Zankl, Nobelpreise. Brisante Affären, umstrittene Entscheidungen [Weinheim 2005] und Alfred Neubauer, Bittere Nobelpreise [Norderstedt 2005]. – In: *Nachrichten aus der Chemie* (Frankfurt am Main). 53(2005)12, S. 1268–1270.
- Jährliche Kalendarien zur Physikgeschichte: 1977, 1978–1989 (gemeinsam mit Dieter Hoffmann) und zur Naturwissenschafts- und Technikgeschichte 1990–2000. – In: *Physik in der Schule* (jeweils Heft 1 oder 12). 1979–1984 auch in: *Urania* Schriftenreihe für den Referenten (Urania-Präsidium Berlin).
- Diverse populärwissenschaftliche wissenschaftshistorische Zeitungsartikel u. a. in: *Berliner Zeitung*, *Neues Deutschland*, *Nationalzeitung* (Berlin-Ost), *Berliner Allgemeine*, *Der Morgen*, *Neue Berliner Illustrierte* (NBI), *Jugend und Technik*, *Urania*, *Humboldt-Universität*, *Humboldt*, *Frankfurter Allgemeine*

Zeitung.[vgl. dazu: Veröffentlichungen 1970–1989. ITW der AdW der DDR, Studien und Forschungsberichte Heft 31, Berlin 1990.]

Publikationen der Mitglieder im Jahre 2016

Gerhard Banse,¹ Einführung in die Thematik „Informatik und Gesellschaft“. – In: Informatik und Gesellschaft. Festschrift zum 80. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski. Frankfurt am Main, Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien: Peter Lang Verlag 2016. S. 23 – 28.

Marius Albiez, *Gerhard Banse*, Kenyon C. Lindeman & Alexandra Quint (Hrsg.): Designing Sustainable Urban Futures. Concepts and Practices from Different Countries. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2016

Gerhard Banse, Sicherheit und Gefährdungen der globalen Informationsgesellschaft. – In: Bedrohungen und Herausforderungen der Sicherheit in der modernen Welt. Die ökonomische und soziale Dimension. Hrsg. von I. Oleksiewicz & K. Stêpieñ. Warszawa: Wydawnictwo Rambler 2016, S. 163-181

Gerhard Banse & Lucia Schlund: Höhere Sicherheit durch bessere Sicherheitskultur?! – In: Bedrohungen und Herausforderungen der Sicherheit in der modernen Welt. Die ökonomische und soziale Dimension. Hrsg. von I. Oleksiewicz & K. Stêpieñ. Warszawa: Wydawnictwo Rambler 2016, S. 609-623

Gerhard Banse: Technikentwicklung und die Bewertung ihrer gesellschaftlichen Auswirkungen. – In: Digitale Revolution & soziale Verhältnisse im 21. Jahrhundert. Hrsg. von D. Janke & J. Leibiger. Hamburg: VSA Verlag 2016, S. 39-60

Gerhard Banse: Über den Umgang mit Unbestimmtheit. – In: Leibniz Online. Zeitschrift der Leibniz-Sozietät e. V., Nr. 22 (2016). – URL: <http://leibnizsozietat.de/wp-content/uploads/2016/03/Banse.pdf>

Gerhard Banse: Sustainable Development – Technology – Technology Assessment. – In: Business Ethics and Sustainable Development. Interdisciplinary Theoretical and Empirical Studies, No. 2 (2016), pp. 25-35. – URL: <https://www.polsl.pl/organizacje/SCEBIZR/Documents/Kuzior%20Paulina%20>

1 Kursiv für Mitglieder der Gesellschaft für Wissenschaftsforschung.

%20Etyka%20%202016.pdf

Gerhard Banse: Technisches und Kulturelles. Anmerkungen zu historischen und aktuellen Interdependenzen. – In: Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V., Nr. 1/2016, S. 9-40.

Werner Ebeling: Physik, Biologie, Technik und Selbstorganisation der Information. – In: Informatik und Gesellschaft. Festschrift zum 80. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski. Frankfurt am Main, Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien: Peter Lang Verlag 2016. S. 63 – 74.

Werner Ebeling: Ist Evolution vom Einfachen zum Komplexen gerichtet? - In: Sitzungsbereichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin 125/126 (2016), S. 69 - 80.

Werner Ebeling: The work of Baimbetov on nonideal plasmas and some recent developments. - In: Contrib. Plasma Phys. 56.(2016) 163 - 175.

Werner Ebeling, & Rainer Feistel: Entropy and selforganization of information and value - In: Entropy 18 (2016), S. 1 – 16.

Werner Ebeling, Alexander Chetverikov, Gerd Röpke & Manuel Velarde: High electrical conductivity in nonlinear model lattice crystals mediated by thermal exciations of solitons, - In: Entropy 18 (2016) S.. 1 - 16.

Werner Ebeling, Manuel Velarde, Alexander Chetverikov, Sergey Dmitriev & Victor Lakhno: rom solitons to discrete breathers, - In: Eur. Phys. J. B 89 (2016) S. 233 - 243.

Werner Ebeling, Alexander Chetverikov, Sergey Dmitriev, Victor Lakhno, Alexey Shigaev & Manuel Velarde): On the possibility that local mechanical forcing permits directionally controlled long-range electron transfer along DNA-like molecular wires - In: Eur. Phys. J. B 89 (2016) S. 101 - 111.

Klaus Fuchs-Kittowski: Informatik und Gesellschaft aus meiner Sicht – Politisches und ethisches Denken in der Informatik zur Gewährleistung der Menschenrechte. – In: Informatik und Gesellschaft. Festschrift zum 80. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski. Frankfurt am Main, Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien: Peter Lang Verlag 2016. S. 445 – 478.

Horst Kant: Einsteins Weg nach Berlin. - In: Leibniz Online Nr. 22 (2016), 8 Seiten,.

Horst Kant: Edward Teller. Neue Deutsche Biographie. Herausgegeben von der

- der Historischen Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften., Band 26. Berlin: Duncker & Humblot 2016, S, 19 - 20.
- Horst Kant*: Hans-Jürgen Treder. Neue Deutsche Biographie. Herausgegeben von der Historischen Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften., Band 26. Berlin: Duncker & Humblot 2016, S, 389,
- Horst Kant*: Walter Tollmien. Neue Deutsche Biographie. Herausgegeben von der Historischen Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Band 26. Berlin: Duncker & Humblot 2016, S, 341 - 342,
- Hubert Laitko*: Als Philosophiestudenten in Leipzig – die späten Fünfziger. – In: Informatik und Gesellschaft. Festschrift zum 80. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski. Frankfurt am Main, Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien: Peter Lang Verlag 2016. S. 241 – 246.
- Dick, Michael, Marotzki, Winfried, & *Mieg, Harald A.* (Hrsg.). Handbuch Professionsentwicklung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt / UTB (2016)..
- Mieg, Harald A.*: Akademische Freiheit an Fachhochschulen: begrenzt und befördert durch Berufsorientierung. Die Hochschule, (2016).(2), S. 54 - 67.
- Oevermann, Heike, & *Mieg, Harald A.*: Nutzbarmachung historischer Industrieareale für die Stadtentwicklung: Erhaltungsbegriffe und Fallbeispiele in der Praxis. *disp - The Planning Review*, (2016).52(1), S. 31 - 41.
- Bedenk, Stephan, & *Mieg, Harald A.*: Scheitern bei strategischen Entscheidungen. -In: Sebastian Kunert (Hrsg.), *Failure Management: Ursachen und Folgen des Scheiterns* Berlin: Springer 2016. S. 39 - 52.
- Mieg, Harald A.*: Wer oder was ist ein Experte? Wie Expertise entsteht, gemacht und gemessen wird. In Ruben Pfizenmaier et al. (Hrsg.), *Auf dem Markt der Experten: Zwischen Überforderung und Vielfalt*. Frankfurt am Main.: Edition Büchergilde 2016. S. 24 - 38.
- Mieg, Harald A.* (2016). Profession: Begriff, Merkmale, gesellschaftliche Bedeutung. In Michael Dick, Winfried Marotzki & Harald A. Mieg, (Hrsg.), *Handbuch Professionsentwicklung* (S. 27-40). Bad Heilbrunn: Klinkhardt / UTB.
- Gäde, M & *Petras, Vivien*: Hood or Hypertext-. - In:: A Comparison of Offline and Online Book Search Sessions:In: CLEF 2016 - Conference and Labs of the Evaluation Forum, ed. by Balog, Krisztian and Cappellato, Linda and Ferro, Nicola and Macdonald, Craig, vol. 1609, pp. 1097-1105, Évora, Portu-

gal, Braslavski,

Petras, Vivien, Likhoshesterov, V, & Gäde, M: Large-Scale Log Analysis of Digital Reading - In: 2016 Annual Meeting of the Association for Information Science and Technology, ASIST 2016, vol. 53, pp. 10 p., Copenhagen, Denmark.

Jürgen Renn & Sonja Brentjes (Hrsg.): *Globalization of Knowledge in the Post-Antique Mediterranean, 700–1500*. New York: Routledge 2016.

P. D. Omodeo & *Jürgen Renn*: Das Prinzip Kontingenz in der Naturwissenschaft der Renaissance. – In: *Contingentia: Transformationen des Zufalls*. Hrsg. von H. Böhme, W. Röcke, & U. C. A. Stephan. Berlin: De Gruyter 2016. S. 115 – 148.

Jürgen Renn & B. Scherer: Wissenschaft als Menschheitsgedächtnis und Handlungspotential. – In: *Prekäre Humanität*. Hrg. v. M. Hoff. Innsbruck: Tyrolia Verlag 2016. S. 77 – 97.

A. Blum, *Jürgen Renn & M. Schemmel*: *Experience and Representation in Modern Physics: The Reshaping of Space*. Berlin: Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte 2016.

O. Engler & *Jürgen Renn*: Two encounters. – In: *Shifting paradigms: Thomas S. Kuhn and the history of science*. Ed. by A. Blum, K. Gavroglu, C. Joas, & *Jürgen Renn*. Berlin: Edition Open Access 2016. S. 139 – 147.

Jürgen Renn: Quest for an Epistemic Theory of Action, – In: *Wissen Macht Geschlecht: Ein Abc Der Transnationalen Zeitgeschichte*, Hrsg. Birgit Kolboske, Axel C. Hüntelmann, Ina Heumann, Susanne Heim, Regina Fritz and Roman Birke. Berlin: Edition Open Access, 2016.

Jürgen Renn; Das Kraftpaket: Geschichte Einer Ideenschmiede, – In: *Der Tagespiegel*, 9. April 2016.

Sonja Brentjes & *Jürgen Renn*, Contexts and Content of Thbit B. Qurra's (Died 288/ 901): Construction of Knowledge on the Balance '. – In: *Globalization of Knowledge in the Post-Antique Mediterranean, 700–1500*, Ed. by Sonja Brentjes und *Jürgen Renn*. New York: Routledge, 2016, S. 67 – 99.

Sonja Brentjes & *Jürgen Renn*: Introduction, – In: *Globalization of Knowledge in the Post-Antique Mediterranean, 700–1500*, Ed. by *Jürgen Renn* und Sonja

- Brentjes. New York: Routledge, 2016, S. 1 – 30.
- Sonja Brentjes & *Jürgen Renn*: A Re-Evaluation of the "Liber De Canonio". – In: Scienze E Rappresentazioni: Saggi in Onore Di Pierre Souffrin, Ed. by Pierre Caye, Romano Nanni and Pier Daniele Napolitani. Florence: Olschki, 2016, S. 119 – 50.
- Diana K. Buchwald, Hanoch Guttfreund & *Jürgen Renn*: 100 Jahre Gravitationswellen: Kräuselungen Der Raumzeit Verloren Und Wiedergefunden' – In: Frankfurter Allgemeine, 17.2.2016.
- Jürgen Renn*, Dirk Wintergrün, Roberto Lalli, Manfred Laubichler & Matteo Valleriani: Netzwerke Als Wissensspeicher, – In: Die Zukunft Der Wissensspeicher: Forschen, Sammeln Und Vermitteln Im 21. Jahrhundert, Ed. by Jürgen Mittelstraß and Ulrich Rüdiger. München: UVK Verlagsgesellschaft Konstanz, 2016, S. 35 – 79.
- Donald Salisbury, *Jürgen Renn*, und Kurt Sundermeyer: Restoration of Four-Dimensional Diffeomorphism Covariance in Canonical General Relativity: An Intrinsic Hamilton-Jacobi Approach, – In: International Journal of Modern Physics A, 31 (2016), 1650014-1.
- A. Blum, K. Gavroglu, C. Joas & *Jürgen Renn* (Eds.): Shifting paradigms: Thomas S. Kuhn and the history of science. 2016.
- A. Blum, R. Lalli & *Jürgen Renn*: The renaissance of general relativity: how and why it happened. – In: Annalen der Physik. 528(2016)5, S. 344 – 349.

Namensregister

A

Alexander, M. 60
Allan, C. 112
Ambivalenz - beim ver-
netzten Testen 68
Ambivalenz - des wissen-
schaftlich-techni-
schen Fortschritts 62
Ambivalenz - jedes Fort-
schritts 61
Ambivalenz - und Tech-
nik 68
Anklitzen, K. 23
Aristoteles 9, 37
Arkin, R. C. 114
Asdonk J. 43
Ashcroft, R. 84
Aston, F. 29
Aston, F. W. 143
Asveld, L. 39, 56

B

Bacon, F. 26, 45
Bacon, R. 25-26
Bagge, E. 157, 165
Banse, G. 100, 168
Barkleit, G. 164
Barrios, F. 60
Bayerts, K. 60
Bechert, K. 162
Becquerel, A. H. 141
Beecroft, R. 56
Behr, F. 39, 56
Bemmann, M. 51
Bentele, M. 92
Bergmann, M. 42

Abele, J. 164
Berka, W., 34
Bernstein, J. 77-78
Berthold 24
Bethe, H. 147
Bethe, H. A.. 148
Bittens, M. 44
Blackett, P.S. 139
Bleicher, A. 44, 46, 50
Bleuler, E. 136
Bleuler, E. P. 72-73
Bloch, E. 61, 69-72, 74-
75, 82, 89, 116-117

Bohr, N. 29, 78, 139,
154-155
Bohr, N.- 154
Bonaventura 25
Bongard, J. 94
Bonk, F. 17
Börger, E.. 134
Born H., 36
Born, M. 36, 133, 161
Bosch, .R. 31
Böschen, St. 40
Boudon, R. 18
Brecht, B. 37
Bredeweg, U. 43
Brehmer, A. 141
Brien, M. O. 97
Brooks, R. A. 15, 94
Buttery, L. 60

C

Carnap, R. 130
Cater, H, D. 36
Chadwick, J. 149

Adams, H. 36
Chadwick, J. . 29
Chargaff, E. 12
Charpentier, E. 33
Chazanovskij, K. 20
Cheney, M. 144
Clausen, J. 88
Cohen, B. 20
Collins, H. M. 45
Costas, J. 41
Coutelle, C. 84
Coy, W. 114
Critchfield, C. L. 148
Cube, F. 128
Curie, M. 141
Curie, P. 141
Czulius, W. 154

D

Danneberg, L. 130
Darwin, Ch. 131
De Gregorio, A. 149
Dean, J. 95
Debye, P. 145
Delbrück, M. 145-146,
154
Demokrit 28
Detten, R. v. 51
Diebner, K. 157, 165
Doberer, K. 24
Doberer, S. 24
Dobler, R-M. 126
Dodds, E. R. 13
Dominik, H. 145
Dompke, M. 117
Donna C. Mehos 56

- Doudna, J. 33
 Drexler, E. 34
 Dreyfus, H. 94, 111
 Dreyfus, S. 111
 Droste, G. 154
 Drucker, P. 82
 E
 Edenhofer, O. 169
 Eigen, M. 36, 119,
 124, 131, 133, 137
 Einstein, A. 130, 145,
 156-157
 Elsasser, W. M. 95
 Elster, J. 18, 141
 Elster, R. J, 141
 Emde, R. N. 95
 Engels, F. 18
 Evans, J. 39
 Eve, A. S. 144
 F
 Faber, F. 51
 Fengler, S. 169
 Fermi, E. 149-150,
 155
 Fischbach, R. 92
 Fischer, K. 16-17, 28,
 34, 37, 71, 74, 88
 Fischer, P. 164
 Flach, F. 79
 Flach, G. 78, 161
 Fleischer, L.-G. 139
 Fleischmann, A. 134
 Floyd, Ch. 62, 116-
 117
 Flügge, S. 153-154
 Fock, W. A. 133
 Forstner, Ch. 169
 Fratzscher, W. 136
 Fricke, R. J, 141
 Friedmann, H. 141
 Fries, A.. . 24
 Frisch, O. R. 29, 59,
 153-154
 Fritzsche, A. F. 27
 Fuchs, C. 91, 116
 Fuchs, K. 75-76, 78-
 79, 97, 119, 124,
 161
 Fuchs., C.. 117
 Fuchs-Kittowski, F..
 102
 Fuchs-Kittowski, K.
 62, 71-73, 78-79,
 83, 85, 87-89, 91,
 98, 100, 102, 105-
 106, 108, 112,
 115, 119, 128,
 131, 133, 161
 Fuchs-Kittowski, M.
 73
 G
 Galilei, G. 37, 57
 Gamow, G. 153
 Gamper, M. 45
 Gebelein, H. 25
 Geiger, H. 141
 Geißler, E. 86
 Geitel, H. 141
 141
 Gellner, E. 16
 Gerlach, W. 161, 171
 Goethe, J. W. 140
 Goldsmith, M. 156
 Goodchild, P., J. 29
 Gottlieb, C. C. 128
 Grewal, S. 60
 Grey, CH. 41
 Groß, M. 39-42, 44-
 46, 51, 54
 Gruss, P. 145
 H
 Haber, F. 31-32
 Habermas, J. 60
 Hackenberg, W. 52
 Hahn, D. 161, 165
 Hahn, L. 166
 Hahn, O. 29, 59,
 137, 141, 146,
 150, 152-155,
 157-163, 165,
 171-172
 Hamm, S. 97
 Handyside, A. 88
 Hargittai, I. 148
 Hartung, G. 26
 Heisenberg, W. 30,
 145, 157-159,
 161-162
 Helmholtz, H. v. 139
 Hentschel, K. 73, 82,
 120, 149
 Herrmann, A. 26
 Herrmann, Th. 117
 Hobbes 131
 Hoffmann, D. 73, 82,
 149
 Hoffmann, K. 137
 Hoffmann-Riem, H.
 39
 Hofkirchner, W. 116-
 117
 Holk, C. 95
 Hörz, H. 85-86
 Houtermans, F. 137
 Hubert L 111
 I
 Immerwahr, C. 31

Internet - der Dinge
62

J

Jaenecke, H. 157
Jahn, Th. 42, 56
Jakob, M. 169
Janich, N. 44
Järvenpää, S. 126
Jaspers, K. 12
Jay,, K. 157
Jenkin, J. G. 144
Joliot-Curie, F. 29,
156
Joliot-Curie, J-. 160
Jonas, H. 11-12, 21,
35
Joskow, P. L. 168
Just, H. 60

K

Kahmla, AQ. 130
Kant, H. 145-146,
150, 155, 159,
161, 163
Karlsch, R. 158
Kármán, T. v. 22
Karvonen, A. 39
Keil, F. 56
Keil. F. 56
Keiser, V. 172
Kernspaltung 152-
153
Kienle, A. 117
Kilic, M. 98, 100,
102, 105, 124
Klein, W. P. 26
Knobloch, T. 42
Koehler., G. A. 20
Kornwachs, K. 79, 88
Kowol. U. 43

Krafft, F. 151-152
Kraft, F. 59
Krämer, H. 123
Kraus, E. 162
Kriesel , W. 102
Krohn, W. 39-40, 42,
45
Krütli, P. 42
Kunau, G. 117
Küppers, B.- O. 127
Küppers, B. - O. 88,
125-126, 131
Kurzweil, R 34

L

Laitko, H. 73-74, 82,
90, 120, 167
Lange,, St. 171
Lauder, E. 7, 60
Laue, M v. 137
Lawrence, E. O. 145
Layzer, J. A. 39, 56
Lenk, H. 11, 35-36
Leukipp 28
Leuziger- Bohleber,,
M. 95
Leuzinger-Bohleber,
M. 95
Liewers, P. 164
Lovelock, J. 172
Lovelock, J.. 172

M

Magnus, A. 24
Mahaffey, J. 167
Majorana, E. 30
Maney, K. 97
Margulies, R. 165
Mario, G. 60
Marx, K. 18, 116
Marx, K., 116

McGoey, L. 41
Mehos, D. C. 39
Meier, F. 150
Meier-Oeser, S. 26
Meitner, L. 29, 59,
145, 150, 152-
153, 155, 159
Merton, R. K. 10, 18
Merton, R. K.. 172
Meshik, A. P. 172
Meyer-Abich, K. M.
12, 28, 137
Mittasch, A. 31
Mittelstraß, J. 125
Mocek,R. 88
Mojica, F. 32
Monod, J. 118-119,
124-125, 129, 132
Moravec, H. 34
Morris, C. 168
Morris, S. A. 60
Mowshowitz, A. 73
Mühlenberg, E. 131
Müller, W. D. 164
Müller-Hill, B. 87
Mumford, L., 12
Musk, E. 105, 107,
115

N

Nagel, G. 154, 158
Nernst, W. 143
Nestle, W. 13
Neumann, H. 166
Neumann, J. von 75-
76, 78, 97
Noddack, I. 151
Nordmann, A. 44
Nuttall, W. J. 168

- O**
- Obama, B. 78-79
Obermeier, S. 134
Oppenheimer, J. R.
75, 155, 172
Oppenheimer, J. R..
163
Ostheimer, J. 168
- P**
- Parodi. O. 56
Parsons, J. E. 168
Parthey, H. 40, 45-
46, 71, 74, 81-82,
88, 133, 151, 171-
172
Patankar, S. N. 60
Perrow, C. 20
Petras, V. 40, 133
Pfeifer, R. 94-95
Platon 17, 127
Pohl, Ch. 42
Polanyi, M. 111
Puttkamer, J. v. 34
- Q**
- Quitow, W. 26
- R**
- Radkau, J. 164, 166-
167
Randow, G. von 106
Rapoport, S. M.. 95
Rauner, M. 33
Raven, R. 39, 56
Reher, E.-O. 100
Reichenbach, H. 130
Reinermann, J.-L. 39,
44, 56
Reinhardt, C. 150
Rescher, N. 23
Rese, A. 162
- Rhodes, R. 29
Rifkin, J. 35
Risikenbivalenz 61
Ritter, H. 95
Romocki, S. J. v. 24
Röntgen, W. C. 141
Roosevelt, F. D. 78,
157
Ropohl, G. 11, 35
Röseberg, U., 154
Rosenfeld, L. 155
Rosenfield, L. 14
Rosenthal, A. 71-72,
82-83, 88
Rosenthal, H. A. 71-
72, 82-83, 85, 88,
128
Rosenthal, S. 85, 128
Rosser, J. B. 20
Rumfeld, D. 22
Rürup, R. 145
Russell, B. 161
Rutherford, E. 29,
139, 141, 144
- S**
- Sachse, C-. 169
Salewski, M. 139
Santarius, F. 171
Schaaf, M. 149, 172
Schäfer, L. 130
Schäfer,, H. 55
Schebek, L. 44
Schintlmeister, M.
154
Schmidinger, H. 34
Schmidt, W. 134
Schneidewind, U. 42
Schramm, E. 42
Schröter, W. 79
- Schuster, U. 73
Schweitzer, A. 122
Sciascia, L. 30
Segrè, E. 152
Shakesheff, K. M. 60
Shapo, M. 56
Silver, L. 34
Singer-Brodowski, M.
42
Skinner, H. 75
Soddy, F. 141-142
Sommerfeld, A. 139
Spiewak, M. 33
Spur, G. 88
Stahn, P. 92
Stamm-Kuhlmann,
Th. 139
Stary, Chr. 134
Stauffacher, M. 42
Steger, F. 141
Stegmüller, W. 133
Stent, G. 87
Stetter, G. 154
Stolzenberg, D. 31
Stone, G.. 139
Straßmann, F. 29, 59,
150-151, 155,
159, 171-172
Strassmann, F. 59
Strauss, B. 60
Strauss, F. J. 171
Strub, E. 145
Sutter, A. 14
Szilard, L. 139, 145,
156
Szöllösi-Janze, M. 31
- T**
- Technik - und Ambi-
vakenz 68

- Teller, E. 77, 148
 Tesla, N. 144
 Thomke, St. H. 44
 Thommen, L. 35
 Thomson, J. J. 138-139
 Tironi, M. 43
 Topitsch, E. 18
- U**
- Uekoetter, F. 167
 Umstätter, W. 40, 133
 Urankernspaltung 153
- V**
- Van de Poel, I. 39, 56
 van der Pot, J. H. J. 12
 Van Doren, C. 17
 Varela, F. J. 94
 Vidal, F. 92
 Vogt, M. 168
- W**
- Wagner, F. 12, 26, 36
 Wahl, D. 46
 Waldrop, M. M. 19
 Wallach, W. 112
 Weart, S. 144
 Weber, M. 118
 Weber, W. 139
 Wehling, P. 22, 41
 Weiner, C. 145
 Weizenbaum, J. 62, 118, 121-122
 Weizsäcker, C. F. von 12, 69, 73-74, 77-78, 81-82, 90, 107, 117-120, 122, 138, 145-147, 149, 153-154, 157-158, 161-163, 167
 Weizsäcker, E. U. von 117, 170
 Weizsäcker, K. F. 59
 Wells, H. G. 142
 Wenzlaff, B. 73
 Wernli, M. 45
 Wessel, K.-F. 40, 108, 133
 Wheele, J. A.. 154
 Wheeler, J. A. 155
 Whittaker, R. 34
 Wiener, N. 120
 Wijkan, A. 117
 Wijkman, A. 170
 Wilkie, T. 34
 Wink. R. 88
 Wundt, W. 73
- Y**
- Yousefi, H. R. 16
- Z**
- Zemanek, H. 128
 Zimmer, J. 45
 Zimmermann, R. E. 126
 Zirnstein, G. 35

Sachregister

- A**
Ambivalenz 11, 13, 18
- autonomer Systeme 98
- Begriff 10, 136
- der Informatik 89
- der Molekularbiologie 82
- der Wissenschaft 69-70, 75-76
- des autonomen Fahrens 99
- des Wissens 16
- im historischen Kontext 135
- jedes Fortschritts 72
- physikalischen Wissens 29
- von Wissenschaft und Technik 23
Ambivalenz - zunrhmendes Nichtwissen 54
Ambivalez
- jedes Fortschrittst 74
Anwendungssituation 43
Atombombe 158
Atombombe. - Gefahr 156
Atombombenprogramm 157
- B**
Beobachtung 57
Beobachtungsmethode 57
- D**
Dichotomie
- von Sichtweisen 10
- E**
Effekte
- paradoxe 18
Embryonenschutzgesetz 60
Experiment 39, 41-42, 57, 81
- Formen 45
- und Industrie 70
- und Kontrolle 41
experimentelle Kultur der Wissensgesellschaft 55
Experimentierprozesse - in der Gesellschaft 44
- F**
Forschung
- Struktur 58
- G**
Gesetz zum Schutz von Embryonen 7, 60, 88
Gleichgewicht
- des Schrecken 28
- H**
Hypothesenbildung 41
- I**
Integrität 57
- K**
Kernenergie
- friedliche Nutzung 166
- Gewinnung 164
Kernfusion 148
Kernkraftwerk 160, 165
Kernkraftwerke
- ihre Schließung 7, 59, 137, 168, 170
- Kernspaltung
- Entdeckung 156
- Nachweis 151
Klimaveränderungen 12
Kollateralschäden 12
Komplexität
- und Nichtlinearität 19
- L**
Laborexperiment - Realexperiment 45
- M**
Methode
- historische 57
- mathematische 57
Methode. - -experimentelle 57
Missbrauch
- der Wissenschaft 93
- N**
Neugierde 9
Nichtwissen 48-50, 52
Nichtwissen - Formen 21
- R**
Realexperiment 39, 46
Risikoforschung 27
- S**
Spannungszustand 10
- U**
Unbedingte Wissenwollen 9
- W**
Wahrheit 57
Wahrheit - Suche nach 37
Werte
- unvereinbare 10

Wissen	- Selbstreflexion der 77	Z
- und Nichtwissen 41	Wissensgesellschaft 41	Ambivalente Herausfor-
Wissenschaft		derungen 54

Jahrbücher Wissenschaftsforschung

Wissenschaftsforschung: Jahrbuch 1994/95.

Hrsg. v. Hubert Laitko, Heinrich Parthey u. Jutta Petersdorf. Mit Beiträgen von Siegfried Greif, Günter Hartung, Frank Havemann, Horst Kant, Hubert Laitko, Karlheinz Lüdtke, Renate Müller, Heinrich Parthey u. Manfred Wölfling. Marburg: BdWi – Verlag 1996. 306 Seiten

Wissenschaftsforschung: Jahrbuch 1996/97.

Hrsg. v. Siegfried Greif, Hubert Laitko u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Siegfried Greif, Christoph Grenzmann, Claudia Hermann, Gunter Kayser, Karlheinz Lüdtke, Werner Meske, Heinrich Parthey, Roland Wagner-Döbler, Manfred Wölfling u. Regine Zott. Marburg: BdWi – Verlag 1998. Zweite Auflage: Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 254 Seiten.

Wissenschaft und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1998.

Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Hubert Laitko, Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Mit Beiträgen von Manfred Bonitz, Klaus Fuchs-Kittowski, Siegfried Greif, Frank Havemann, Horst Kant, Hubert Laitko, Karlheinz Lüdtke, Heinrich Parthey, Wolfgang Stock, Walther Umstätter, Roland Wagner-Döbler, Petra Werner u. Regine Zott. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 368 Seiten.

Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1999.

Hrsg. v. Siegfried Greif u. Manfred Wölfling. Mit Beiträgen von Siegfried Greif, Christoph Grenzmann, Hans-Eduard Hauser, Frank Havemann, Gunter Kayser, Andrea Scharnhorst, Roland Wagner-Döbler, Manfred Wölfling u. Janos Wolf. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2003. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 227 Seiten.

Organisationsinformatik und Digitale Bibliothek in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2000.

Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Heinrich Parthey, Walther Umstätter u. Roland Wagner-Döbler. Mit Beiträgen von Manfred Bonitz, Christian Dame, Klaus Fuchs-Kittowski, Frank Havemann, Heinrich Parthey, Andrea Scharnhorst, Walther Umstätter u. Roland Wagner-Döbler. Berlin: Gesellschaft für

Wissenschaftsforschung 2001. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 239 Seiten.

Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2001.

Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Günter Spur. Mit Beiträgen von Wolfgang Biedermann, Manfred Bonitz, Werner Ebeling, Klaus Fuchs-Kittowski, Siegfried Greif, Christoph Grenzmann, Horst Kant, Matthias Kölbl, Rüdiger Marquardt, Heinrich Parthey, Andrea Scharnhorst, Tankred Schewe, Günter Spur u. Walther Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2002. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 234 Seiten.

Wissenschaftliche Zeitschrift und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2002.

Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Mit Beiträgen von Manfred Bonitz, Horst Kant, Alice Keller, Matthias Kölbl, Heinrich Parthey, Diann Rusch-Feja, Andrea Scharnhorst, Uta Siebeky, Walther Umstätter u. Regine Zott. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2003. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 224 Seiten

Evaluation wissenschaftlicher Institutionen: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2003.

Hrsg. v. Klaus Fischer u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Wolfgang Biedermann, Manfred Bonitz, Klaus Fischer, Siegfried Greif, Frank Havemann, Marina Hennig, Heinrich Parthey, Dagmar Simon u. Roland Wagner-Döbler. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2004. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 250 Seiten.

Wissensmanagement in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2004.

Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Walther Umstätter u. Roland Wagner-Döbler. Mit Beiträgen von Vladimir Bodrow, Klaus Fuchs-Kittowski, Jay Hauben, Matthias Kölbl, Peter Mambrey, Erhard Nullmeier, Walther Umstätter, Rose Vogel u. Sven Wippermann. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2008. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 200 Seiten.

Gesellschaftliche Integrität der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2005.

Hrsg. v. Klaus Fischer u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Jens Clausen, Klaus Fischer, Klaus Fuchs-Kittowski, Klaus Kornwachs, Reinhard Mocek, Heinrich Parthey, André Rosenthal, Hans A. Rosenthal, Günter Spur u. Rüdiger Wink. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2006. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 244 Seiten.

Wissenschaft und Technik in theoretischer Reflexion: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2006.

Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Günter Spur. Mit Beiträgen von Gerhard Banse, Klaus Fischer, Siegfried Greif, Klaus Fuchs-Kittowski, Karlheinz Lüdtke, Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink. Frankfurt am Main-Berlin-Bern-Bruxelles-New York-Oxford-Wien: Peter Lang Europäischer Verlag der Wissenschaften 2007. 248 Seiten.

Integrität wissenschaftlicher Publikationen in der Digitalen Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2007.

Hrsg. v. Frank Havemann, Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Mit Beiträgen von Bettina Berendt, Stefan Gradmann, Frank Havemann, Andrea Kaufmann, Philipp Mayr, Heinrich Parthey, Wolf Jürgen Richter, Peter Schirmbacher, Uta Siebecky, Walther Umstätter u. Rubina Vock. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2007. Zweite Auflage 2012 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 296 Seiten.

Selbstorganisation in Wissenschaft und Technik: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2008.

Hrsg. v. Werner Ebeling u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Werner Ebeling, Klaus Fischer, Klaus Fuchs-Kittowski, Jochen Gläser, Frank Havemann, Michael Heinz, Karlheinz Lüdtke, Oliver Mitesser, Heinrich Parthey u. Andrea Scharnhorst. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2009. 285 Seiten.

Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2009.

Hrsg. v. Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink. Mit Beiträgen von Ulrich Busch, Thomas Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur, Walther Umstätter u. Rüdiger Wink. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2010. 233 Seiten.

Interdisziplinarität und Institutionalisierung der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2010.

Hrsg. v. Klaus Fischer, Hubert Laitko u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Michael Böcher, Jens Clausen, Klaus Fischer, Klaus Fuchs-Kittowski, Erhard Gey, Horst Kant, Max Krott, Hubert Laitko, Harald A. Mieg, Heinrich Parthey u. Volker Wohlgemuth. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2011. 301 Seiten.

Digital Humanities: Wissenschaften vom Verstehen: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2011.

Hrsg. v. Stefan Gradmann u. Felix Sasaki. Mit Beiträgen von Hans-Walter Gabler, Stefan Gradmann, Christian Kassung, Laurent Romary u. Felix Sasaki. (Im Druck).

Kreativität in der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2012.

Hrsg. v. Thomas Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink. Mit Beiträgen von Klaus Fischer, Jochen Gläser, Thomas Heinze, Horst Kant, Grit Laudel, Heinrich Parthey, Jürgen Renn, Günter Spur, Walther Umstätter u. Rüdiger Wink. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2013. 266 Seiten.

Forschung und Publikation in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2013.

Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Mit Beiträgen von Manfred Boni, Heinrich Parthey, Nils Taubert, Walther Umstätter u. Rüdiger Wink. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2014. 172 Seiten.

Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2014.

Hrsg. v. Jörg Krüger, Heinrich Parthey u. Rüdiger Wink. Mit Beiträgen von Gerhard Banse, Michael Hühter, Jörg Krüger, Heinrich Parthey, Methild Schrooten u. Rüdiger Wink. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2015. 148 Seiten.

Struktur und Funktion wissenschaftlicher Publikationen im World Wide Web: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2015.

Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Mit Beiträgen von Andres Degkwitz, Klaus Fuchs-Kittowski, Heinrich Parthey, Alexander Roßnagel u. Walther Umstätter. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2015. 148 Seiten.

Forschendes Lernen: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2016.

Hrsg. v. Hubert Laitko, Harald A. Mieg u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Hubert Laitko, Harald A. Mieg u. Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2017. 296 Seiten.