SITZUNGSBERICHTE

LEIBNIZ-SOZIETÄT DER WISSENSCHAFTEN

# Technik & Technologie
# techne cum episteme et commune bonum

Ehrenkolloquium anlässlich des 70. Geburtstages von Gerhard Banse

Herausgegeben von Lutz-Günther Fleischer & Bernd Meier

Mit Beiträgen von Benjamin Apelojg, Gerhard Banse, Majken Bieniok, Hans-Luidger Dienel, Hans-Otto Dill, Lutz-Günther Fleischer, Klaus Hartmann, Christoph Henseler, Herbert Hörz, Armin Jähne, Viktor Jakupec, Horst Kant, Horst Klinkmann, Bernd Meier, Norbert Mertzsch

BAND 131

JAHRGANG 2017

## Inhalt

**Bernd Meier, Lutz-Günther Fleischer** 7
Einleitung

**Armin Jähne** 11
Eröffnung

**Herbert Hörz** 13
„Wir können sehr viel!" – Laudatio für Präsident Gerhard Banse zum 70. Geburtstag

**Horst Klinkmann** 23
Historisch Unersetzliches bewahren und Neues auf den Weg bringen

**Hans-Otto Dill** 27
Rede namens der Klasse für Sozial- und Geisteswissenschaften auf der Plenartagung der Leibniz-Sozietät zu Ehren ihres Präsidenten Professor Dr. Gerhard Banse

**Lutz-Günther Fleischer** 29
Technik, Technologie und Technisierung im menschlichen Weltverhältnis und Weltverständnis

**Bernd Meier** 93
Curriculare Implikationen des Technikbegriffs

**Gerhard Banse** 111
Auf dem Weg zur kulturellen Technikbewertung

**Klaus Hartmann** 131
Technologie und Prozesstechnik – im Spannungsfeld von Industrie 4.0

**Norbert Mertzsch** 147
Lebenslauf technischer Artefakte und dazu gehöriger Technologien

**Hans-Liudger Dienel, Christoph Henseler** 165
Landkarten des Ungewissen – ein Werkzeug für die Kommunikation von Ungewissheit in den Wissenschaften

**Horst Kant** 189
Die Entdeckung der nuklearen Energie – Einige wissenschaftshistorische Betrachtungen

**Viktor Jakupec** 209
Foreign Aid: Cultural Values and Norms

**Benjamin Apelojg, Majken Bieniok** 223
Eine Kurzvorstellung der *Felix-App* und deren Einsatz im PSI-Projekt der Qualitätsoffensive Lehrerbildung

**Gerhard Banse** 235
Dankesworte

Autoren 241

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *131 (2017), 7–10*

Bernd Meier, Lutz-Günther Fleischer

# Einleitung

Dieser Sitzungsbericht reflektiert das am 8. September 2016 veranstaltete Ehrenkolloquium anlässlich des 70. Geburtstages des Präsidenten der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin (LS), Professor Dr. sc. phil. Professor e.h. *Gerhard Banse*.

Der Klasse Naturwissenschaften und Technikwissenschaften oblag, mit Unterstützung der Klasse Sozial- und Geisteswissenschaften, die Organisation des Kolloquiums, das in Berlin im gut besuchten BVV-Saal des Rathauses Berlin-Tiergarten stattfand. Neben Mitgliedern der Sozietät aus beiden Klassen nahmen zahlreiche Gäste aus Universitäten, der Bildungsverwaltung und des öffentlichen Lebens teil.

Dieser Bericht dokumentiert im ersten Teil die persönlichen Würdigungen des Jubilars während des Kolloquiums. Der zweite Teil vereint wissenschaftliche Beiträge mit direkten und indirekten Bezügen zu den wissenschaftlichen Arbeiten von *Gerhard Banse*, dem Wissenschaftsphilosophen mit den Forschungsschwerpunkten Technikphilosophie, Allgemeine Technologie/Allgemeine Technikwissenschaft und zahlreichen Analysen im Rahmen der Technikfolgenabschätzung.

## Teil 1: Würdigungen

*Armin Jähne*, Vizepräsident der Leibniz-Sozietät, leitet mit einem kurzen historischen Exkurs in das Ehrenkolloquium ein und eröffnet es.

Die Laudation des Ehrenpräsidenten der Leibniz-Sozietät, *Herbert Hörz*, schließt sich an. Er würdigt vor allem das Wirken des Jubilars in der Leibniz-Sozietät, insbesondere als deren Vizepräsident (ab 2009) und als deren Präsident (seit 2012). *Hörz* und *Banse* kennen sich seit mehr als 40 Jahren. Nach seiner Promotion 1974 war *Banse* zunächst über zehn Jahre wissenschaftlicher Mitarbeiter am Zentralinstitut für Philosophie der Akademie der Wissenschaften der DDR, im Bereich Philosophische Fragen der Wissenschaftsentwicklung, dessen Leitung in dieser Zeit *Herbert Hörz* oblag.

Persönliche Reminiszenzen runden das Bild von der Persönlichkeit ab. Seine Eindrücke skizziert *Horst Klinkmann*, Vorsitzender des Kuratoriums der Stiftung der Freunde der LS. Die Stiftung fördert die wissenschaftlichen Aktivitäten der Leibniz-Sozietät e.V. sowohl konzeptionell als auch finanziell und unterstützt die Gelehrtengesellschaft in öffentlichen und privaten Kreisen freundschaftlich. Im Namen der Klasse Sozial- und Geisteswissenschaften würdigte der Sekretar der Klasse, *Hans-Otto Dill*, das Wirken des Präsidenten.

Die Worte des Dankes des Jubilars schließen den ersten Teil des Sitzungsberichts ab.

## Teil 2: Wissenschaftliche Beiträge

Die Festvorträge zum Ehrenkolloquium standen unter dem Thema:

*„Technik & Technologie – techné cum epistémé et commune bonum“*

Autor des ersten Beitrags zum Thema: „Technik, Technologie und Technisierung im menschlichen Weltverhältnis und Weltverständnis“ ist *Lutz-Günther Fleischer*, Sekretar der Klasse Naturwissenschaften und Technikwissenschaften der LS. Er greift jüngere technikphilosophische und allgemeintechnologische Diskussionen auf. Dabei geht es um Notwendigkeiten, Möglichkeiten und Grenzen der Bestimmung (bis Definition) der grundlegenden Begriffe Technik und Technologie und um die wirkmächtige dialektische Einheit von techné und epistémé, von Ontisch-Ontologischem und Kognitiv-Diskursivem der als Sachsystem und Theoriensystem ausgewiesenen Technologie sowie um entwicklungsbestimmende wissenschaftlich-technische Prozesse der Technikgenese, wie der Technisierung, Mathematisierung, Biotisierung und deren mannigfaltige Interdependenzen.

Den zweiten Beitrag gestaltete *Bernd Meier*, Vizepräsident der LS, zum Thema „Curriculare Implikationen des Technik-Begriffs“. Er zeigt hierin Auswirkungen der Forschungsarbeiten von *Gerhard Banse* zum Technik-Begriff auf die Entwicklung von Schul-Curricula auf. Anhand von Konzepten und Modellen zum Technikunterricht in verschiedenen Ländern der Welt wird deutlich, dass unterschiedliche Auffassungen zum Begriff der Technik auch zu differenzierten Konzepten der Gestaltung des Unterrichts über Arbeit und Technik führen. Vor allem die Auffassungen von *Gerhard Banse* zur Technik als Kulturprodukt erscheinen besonders bedeutsam. Eine derartige Position akzentuiert aus didaktischer Perspektive neben apparativen Betrachtungen zu technischen Gebilden vor allem Beziehungen zwischen der Technik und dem Lebensstil der Menschen.

## Thematische Pendants

Die das Ehrenkolloquium ergänzenden Beiträge eröffnet ein aktueller Artikel von *Gerhard Banse* zum Thema „Auf dem Weg zur kulturellen Technikbewertung“ selbst. Der Autor geht hierin erneut auf den Zusammenhang von Technik und Kultur ein und schlägt vor, das Konzept der Technikbewertung in Richtung auf eine kulturelle Technikbewertung zu erweitern.

Das Gründungsmitglied des, mit seinem Co-Vorsitzenden *Gerhard Banse* erfolgreich wirkenden ‚Arbeitskreises der LS „Allgemeine Technologie“’, *Klaus Hartmann* (MLS), widmet sich der „Technologie und Prozesstechnik – im Spannungsfeld von Industrie 4.0“. Er erörtert und bewertet Tendenzen und Probleme der modernen Technologien, vor allem die Veränderungen in der Produktionssphäre, die unter dem Begriff „Industrie 4.0“ zusammengefasst werden und das Ziel verfolgen – mittels der Digitalisierung und Vernetzung – die industrielle Produktion verstärkt mit Informations- und Kommunikationstechnik zu modernisieren. Exemplarisch wird eine weitreichende u.a. klimarelevante Innovation für Stofftrennprozesse vorgestellt.

*Norbert Mertzsch*, Vorsitzender des Vereins Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler e.V., 2014 mit dem Samuel-Mitja-Rapoport-Kooperationspreis der Leibniz-Sozietät geehrt, geht in seinem Beitrag „Lebenslauf technischer Artefakte und dazu gehöriger Technologien“ verallgemeinernd auf die Methoden der Technologieausführung ein. Explizit charakterisiert er die Phasen Inbetriebnahme von Technologien, Betrieb von Technologien sowie die Außerbetriebnahme und den Rückbau von Technologien. Seine Abhandlung kommuniziert mit Beiträgen des Jubilars im Arbeitskreis „Allgemeine Technologie“.

Mit ihrem Beitrag „Landkarten des Ungewissen – ein Werkzeug für die Kommunikation von Ungewissheit in den Wissenschaften“ loten *Hans-Liudger Dienel* (MLS) und *Christoph Henseler*, TU Berlin, exemplarisch die Begrenztheit und die Lücken des momentanen Erkenntnisstandes am Beispiel von Extremereignissen aus und zeigen Möglichkeiten der Visualisierung eines neuen Typs inverser Infografiken auf. Mit ihrer Arbeit tangieren die Autoren Untersuchungen von *Gerhard Banse* zur Wissenschaftskommunikation.

Mit seinem Beitrag „Die Entdeckung der nuklearen Energie – Einige wissenschaftshistorische Betrachtungen“ widmet sich *Horst Kant* (MLS), stellvertretender Sekretar der Klasse Naturwissenschaften und Technikwissenschaften, der frühen Geschichte eines technologisch höchst bedeutsamen, ambivalent nachwirkenden, exponierten wissenschaftlichen und gesellschaft-

lichen Problemfeldes, das ein auslösendes Moment der Technikfolgenabschätzung bildete und bis heute polarisiert. Die Thematik berührt insbesondere mit dem Aspekt der Technikfolgenabschätzung einen maßgeblichen Arbeitsschwerpunkt *Banses*.

Der Beitrag über „Foreign Aid: Cultural Values and Norms“ von *Viktor Jakupec* (MLS) stellt die Abhandlungen von *Gerhard Banse* über *Culture and Culturality* in dem Bereich der Auslandshilfe dar. Die von *Banse* zur Diskussion verfassten Konzepte wie Wertideen, *„Values, Norms und Sustainability“* sind als universale „Werte“ dargestellt und ermöglichen damit eine konstruktive Kritik des vorherrschenden Paradigmas der Institutionen des Washington Consensus. Dieser Beitrag ist ein Zeugnis dafür, dass die Arbeit von *Gerhard Banse* auf dem Gebiet der Kultur und Kulturalität bedeutend zum Thema und Kritik der Werte der dominierenden neoliberalen Ideologien der Auslandshilfe beiträgt.

Der Beitrag von *Benjamin Apelojg* (MLS) und *Majken Bieniok* zum Thema „Eine Kurzvorstellung der Felix-App und deren Einsatz im PSI-Projekt der Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ korrespondiert sowohl mit Arbeiten des Jubilars im CultMedia-Netzwerk, als auch mit jenen zur Datensicherheit. Im Mittelpunkt stehen Fragen der Qualitätssicherung in der akademischen Lehre über die Erfassung emotionaler und motivationaler Aspekte der Studierenden.

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *131 (2017), 11–12*

Armin Jähne

# Eröffnung

Adolf von Harnack, der evangelisch-lutherische Theologe, von 1890 bis zu seinem Tode 1930 Mitglied unserer Vorgänger-Akademie, der Preußischen Akademie der Wissenschaften, seit 1911 Präsident der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, zeitweilig heiß umstritten und doch von gewaltigem Einfluss als Wissenschaftspolitiker, behauptete einst, dass im Mönchtum das Individuum gerettet worden sei, gerettet aus der einschränkenden Fesselung durch die Gesellschaft und vor den gemeinen Gewohnheiten der Gesellschaft. In der Tat waren es im frühen Mittelalter die Klöster, die eine Art von Schutzräumen darstellten, wo die dort Lebenden, die geistig Tätigen und die Denkenden zwanglos miteinander verkehren konnten, Altes, vor allem das antike Erbe, aber auch Urchristliches rezipierten und dabei Neues schufen – in der Theorie und in der Praxis, auch Ketzerisches. Und nun halte ich mich an jene Worte von Werner Mittenzwei, die er in seinem Buch „Die Brocken-Legende“ der fiktiven Gestalt des Geisteswissenschaftlers Magnus Leppin in den Mund legte.

> „Die Wissenschaft unserer Zeit hat Gewohnheiten angenommen, die zu ihrem Niedergang geführt haben. Von diesen Gefahren wollen wir uns befreien. Die Stille, die Abgeschiedenheit von allen äußeren Einflüssen soll uns dabei helfen. Das Mönchtum begriff sich in seiner Urform als Antithese zur Kirche. In seinem ganzen Wesen war der Mönch eine Anstifter wider die Gewohnheiten die zu Gemeinheiten geworden waren. Heute geht es um Gemeinheiten anderer Art, die nicht weniger schlimm sind. Wir müssen die Stille nutzen, um uns von der verderblichen Sucht zu reinigen, in der Medienwelt etwas zu gelten. Der Umgang damit ist zu meiden. Nur so können wir uns von deren Verderbtheit, deren Verkommenheit fernhalten. Das ist unsere Askese. Unser Mönchsein besteht darin, der Wissenschaft zu dienen, ohne ihren Einfluß zu mißbrauchen.“ (Mittenzwei 2007, S. 199)

Diese Worte, gesprochen in der Niedergangsphase der Deutschen Demokratischen Republik und eingebettet in ein romantisch-idealisierendes Mönchsbild, mögen zwar etwas antiquiert erscheinen, sie bleiben dennoch aktuell-mahnend. Nun ist die Leibniz-Sozietät aber kein Kloster, schon rein technisch

nicht, und ihre Mitglieder sind keine Mönche. Doch in ihren Anfangsjahren, in ihrer Gründungsphase, war die Sozietät zweifellos ein Refugium für jene durch die Gemeinheiten einer zutiefst konservativen Gesellschaft Ausgestoßenen (vor allem im Zuge der Delegitimierung der ostdeutschen Vergangenheit in fast allen ihren Bereichen), die sich als Wissenschaftler nicht aufgeben und ihrer Daseinsberechtigung als Wissenschaftler auch weiterhin nachkommen wollten. Hier sollte die Quelle der Wissenschaft rein sprudeln ohne weltanschauliche Zwänge, frei sein von Gemeinheiten, ein Ort, an dem man sich über die Welt und das, was sie im Inneren zusammenhält, verständigen konnte, mit dem Blick zurück und dem Blick auf das Gegenwärtige und nach vorn in die Zukunft. Eine interdisziplinär, transdisziplinär vernetzte wissenschaftliche Gemeinschaft entstand, in der sich Sozial- und Geisteswissenschaftler, Natur- und Technikwissenschaftler, Mathematiker und Mediziner im freien Diskurs austauschen, miteinander streiten, nach Modellen zukünftiger menschheitsgeschichtlicher, technischer, kurz wissenschaftlicher Entwicklung und nach neuen wissenschaftlichen Instrumentarien suchen können.

Dieser lebensnahen, unabhängigen und international aufgestellten wissenschaftlichen Gemeinschaft mit einer langen geistesgeschichtlichen Traditionslinie steht Prof. Dr. sc. phil. und Prof. e.h. *Gerhard Banse* seit 2012 als ihr Präsident vor. Wie seine Vorgänger hat er es verstanden, die nicht einfachen Aufgaben einer solchen Präsidentschaft zu meistern, d.h. die personelle Kontinuität der Sozietät zu gewährleisten, ihre Interdisziplinarität zu bewahren, das hohe Niveau ihrer wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit zu erhalten und die finanzielle Lebensgrundlage der Sozietät zu sichern. Zu Gute kamen ihm dabei eine gute Selbstorganisation, seine Professionalität und Zuverlässigkeit, und – es soll positiv benannt werden – auch sein Ehrgeiz. Er leitete – neben sich ein verantwortungsbewusst arbeitendes Präsidium – die Sozietät zielstrebig und erfolgsorientiert. In diesem Sommer ist *Gerhard Banse* 70 Jahre alt geworden, der Grund für das heutige Ehrenkolloquium. Lieber Gerhard, vieles Gute und Große ist unter Deiner Ägide zum Nutzen der Leibniz-Sozietät und im Dienste der Wissenschaft geleistet worden, und das soll bis zum Ende Deiner Amtszeit auch so bleiben. Dazu wünschen wir Dir Kraft, Optimismus, Glück und eine feste Gesundheit!

## Literatur

Werner, Mittenzwei (2007): Die Brocken-Legende. Ein deutscher Mentalitätsspiegel. Leipzig

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *131 (2017), 13–22*

Herbert Hörz

# „Wir können sehr viel!“ – Laudatio für Präsident Gerhard Banse zum 70. Geburtstag

Mit *Gerhard Banse* ehren wir den 4. Präsidenten der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin. Seit 2012 amtiert er: Als Technikphilosoph international ausgewiesen, als Forscher und Hochschullehrer erfolgreich und als Vortragender im In- und Ausland gefragt, setzt er seine ganze Kraft dafür ein, die Reputation unserer Sozietät im In- und Ausland zu erhöhen. Seinen ersten Bericht als Präsident auf dem Leibniz-Tag 2012 schloss er nach einer positiven Bilanz der geleisteten Arbeit mit den Worten: „Wir können sehr viel! Lassen Sie uns das auch weiterhin gemeinsam wollen.“ (Banse 2012, S. 33) In diesem Sinn wirkt er motivierend, organisierend, initiativreich und stets selbst einsatzbereit, wenn es um die Interessen unserer Sozietät geht. Bärbel Banse schildert in dem von ihr mit Armin Jähne herausgegebenen Buch „Zeiten & Spuren“ den langen Weg ihres Ehemannes vom Lehrer und Hochschullehrer bis zum Präsidenten der Leibniz-Sozietät. Die Ergebnisse der Suche nach weiteren Spuren, die der Jubilar hinterlassen hat, zeichnen ein umfassendes Bild seines Wirkens (vgl. Banse/Jähne 2016). Seine Leistungen würdigt auch Bernd Meier in seiner Laudatio (vgl. Meier 2016). Ich werde in meiner Laudatio die Arbeit in und für die Sozietät in den Mittelpunkt rücken.

Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin als eingetragener Verein ist einerseits die dem Anliegen unserer Gelehrtengesellschaft, die 1700 durch Gottfried Wilhelm Leibniz begründet wurde, angemessene Bezeichnung. Andererseits sind wir nicht mehr, wie es noch in der DDR der Fall war, eine finanziell alimentierte öffentlich-rechtliche Einrichtung. Wir arbeiten ehrenamtlich und sind auf Beiträge und Spenden, sowie Fördermittel, angewiesen. Insofern hat der Präsident sowohl darauf zu achten, dass sich die Sozietät zwar ihrer Tradition bewusst ist und sich zugleich unter neuen Bedingungen den auf sie zu kommenden Herausforderungen stellt. Das ist keine leichte Aufgabe. Doch Präsident Banse bewältigt sie, was Zeit und Kraft kostet. Dafür hast Du, lieber Gerhard, nicht nur Glückwünsche zu Deinem Jubiläum, sondern den besonderen Dank der Mitglieder und Freunde der So-

zietät, der zahlreichen Gäste unserer Veranstaltungen sowie unserer Kooperationspartner verdient.

## Gründe für die Zuwahl

Seit 2000 ist unser Präsident Mitglied der Leibniz-Sozietät. Gründe für die Zuwahl gab es verschiedene. Nach dem Studium der Chemie, Biologie und Pädagogik an der Pädagogischen Hochschule Potsdam arbeitete er zuerst als Lehrer. Doch es war die Wissenschaft, vor allem die Wissenschaftsphilosophie, der er sich widmen wollte. Er promovierte 1974, habilitierte sich 1981 mit der Promotion B zum Dr. sc. phil. Im Mittelpunkt seines wissenschaftlichen Interesses standen und stehen die Technikphilosophie, Grundlagen einer Allgemeinen Technologie, die Geschichte der Technik und ihre herausragenden Repräsentanten. Von 1974 bis 1984 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter des Zentralinstituts für Philosophie an der Akademie der Wissenschaften der DDR (AdW). Er forschte im Bereich „Philosophische Fragen der Wissenschaftsentwicklung“ zu weltanschaulichen, erkenntnistheoretischen und methodologischen Problemen der Technikwissenschaften in Geschichte und Gegenwart. Bis 1986 leitete er die entsprechende Arbeitsgruppe. Als Ergebnis entstanden viele interessante Arbeiten zur Technikphilosophie. Herausragend war dabei das mit Siegfried Wollgast 1979 publizierte Buch „Philosophie und Technik“, das international Aufsehen erregte. Mit Helge Wendt gab er 1986 im Verlag Technik das Buch „Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften“ heraus, das von Theoretikern und Praktikern sehr geschätzt wurde. Als Vizepräsident der URANIA, der Gesellschaft zur Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse, von 1986 bis 1990 setzte er dann weiter auf die interdisziplinäre Zusammenarbeit, wertete seine Erfahrungen in Vorträgen und Studien aus und hielt Kontakt zum Bereich an der AdW. Die Akademie ernannte ihn 1988 zum Professor für Philosophie.

Die „Wendewirren“ bei der Wiedervereinigung Deutschlands trafen auch Gelehrte und die Wissenschaftslandschaft der DDR. Evaluierungen standen an. Die Abwicklung der AdW-Institute war politisch gewollt und wurde durchgeführt. Es erfolgte die Auflösung oder Umstrukturierung vieler Institutionen, Vereine und Organisationen. Das galt auch für die URANIA. Unser Jubilar wirkte 1990/91 als Bundesgeschäftsführer der URANIA, war 1991 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Zentralinstitut für Philosophie und von 1992 bis 1993 im Rahmen des Wissenschaftler-Integrations-Programms beschäftigt. 1992 wurde er in Anerkennung seiner Leistungen auf dem Gebiet der Technikphilosophie zum Mitglied des VDI-Ausschusses „Technik und

Philosophie“ berufen. Studien- und Forschungsaufenthalte folgten. Von 1994 bis 1996 übernahm er die Vertretung für den Lehrstuhl Allgemeine Technikwissenschaft an der Technischen Universität Cottbus. Zugleich war er Vizepräsident und dann Präsident des Bundesverbandes NEUE URANIA e.V. – Gesellschaft für Bildung, Wissenschaft und Kultur. 1996 wurde er zum Mitglied des VDI-Ausschusses „Grundlagen der Technikbewertung“ berufen. Er war ein ausgezeichneter Netzwerker, der seine Kontakte nutzte, um interdisziplinär angelegte Arbeiten zur Technikphilosophie zu konzipieren und als Herausgeber zu publizieren. So erschien 1996 z.B. das mit Käthe Friedrich herausgegebene Buch „Technik zwischen Erkenntnis und Gestaltung. Philosophische Sichten auf Technikwissenschaften und technisches Handeln“. 2000 stand ein anderer wichtiger Aspekt im Mittelpunkt der Studien zu „Konstruieren zwischen Kunst und Wissenschaft – Idee, Entwurf, Gestaltung“, die er wiederum mit Käthe Friedrich herausgab. Er wirkte an der TU Cottbus und der Universität Potsdam. Von 1997 bis 1999 war er zugleich Gastwissenschaftler an der Europäischen Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen Bad Neuenahr-Ahrweiler. Ab 1999 arbeitete er am Forschungszentrum Karlsruhe Technik und Umwelt (heute: Karlsruher Institut für Technologie, Campus Nord), Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse. Die BTU Cottbus bestellte ihn zum Honorarprofessor für Allgemeine Technikwissenschaft.

Halten wir fest: Die Gründe für die Zuwahl von *Gerhard Banse* zur Leibniz-Sozietät im Jahr 2000 waren seine herausragenden Leistungen in Forschung und Lehre auf dem Gebiet der Technikphilosophie.

Ich unterstützte deshalb den Vorschlag von Siegfried Wollgast zur Zuwahl aus voller Überzeugung und schrieb am 14.11.1999 dazu u.a.:

> „Für seine Beiträge zum Verhältnis von Empirie und Theorie, zur Risikobewertung, zur Geschichte der Technik, zu prinzipiellen Fragen des Verhältnisses von Philosophie, Technik und Technikwissenschaften und zu den Beziehungen zwischen wissenschaftlich-technischer Revolution und Humanismus, wurde er im In- und Ausland als solider und kreativer Forscher, als begehrter Vortragender auf Konferenzen und als wichtiger Partner in der inter- und multidisziplinären Arbeit geschätzt.“

Die Initiativen und Aktivitäten des neuen Mitglieds in der Sozietät belegten dann, dass die Zuwahl ein großer Gewinn für unsere Gelehrtengesellschaft war.

## Initiativen und Aktivitäten in der Sozietät

Als Mitglied der Leibniz-Sozietät nutzte der Jubilar seine vielfältigen nationalen und internationalen Kontakte, um in der Sozietät die Erforschung und Konstituierung einer Allgemeinen Technologie voranzutreiben. Der Technikphilosoph verbündete sich dazu mit Spezialisten der entsprechenden Richtungen aus Theorie und Praxis. 2001 fand die erste Tagung zur „Allgemeinen Technologie“ statt. Gerhard Banse und Ernst-Otto Reher, maßgebliche Initiatoren und Organisatoren, bemerken dazu:

> „Ein Symposium mit dem Thema Allgemeine Technologie – Vergangenheit und Gegenwart, im Oktober 2001 gemeinsam von der Leibniz-Sozietät und dem Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Forschungszentrums Karlsruhe Technik und Umwelt (FZK) durchgeführt, hatte es sich zur Aufgabe gemacht, Überlegungen zu Verallgemeinerungen und Ganzheitsbetrachtungen im Sinn einer Allgemeinen Technologie vorzustellen, die sowohl dem Bereich der Technik- und Naturwissenschaften als auch dem der Sozial- und Geisteswissenschaften zuzuordnen sind.“ (Banse/Reher 2001, S. 13)

Der Arbeitskreis „Allgemeine Technologie“ unter der Leitung von Gerhard Banse und Ernst-Otto Reher setzte dann seine multi- und transdisziplinäre Arbeit erfolgreich fort. So fand im Mai 2016 das 7. Symposium statt. Es behandelte im Rahmen eines Ehrenkolloquiums anlässlich des 80. Geburtstages von Ernst-Otto Reher die Thematik „Technologie und nachhaltige Entwicklung“. Im Bericht heißt es dazu:

> „Das Wirken des Arbeitskreises ist sehr eng mit dem Namen Ernst-Otto Reher verbunden. So auch das aktuelle Symposium, welches aufgrund der wachsenden Bedeutung von Nachhaltigkeit und Technik für den gesellschaftlichen Wandel vielfältige Fragen aufwirft.“ (AT-Bericht 2016)

Es werden die Themen der nach 2001 alle drei oder zwei Jahre veranstalteten Symposien genannt: Fortschritte bei der Herausbildung der Allgemeinen Technologie (2004); Allgemeine Technologie – verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie (2007); Ambivalenzen von Technologien – Chancen, Gefahren, Missbrauch (2010); Technik – Sicherheit – Techniksicherheit (2012); Technologiewandel in der Wissensgesellschaft – qualitative und quantitative Veränderungen (2014). Stets ging es um Problemstellungen, die von Theoretikern und Praktikern aufgeworfen wurden, doch auch die Öffentlichkeit interessierten. Eine umfangreiche inhaltliche und organisatorische Arbeit steckt hinter der Konzipierung und Durchführung solcher Symposien. An ihr war und ist unser Jubilar führend beteiligt.

Zentrale Themen auf der Interessen- und Forschungspalette unseres Präsidenten sind Technik und Kultur, technisches Handeln, Neue Medien, Empirie und Theorie, Risikobewertung und Nachhaltigkeit. Interessante Titel der von ihm herausgegebenen Bücher, an denen er als Autor beteiligt war, belegen das. 2002 erschien im LIT-Verlag Münster das mit Andrzej Kiepas herausgegebene Buch „Rationalität heute. Vorstellungen, Wandlungen, Herausforderungen.“. Im gleichen Jahr publizierte er im Verlag edition sigma Berlin mit Herbert Paschen, Christopher Coenen und Bernd Wingert die Studie „Kultur – Medien – Märkte. Medienentwicklung und kultureller Wandel.“ 2005 gab er im trafo Verlag Berlin das Buch „Neue Kultur(en) durch Neue Medien (?). Das Beispiel Internet“ heraus. Es folgte 2006 in der edition sigma das mit Armin Grunwald, Wolfgang König und Günter Ropohl herausgegebene Buch „Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften.“ Im gleichen Verlag erschien 2007 mit Armin Grunwald, Imre Hronszky und Gordon Nelson herausgegeben: „Assessing Societal Implications of Converging Technological Development.“ Weitere Themen der Bücher sind: „Technik und Kultur. Bedingungs- und Beeinflussungsverhältnisse“ (mit Armin Grunwald 2010); „Sustainable Development: Relationships to Culture, Knowledge and Ethics“ (mit Oliver Parodi und Ignacio Ayestaran 2011). In allen diesen Publikationen werden aktuelle Themen von kompetenten Autoren und sachkundigen Herausgebern behandelt. Mit inter-, multi- und transdisziplinärem Herangehen stellen sie sich den gesellschaftlichen Problemen, die durch neue Technologien entstehen und sich auf Kultur und Lebensweise von Individuen auswirken.

Unsere Sozietät befasste sich ebenfalls mit neuen Herausforderungen an und durch Technik- und Wissenschaftsentwicklung. Unser Jubilar fungierte auch dabei als Autor und Herausgeber. Zu nennen sind: „Wissenschaft im Kontext. Inter- und Transdisziplinarität in Theorie und Praxis.“ (2011 mit Lutz-Günther Fleischer); „Toleranz – gestern, heute, morgen“ (2012 mit Siegfried Wollgast).

*Gerhard Banse* ist weiter Mitherausgeber der Buchreihen „e-Culture/ Network Cultural Diversity and New Media“ (Berlin) und „Karlsruher Beiträge Technik und Kultur“ (Karlsruhe) sowie Mitglied der Redaktionsbeiräte der Zeitschriften „Probleme der Ökologie“ (Polen), „Wissenschaftliche Hefte der Technischen Hochschule Rzeszów. Verwaltung und Marketing“ (Polen) „Theorie der Wissenschaften. Zeitschrift für Theorie der Wissenschaften, der Technik und der Kommunikation“ (Tschechische Republik) und „LIFIS ONLINE. Internet-Zeitschrift des Leibniz-Instituts für interdisziplinäre Studien e.V. (LIFIS)“ (Berlin/Lichtenwalde) Die Beispiele ver-

deutlichen sowohl die Breite der Interessen an technikphilosophischer Forschung, als auch die Anerkennung der Leistungen auf diesem Gebiet.

Für seine Lehr- und Kooperationstätigkeit wurde *Gerhard Banse* auch im Ausland geehrt. So ernannte ihn 2000 die Matej Bel-Universität Banska Bystrica (Slowakische Republik) zum Gastprofessor. 2005 wurde er mit der Bronze-Medaille und 2010 mit der Goldenen Medaille der Mathias Belius-Universität Banská Bystrica ausgezeichnet. Geschätzt ist seine Tätigkeit als kompetenter Berater in vielen Gremien, in die er berufen oder gewählt wurde. Genannt sei u.a. die 2007 erfolgte Ernennung zum Mitglied des Wissenschaftsbeirats der Europäischen Akademie für Lebensforschung, Integration und Zivilgesellschaft (EALIZ; Krems a. d. Donau – jetzt Wien). Man könnte weitere Initiativen und Aktivitäten aufzählen, die die nationale und internationale Wertschätzung unseres Jubilars belegen. Nicht zu vergessen ist, dass die Arbeit mit einem enormen Aufwand verbunden ist. Wer selbst schon Berater-, Herausgeber- und Korrekturarbeit zu leisten hatte, weiß gut einzuschätzen, welche organisatorischen Fähigkeiten, welchen Zeitaufwand und mentalen Krafteinsatz diese Vielfalt der Aufgaben verlangt, denen sich unser Jubilar stellt.

Das bisher Gesagte verdeutlicht schon, dass unser Jubilar sich der inter-, multi- und transdisziplinären Arbeit ganz im Sinne des Anliegens der Sozietät, verpflichtet fühlt.

So übernahm und übernimmt er mit Ämtern in der Sozietät Verantwortung. Ein oft von ihm gehörter Satz lautet: „Statt festzustellen ‚Man müsste‘, wäre es besser, Aufgaben nicht nur zu benennen, sondern zugleich zu sagen, wofür man selbst sich einsetzen will.“ Er hat Recht und lebt es vor. Unsere ehrenamtliche Arbeit ist vom Engagement der Mitglieder abhängig. Insofern geht es um realisierbare Forderungen unter konkreten Bedingungen und nicht um Wunschträume, auch nicht darum, von Anderen etwas zu verlangen, wozu man selbst nicht bereit ist.

*Gerhard Banse* war und ist bereit, Verantwortung in der Sozietät zu übernehmen, 2007 wurde der Wissenschaftliche Beirat der Leibniz-Sozietät gegründet. In der Nachfolge der vorher existierenden Programmkommission übernahm der Beirat die Aufgabe, das Präsidium bei der konzeptionellen Gestaltung der wissenschaftlichen Arbeit zu beraten. Programmlinien sollten ein inhaltliches Gerüst bilden, an dem mit Vorträgen und Publikationen gearbeitet werden konnte. Ein Beispiel dafür ist die „Allgemeine Technologie“ und das Wirken anderer Arbeitskreise. 2007 wurde *Gerhard Banse* zum Ko-Vorsitzenden des Beirats berufen. Auch hier war sowohl sein strategisches Denken, als auch seine zupackende Art gefragt, die nicht bei Erörte-

rungen stehen blieb, sondern praktische Ergebnisse erreichen wollte. Anhaltende Kooperationsbeziehungen entstanden, die der amtierende Präsident weiter pflegt, so zum LIFIS, zur Rosa-Luxemburg-Stiftung, zur Musikakademie Rheinsberg, zur Universität Potsdam und zu verschiedenen wissenschaftlichen Einrichtungen.

Entsprechend einem Grundsatz, den unser Präsident auch weiter pflegt, sollte Jeder, wenn das möglich ist, dann ein Amt in der Sozietät übernehmen, wenn er schon Erfahrungen mit der Arbeit in verantwortungsvollen Positionen in der Sozietät gesammelt hat. Das praktizierte er selbst. 2009 erfolgte die Wahl von *Gerhard Banse* zum damals noch einzigen Vizepräsidenten der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V. Bestens vorbereitet stellte sich unser Jubilar dann 2012 der Wahl zum Präsidenten.

## Präsidententätigkeit

*Gerhard Banse* folgt als Präsident, unsere Tradition als 1700 begründete Gelehrtengesellschaft beachtend, dem ersten Präsidenten Gottfried Wilhelm Leibniz nach mehr als dreihundert Jahren. Am 11. Juli 2013 sendete Radio Bayern 2 ein Kalenderblatt zum 11. Juli 1700 mit dem Titel: „Leibniz wird Akademie-Präsident“. Dort war zu hören:

> „Das Universalgenie Gottfried Wilhelm Leibniz musste sein Geld als Bibliothekar verdienen. Mehr Freude hatte er an der Akademie der Wissenschaften, deren erster Präsident er wurde – am 11. Juli 1700.“

Zu Leibniz wird gesagt:

> „Er war zweifellos ein merkwürdiger Bibliothekschef, der herzogliche Rat und Hofbibliothekar Gottfried Wilhelm Leibniz in Wolfenbüttel. Denn sobald jemand bei ihm mit dem Ansinnen vorstellig wurde, ein Buch zu entleihen, reagierte der Herr Bibliothekar mit unverhohlenem Unmut. Wie konnte man es wagen, ihn mit solchen Kinkerlitzchen in seinen Gedanken zu stören?...“

Zu seiner Ehre muss gesagt werden, dass Leibniz tatsächlich Wichtigeres zu tun hatte. Nach Aufzählung seiner verschiedenen Verpflichtungen und von Ergebnissen seiner Arbeit, heißt es weiter: Zu seinen „hundert Ideen und Projekten gehörte auch die erste Akademie, in der – anders als in London oder Paris – Natur- und Geisteswissenschaften zusammen betrieben werden sollten.“ Der Beitrag resümiert:

> „So eigenartig es klingt: Leibniz, das letzte Universalgenie, hat nie einen Lehrstuhl innegehabt und kein großartiges Standardwerk geschrieben. Was offenbar gar nicht so wichtig ist: Jeder Computer auf der Welt benutzt das von ihm ent-

> wickelte fantastisch einfache ‚binäre Zahlensystem', das mit den beiden Ziffern 0 und 1 auskommt. Seine Visionen von einer Kirchenunion blieben ein heilsamer Stachel im Fleisch der Christenheit. Und was er über den Weltfrieden auf der Basis eines vernünftigen Interessenausgleichs schrieb, hat so zaghafte Pflänzchen einer übernationalen Friedensordnung wie den Völkerbund und die UNO befruchtet. Ganz ohne Lehrstuhl und Mitarbeiterapparat, wie gesagt." (Kalenderblatt 2013)

Der erste Präsident unserer Vorgängerakademie hatte also sein Brot als Bibliothekar zu verdienen. Ein umfangreicher Briefwechsel zeugt davon, dass er Kontakte pflegte, für seine Ideen warb und ein, um auch hier das aktuelle Wort zu gebrauchen, hervorragender Netzwerker war. Unser jetziger Präsident ist Professor, oft gewünschter Vortragender und in aktuelle Netzwerke voll eingebunden. Internet und E-Mail, übrigens auch ein Themengebiet mit dem sich unser Jubilar im Zusammenhang mit Neuen Medien und Kultur befasst, erleichtern zwar die Arbeit, doch wir sind keine staatlich alimentierte Akademie mehr. Wir sind auf die ehrenamtliche Mitarbeit unserer Mitglieder und Freunde angewiesen. Der Präsident hat selbst eine umfangreiche Arbeit zu leisten. Kooperationspartner sind auch Gesprächspartner. Mit dem Senat und anderen Geldgebern ist zu verhandeln. Außerdem stehen Repräsentationspflichten an. Viele Termine sind wahrzunehmen. Deshalb gilt unsere Hochachtung auch dem umfangreichen Wirken unseres Präsidenten für die Sozietät.

Der Einigungsvertrag zwischen BRD und DDR enthielt zwar das Fortführungsgebot der Gelehrtensozietät der AdW, doch die neue Obrigkeit missachtete es. Resignieren, vielleicht von Manchen erwartet, wollten die Akademiemitglieder nicht. Also war zu reagieren. So konstituierte sich 1993 die „Leibniz-Sozietät" als eingetragener Verein in Fortsetzung der 1700 durch Leibniz begründeten. Gelehrtengesellschaft. In seiner Rede zum ersten Leibniz-Tag der nun privatrechtlich organisierten Gelehrten-Sozietät der Akademie der Wissenschaften der DDR am 1. Juli 1993 stellte der damalige Präsident Samuel Mitja Rapoport am Ende seines Berichts fest:

> „Mit der Gründung der Leibniz-Sozietät sind wir, im Bestreben, das Bewährte zu erhalten und die Kontinuität der Leibniz'schen Gedanken nicht abreißen zu lassen, zu neuen Wegen aufgebrochen. Mit nüchternem Realismus, aber zugleich mit Optimismus wollen wir die Zukunft gestalten. Wir hoffen, daß unsere Sozietät das geistige Leben Berlins maßgeblich bereichern wird mit unverwechselbarer und in der Öffentlichkeit vernehmbarer Stimme." (Rapoport 1994, S. 124)

Es war ein schwieriger Weg, den diese Wissenschaftsakademie ins 21. Jahrhundert gehen musste (vgl. Hörz 2013). Wir konnten jedoch 2013, schon

unter der Präsidentschaft von *Gerhard Banse*, den 20. Jahrestag unserer Existenz als Leibniz-Sozietät begehen und bereiten uns nun auf den 25. Jahrestag für 2018 vor (vgl. Banse 2016, S. 17).

Der Umfang der Arbeit ist gewachsen. Aufgaben gibt es viele. Plenarsitzungen und Tagungen sind vorzubereiten. Arbeitskreise haben ihre Arbeit aufgenommen und ziehen interessierte Nicht-Mitglieder an. Trotz Unterstützung durch das Präsidium und aktive Mitglieder bleibt nicht wenig an Verpflichtungen, die der Präsident zu erfüllen hat. Auch sein strategisches Denken ist gefragt. Dem kommt er nach. Auf ein wichtiges Problemfeld verwies er zum Beispiel in seinem Bericht auf dem Leibniz-Tag 2015 im Zusammenhang mit Überlegungen zur Wissensgesellschaft.

> „Der sich vor unseren Augen vollziehende Wandel von der Industriegesellschaft zu einer gesellschaftlichen Verfasstheit, die man weithin als Wissensgesellschaft umschreibt, lässt sich nicht allein auf technologische noch auf ökonomische Aspekte reduzieren – weder bei der Erklärung der Ursachen noch bei der Analyse und Abschätzung der Folgen. Wir müssen davon ausgehen, dass dieser Prozess nahezu alle Bereiche der Gesellschaft erfassen und erheblich verändern wird bzw. Veränderungen in diesen Bereichen voraussetzt. Betroffen sind Politik, Recht, Wissenschaft, Bildung, Handel, Arbeits- und Lebensweise sowie Freizeit und Kommunikationsverhalten gleichermaßen. Diese Interdependenzen zwischen Technik, Wirtschaft, Individuum, Kultur, Gesellschaft, Politik, Recht und natürlicher Umwelt gilt es, durch unsere vielgestaltigen Aktivitäten generell und in konkreten Teilbereichen aufzudecken, darzustellen und zu vermitteln, denn das ist die Grundlage für eine umfassende Teilhabe der Menschen in der Gesellschaft, und das ist unser Beitrag für den ‚Ausgang des Menschen aus seiner selbst verschuldeten Unmündigkeit‘, wie es Immanuel Kant formulierte (Kant 1981, S. 225). Dafür wünsche ich uns auch zukünftig Ideen, Initiativen und vor allem Erfolg.“ (Banse 2015, S. 22)

Wir können sehr viel, hatte unser Präsident nach seiner Wahl betont. Dieses Können wurde unter seiner Präsidentschaft eindrucksvoll unter Beweis gestellt.

Wir wünschen dem Jubilar weiterhin viel Kraft, um die nicht einfachen Aufgaben, die ein Präsident der Sozietät auf sich nimmt, erfüllen zu können.

## Literatur

AT-Bericht (2016) – URL: http://leibnizsozietaet.de/bericht-ueber-das-symposium-technologie-und-nachhaltige-entwicklung/

Banse, Gerhard; Reher, Ernst-Otto (2001): Allgemeine Technologie – Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft. Symposium der Leibniz-Sozietät und des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse des Forschungszentrums Karlsruhe Technik und Umwelt am 12. Oktober 2001 in Berlin (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 50, 2001, H. 7) (Einleitung von G. Banse und E.-O. Reher, S. 11–16) – URL: http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2012/11/50x.pdf,

Banse, Gerhard (2012): Bericht des Präsidenten an den Leibniztag 2012 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, 114). Berlin, S. 9–34

Banse, Gerhard (2015): Die Leibniz-Sozietät und die Wissensgesellschaft – Bericht des Präsidenten auf dem Leibniz-Tag 2015 – URL: http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2015/08/LI-66-2015-23.08.15.pdf

Banse, Gerhard (2016): Die Leibniz-Sozietät im Leibniz-Jahr– URL: http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2016/07/LT-2016_Bericht.pdf

Banse, Bärbel; Jähne, Armin (2016): Zeiten & Spuren. Wege, Begegnungen, Rückblicke. Gerhard Banse zum 70. Geburtstag(Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Band 43). Berlin

Hörz, Herbert (2014): Der schwierige Weg einer traditionsreichen Wissenschaftsakademie ins 21. Jahrhundert. 20 Jahre Leibniz-Sozietät. Festvortrag auf dem Leibniztag am 4. Juli 2013 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin, 118). Berlin, S. 37–60

Kalenderblatt (2013): Radio Bayern 2, Kalenderblatt „Leibniz wird Akademie-Präsident“ – URL: http://www.br.de/radio/bayern2/wissen/kalenderblatt/1107-leibniz-akademie-universal genie-100.html (Zugriff am 28.05. 2016)

Kant, Immanuel (1981): Beantwortung der Frage: Was ist Aufklärung? In: Kant, Immanuel: Von den Träumen der Vernunft. Kleine Schriften zur Kunst, Philosophie, Geschichte und Politik. Leipzig u.a.O., S. 223–234.

Meier, Bernd (2016): Gerhard Banse zum Siebzigsten. Laudatio – URL: http://leibnizsozietaet.de/gerhard-banse-zum-siebzigsten/#more-11439

Rapoport, Samuel Mitja (1994): Rede zum Leibniz-Tag am 1. Juli 1993 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, 1). Berlin – URL: http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2012/06/07_rapoport.pdf

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *131 (2017), 23–26*

Horst Klinkmann

# Historisch Unersetzliches bewahren und Neues auf den Weg bringen

*„So nützten die Mitglieder der Leibniz-Sozietät sich, indem sie die Sozietät ehrten und ehrten die Leibniz-Sozietät, indem sie sich nützten, und hatten Leibniz also verstanden: theoria cum praxi."*

Bertolt Brecht in der Modifikation von Gerhard Banse, Leibniz-Tag 2013

Historisch Unersetzliches zu bewahren und Neues auf den Weg zu bringen,

ist eine gewaltige Aufgabe, der Du Dich, lieber Gerhard, 2012 mit der Wahl zum Präsidenten der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V. gestellt hast und nach der Wiederwahl 2015 immer noch stellst, im siebenten Dezennium Deines Lebens.

Aber was sind 70 Jahre schon für jemanden wie Dich, dessen bisheriges Leben – wie in diesem Band so eindrucksvoll durch Deine Frau beschrieben – bestimmt war von ruheloser Dynamik, unerschöpflicher Leistungsbereitschaft und von Disziplin geprägter Führungsqualität, begleitet von einem tiefverwurzelten Drang nach kreativem Schaffen.

Niemand konnte ahnen – und Du am wenigsten – als Du 1974 mit 28 Jahren zu Herbert Hörz an den gerade neu gegründeten Bereich „Philosophische Fragen der Wissenschaftsentwicklung" der Akademie der Wissenschaften kamst, dass ihr beide in der Bewahrung und Kontinuität des Erbes dieser nicht nur für die deutsche Wissenschaft so unersetzlichen Institution entscheidende Verantwortung rund 40 Jahre später übernehmen solltet.

Inmitten der Freude über die deutsche Wiedervereinigung hatten politische Instinktlosigkeit und Konkurrenzneid, gepaart mit weltanschaulicher Borniertheit, dazu geführt, eine der ältesten und bedeutendsten Wissenschaftsakademien der Welt mit Hilfe eines Briefes aus der mittleren Ministerialbürokratie „abzuwickeln". Die vom wohl letzten deutschen Universalgelehrten Leibniz vor über 300 Jahren gegründete Akademie hatte durch die

Jahrhunderte viele Herausforderungen und auch Existenzbedrohungen dank ihrer Mitglieder überstanden und ihren Platz als weltweit mit führende akademische Wissenschaftsorganisation bis zu diesem Zeitpunkt behauptet.

Durch diesen, in der Wissenschaftsgeschichte einmaligen Vorgang hat sich Deutschland für seine gemeinsame Zukunft einer unersetzlichen Mitgift aus der Wiedervereinigung entledigt, ein Vorgang, der bereits heute in historisch kurzer Zeit vielfach Unverständnis hervorruft und im historischen Kontext sicherlich bald als ein gravierender Fehler betrachtet wird, auch dank unserer Leibniz-Sozietät.

Dass dies so ist, ist im weitesten Maße jenen Wissenschaftlerpersönlichkeiten zu verdanken, die trotz oder gerade wegen ihrer persönliche Betroffenheit sich dieser „Abwicklung“ widersetzten und dies auch öffentlich kund taten, wie z.B. Fritz Jung, der als Antwort auf den Brief des Senators schrieb: „Friedrich der Große warf Voltaire hinaus, Hitler sorgte für die Elimination Einsteins und Sie, Herr Senator“, löschen „nun uns alle.“

Aus diesem trotzigen Widerstand ist unsere Sozietät 1993 geboren worden, die sich als Erbe-Bewahrerin und Fortführerin der 300jährigen, von Leibniz gegründeten Akademie sieht und deren Präsident Du heute bist – zusammen mit ihren Mitgliedern hast Du ein Erbe weiterzuführen, dass unverändert trotz seiner wechselhaften Geschichte gekennzeichnet ist durch die Vorgabe ihres Gründers Gottfried Wilhelm Leibniz – theoria cum praxi:

- Für die Gründer und ihren ersten Präsidenten war die Leibniz-Sozietät das mutige Wagnis, das kostbarste Erbe deutscher Wissenschaftsgeschichte zu bewahren.
- Unter der Präsidentschaft unseres heutigen Ehrenpräsidenten machten wir uns auf, diese für mich unersetzliche Bewahrung zu bereichern durch originäre akademische Aktivitäten und Zuwahlen, um damit unser Dasein verstärkt sichtbar zu machen.
- Du hast es zusätzlich zur Verantwortung für das Bestehende erfolgreich übernommen, erweiterte und vertiefte wissenschaftliche Arbeit zu inaugurieren und unsere Stimme auch international wieder hörbar zu machen.

Das sind wesentliche Schritte für unsere Akzeptanz als kompetente Partner in der Wissenschaftswelt und dafür danke ich Dir auch im Namen der Stiftung der Freunde der Leibniz-Sozietät, die stolz ist auf das Erreichte und auch weiterhin ihren Beitrag dazu leisten wird.

Wenn unsere Abwickler ungewollt prophetisch in den 1990er Jahren von der „unausrottbaren societas“ sprachen, so hat unsere Leibniz-Sozietät dem Rechnung getragen und den Grundstein dafür gelegt, dass das, was vor 25 Jahren als ausschließlich wertlos und störend empfunden wurde, heute

wieder zunehmend sowohl Anerkennung als auch Nachdenken über fehlerhaft Vergangenes erfährt.

Dabei führst Du die Sozietät in einer Zeit, in der es für viele Wissenschaftler nicht nur unserer Generation ein schmerzhafter Lernprozess ist, dass wissenschaftliche Arbeit und Anerkennung zunehmend durch den Markt bestimmt werden. Diese über uns hereingebrochene rücksichtslose Institutionalisierung neuer Wertbegriffe des freien Marktes erschrickt nicht weniger als verflossene Ideologiediktatur – beide sind mit ihrem Anspruch auf absolute Wahrheit maßlos und deshalb auch sehr ähnlich.

Beidem hast Du Dich im Laufe Deines Lebens vor allem aus fachlicher Kompetenz gestellt. Dein persönlicher wissenschaftlicher Beitrag, der gleichzeitig ein gewichtiger Beitrag zur wissenschaftlichen Legitimation unserer Leibniz-Sozietät ist, schlägt sich nieder in rund 60 Publikationen in unseren „Sitzungsberichten“ und „Abhandlungen“, die die Dokumente des Fortbestandes und Fortbestehens der „unausrottbaren societas“ sind.

Der wissenschaftliche Schwerpunkt Deines Lebens, die Technikphilosophie, befasst sich u.a. mit der Identifizierung, Wertung und Zukunftseinschätzung bedeutender Innovationen. Diese Sicht auf die Dinge von der Philosophie her ist sicherlich nicht die einzige Methode, die Evolution von Innovationen und ihre Umsetzung einer Betrachtung zu unterziehen, sie ist aber eine wissenschaftliche Möglichkeit auf dem langen Weg, zur Wahrheit vorzudringen.

Der Mediziner, der weder exakter Natur- noch Technikwissenschaftler ist, bewundert wirkliche oder auch vermeintliche Exaktheit von Wissenschaftsdisziplinen aus der Sicht des Empirikers, auch wenn er sich wünscht, dass in Deiner, unserer Leibniz-Sozietät diese historisch-humanistisch begründete Empirie der Medizin sich etwas lauter einbringen würde bei den Diskussionen der exakten Wissenschaften.

Dein Fach ist sicherlich eine große Hilfe in der nicht immer leichten Amtsführung des Präsidenten bei aller, auch gewollter, Unterschiedlichkeit unserer 320 Mitglieder in Inhalt und Form und den dadurch möglichen Erkenntnisgewinn durch Interdisziplinarität und Vielfalt.

Durch die Existenz und die Arbeit der Leibniz-Sozietät und ihrer Führungspersönlichkeiten unterliegt die wissenschaftliche Meinungsbildung – nicht die politische – heute bereits in einem historisch sehr kleinen Zeitraum einem beeindruckenden Wandel, und das ist die Freude, aber auch Aufgabe und Last der Präsidentschaft, zumal die ökonomischen Zwänge sich nicht geändert haben.

„Wer Menschen führen will, muss hinter ihnen gehen“ (Laotse) – zum 70. Geburtstag, lieber Gerhard, darf man diese Position verlassen und sich dem Dank und der Anerkennung stellen.

Mit Deinen 70 Jahren gehörst Du noch nicht zu den jungen Alten, sondern zu den gereiften Jungen, wenn man sich die explosionsartige Entwicklung unserer Lebenserwartung ansieht. Leider ist immer noch, trotz aller Fortschritte, der biologische Vorgang der reifenden Veränderung unseres Lebens – auch von uns in der Jugend respektlos mit dem Begriff „Alter“ belegt – den unbarmherzigen Gesetzen der Natur unterworfen, aber dies hat auch manchmal die für unsere Frauen charmante Unlust zur Folge, sich am Morgen den Forderungen des Tages zu stellen. Für den beobachtenden Arzt allerdings ist Deine unverbrauchte Schaffensfreude ein Beweis dafür, dass man wirklich nur alt wird, wenn man die Vergangenheit über die Zukunft stellt, in der Du sicherlich noch viel „Spuren“ hinterlassen wirst!

Mit meinem Dank und meiner Gratulation darf ich daran erinnern, dass Du gemeinsam mit vielen Mitgliedern unserer Sozietät auf meine Frage an das Plenum „Wollen wir wirklich alle 100 werden?“ überzeugend geantwortet hast: „Warum nicht?!“

– So sei es also. –

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *131 (2017), 27–28*

Hans-Otto Dill

# Rede namens der Klasse für Sozial- und Geisteswissenschaften auf der Plenartagung der Leibniz-Sozietät zu Ehren ihres Präsidenten Professor Dr. Gerhard Banse

Sehr geehrter Herr Präsident, lieber Gerhard Banse:

Ich möchte Dir gewissermaßen als externer Insider namens unserer beider Klasse für Sozial- und Geisteswissenschaften die herzlichsten Glückwünsche zu Deinem Siebzigsten überbringen.

Zugleich will ich Dir Dank sagen für die schönen und zugleich konstruktiven Beiträge zu den Diskussionen über die vielen gehaltenen Referate, die von Deiner allseitigen wissenschaftlichen Bildung zeugen. Einer der interessantesten Beiträge, der je in unserer Klasse gehalten wurde, war Dein Referat über die Risiken, mit denen man in dieser Gesellschaft und in diesem Leben leben muss, auf dem stets schwankenden Boden der Unsicherheit und dem riesigen Netz der freiheitsraubenden Sicherheitsvorkehrungen. Auch wir in der Klasse mussten oftmals unversichert den E-Fall proben, wenn unerwartet ein Referent oder ein Vortragssaal ausfiel.

Du hast natürlich eine Sonderstellung in der Sozietät durch Deine doppelte Zugehörigkeit zu beiden Klassen, ohne jedoch ein Zweitklassler zu sein. Du vertrittst in unserer Klasse die Philosophie, diese Geistes- und Sinnwissenschaft, in ihrer modernsten Ausprägung, nämlich der Technikphilosophie, die Du auch in der Klasse für Naturwissenschaften und Technikwissenschaften, obgleich Du ihr nicht angehörst, wahrnimmst. Technik gehört erstens in die andere Klasse und ist zweitens keine Wissenschaft, sondern etwas ganz anderes, nämlich angewandte Wissenschaft. Sie ist auch nicht Natur-, sondern Kulturwissenschaft, denn ihre Objekte und Werkzeuge sind bis zu Unkenntlichkeit verwandelte Kunststoffe.

Insofern, lieber Gerhard, ist Deine Unterkunft in unserer Klasse vollauf gerechtfertigt und stets willkommen, auch wenn die heutige Hommage an Dich verdienstvollerweise und unzuständigkeitshalber von der Natur- und Technikklasse organisiert und gestaltet wird. So verkörperst Du sinnfällig mit Deiner Person die Polydisziplinarität, der wir uns als Leibniz-Sozietät

satzungsmäßig verschrieben haben, geradezu exemplarisch. Du bist außer als Technikwissenschaftler und Philosoph auch in den Naturwissenschaften wie in der Pädagogik als studierter Chemie- und Biologielehrer gut beschlagen. Ferner bist Du bekannt als passionierter Konzertgänger und engagierter Leser von Schöner Literatur und folglich auch den Künsten, diesen Zwillings- bzw. Stiefbrüdern der Wissenschaften, zugetan. Für unsere Klasse bringt Deine polydisziplinarische Anwesenheit den Vorteil, dass wir durch Dich an allen diesen Bereichen partizipieren dürfen. Wir befinden uns zur gleichen Zeit in beiden Klassen und genießen gleichsam synchron neben unseren Sozial- und Kulturwissenschaften den wissenschaftlichen Abglanz von Technik und Natur. Dass dies noch lange so weitergehen möge, wünsche ich Dir und uns.

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *131 (2017), 29–92*

Lutz-Günther Fleischer

# Technik, Technologie und Technisierung im menschlichen Weltverhältnis und Weltverständnis*

## 1 Vorbemerkungen

Im Zentrum des Diskurses, dessen Inhalte mit Arbeitsfeldern des Technikphilosophen *Gerhard Banse* korrespondieren, stehen naturale, soziale und humane Bedingungen, Anforderungen, Entwicklungstendenzen, entwicklungsprägende Kernprozesse und Leitideen, fundamentale Gesetze, Gesetzmäßigkeiten von Technik und Technologien sowie dominante Modalitäten und Zielorientierungen der *Technisierung* als wesentlichem Element (d.h. Prozess und wirkmächtigen, weiter wandelbaren, dynamischen Ergebnis) der *Technikevolution*.

Systemtheoretisch skizziert werden neuere faktische sowie methodisch-methodologische Erkenntnisse sowie herausfordernde Probleme der natur- und technikgesetzlich symbiotischen Technikevolution als Koevolution zu schwierigen obligaten gesellschaftlichen Transformationen mit ihren obwaltenden Innovationsstrategien.

Gewollt sind – trotz des dezidiert zu erhebenden Anspruchs auf Unvollständigkeit – mehrere entwicklungsbestimmende Problemdarstellungen, mit übergreifenden, faktenbasiert verständnisfördernden und orientierenden Folgerungen sowie helfenden Anregungen. Die Darstellungen, die naturgemäß subjektive Komponenten enthalten, wurden überdies bewusst nicht nach prozeduralen, kognitiven, sozialen, normativen, methodologischen und anderen Betrachtungsweisen dekomponiert und systematisiert.

Für das gewählte Vorgehen sprechen zwei Gründe:

Erstens gibt es keinen zwanglosen, gleichsam „natürlichen“ Einstieg in das kompliziert verflochtene mehrdimensionale Problemgefüge von Technik, Technologie, Technikevolution und Technisierung, den relevanten spe-

* Einige Befunde und Urteile zur Technologie sind dem diesbezüglich wesentlich ausführlicheren Beitrag: Technologie – ‚techné‘ und ‚epistémé‘. (Fleischer 2015, S. 35–67) entnommen, stark verkürzt und systematisch in diese Darstellung einbezogen.

zifischen Weltverhältnissen in ihren mannigfaltigen Bedingungen und Implikationen sowie das opportune Weltverständnis.

Zweitens verlagert sich die Methodik einer erfolgversprechenden Suche nach adäquaten Erkenntnissen sowie vernünftigen Problemlösungen verstärkt auf die emergenten funktionell-strukturellen Ganzheiten. Die hochdimensionalen Ensembles mit ihren inhärenten komplexen Prozessen, den obwaltenden kooperativen Wirkungsbeziehungen und Reziprozitäten fungieren defacto als „Organismus“ (im weitesten Wortsinn). Es liegt also in den zu analysierenden Sachverhalten direkt begründet und ist kognitiv-diskursiv wohl erwogen, dass zunehmend vom bisher dominanten, die Teile und (häufig statischen) Trennungen favorisierenden Reduktionen, prinzipiell das Verhalten des mehrdimensionalen Ganzen in das Zentrum angemessener multiperspektivischer Betrachtungsweisen rückt. Das impliziert ‚Kategoriales Denken‘ und verlangt nach adaptierten poststrukturalistischen Ordnungskonzepten.

Die immense Fülle der gut begründeten, dennoch widersprüchlichen, aber auch der spekulativen, unsachgemäßen, teils vorsätzlich verzeichnenden Meinungsäußerungen zum Problemfeld, das mit den Stichworten im Titel und deren Ableitungen umrissen wird, ist kaum zu überblicken, noch weniger sachgerecht zu bewerten und in das Handlungsfeld effizient einzuordnen.

Die Technik und die Technologie sind ubiquitäre sozio-kulturelle Phänomene, die deshalb alle angehen. „Was einmal gedacht wurde, kann nicht mehr zurückgenommen werden“, urteilt ein Physiker in Friedrich Dürrenmatts (1921–1990) „Die Physiker“, einer *Tragikomödie*, die exemplarisch die Grundfrage nach der Verantwortung der Wissenschaft und der Wissenschaftler reflektiert.

In den 1962 geschriebenen, kommentierenden 21 Punkten des Schweizers zu den Physikern, heißt es erklärend im Punkt 17: „Was alle angeht, können nur alle lösen“. Dieser Empfehlung folgt im Punkt 18 die Prophezeiung: „Jeder Versuch eines Einzelnen, für sich zu lösen, was alle angeht, muß scheitern.“ (Dürrenmatt 1998 [1962], S. 92) In der wissenschaftlichen Ebene kommt das „Was alle angeht, können nur alle lösen“ einem Plädoyer für die Inter-, Multi- und Transdisziplinarität gleich.

## 2 Die konkrete und abstrakte Technik: das programmatische Leitmotiv

„Technik erscheint zwar als der Inbegriff des Menschenwerkes, doch sie ist den modernen Menschen gleichwohl nicht nah, vertraut und per se sympathisch. Sie entfaltet gleich ursprünglich mit ihrer Effizienz eine sachliche Eigendynamik, die sich als Rationalisierung und Beschleunigung dem Nutzer als Sachzwang

> mitteilt. Sich darauf einzustellen, ist mindestens mit Anstrengung verbunden. Wenn man von der Technik etwas haben will, geht es nicht ohne intellektuelle Investition: Es kostet Intelligenz, Geistesgegenwart, Mühe, sich auf ihrem Entwicklungsniveau zu halten.“ (Recki 2013, S. 3)

Es erschwert die solide Beschäftigung mit den Konkreta und Abstrakta[1] sowie produktive Diskurse, dass die aktuelle Begriffstheorie zu den Entitäten Technik und Technologie, Technisierung, Technikwissenschaften etc. unbefriedigend ist. Weder alltagssprachlich noch fachsprachlich hat sich eine einheitliche Begriffsverwendung durchgesetzt. Vom zentralen Element Technik ausgehend, erstreckt sich das Dilemma über das variantenreich verkettete und dicht verflochtene Tatsachen- und Begriffsgefüge.

Weitgehende Einigkeit herrscht hinsichtlich des herausragenden Stellenwertes der zu erörternden Tatbestände.

Das gesellschaftliche Ganze und maßgebend prägende Teile sind historisch und aktuell technomorph, wenn auch im unterschiedlichen Grade von den Kräften der Technik geformt. Die Technik und die sie inkludierenden Technologien wirken – auf das sachlich Gegebene bezogen und an dessen Funktionen sowie Zwecken orientiert – tatsächlich überall dort als *Komplexe*, wo Menschen leben, denken, handeln. Große Bereiche unserer Lebenswelt sind Technik-imprägniert. Technik und Technologien fungieren im menschlichen Leben als finale Instrumente der Daseinsgestaltung, der kollektiven und individuellen Daseinsbewältigung, des Self-enhancement: der assistiven Selbstverstärkung, Selbststeigerung, Selbst-Vervollkommnung. Sie können als integraler Bestandteil der allerdings noch umfassender und vielfältigeren Kultur des, im Menschenbild der nachhaltigen Ökonomie zum Homo cooperativus mit einem heterogenen Eigenschaftsprofil mutierenden, Homo faber, zum Effizienz-, Produktivitäts-, Kreativitätszuwachs verhelfen und tatsächlich zum Freiheitsgewinn im Denken sowie hinsichtlich der nutzbar ausgeweiteten Handlungsräume beitragen.

Die keinem losgelösten Automatismus gehorchende Nutznießung und Entwicklung der Technik vollzieht sich stets unter objektiv-real herrschenden Produktionsverhältnissen.

Bis ins Heute extrapolierbare, fundamentale politisch-ökonomische Erkenntnisse von Marx bestehen darin, die *Technik als Produkt der gesellschaftlichen Entwicklung* in die sozialökonomischen Zusammenhänge einzuordnen, die Ziele, Methoden, Wege, Selektionskriterien und soziokultu-

---

1 Abstrakta – sinnlich nicht wahrnehmbare Erscheinungen wie Zustände, Vorgänge, Eigenschaften, Beziehungen, geistige Konzepte und Gefühle, Maße etc.

rellen Determinanten zu berücksichtigen, ihren *Widerspiegelungscharakter* für die sozio-ökonomischen Verhältnisse zu beweisen und die Technik als *historische Kategorie* zu begründen. Zudem wirken von außen auf die Technikentwicklung Faktoren, wie gesellschaftliche Bedürfnisse und Engpässe, der Gebrauch der Ressourcen und Kapazität, Forderungen an die Produktivität, die technische Sicherheit, die Informationsvermittlung, -verarbeitung sowie daraus resultierende Ursache-Folge-Ketten mit zu meisternden zufallsbedingten Komponenten/Einflüssen.

Eine Quintessenz in den Grundrissen der politischen Ökonomie lautet:

> „Jede *Technik* fungiert als Mittel, vergegenständlicht Wissenschaft, verkörpert natürliches Material, verwandelt in Organe des menschlichen Willens über die Natur oder seine Betätigung in der Natur.“ (Marx 1992, S. 594)

Der Technikwissenschaftler Spur konstatiert für unsere Zeit:

> „Die *Grundfunktion der Technik* kann als *Transformation der Naturwelt* in das Nutzungspotential einer *Hilfswelt des Menschen* interpretiert werden, deren Zielorientierung auf eine quantitative Maximierung der Innovationsfunktion gerichtet ist. Es ist eine Aufgabe der Technikwissenschaft, eine solche innovationsorientierte Funktionsoptimierung zu steuern.“ (Spur 2008, S. 97, H. d. V. – L.-G. F.)

> „Die *Transformation* bestimmter Zustände von technischen Systemen erfolgt durch die *Prozesstechnologien als Wandel von Material, Energie und Information*. Sie stellt sich als Geräte-, Maschinen-Anlagen-, Werk- und Großtechnik in sehr vielfältiger Ausführung dar und ist durch große Komplexität in allen Stufen der Innovationsphase gekennzeichnet.“ (Spur 2008, S. 99, H. d. V. – L.-G. F.)

Die von Spur deklarierte leistungsfähige *‚Hilfswelt des Menschen‘* erinnert an die Marx zugeschriebene Widmung der Technik als *‚zweite Natur des Menschen‘. Natur bedeutet ursprünglich alles das, was (aus sich heraus) gewachsen und entstanden ist.*

Um über mehr als nur das Nomen für die *unbeschränkte und verschränkte Natur* verfügen zu können, die die Zitate in Anspruch nehmen, sei eine prägnante Formulierung des herausragenden Naturforschers und ex aequo Kulturwissenschaftlers Alexander von Humboldt herangezogen:

> „Die *Natur* ist für die denkende Betrachtung Einheit in der Vielfalt, Verbindung des Mannigfaltigen in Form und Mischung, *Inbegriff der Naturdinge und Naturkräfte als ein lebendiges Ganzes*.“ (Humboldt 1845, S. 5f., alle H. d. V. – L.-G. F.)

„Um den Mechanismus der Natur aufzudecken, muß man sie unter verschiedenen Blickwinkeln betrachten und die Entwicklung ihrer Gesetze beobachten, in den Wechseln (changements) des Schauspiels, das sie uns gewährt.“ (Laplace 1835, S. 19)

In der ausschlaggebend (ko)evolvierenden Triade von *Natur, Technik und Gesellschaft/-Mensch* ist der denkende und interessengeleitet zielsetzende Mensch – als biopsychosoziale Einheit Träger von Bildung, Bewusstsein und Erfahrungen – der Akteur, der *willentlich* innerhalb der integrierenden Technologien im *Arbeitsprozess* unmittelbar und mittelbar auf die *Arbeitsmittel* einwirkt.

„Im *Arbeitsprozeß* bewirkt also die Tätigkeit des Menschen durch das Arbeitsmittel eine von vornherein bezweckte Veränderung des Arbeitsgegenstandes.“ (Marx 1971[1867], S. 189)

„Die einfachen Momente des *Arbeitsprozeßes* sind die zweckmäßige Tätigkeit oder die Arbeit selbst, ihr Gegenstand und ihre Mittel.“ (Marx 1971[1867], S. 186)

Und:

„Die *Arbeitsmittel* sind nicht nur Gradmesser der Entwicklung der menschlichen Arbeitskraft, sondern auch Anzeiger der gesellschaftlichen Verhältnisse, worin gearbeitet wird.“ (Marx 1971[1867], S. 195; alle H. d. V. – L.-G. F.)

„Die *Arbeit* ist zunächst ein Prozeß zwischen Mensch und Natur, ein Prozeß worin der Mensch seinen Stoffwechsel mit der Natur durch seine Tat vermittelt, regelt und kontrolliert.“ (Marx 1971 [1867], S. 185)

Der französische Philosoph und Professor für Psychologie an der Pariser Sorbonne, Gilbert Simondon (08.10.1924–07.02.1989), interpretiert in seinem Werk „Die Existenzweise technischer Objekte“ *Arbeit* als einen *Aspekt der technischen Operation*. Diese Perspektive gewinnt unter den Bedingungen der veränderten Arbeitsteilung in der ‚Arbeitswelt 4.0‘ mit ihrem hoch potenten I&K-Instrumentarium sowie der digitalisierten und vernetzten Prozessführung in außerordentlich komplexen Systemen immens an ‚Gewicht‘ und erzwingt in wachsendem Maße das individuelle und gesellschaftliche Interesse. Dieses *<inter esse>* erklärt sich aus dem ursprünglichen Wortsinn: dem uns beanspruchenden *‚Dazwischen-Sein‘* und dem *<interest>,* dem außerordentlichen denkbaren Nutzen dieses Entwicklungsphänomens.

„Um *Arbeit* handelt es sich in der *technischen Operation* nur, wenn der Mensch seinen Organismus als Werkzeugträger zur Verfügung stellen muss, das heißt, wenn der Mensch mit der Aktivität seinen Organismus, seiner psychosomati-

> schen Einheit, den Ablauf der Mensch-Natur-Beziehung Etappe für Etappe begleiten muss. Die Arbeit ist die Aktivität, durch die der Mensch in sich selbst die Vermittlung zwischen der menschlichen Spezies und der Natur verwirklicht; wir sagen, dass in diesem Fall der Mensch als Werkzeugträger wirkt, weil er bei dieser Tätigkeit auf die Natur einwirkt und Schritt für Schritt, Geste für Geste, diesem Handeln folgt. *Es handelt sich um Arbeit, wenn der Mensch dem technischen Objekt nicht die Funktion der Vermittlung zwischen Spezies und Natur anvertrauen kann und er selbst, durch seinen Körper, sein Denken, seine Handlung, diese Relationsfunktion erfüllen muss.*
>
> Der Mensch stellt dann seine eigene Individualität als Lebewesen zur Verfügung, um diese Operation zu organisieren; darin ist er Werkzeugträger. Wenn hingegen das technische Objekt sich konkretisiert hat, wird die Natur-Mensch-Mischung auf der Ebene dieses Objekts hergestellt; das Einwirken auf das technische Wesen ist nicht wirklich eine Arbeit. Denn in der Arbeit fällt der Mensch in eins mit einer Wirklichkeit, die nicht menschlich ist, er beugt sich dieser Wirklichkeit, er schlüpft gewissermaßen zwischen die natürliche Wirklichkeit und die menschliche Intention; in der Arbeit modelliert der Mensch einen Stoff gemäß einer Form; er bringt diese Form schon mit, die eine Ergebnisintention ist, ein Vorherbestimmung dessen, was es am Ende der Arbeit gemäß den bereits zuvor existierenden Bedürfnissen zu erhalten gilt. Diese Intentions-Form ist nicht Teil des Stoffs, der Gegenstand der Arbeit ist; sie drückt einen Nutzen oder eine Notwendigkeit für den Menschen aus, aber sie geht nicht aus der Natur hervor.“ (Simondon 2012, S. 223f., H. d. V. – L.-G. F.)

Diese Konstellationen fordern einerseits den Menschen handlungsethisch bei allen zweckorientierten *soziotechnischen Innovationsprozessen* als Gestalter sowie Betreiber von Technik und Technologien heraus. Sie sind in einer Triade nicht nur **miteinander verschränkt**, sondern stehen überdies in enger wechselseitiger Beziehung mit ihrer Umgebung: der Mitwelt sowie der Umwelt, sie inkludieren sozio-technische, sozio-ökonomische und sozio-ökologische Bedingungen. Andererseits bestätigt sich auf der höheren Emergenzebene die fundamentale Marx’sche Aussage:

> „Die *Technologie* enthüllt das aktive Verhalten des Menschen zur Natur, den unmittelbaren Produktionsprozess seines Lebens, damit auch seiner gesellschaftlichen Lebensverhältnisse und der ihnen entquellenden geistigen Vorstellungen.“ (Marx 1971 [1867], Kapitel 13, Anm. 89)

Die Revolution der Produktionsweise von Industrie, Landwirtschaft, ..., verlangt also auch eine Revolution in den allgemeinen Bedingungen des Produktionsprozesses. Das die Entwicklung der materiellen Produktivkräfte ein entscheidendes, allgemeingültiges objektives Kriterium des gesellschaftlichen Fortschritts ist, hat sich vielfach bestätigt. Gesucht wird in dem Kon-

text eine zukunftsfähige Fortschrittsidee, die die veränderten Existenzbedingungen bemisst, die ambivalente Globalisierung berücksichtigt, als universelles humanistisches Leitbild des Denkens und Handelns der gesellschaftlichen Mehrheit fungieren kann und deren prüfbare Kriterien nicht unangemessen und vorsätzlich Fraktionen der Gesellschaft begünstigen.

Unter den heutigen Gegebenheiten gilt es, die maßgeblichen Ziele, die Modalitäten, die Prioritäten, den Charakter und die Zeitmaßstäbe der Entwicklung, des zivilisationstragenden wissenschaftlich-technischen Fortschritts mit seinen primären Quellen in der vernetzten Wissenschaft zu erkennen und dafür zielsicher bestmögliche Bedingungen zu gestalten.

Die Evolutions- und Realisierungsprozesse der Technik und Technologie generieren infolge ihrer inhärenten Unbestimmtheiten, Unsicherheiten und Ungewissheiten nicht intendierte Folgen: wesenseigene *Risiken* und mannigfaltige *Gefahren*. Evident sind außerdem die kontextuellen Gefahren aus der Handlungsumgebung, die aus dem Verabsolutieren und Essentialisieren des Ökonomischen, dem Missachten des Ökologischen sowie aus der fehlenden vernünftigen und unzureichend harmonischen „funktionell-strukturellen Kopplung“ der natürlichen, der technomorphen, der sozialen und kulturellen Ordnung resultieren.

Die realen Risiken dieser Entwicklungen, wecken rationale Bedenken; sie beleben überdies irrationale Ängste, radikale, nicht selten zum Fundamentalismus neigende und verwirrende Technikkritik sowie jenen lähmenden Technikpessimismus, der unter Umständen zur Technophobie eskaliert. Diese Phänomene repräsentieren eine Ebene der Meinungen – ein Fürwahrhalten, dem (per definitionem) sowohl subjektiv als auch objektiv eine hinreichende Begründung fehlt – und dem gehorchende Haltungen.

Unkritische, unbegründete und unberechtigte Technikgläubigkeit bis zur Technikeuphorie widerspiegeln komplementäre Anschauungen. Beide diametrale Grundhaltungen des Denkens und Handelns resultieren zu einem Gutteil aus fehlender oder mangelhafter Reflexion des grundlegenden Charakters und bestimmender Funktionen beider Realitäten, deren Determinanten, Abhängigkeiten, den Restriktionen sowie dem einbettenden komplizierten Kontext. Gespeist werden sie generell davon, dass objektiv nur ein kleiner Teil ihrer Spezifik direkt sichtbar, wahrnehmbar und bewertbar ist.

## 3 Begriffe und Definitionen

Diverse – nahezu endlose – Versuche, ‚Technik‘ auf den Begriff zu bringen, sie allgemeingültig zu konzeptualisieren, sind gescheitert. Sie gehört offenbar in das schwer fassbare Transdisziplinäre.

Der Basiskategorie Technik kommt im komplexen Gefüge der zu bedenkenden Tatbestände und Begriffe das Primat zu. Der sachlich angemessene Umgang mit der oben dargestellten und genauer zu erörternden vielschichtigen Problemstruktur erfordert demzufolge in erster Dimension der ‚Wissens Werte' einen *gleichermaßen grundlegenden* wie *differenzierten Begriff* von *Technik* und darauf basierend die Charakterisierung wesentlicher Beziehungen zu anderen, interdependenten Kategorien, wie Natur, Gesellschaft/ Mensch, Kultur etc. weiter zu erkunden.

### *3.1 Begriffe und Definitionen – Grundlegendes*

In einer einfachen Darstellung fassen Begriffe „wesentliche Merkmale einer Sache oder einer Gruppe von Erscheinungen zu einer gedanklichen Einheit zusammen" (Wörterbuch der deutschen Gegenwartssprache, Bd. 1, Leipzig 1978, S. 469).

Demgemäß bedürfen sie des Nachdenkens über die Tatbestände sowie die faktischen Beziehungen; und sie beschreiben Gedanken, die diese Zusammenhänge darzustellen vermögen. Das Begreifen unterstellt inhaltliche Fragen, für die Notwendigkeit besteht, die adäquaten Gedankenketten über logisches Schlussfolgern zu analysieren.

> „Dies Begreifen besteht (aber) nicht, wie Hegel meint, darin, die Bestimmungen des logischen Begriffs überall wiederzuerkennen, sondern die eigentümliche Logik des eigentümlichen Gegenstandes zu fassen." (MEW Bd. 1, Berlin 1981, S. 296)

Diese Eigentümlichkeit steht in dem zitierten Kontext für Charakteristisches, Eigenart, Besonderheit etc.

Von *grundlegendem* – allerdings nicht ausschließlichem – *Interesse* sowohl für Experten als auch für nichtprofessionelle Akteure – sind erfahrungsgemäß die *phänomenologischen Bedeutungen der Begriffe* (im Doppelsinn von bloßen Ausdrücken und herausfordernden Definitionen), die eine intersubjektive Verständigungsgrundlage bieten.

> „Begriffe und Begriffssysteme erhalten die Berechtigung nur dadurch, dass sie zum Überschauen von Erlebniskomplexen dienen, eine andere Legitimation gibt es für sie nicht." (Einstein 1921, S. 2)

Der Gebrauch eines Wortes konstituiert sich im praktischen Handeln.

> „Seine Bedeutung (und damit auch die resultierenden Regeln) hängt/hängen also primär von der zugrunde liegenden Handlungspraxis ab, erhält von dort her gleichsam seine Prägung und nicht umgekehrt." (Steimann/Scherer 1997, S. 35)

Oberhalb des Erklärungsniveaus des lediglich lexikalisch beschreibenden *Individualbegriffs*, werden häufig *Nominaldefinitionen* verwendet. Mit ihnen kann – orientiert am Verwendungszweck – per Konvention ein Begriffsverständnis pragmatisch und interimistisch vereinbart werden, ohne die Begriffsmerkmale detailliert zu charakterisieren oder gar das Begriffsverständnis fördern zu können.

Begriffe lassen sich mengentheoretisch in reduzierter Form als *Potenzmenge* **B:={K,I}** darstellen. Deren Kern ***K*** repräsentiert die *Intension*, den Begriffsinhalt als logisch widerspruchsfreien Komplex von Merkmalen – den *qualitativen Aspekt*. ***I*** kennzeichnet die **Extension**, den Begriffsumfang als Klasse intendierter/inkludierter Entitäten – den **quantitativen** Aspekt. Da K und I selbst (entwicklungs-/erkenntnisoffene) Mengen sind, ist es angebracht, B als Potenzmenge zu betrachten.

> „Eine *Nominaldefinition* ist die Festlegung der Bedeutung eines Begriffs *(Definiendum)* durch einen bereits bekannten Begriff oder mehrere bereits bekannte Begriffe *(Definiens)*. Da das Definiendum bedeutungsgleich mit dem Definiens ist, könnte man von einer tautologischen Umformung sprechen. Die Intension eines nominal definierten Begriffes beschreibt die *Menge der Eigenschaften (**K**)*, die die Bedeutung des Begriffes konstituieren. Hingegen bezieht sich die Extension auf die *Menge der Objekte (**I**)*, die unter die Definition fallen.“[2] (Ergänzungen und H. d. V. – L.-G. F.)

Natürlich wird damit dem, in der Wissenschaft erstrebten und unentbehrlichen, weit anspruchsvolleren klassischen Verfahren einer *Realdefinition* (lat.: definitio realis) nicht entsprochen. In einem Erkenntnisprozess mit notwendigen und hinreichenden Sacherklärungen werden dafür über die empirische Beschreibung hinausgehend, der wesentliche Kern des Definiendums ermittelt, vergleichbare Merkmale und Erscheinungen einer Klasse (Gattung) herausgearbeitet, Invariantes eruiert, um von anderen Entitäten Trennendes hervorzuheben. Realdefinitionen weisen also einen substantiellen Informationsgehalt aus. Zwischen diesen beiden Qualitäten der Begriffsdefinition sind weitere praktikable Varianten einzuordnen. Aus dem Fundus der Philosophie der Begriffe gehört dazu vor allem die *Prototypentheorie*. Ihr folgend werden die Entitäten über typische Eigenschaften, signifikante Beispiele oder paradigmatische Fälle (Muster) individuiert. Ein theoretisch und praktisch herausragender Fall in dem ein Prototyp als zentrales normatives Kategorie-Element fungieren kann, ist m.E. mit der *Information* gegeben. Sie ist für diesen Beitrag begriffstheoretisch wegweisend sowie speziell im

2 https://de.wikipedia.org/wiki/Nominaldefinition

Zusammenhang mit der I&K-Technik und der Informationstechnologie bedeutsam. Wenig hilfreich ficht die Fachliteratur u.a.: „Wider den dinglichen Informationsbegriff“, bemerkt: „Neither matter nor mind“ und das Capurosche Trilemma beanstandet, dass das Wort Information in allen Anwendungsbereichen entweder dasselbe, etwas Ähnliches oder etwas Verschiedenes bedeutet. Wem hilfts?

Die vielfach bewiesene und begründete Erkenntnis, dass das *Paradigma der Selbstorganisation das basalste Merkmal der Information* bildet, offeriert einen Ansatz für deren adaptive Begriffsbestimmung über die Prototypentheorie: Die *Leitkategorie Information* (informare – formen, gestalten) wird intensional von der Selbstorganisation, ihrem fundamentalsten (irreduziblen) Merkmal, formiert. Alles, was zu einem Teil des neuen evolutiven Ganzen wird, nimmt ebenso wie die emergente Gesamtheit irreversibel selbst neue währende Eigenschaften an. Die kaum ermessbare Extensionalität der Information führt zu reich gegliederten, neben- und miteinander existierenden *informationellen Strukturen und Funktionen*. Dazu gehören syntaktische, semantische, pragmatische, aktuelle und potentielle, gebundene und freie Informationen sowie bei allen Phasenreaktionen die Transinformationen.

Die auf stofflichen und energetischen Informationsträgern organisierten verschiedenartigen Informationen können prinzipiell gespeichert sowie nach typischen Prozessabläufen transportiert und/oder transformiert werden. Sie haben damit alle wesentlichen Eigenschaften der fundamentalen materiellen Aspekte. Analog zu *Energieanteilen*[3] werden die an Stoffe und Energien – von Steintafeln, über Papyrus, Papier, Rauchsignalen von Lagerfeuern bis zu Feldern aller Art – gekoppelten *Informationsanteile*[4] von Teilinformationen bestimmt.

Die paradigmatische *Arbeitsdefinition*, die den aktuellen Erkenntnisstand zu den Erscheinungsformen und Ausprägungen des Definiendums Informa-

---

3 Die *wegunabhängigen Zustandsgrößen* Ruhe- und Bewegungs-***Energieanteile***: innere Energie – thermisch, mechanisch, stofflich – und *kinetische Energie* als Geschwindigkeitsintegral der mittleren Bewegungsgröße. Elektromagnetische Phänomene (Welle und Teilchen) sind darin ebenso eingeschlossen, wie die Wirkung der Gravitation, die sogenannte potentielle Energie. Alle ***Energieformen*** sind als Mengen und Ströme wegabhängige Prozessgrößen. [Beachte: Bewegungs-Geschwindigkeiten sind relativ, d.h. sie bedürfen eines Bezugssystems. Pragmatisch gewählt wird z.B. der Massenmittelpunkt (das baryzentrische System); der Volumenmittelpunkt (geometrischer Schwerpunkt von Flächen, Flächenverbänden oder Polygonnetzen, Polyedern) oder der Teilchenmittelpunkt. Die Zahlenwerte sind mit ‚Gewichtsfaktoren‘ transformierbar].

4 ***Informationsanteile*** *sind Zustandsgrößen* und daher *wegunabhängig*. Auch die *Informationsformen* sind an *Stoff und Energie*mengen(Informationsträger) gebunden. Informationsformen sind als Mengen sowie deren Ströme stets *Prozessgrößen* und demgemäß *wegabhängig*.

tion dialektisch aufheben soll, lautet: *Information (In-Formatio)* – Fundamentale physikalische Kategorie, vermittels des Informationswechsels *im stochastischen Prozess der Selbstorganisation sich neu* formierende und organisierende, fortbestehende komplexe Struktur höherer Ordnung mit charakteristischen Funktionen insbesondere einer inhärenten und/oder superponierten, (wenigsten intersubjektiven) semiotischen Semantik sowie der Fähigkeit zur funktionalen Rückkopplung.

Die begriffsphilosophische Qualität der zu einem Zeitpunkt verfügbaren konnotativen Begriffsdefinition, insbesondere die Ausformungen des Erklärungsgehaltes, stellt einen Indikator des evolvierenden Erkenntnisstandes dar und dokumentiert auf diese Weise obendrein vordringlich zu beseitigende Defizite.

Umfassendes Erkennen zielt nicht nur auf eine möglichst exakte Kopie der immediaten Erscheinungen, sondern will die Vielfalt der Dinge in ihren Zusammenhängen und ihrer Entwicklung widerspiegeln. Das (geistige) Begreifen geht demgemäß weit über das sachdienliche Kreieren und Fixieren etikettierender Worte für bestimmte Objekte oder Erscheinungen hinaus, bedarf jedoch – bei Hypothesen und dynamischen Arbeitsbegriffen beginnend – solcher Metaphern des Denkens. Ein Begriff ist deshalb mehr als eine adäquate Beschreibung oder Definition. *Begreifen* zielt auf die Praxis ab, sucht die Möglichkeit, in die Sachverhalte und Prozesse denkend und handelnd einzu*greifen, Gesetzmäßiges zu erkunden. Theorien zu formulieren* und zu prüfen. All ihre originären Qualitätskriterien erfüllende Begriffe bedingen deshalb einen fortgeschrittenen und weiter reifenden Erkenntnisprozess. Sie sind verifizierte Benennungen, mit denen die Bewegbarkeit und die Bewegungen, das Wesen der Dinge erfasst werden können. Das gilt für Theorien in noch erhöhtem Maße.

In dem Zusammenhang sei ein Statement zur Struktur insbesondere quantifizierender natur- und technikwissenschaftlicher Theorien, wie jenen der grundlegenden und persistenten Physik, sowie deren rationelle wissenschaftstheoretischer Darstellung eingefügt, um sie zur Beschreibung der Technologie als Wissenssystem (Theoriensystem) nach Baltzer begründet nutzen zu können. Mit dem wissenschaftstheoretischen Strukturalismus wird seit Anfang der 1970er Jahre vom konventionellen Theorienverständnis und dessen Theorienbegriff abgegangen, nach dem eine Theorie aus einer reinen Menge von Sätzen besteht.

Wolfgang Stegmüller setzt dem die mengentheoretische Struktur einer Theorie nach dem strukturalistischen Theorienkonzept entgegen (vgl. Stegmüller 1980).

Jede (insbesondere physikalische oder andere fortgeschrittene) Theorie T besitzt eine für sie charakteristische mathematische Struktur. Ein mengentheoretisches Prädikat S erfasst sie axiomatisch, beschreibt sie z.B. in der Form: <<T ist eine klassische Partikelmechanik; T ist eine Quantenmechanik etc.>> und fixiert so exakt die mathematische Struktur. Alle vorexplikativen Theorien, auf die das Prädikat S zutrifft, konstituieren die Menge M der Modelle. Eine Erweiterung der Theorie auf Anwendungsbereiche, die außer der mathematischen Struktur empirische Phänomene einbeziehen, bedarf der Ergänzung mit der offenen, pragmatisch um Elemente ausdehnbaren (Urmenge $I_0 \rightarrow I$) Menge I, der wirklich intendierten Anwendungen. Die Theorie wird demzufolge vom geordneten Paar ***{K, I}*** beschrieben.

## *3.2 Begriffe und Definitionen – Technik: Vielfalt und Einheit in der Vielfalt*

### 3.2.1 Fundamentales aus multiplen Quellen

Nicht zwingend repräsentativ, dennoch Wesentliches abbildend, seien – über das vorn bereits Erörterte hinausgehend bzw. es präzisierend und verifizierend – markante Auffassungen von Vertretern verschiedener Wissenschaftsgebiete angeführt und diskutiert.

Aus deren interdisziplinärer Vielfalt soll Extrapolierbares, Verallgemeinerungsfähiges, Einheitliches gewonnen werden, um die *Theoretizität des Begriffs der faktisch mehrdimensionalen und multiperspektivischen Technik* zu identifizieren. Ohne Anspruch auf auch nur näherungsweise Vollständigkeit wird eine kleine Auswahl, die Vielfalt und Differenzierung der Auffassungen und Auslegungen dessen skizzieren, was zur *Technik* an qualitativ Grundsätzlichem kommuniziert wird.

Die *Sachlage:* Der tradierte, derzeit in hervorstechenden Elementen oder umfassender angewandte, Terminus Technik kennzeichnet einen relativ autarken Gegenstand, im Speziellen mit durchaus differenziert dimensionierter Extensionalität und variierter Intensionalität, sowie einer adaptierten Methodologie. Die integrierte Spannweite umfasst sowohl ein *gegenständliches Instrumentarium* (wie Maschinen, Werkzeuge, ...) als auch *Prozeduren* und *intellektuelle Prozesse* und das aus ihnen resultierende (zunehmend algorithmisierte) kompetente Handeln. Im Sinne mannigfaltiger und enger input/output-Beziehungen mit der Natur und der Gesellschaft unterliegt die Technik in dieser Triade materiellen und ideellen Interdependenzen: Interaktionen, Reziprozitäten und koevolutiven Veränderungen mit vernetzten Wandlungsprozessen. Diese Sachverhalte muss ein adäquater Technikbegriff – gegebenen-

falls zunächst pragmatisch – an den Anforderungen der Problemfelder orientiert hinreichend berücksichtigen.

Grundsätzlich gilt: Der Technikbegriff war nie statisch, sondern wesensgemäß immer extensionalen und intensionalen Modifikationen zugänglich, sofern die technisch-technologische und gesellschaftliche Entwicklung dies bedingen und der wissenschaftliche Fortschritt das ermöglicht oder gar herausforderte.

Vor dem verfolgten Exkurs sind zwei Hinweise angebracht:

1. *Bernd Meier* befasst sich in dem vorliegenden Sitzungsbericht unter dem Titel „Curriculare Implikationen des Technikbegriffs" systematisch mit einer, solche Aspekte einbeziehenden Begriffskritik, dokumentiert und akzentuiert aus didaktischer Perspektive neben Überlegungen zu apparativen technischen Gebilden vor allem die Beziehungen zwischen der Technik und dem Lebensstil der Menschen.

2. In seinen langjährigen Forschungsarbeiten zum Technik-Begriff analysierte und erörterte *Gerhard Banse* mit großer Toleranz die unterschiedlichen Auffassungen, verdeutlicht die theoretischen Konsequenzen sowie die praxisrelevanten Folgen der jeweiligen Konzepte beachtenswerter anwendungsorientierter Breite. Ausdrücklich hervorzuheben ist seine Auslegung der *Technik als Kulturprodukt* ***und*** *Kulturform*:

> „Technik wird nicht nur durch den kulturellen Kontext stark beeinflusst, sondern ist selbst eine kulturelle Hervorbringung, eine Kulturform. Das Verhältnis zwischen Kultur und Technik ist reziprok." (Banse/Hauser 2010, S. 26f.)

Banse exponiert damit ein *Wesensmerkmal*, das in einer noch ausstehenden umfassenderen Technik-Definition aufgehoben werden müsste. Seine Argumentation und einige Folgerungen sind in dem in diesen Sitzungsbericht eingeordneten Beitrag genauer vorgestellt.

In einigen wissenschaftstheoretischen Untersuchungen wird, im Zusammenhang mit dem – nicht zuletzt technikassoziierten – Kulturbegriff, das Problem der *Unterscheidbarkeit* zwischen *beobachtbaren* und *nichtbeobachtbaren* bzw. nach *nichttheoretischen* und *theoretischen* Elementen von *Begriffen* analysiert. Die damit kommunizierende Methodik des Kulturtheoretikers Osgood, die mit den sinngemäßen Kunstworten *Perceptas* und *Conceptas* operiert, ist nicht nur im speziellen Fall von besonderem Interesse, sondern darüber hinaus aussichtsreich nutzbar. Sie wird im Zusammenhang mit dem Kulturbegriff – ihrem originären Entwicklungsfeld – gründlicher erläutert.

Die erstrebten Explikate konstituieren sich im übergreifenden Allgemeinen aus *dynamischen Modellen* (Mustern, Entwürfen) des Empfindens, des

rationalen Denkens und Handelns, die vornehmlich mittels charakteristischer und adaptierbarer Symbole aller Art generiert, abgebildet, vervielfältigt und transformiert werden.

Strukturalistische Theorienkonzepte prägen in dem besprochenen Kontext für die theoretische Komponente den bewertenden Terminus *Theoretizität*, der erkenntnistheoretisch mit den Conceptas Osgoods korrespondiert und stets auf eine bestimmte Theorie oder einen bestimmten Begriff zu relativieren ist. Damit sind Mengen beschrieben, denen jene Prädikate zukommen, die zu den wirklich *intendierten Anwendungen* der Charakteristik gehören.

Der Ansatz basiert auf der Idee, die Beschreibung der Struktur einer Theorie bzw. eines Begriffs – einer gedanklichen Widerspiegelung von Sachverhalten – auf die Mengenlehre zurückzuführen, die im Strukturalismus als universelle Sprache empirischer Wissenschaft agiert. Im Zusammenhang mit der Beschreibung der Technologie, insbesondere als Theoriensystem, wird dieses Konzept in dem betreffenden Kapitel umfassender genutzt.

Der *Technikbegriff* gehört – ebenso wie der der Kultur, der Technologie und ähnliche – zu den Musterbeispielen für die wissenschaftstheoretische Stellung und die Eigenarten der sogenannten *„kollektiven weichen Phänomene“*, die sich nur mit Einschränkungen zuordnen lassen. Die Situation ähnelt der der sogenannten weichen Materie – einem Inbegriff dieser Begrifflichkeiten. In den Naturwissenschaften wird eine spezielle Materialklasse aus typischen kondensierten Phasen (soft condensed matter) mit besonderen Eigenschaften und herausragenden interdisziplinären Nutzungspotentialen so bezeichnet, die sich aufgrund der Wechselwirkungen in den verschiedenartigen Vielteilchensystemen nur bedingt einem der klassischen Aggregatzustände ‚fest‘ oder ‚flüssig‘ (im Sinne einer [1,0]-Entscheidung) zuordnen lassen. Die herkömmliche Denkweise entscheidet in jedem Fall qualitativ eindeutig über die Zugehörigkeit zu einem Begriff, indem die dafür insgesamt erforderlichen (idealtypisch notwendigen und hinreichenden) Bedingungen angegeben werden. Die Zugehörigkeit zu einer – mit Konzepten mental repräsentierten – *Kategorie ist graduell* und keine [1,0]-Alternative, die ein- oder ausschließt, über zugehörig – nicht zugehörig urteilt.

Die tatsächlichen Gegebenheiten ‚kollektiver weicher Phänomene‘ blockieren (inhibieren) eine klare Begriffsbestimmung, erzwingen den Verzicht auf tradierte wissenschaftliche Modi des Definierens. Sie generieren und tolerieren stattdessen eine Vielfalt sinnvoll verbundener (Konnexion) und dennoch eigenständiger (Heterogenität) nutzungsfähiger ‚Torsi‘, die sich aus dem Wesen der Phänomene ergeben und sich sachgerecht an typologi-

sierten Konzepten orientieren können. Die deskriptive, expressive – und im Falle der Technik und Kultur die soziale – Bedeutung der so gewonnenen dynamischen Begriffe gebührt es, in der Konzeptebene dargestellt zu werden. Dabei ergeben sich unter Umständen totale Synonyme, weit häufiger resultieren partielle Synonyme mit geteiltem Bedeutungsvorrat, auf eine bestimmte Art und Weise wahrgenommene Subkategorien mit diffusen Grenzen. In Anbetracht dieser Tatbestände liegt es nahe, bei dieser Form der Weltbeschreibung und Wissensorganisation mit der Raumstruktur, in der Art einer als operierenden *Rhizomorphizität* zu sprechen.

Wertvolle Hinweise zur Charakterisierung der Begriffe ergeben sich aus der Etymologie, indem der Ursprung, die Geschichte, die wechselvolle – auch widersprüchliche – Bedeutung und die Gestalt der Wörter mit zum Teil erheblichen Metamorphosen erschlossen werden. Die Entstehung, Veränderung, Entwicklung und Substitution/Ablösung von Begriffen bilden ein bedeutendes Arbeitsfeld der dialektischen Logik.

Die vom Begriff Technik ausgehende *retrospektive Etymologie* ist zwar nicht hinreichend, um die gegenwärtigen Wortbedeutungen umfassend aufzuklären. Die der historischen Sprachentwicklung folgende *diachrone Etymologie*, vermag jedoch Wesentliches zu erkunden und zum heutigen Verständnis sowie zum Erkenntnisfortschritt beizusteuern. Zu beachten ist allerdings, dass die Entwicklungspfade der Wörter und Begriffe in der Regel mehrfach Bifurkationen aufweisen, was retrospektive Betrachtungen nicht nur kompliziert, sondern unter Umständen sogar gänzlich verhindern kann.

Am Anfang war das altgriechische Wort ***τέχνη*** *(technē, Plural: technai)*. Es stand für *Können* mit den Händen (Handwerk) sowie dem Geist/Intellekt (Kunst, Kunstfertigkeit) und dafür, was aus dem Tun entsteht: Kunstwerk. Im übertragenen Sinn bedeutet es Kunstgriff, List, Betrug. Ähnliches gilt für den Wortstamm in verschiedenen indogermanischen Sprachen.

Schon in der Antike war *technē* nicht auf handwerkliche *Tätigkeiten* sowie das Erzeugen von *Produkten* und *Artefakten* beschränkt, sondern umfasste zudem die Bedeutung von *Verfahrensweisen: die Mittel und Methode* für jede *Art von Tätigkeit* sowie dem entsprechende *(Fach)Disziplinen*.

> „Als dieses praktische Wissen ermöglicht die vorausplanende Berechnung und zielbewußtes Handeln: wo technē das Tun bestimmt, gibt es ein **τέλος**, ein Ziel, auf das hin gewirkt, etwas, das bewegt, ein Werk oder eine Tat, die verwirklicht werden sollen. Damit wird technē ein Mittel zur planvollen Erreichung eines Zieles.“ (Löbl 1997, S. 211f.)

Als intentionale Verfahren, Methoden und Disziplinen waren mit dem Begriff ***téchnē***, (griech. **τέχνη**) u.a. verbunden, die

- *Mechanik, mechanike (technē)* (griechisch μηχανική [τέχνη]), abgeleitet von mēchanikós (μηχανικός) Maschinen und (mēchanē) Werkzeuge betreffend, *erfinderisch* (heute strukturiert als Kinematik und Dynamik: mit Statik und Kinetik);
- *Logik, logiké (téchnē)*, (altgriechisch λογικὴ [τέχνη]) – denkende Kunst, Vorgehensweise‘ oder auch Folgerichtigkeit, vernünftiges Schlussfolgern;
- *Dialektik*[5]*, dialektiké (téchne)*, (griechisch διαλεκτική [τέχνη] – Kunst der Unterredung, der diskursiven Gesprächsführung; gleichbedeutend mit (lateinisch *[ars] dialectica*);
- *Kritik, kritikē (téchnē),* (griechisch κριτική [τέχνη]) – Kunst der Beurteilung, abgeleitet von *krínein* (κρίνειν) – konstuktiv ‚unterscheiden‘, ‚trennen‘;
- *Rhetorik, rhētorikē (téchnē*, (altgriechisch ῥητορική [τέχνη]) – die Redekunst.

Außer in der Mechanik, deren Bindung an Maschinen und Werkzeuge – einschließlich des Erfinderischen – evident bleibt, ist der Begriff *téchnē* schon in der Beispielsreihe ‚entgrenzt‘, extensibel, und auf diese Weise auf ein unbegrenztes Spektrum konkreter Anwendungen ausdehnbar.

In der deutschen Sprache ist das Suffix -ik ein typisches Wortbildungselement zahlreicher femininer Substantive, die ein *Fachgebiet*, eine *Disziplin* bezeichnen (z.B. Physik, Mathematik, Arithmetik, Grammatik, Ethik) und für *Sammelbegriffe (Kollektiva)*, die eine Klasse von Dingen, Sachverhalten oder diverse Klassen benennen (z.B. Kinematik, Dynamik: mit Statik und Kinetik oder Problematik, Mimik).

### 3.2.2 Der definitorische Pragmatismus der Jurisprudenz

In der Jurisprudenz ergibt sich die Notwendigkeit der klaren, eindeutigen Charakterisierung des *Technischen* besonders im Zusammenhang mit einem daran angepassten effektiven Patentschutz. Dessen Bedeutung für den wis-

5 Unterschieden von *dialektiké (téchne)* bezeichnet die *dialektiké (epistéme)* die Wissenschaft Dialektik. Im *Hegelschen Sinne* ist diese Dialektik eine Erkenntnis-Methode, die die inneren Gesetzmäßigkeiten der Selbstbewegung der Wirklichkeit (Identität von Denken und Sein) und der Selbstbewegung des Denkens vereint. Die Methode der Metaphysik ist der Dialektik entgegengesetzt. Kurz gefasst ist die Dialektik im Sinne des *dialektischen Materialismus* die Wissenschaft von den allgemeinsten Bewegungs- und Entwicklungsgesetzen der Natur, der Gesellschaft und des Denkens.

senschaftlich-technischen Fortschritt und eine Bewertung der Erfindung ist in der gegenwärtigen Entwicklungsphase kaum zu überschätzen. Neben der Neuheit des Resultates der erfinderischen Tätigkeit und dessen gewerblicher Anwendbarkeit, ist der technische Charakter – die sogenannte Technizität[6] – implizite Voraussetzung der Patentierbarkeit. Eine pragmatisch erklärende ‚Definitionsweise', die sich häufig ganz speziell auf einzelne Gesetze, Urteile etc. bezieht, bestimmt im erheblichen Umfang das Vorgehen im Rechtswesen.

Zwei Momentaufnahmen aus den Jahren 1967 und 2004 sollen die technikinduzierten pragmatischen Abwandlungsversuche des relevanten Begriffssystems demonstrieren.

Erstens: BGH-Urteil „Rote Taube" 1969

> „*Technisch* ist eine Lehre zum planmäßigen Handeln unter Einsatz beherrschbarer Naturkräfte zur Erreichung eines kausal übersehbaren Erfolgs." BGH, Beschluss vom 27. März 1969, Az. X ZB 15/67, Volltext.

Der Begriff Lehre ist im Sinne von Instruktion und Aufklärung gebraucht. Und beide üblichen Bezüge des Adjektivs ‚technisch', nämlich auf eine *Verfahrensweise* sowie die *Ausstattung* mit *Geräten* und ihre *Funktionsweise* sind angelegt.

Zweitens: Gemeinsamer Standpunkt des Rates im Hinblick auf den Erlass der Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die *Patentierbarkeit computerimplementierter Erfindungen* (11979/1/2004 – C6-0058/2005 – 2002/0047[COD])

Der Rechtsausschuss des Europaparlaments formulierte:

> „Bei dieser Sachlage erschien uns die Formulierung „eine neue Lehre zum Einsatz beherrschbarer Naturkräfte unter Steuerung durch ein Computerprogramm und unabhängig von den für den Ablauf des Programms notwendigen technischen Mitteln ist technisch als die umfassendste und gleichzeitig die eindeutigste zur Definition dessen, was technisch ist."[7] – Michel Rocard: CII Entwurf 2005

Entwurf einer Empfehlung für die zweite Lesung betreffend den Gemeinsamen Standpunkt des Rates im Hinblick auf den Erlass der Richtlinie des

---

6 **Technizität** ist ein in der Rechtssprache hauptsächlich im Zusammenhang mit Patenten verwendeter Begriff. Neben Neuheit, erfinderischer Tätigkeit und gewerblicher Anwendbarkeit ist der **technische Charakter** einer Patentanmeldung eine weitere grundlegende Voraussetzung für deren Patentierung. Der Begriff wird allerdings genereller auch im Sinne einer ganzheitlichen, sich historisch ständig verändernden Technik gebraucht.

7 http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/pr/565/565497/565497de.pdf

Europäischen Parlaments und des Rates über die Patentierbarkeit computerimplementierter Erfindungen (11979/1/2004 – C6-0058/2005 – 2002/0047 [COD])

### 3.2.3 Aktive Knoten im vermaschten Begriffsnetz zum ‚Weltverständnis'

Als Konstituenten des Netzwerks folgen 'knotenbildende' Einlassungen aus fachinduzierten Sichten mit mehr oder minder profilierten philosophischen Komponenten, die heuristische Funktionen bekunden.

Der Technikphilosoph *Günter Ropohl* schlug den nachfolgenden Technikbegriff vor:

> „Technik umfasst (a) die Menge der nutzenorientierten, künstlichen, gegenständlichen Gebilde (Artefakte oder Sachsysteme), (b) die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen und (c) die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden." (Ropohl 2009, S. 31)

Dieser Technikbegriff – nach Banse ein Terminus mittlerer Reichweite, d.h. für das Netzwerk: bemerkbarer Konnektivität – ist angesiedelt zwischen einer prononciert technikwissenschaftlichen Deutung als reales artefaktisches Ensemble und konjugiertes finales Aktivitätsspektrum des Menschen sowie der sehr weiten Lesart im Sinne von ***technē***: jegliche Fähigkeit, Fertigkeit, **Kunst und Handwerk *Kunst*** ist vom Verb „können" abgeleitet, das auf das indogermanische Stammmorphem >>gen(e)[8]<< zurückgeht und „erkennen, kennen sowie wissen" bedeutet.

Ropohls Technikbegriff hebt keine Wesensmerkmale hervor und führt keine Wortbedeutungen an, wie es eine tradierte ‚definitio realis' mit ihrem substanziellen Informationsgehalt verlangt. Er führt dennoch eine *Menge von Objekten und konjugierten Handlungen an*, die unter die Definition fallen – also eine achtbare Extension von Seinsbereichen über die sich der Terminus Technik erstreckt. Damit ist dieser Technikbegriff für die Sacherklärung unbestritten wertvoll, wie es auch die Übernahme seitens des VDI beweist, bleibt jedoch fragmentarisch. Die *Menge der Eigenschaften*, die die

8 Aus dem Stammmorphem „gen(e)-" gingen die Verben „gnoscere" (lat.) und „gignóskein" (griech.) hervor. Beide bedeuten „erkennen". Wortverwandtschaft besteht überdies zu den Verben „gig(e)nere" (lat.) und „gig(e)nómai" (griech.) Sie drücken „(er)zeugen, entstehen, wachsen" aus. Dem Wort „Kunst" (Fertigkeit, Kenntnis, [deskriptives] Wissen) kommt demzufolge neben der Hauptbedeutung „erkennen" noch die Notation „(er)zeugen" (... von Kunstwerken) zu. Das Künstliche (Artefaktische) ist das Werk eines kenntnisreich, mit seinen Fertigkeiten tätigen Menschen. (In Anlehnung an verschiedene Quellen)

Bedeutung des Begriffes konstituieren, die Intension, ist nur implizit und additiv angedeutet: Artefakte oder Sachsysteme sowie menschliche Handlungen der Erzeugung und Anwendung. Der Begriff ist infolgedessen nicht hinreichend expliziert. Er gestattet allerdings eine sachliche Differenzierung zwischen den Technikgestaltern, den Technikbetreibern und Technikverwendern, die Banse nutzt, um die unterschiedlichen Anforderungsprofile aufzuzeigen.

Der Begriff „Gestaltung" steht nach dem Verständnis des Arbeitskreises *„Allgemeine Technologie"* der *Leibniz-Sozietät* für die Gesamtheit der Problembearbeitungsprozesse, die mit einer Technologie verbunden sein können: Synthese (Idee, Generierung, Entwurf), Analyse, Auslegung, Projektierung, Konstruktion, Bau und Errichtung u.a.

> „Ohne Technik gibt es keine menschliche Gesellschaft. Ein beträchtlicher Teil der gesamten materiellen und geistigen Kultur der Menschheit deckt sich mit dem, was auch in der modernen Bedeutung unter Technik und technischem Wissen verstanden wird. Dazu gehören in erster Linie die Produktionsinstrumente, wie einfache und komplizierte Werkzeuge jeder Art [...] landwirtschaftliche Geräte und Maschinen, Krananlagen, Walzwerke; Kernreaktoren [...] Transportmittel und Verkehrsanlagen aller Art [...]" (Ley 1965, S. XIII)

Das unter- und abgebrochene Zitat weist eine lange, illustrierende Aufzählung von Artefakten aus. Das ist weder erheblich, noch lässt es sich auf auch nur annähernde Vollständigkeit prüfen. Der Philosoph Herman Ley betonte in dem einleitenden Beitrag zur Enzyklopädie Technik vielmehr, dass sich der menschlichen Gesellschaft zur *essentiellen Technik* keine andere Möglichkeit bietet und exponierte – schon vor fünf Dezennien – deren Bezug sowohl zur *materiellen* als auch zur *geistigen Kultur*.

Technik entspricht in ihrer Formen- sowie Methodenvielfalt Kulturprodukten und Kulturgütern (kulturellen Werten). Vice versa ist Kultur in allen ihren Formen immer auch als Technik haptisch, optisch sowie akustisch wahrzunehmen und/oder geistig zu begreifen.

Technik und Kultur können sachgemäß als interagierende und aktiv integrierter Bestandteil eines sozio-technischen und sozio-kulturellen Systems verstanden werden, in dem das Technik-, Kultur- und Sozialsystem organisch verschränkt einen harmonisch funktionierenden emergenten Gesamtkomplex formieren.

In der nüchternen und eindeutigen mengentheoretischen Reflexion heißt das: Für die Potenzmenge einer Menge K, deren Element sämtliche Teilmengen der Kultur (K) sind, gilt in der mengentheoretisch beschreibenden

Notation[9]: $\mathcal{P}(\mathbf{K})=\{\mathbf{T}|\mathbf{T}\subseteq\mathbf{K}\}$ Sie hat die charakteristische Funktion $\chi_T \leq \chi_K$. Zudem gilt: $\mathbf{T}\subseteq\mathbf{K}: \forall\ \mathbf{x}\in\mathbf{T}: \mathbf{x}\in\mathbf{K}$ Jedes Element von T (der Technik) ist auch ein Element von K (der Kultur).

In dem eingangs zitierten Beitrag „Technik als Form der Freiheit – Überlegungen zur menschlichen Kultur“ beurteilt die Autorin Recki[10] die Technik detaillierter.

Reckis Folgerungen sind Konsequenzen aus ihrer *Grundposition*, die Technik als Form der Freiheit zu verstehen.

> „Es sind drei Thesen, die ich damit verbinde:
>
> 1. Technik gehört integral zu aller Kultur [...]
> 2. Der Mensch ist in ebendem Maße, wie er das Wesen ist, das Kultur hat, immer schon ein technisches Wesen [...].
> 3. Technik ist als verselbständigte Methode immer Methode des Gewinns an Effizienz und Handlungsspielraum – und daher Ursprung und Form der Freiheit [...]“
>
> „Es sind die *methodisch formalisierten und organisierten Verfahren der Problembewältigung durch instrumentelle Arrangements* in einem jeweiligen Arbeitsbereich, was wir im einen wie im anderen Fall als Technik bezeichnen.“ (Recki 2013, S. 9)
>
> „Im Anschluss an Edmund Husserls Abhandlung über *Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendentale Phänomenologie* (1937) ist ein Begriff der Technik zu gewinnen, der diese radikal nicht als Bereich instrumentell eingesetzter Dinge (wie Werkzeuge, Geräte, Maschinen) fasst, sondern als intellektuellen Prozess der Habitualisierung von Kompetenz [...]. Es ist Hans Blumenbergs systematischer Hervorhebung dieses Begriffs von Technik zu verdanken, dass wir deutlich erkennen: Die hier vertretene These *lokalisiert die Technik bereits in der Struktur des menschlichen Bewusstseins* [...] Die Technik ist primär nicht ein Reich bestimmter, aus menschlicher Aktivität hervorgegangener Gegenstände; sie ist *in ihrer Ursprünglichkeit ein Zustand des menschlichen Weltverhältnisses selbst*.“ (Recki 2013, S. 6, H. d. V. – L.-G. F.)
>
> „Die Technik ist phänomenal ein Reich von Mechanismen“. (Blumberg 1981, S. 50)
>
> „Technisierung ist Husserls Ausdruck für diese Mechanismen“. (Recki 2013, S. 9)

9 Symbole: $\forall$-Allquantor; $\emptyset$-leere Menge, in dem Kontext: $\emptyset\in\mathcal{P}(K)$

10 Recki ist Professorin für Philosophie mit den Arbeitsschwerpunkten Ethik, Ästhetik sowie Kulturphilosophie/Anthropologie des 18. Jahrhundert und der Moderne.

Meine Frage in der Diskussion zum Konferenz-Vortrag: „Technik als Form der Freiheit – Überlegungen zur menschlichen Kultur“, welche Stellung in ihrem System die m.E. nahezu gänzlich *ignorierte Technologie* einnehme, führte zu keinem (auf)klärenden Ansatz. Das vorgestellte Interpretationssystem Reckis benötigt m.E. – außer als Attribut für das technologische Großaggregat – die Kategorie Technologie wahrscheinlich gar nicht, wenn die Autorin u.a. konstatiert:

> „Wir haben [...] einen Begriff von Technik, der von der Bindung an Werkzeug, Maschine und technologisches Großaggregat losgelöst, sondern vielmehr verfahrenspragmatisch und prozessorientiert ist.“ (Recki 2013, S. 8)

> „Der Begriff ist freigesetzt für eine unabsehbare Bandbreite konkreter Anwendungen.“ (Ebd., S. 9)

> „Es sind die methodisch formalisierten und organisierten Verfahren der Problembewältigung durch instrumentelle Arrangements [...] was wir [...] als Technik bezeichnen.“ (Ebd.)

Eine Reihe weiterer, vorn angeführter Zitate belegt den Eindruck, dass die Autorin bewusst auf einen eigenständigen, von der Technik unterschiedenen Technologie-Begriff verzichtet.

Der Technik werden auf diese Weise Prädikate beigelegt und Funktionen zugewiesen, die der komplexen, höher aggregierten und metromorph organisierten Technologie zukommen. Zur kritisierten Auffassung von Recki sei hier zunächst nur angemerkt, dass auf diese Weise die Technologie einerseits im Wesen verkannt und andererseits dieses Begriffsverständnis in die Zeit vor Johann Beckmann zurückfällt. Richtig bleibt, dass die Technik ein wesentliches, zumeist qualitätsformendes, aber eben nicht hinreichendes Element der Organisations- und Kooperationsstufe Technologie bildet. Diese Meinung soll im Kapitel zur Technologie genauer belegt werden.

In seinem Werk *Allgemeine Technologie* publizierte der Erziehungswissenschaftler Horst Wolffgramm 1978 eine zusammenhängende Darstellung der *Elemente, Strukturen* und *Gesetzmäßigkeiten technologischer Systeme*, das er später in seinem Hauptwerk *Technische Systeme* und *Allgemeine Technologie* erweiterte. Darin und wiederholt in späteren Einzelpublikationen äußerte sich Wolffgramm als Spezialist für Polytechnik problembewusst und detailliert zum Begriff Technik.

> „Wir sehen in dem Technikbegriff heute eine der grundlegenden philosophischen Kategorien, der mit den Begriffen Natur und Gesellschaft in enger Beziehung steht und gemäß seinem Wirkungsumfang auf eine Ebene mit ihnen gehört. Dieser Platz des Technikbegriffs im Zentrum eines modernen Gesellschaftsver-

> ständnisses macht auch die weltanschaulichen Auseinandersetzungen verständlich, die um ihn geführt werden und die bis heute nicht in eine einheitliche Position eingemündet sind.“ (Wolffgramm 2006, S. 38)

Mit dieser Begriffsbestimmung der Technik als grundlegender *philosophischer Kategorie* beansprucht Wolffgramm den höchsten Abstraktionsgrad und verweist auf logische Reflexe. Die damit im vermaschten Begriffsnetz Technik erreichte Art und Weise sowie Dichte der Verbindungen (dessen Konnektivität) ist maximal. Damit reduziert sich jedoch in logischer Konsequenz das Auflösevermögen erheblich. Diese Tatbestände verdeutlichen, dass Begriffsbildungen stets auch pragmatischen Gesichtspunkten unterliegen.

Jede Wissenschaft besitzt ein spezifisches Kategoriengefüge, weil Kategorien im Sinne von Kant apriorische Denkformen und demzufolge Grundvoraussetzung für alle Erfahrungen sind. Im 20. Jahrhundert wurden zahlreiche Kategorien als offene Begriffssysteme zur Strukturierung der erfahrbaren Welt ausgearbeitet und propagiert. Das *Absolute* philosophischer Kategorien ergibt sich daraus, dass sie sich nicht auf noch allgemeinere Begriffe zurückführen lassen.

*Bernd Meier* zitiert in diesem Sitzungsbericht in seinem Beitrag eine Reihe technikrelevanter Besonderheiten der Wolffgrammschen Ansichten, so dass der Hinweis auf seine diesbezüglichen Ausführungen genügt. Lediglich ein integrativer Aspekt sei im laufenden Kontext akzentuiert.

> „Technische Erscheinungen besitzen eine ausgeprägte Spezifik. Sie äußert sich in charakteristischen wesensbestimmenden Merkmalen der Technik: Integrative Einheit von natürlichen und gesellschaftlichen Elementen – Bestimmung des technisch jeweils Realisierbaren durch das objektiv (naturgesetzlich) Mögliche, das ökonomisch und ökologisch Vertretbare und das sozial (politisch) Gewollte.“

Auf die dafür maßgebende Koevolution der Triade Natur, Technik und der Menschengesellschaft mit ihren Zielen und Normen wurde bereits hingewiesen. Sie ist nicht nur entwicklungsbestimmend, sondern zudem für das reflektierende Technikverständnis von Bedeutung. Das komplexe triadische System mit inhärenter Selbstorganisation lässt sich mit den sogenannten *zellulären Automaten* (genauer: engl. coupled-map lattices) in seiner raumzeitlichen Dynamik direkt analysieren oder mathematisch modellieren. Als Analysenwerkzeug oder diskretes physikalisch-mathematisches Modell gestatten es zelluläre Automaten die Musterbildungsphänome und die Selbstorganisationsprozesse auf lokale Wechselwirkungen[11] zurückzuführen.

---

11 Unter dem wechselseitigem Einfluss zwischen unmittelbaren Nachbarn: kooperativen Direkt-Nachbar-Beziehungen in einem Zustandsraum mit bestimmten Parameterwerten und

### *3.3 Zwischenresümee*

Technik und Kultur können sachgemäß als interagierende und aktiv integrierte Bestandteile eines sozio-technischen und sozio-kulturellen Systems verstanden werden, in dem das Technik-, Kultur- und Sozialsystem organisch verschränkt einen harmonisch funktionierenden emergenten Gesamtkomplex formieren.

Technik wird nicht nur durch den kulturellen Kontext (siehe oben) stark beeinflusst, sondern ist selbst eine kulturelle Hervorbringung, eine Kulturform.

> „Das Verhältnis zwischen Kultur und Technik ist reziprok: Durch Technik wird Kultur ins Werk gesetzt, fortgeschrieben, verdinglicht, und die Umwelt wird kultiviert. Technik als Kulturform bildet jedoch (ist sie erst einmal in den Alltag integriert) selbst einen Teil dieser Umwelt, sie wird beständig weiter kultiviert. Indem sie aber (durch kulturelle Einflüsse) Veränderung erfährt oder gar aus kulturellen Bedürfnissen heraus neu geschaffen wird, wirkt sie wiederum als Umwelt auf den Kontext zurück und verändert diesen.“ (Banse/Hauser 2010, S. 26f.)

Sowohl die Technik, die Technologie als auch die Kultur *wirken* ausgesprochen *vielschichtig, verflochten und verzweigt* als qualitätsbestimmende dynamische Komponenten der Gesellschafts-/Sozialsysteme. Sie formieren – akkumulativ, inkrementell und komplementär – deren erkenntnisorientierte Ideen und interessengeleiteten Grundsätze des Handelns, prägen die Lebens- und Produktionsweise. Sie werden – unter anderem mit nationalen, regionalen und ethnischen Unterschieden bis Gegensätzen – von den ökonomischen, sozialen, politischen Realitäten und Zielen überformt. Dazu gilt es, deren Verhältnis zur Technik und das effiziente Wirken mit dem und in den Technologien unablässig zu analysieren, zu gestalten und zu transformieren, laufend zu steuern und zu regeln. Das geschieht unter unverzichtbarer Nutzung der Wissenschaft und der Sprache in enger Kooperation mit dem Recht, der Kunst, der Ethik, Moral, der Religion und kumulierter geschichtlicher Erfahrungen. Diese Gebiete zählen zu den, vom Philosophen und Psychologen Ernst Cassirer programmatisch als *symbolische Formen der Systementwicklung der menschlichen Kultur* bezeichneten Faktoren einer produktiven Gestaltung der Wirklichkeit. Cassirer reflektierte die Bedingun-

---

wirksamen Regelwerken, wird ein komplexer raumzeitlicher Struktur(Muster)bildungsprozess realisiert. In der Natur (in biotischen Systemen) gehören zu den wirksamen Regeln biochemische Mechanismen, unter Umständen reaktive (aktivierende oder inhibierende) Substanzen und charakteristische Formen der Signaltransduktion.

gen für die Möglichkeit des technischen Wirkens und der technischen Gestaltung, d.h. das Prinzip der Technik und damit ihren grundsätzlichen Funktionssinn im Ganzen der Kultur zu begreifen.

In seinem Ansatz zur Formung von Wirklichkeit mittels geistiger Aktivität stellt Cassirer die *Technik* (vgl. Cassirer 2004 [1930]) mit der *Sprache* (vgl. Cassirer 2001/2002 [1923, 1925, 1929]) auf dieselbe Stufe, indem er erkennt, dass *der menschliche Geist in der Sprache und im Werkzeug*[12] *die wichtigsten Mittel der Befreiung sich geschaffen hat.*

Woraus die logische Empfehlung resultiert, die unter dem Begriff Kultur subsumierten Instrumentarien in ihrem originären Wesen zu begreifen und diese Werkzeuge kooperativ in ihren Interdependenzen einzusetzen.

In der Anthropologie wird zwischen dem *deskriptiven Konzept* – dem materiellen und immateriellen Artefakten – und dem *explikativen Konzept* – dem geistigen Überbau, den Grundanschauungen, Werten und Einstellungen – unterschieden (vgl. Fankhauser 1996).

Sowohl die *Kultur* als auch die *Technik* lassen sich mit diesem deskriptiven und dem adjustierten explikativen Konzept abbilden. Beide manifestieren sich im *Artefaktischen*, in sichtbaren Strukturen und Prozessen, d.h. z.B. in Produkten, einem materiellen Instrumentarium und spezifischen Organisationsstrukturen, mit deren Hilfe der Mensch reale Probleme bei der Befriedigung seiner Bedürfnisse bewältigen kann, aber auch in Auffassungen, Verhaltens- und Handlungsweisen, Methoden, dem Theoriensystem Technologien und in Strategien.

### *3.4 Der Kulturbegriff im Fokus der Reflexionen und Interdependenzen*

Weder der Soziologie, noch der Anthropologie oder anderen Kulturwissenschaften gelang es bisher – trotz intensiven und kontinuierlichen Bemühens – ein einheitliches Verständnis des Kulturbegriffs zu entwerfen und zu etablieren. In der Literatur lässt sich eine Vielfalt seriöser Kulturdefinitionen finden. Nach überzeugenden Recherchen liegt deren Zahl jenseits der 150.

---

12 *Werkzeuge* sind überwiegend *einfache Maschinen* sowie – von Geräten unterschiedene – Vorrichtungen, die auf einfachen Funktionsprinzipien basieren. Im *erweiterten Begriffssinn* werden Hilfsmittel: natürliche und künstliche Assistive sowie Substitute, Messmittel, Modellvorstellungen, mathematische Modelle, Software, Zeichen etc. hinzugenommen. Im *allgemeinsten Sinn* steht Werkzeug abstrahiert für ‚Mittel zum Zweck' womit Subjekte und Procedere eingeschlossen sind. In einigen Fachbeiträgen wird analog ein verallgemeinerter *Maschinen*-Begriff verwendet. Die höchste Wertung erfährt dabei die offene Maschine: „Die mit hoher Technizität ausgestattete Maschine ist eine *offene Maschine* und das Ensemble der offenen Maschinen setzt den Menschen als ständigen Organisator voraus, als den lebendigen Übersetzer der Maschinen untereinander" (Simondon, 2012 S. 11).

So definiert der Duden Kultur kompakt als ein Ganzes, der in einem geografischen und temporären Bereich erbrachten *geistigen, künstlerischen* und *gestaltenden Leistungen*. Das sechsbändige Wörterbuch der deutschen Gegenwartssprache vermerkt:

> „Gesamtheit der von der Menschheit im Prozess ihrer Auseinandersetzung mit der Umwelt geschaffenen und ihrer Höherentwicklung dienenden materiellen Güter sowie der geistigen, künstlerischen und moralischen Werte." (Berlin 1978, Bd. 3, S. 2254)

Eine differenziertere Annäherung an die komplexe Kultur bietet der wissenschaftliche Ansatz des US-amerikanischen Psychologen und Psycholinguisten *Charles Egerton Osgood*[13] (1916–1991). Er begründete und erprobte das heuristische Eisberg-Modell. Seinem Standpunkt folgend sind Begriffe grundsätzlich als mehrdeutig aufzufassen. Das erklärt freilich nur einen Teil der Schwierigkeiten bei der Begriffsbildung und -interpretation. Die Kultur stellt sich in der Ebene der Begriffe (mit tendenziell zumindest anzustrebender, sachdienlich entfalteter Realdefinition) anhand zweier Erkenntnisniveaus, einer konkreten, wahrnehmbaren, empirisch beobachtbaren und einer nicht-wahrnehmbaren dar. Kulturtheoretiker nennen in dem bildhaften Eisberg-Modell den wahrnehmbaren Teil *‚Perceptas'* und komplettieren das Erkenntnis-Modell mit dem Hinweis auf das nicht direkt Wahrnehmbare, nicht Sichtbare, nicht Offenkundige, auf jene, den phänomenologischen Perceptas zugrunde liegenden intelligiblen *‚Conceptas'*. Nicht wahrnehmbar meint in dieser Sachlage: zumeist Abstraktes, nicht direkt Sichtbares/ nicht mühelos Durchschaubares – negiert jedoch nicht das prinzipiell mögliche sinnliche Erfassen und das überbrückende Erkennen.

Die Kunstworte *Perceptas* und *Conceptas* sind mit *deskriptiven* und *explikativen Konzepten* korreliert sowie mit dem *Nichttheoretischen* und *Theoretischen vergleichbar*. Den naturgemäß theoretisch schwach explizierten *Perceptas*, die sich vereinbarungsgemäß auf das objektiv-reale Phänomenologische beziehen, stehen die *Conceptas* gegenüber. Die *Conceptas*

---

13 Osgood spricht von einem semantischen Raum, der mehrere Bedeutungsdimensionen aufspannt. Osgood entwickelte 1952 die verbreitete Methode des Semantischen Differentials oder Polaritätenprofils, die emotionale Bedeutungsdimensionen von Begriffen erfassen soll. Er nutzt Eindrucksdifferential oder Polaritätenprofil – Verfahren zur Messung von Wortbedeutungen, Skalierungserfahren zur Wahrnehmungs-, Image- und Einstellungsmessung. Das Ziel ist das *Messen qualitativer Eigenschaften* auf einem möglichst hohen Skalenniveau mit ordinal-, intervall- oder verhältnisskalierte Messwerten und deren statischen Auswertung, wobei sowohl die Auswahl der aufzunehmenden Stimuli (Expertenbefragung, Pretest etc.) als auch die Interpretation der erhaltenen Antworten objektiv nachvollziehbar sind.

der Metaebene (conceptas – [geistig] erfassen, erkennen, verstehen) sind Explikationen.

Zur methodologischen Demonstration dieser Modellvorstellung können die *dunkle Materie* und die *dunkle Energie* des Universums angeführt werden, obwohl das, was sich hinter diesen ‚offenen' Begriffen tatsächlich verbirgt und mehr noch, was diese Phänomene verursacht, nicht eindeutig geklärt ist. Die Fakten belegen, dass lediglich 4,9% der im Universum verteilten Materie und Energie der ‚normalen', direkt wahrnehmbaren (baryonischen) Materie zuzuordnen sind. 26,8% werden der hypothetischen dunklen Materie und 68,3% der dunklen Energie zugewiesen. So bedeutend für die sichtbare Materie die Entdeckung des Higgs-Boson und seiner Masse mit ‚high technologies' auch sein mag, 95,1% der Materie- und Energieverteilung des Universums bleiben im doppelten Wortsinn noch *im Dunklen*, entziehen sich derzeit der direkten Beobachtung.[14] Darin ähneln sie jenem Teil des, in verschiedenen wissenschaftlichen Zusammenhängen als Metapher herangezogenen Eisbergs, der sich faktisch nur zu ca. einem Achtel im Sichtbaren, d.h. über der Wasseroberfläche, bewegt.

Die Perceptas stellen ontisch-ontologische Beziehungen, Relationen erster Ordnung dar. Die Conceptas gehören zur Metaebene, sie repräsentieren Reflexionen, Explikationen, formieren *kognitiv-diskursive Beziehungen*, Relationen zweiter Ordnung. Relationen sind immer Folgen/Auswirkungen von Feldern.

Die *Relationen erster und zweiter Ordnungen,* **der** *Bezugnahmen* (Verhältnisse) und von Abläufen (Prozessen), unterliegen Orientierungen. Während die *Bezugnahmen* beider Ordnungen wechselseitig und umkehrbar korrelieren, sind *reale Prozesse* stets gerichtet, also einseitig, unumkehrbar, bestenfalls nach einer Idealisierung fiktiv reversibel (umkehrbar).

***Empirische Relative*** (**kausale**, funktionale, evolutive *Relationssysteme, relatio in natura*): → kognitive Relative (logische, numerische *relatio rationis*)

Anerkanntermaßen repräsentiert das *Quadrupel von Ontischem-Ontologischem und Kognitivem-Diskursivem*[15] in jeglicher Phänomenologie und

14 Obwohl es überzeugende indirekte Hinweise auf die dunkle Materie und die dunkle Energie gibt, kann bisher weder die Existenz elektromagnetischer Strahlung noch bestimmter Teilchen detektiert werden. Beide entziehen sich noch immer dem experimentellen Nachweis. Das Problem: Die flüchtigen, massereichen hypothetischen Elementartteilchen sind lediglich schwach wechselwirkend und unterliegen vorwiegend der Gravitation; die postulierte elektromagnetische Strahlung wird weder absorbiert, noch emittiert.

15 ***Diskursiv*** (von lat. discurrere, auseinanderlaufen), Gegensatz zu intuitiv (gefühlsmäßig), benennt eine Qualität des Denkens, das sich von einer bestimmten (certain) Ansicht/Inter-

Reflexion eine *dialektische Einheit*. Das Quadrupel verbindet ***ur**-sächlich* (buchstäblich aus der erzeugten/gewachsenen/sich verändernden Realität heraus) das fundamentale Prinzip der Bewegung im Komplex von Wirklichkeit und Möglichkeiten sowie im Denken und Erkennen. Hier im Phänomenologischen sowie bei der *Bildung* und *Entfaltung* von *Begriffen* – den Reflexionen und Explikationen – aber generell geltend.

Ohne Anspruch auf die Qualität einer ‚definitio realis', sie dennoch bestmöglich approximierend, sei eine *resümierende Technik-Begriffsbestimmung* zur Diskussion angeboten. Unbeantwortet bleiben die für Realdefinitionen zentralen Fragen, worin der wesentliche *Kern der Technik* besteht – wenn er überhaupt existiert – und welche von anderen trennenden, invarianten Merkmale nur sie besitzt.

*Technik* ist eine *Entität*, ein semantischer *Sammelbegriff*, der das Wesen – die Intension – und den Umfang – die Extension – der sie konstituierenden *komplexen Sachverhalte, Gegenstände, Operationen und Prozesse* in ihrer Gesamtheit *netzartig* (als Konnexion heterogener Konstituenten ohne ausgewiesenes Zentrum), d.h. ohne Begriffskern integriert.

Die Technik ist ein evolvierendes, hoch komplexes: naturales, soziales, kulturales und humanes *Phänomen*, ein zweckbestimmtes, nur multiperspektivisch denkbares und gestaltbares, qualitativ und quantitativ exponiertes materielles Element der gesellschaftlichen Produktivkräfte: der Mittel und Prozesse der physischen und psychischen Arbeit des Menschen zur Befriedigung der Lebensbedürfnisse (Produktionsweise ↔ Lebensweise). Technik ist Ausdruck der Wirkungsfähigkeiten der *Naturwelt*, die mit ihren immensen – in Teilen erneuerbaren – Nutzungspotentialen diese vielfältige, vielgestaltige, multiple, effektiv substituierende und assistierende gesellschaftliche Sphäre: eine ‚Hilfswelt', eine ‚zweite Natur', generiert.

Als *Produkt* und wesentliches *Instrument der gesellschaftlichen Entwicklung* ist die Technik mit ihren *sozio-kulturellen Determinanten* praktisch und theoretisch in sozio-ökonomische Zusammenhänge, wie Ziele, Methoden, Wege, Selektionskriterien, einzuordnen.

Die Bedingungen und Möglichkeit des technischen Wirkens, die technische Gestaltung von Artefakten und Operationen, der integrale *Funktionssinn der Technik*, in Einem: *das Prinzip der Technik*, repräsentieren immer auch Konditionen, Prozeduren und Produkte der *Kultur*. Das spezifische und

---

pretation logisch begründet zu einer anderen überzeugenden entwickelt und die aufeinanderfolgenden Vorstellungen/Ideologeme sukzessiv aus konsistenten Teilen hervorgehen. Im weiteren Sinne wird ein Denken diskursiv genannt, wenn es *begrifflich* ist. Höhere Erkenntnisformen wie Imagination, Inspiration und Intuition sind grundsätzlich nichtdiskursiv.

generische *Kollektivum* Technik schließt reale und abstrakte (darunter begriffliche) Kulturprodukte und Kulturgüter holistisch ein und umgekehrt.

Die Technik weist vier *Wirkungsdimensionen* auf: Sie fungiert als Produktiv-, Kultur-, Sozial- und Humankraft. Auch das erklärt ihre Multiperspektivität.

Mit dem *technischen Fortschritt (der Technikgenese)* qualifiziert der die Menschheit entwicklungsgesetzlich begleitende *Prozess der Technisierung* das gesellschaftliche Einsatzfeld der Technik und dehnt es – im Großen und Ganzen unbegrenzt – aus.

Bewusst ausnahmslos an direkten und indirekten Zitaten Ropohls orientiert, lässt sich resümieren:

- *Technik* passt also nicht in die ‚Seinsbereiche', über denen sich die Disziplinen definieren, und noch viel weniger lässt sie sich auf eine der ‚Schichten' beschränken, die in jenen Seinsbereichen unterschieden werden. Vielmehr kommen, wenn man Technik verstehen und gestalten will, alle diese Bereiche und Schichten in Betracht (vgl. Ropohl 2009, S. 32ff.).
- Die *Technikwissenschaften* können mithin, wenn sie die Definition der Probleme angemessen und umfassend vornehmen wollen, grundsätzlich keine Disziplinwissenschaften sein.
- Im Aufsatz „Jenseits der Disziplinen – Transdisziplinarität als neues Paradigma"[16], belegt Ropohl, dass *Transdisziplinwissenschaften spezifische Besonderheiten aufweisen:* Sie unterscheiden sich von disziplinären Wissenschaften in der *Definition der Probleme*, der *Begrifflichkeit*, den *Denkmodellen*, den *Methoden* und den *Qualitätskriterien*.
- Im disziplinären Paradigma befangen ordneten sich die Technikwissenschaften während ihrer Entstehungsphase vom 18. zum 19. Jh. den Naturwissenschaften mit der unwesentlichen Spezifikation ‚angewandte Naturwissenschaften' zu.
- Das *konkurrierende Konzept*, mit einem sachlich angemessenen (in statu nascendi) *transdisziplinären Charakter* technischen Wissens, die *‚Technologie'* von Johann Beckmann, wurde zurückgedrängt. Beckmann hatte das technologische Paradigma als „eigenständige, fachübergreifende Wissenschaft von Arbeit und Technik in Wirtschaft und Gesellschaft begründet" (Ropohl 1977, S. 112). Ein im Vergleich zu Beckmann beschränktes, kontraproduktives technikwissenschaftliches Fachverständnis mit revisionsbedürftiger Sichtweise wirkt – zumindest partiell – bis heute entwicklungshemmend.

16 LIFIS ONLINE [21.03.10] www.leibniz-institut.de ISSN 1864-6972

Gleichermaßen die Technikgeschichte aufnehmend, als auch die heutigen technisch-technologischen Konstellationen berücksichtigend, ergibt sich daraus für Ropohl die Folgerung, der Technologie den Rang einer transdisziplinären Wissenschaft[17] zuzuweisen.

## 4 Technologien – Kernstück der Produktions- und Lebenssphäre

Ein Blick in die Geschichte öffnet Sichten für das sich daraus entfaltende Gegenwärtige und zukünftig Mögliches, das dem Aktuellen immanent ist.

Der Begründer der Wissenschaftsdisziplin Technologie, der Nationalökonomen Johann Beckmann (1739–1811), definierte 1777 in der deskriptiven, dennoch grundlegenden und systematisierenden „Anleitung zur Technologie...“:[18]

> „Die Technologie lehrt sowohl die rohen als schon bearbeiteten Materialien zu allen höchst verschiedenen Arten des Gebrauchs, welchen die Menschen davon zu machen wissen, zurichten. Die Zurichtung zu einem bestimmten Gebrauche, heißt die Verarbeitung des Materials. Diejenigen, welche daraus ein Gewerb machen, nennet man Handwerker, und ein solches Gewerb ein *Handwerk, wozu also auch*, in wissenschaftlichem Verstande, manche *Künste, die Fabriken und Manufakturen* gehören.“ (H. d. V. – L.-G. F.)

Beckmann bemerkte, dass „Künste und Handwerke nicht sowohl durch ganz neue Erfindungen erstaunlich verbessert worden sind, als vielmehr nur durch Übertragung der Mittel von einem Handwerk zum anderen.“ Den Mittelpunkt dieser ‚Anleitung‘ bilden Analysen und eine Systematik der verschiedenen bestehenden Gewerbe.

Seit Johann Beckmanns Veröffentlichung: „Technologie, oder zur Kentniß der Handwerke, Fabriken und Manufacturen, vornehmlich derer, welche mit der Landwirtschaft, Polizey und Cameralwissenschaft in nächster Verbindung stehn“, existiert also ein zwar zeitgebundener aber entwicklungsfähiger Technologiebegriff.

Mit seinem Werk „Entwurf der algemeinen (sic!) Technologie“, (Göttingen 1806) führt der Hofrat und ordentliche Professor der Oekonomie den Begriff *Allgemeine Technologie* ein. Darunter versteht er eine Systematik

---

17 Der theoretische Ort der Transdisziplinarität findet sich – nach Ropohl – in einer von der synthetischen Philosophie angeleiteten wissenschaftlichen Systematisierung „nicht ‚zwischen‘ oder ‚über‘ den Disziplinen, sondern *jenseits des disziplinären Paradigmas*.“

18 „Anleitung zur Technologie...“ in der 5. Auflage von 1802 wurde vom Machmit-Verlag von Bernd Meier und Helmut Meschenmoser (Hg.) in einer Sonderedition 2006 anlässlich des 80. Geburtstages von Horst Wolffgramm neu ediert (ISBN3-932598-17-2).

„der verschiedenen Absichten, welche die Handwerker und Künstler bey ihren verschiedenen Arbeiten haben, und daneben ein Verzeichniß aller der Mittel, durch welche sie jede derselben zu erreichen wissen.“ (Beckmann 1806, S. 465)

Die „Allgemeine Technologie“ vereint Ausführungen über Rohstoffe, zur Fabrikation und zu Waren und sie soll

„die gemeinschaftlichen und besondern Absichten [... ] und Mittel anzeigen, die Gründe erklären, worauf sie beruhen, und sonst noch dasjenige kurz lehren, was zum Verständniß und zur Beurtheilung der einzelnen Mittel, und zu ihrer Auswahl bey Übertragungen auf andere Gegenstände, als wozu sie bis jetzt gebraucht sind, dienen könnte.“ (Beckmann 1806, S. 465)

Heute bezeichnet die Allgemeine Technologie oder *Allgemeine Technikwissenschaft* nach Banse eine

„generalistisch-transdisziplinäre Technikforschung und Techniklehre und ist die Wissenschaft von den allgemeinen Funktions- und Strukturprinzipien der technischen Sachsysteme und ihrer sozio-kulturellen Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge.“ (Banse et al. 2006, S. 337)

### *4.1 Gesellschaftliche Funktionen und Wirkungen der Technologie – Faktisches zur fortgeschrittenen dualen Technologie*

Zwischen den *Ressourcen aller Art* und den *Gebrauchswerten* (dem angestrebten Nutzen für den Menschen, die Gesellschaft...) *fungieren* immer *Technologien*.

Der einzigartige *Stellenwert der Technologien* erklärt sich entscheidend aus ihren

- *effektiv* und *bahnbrechend vermittelnden, integrierenden, verändernden und stimulierenden Wirkungen* auf die verschiedensten Bereiche der evolvierenden Gesellschaft, und daraus, dass
- es keinen effizienteren Weg zur *Überführung empirischen (~techné) und wissenschaftlichen(~epistémé) Wissens* in das zielgerichtete, koordinierte, werteschaffende menschliche Denken und Handeln gibt. Nur über Technologien werden wissenschaftliche Ergebnisse – gleich welcher Wissenschaftsdisziplin, ebenso wie empirische Erfahrungen aus der Produktion und anderen menschlichen Tätigkeitsfeldern – gesellschaftlich wirksam: in *Kreativität, Produktivität, Effektivität, in Innovationen,* letztlich *in Produkte und Prozesse/Verfahren* sowie mit allem assoziierte soziale Effekte, wie Humanität und Gemeinnutz, transformierbar. Womit zunächst nur ein Möglichkeitsfeld charakterisiert wird.

Technologien repräsentieren mit ihren arteigen *gekoppelten stofflichen, energetischen und informationellen Aspekten* generell und manifestieren vornehmlich funktionale Strukturen – hoch *komplexe räumliche und zeitliche Ordnungen*.[19] Wesensgemäß gibt die Mathematik die allgemeinste Definition der Struktur eines Systems mit der Charakterisierung als Anordnung sowie raumzeitliche Verknüpfung der Systemelemente. Etwas detaillierter formuliert, ist die Struktur eines Systems von der Eigenart der Anordnung seiner Elemente und der Qualität der Beziehungen untereinander bestimmt. Der *strukturtheoretische* Begriff *Ordnung* bezieht sich auf den *realen* (faktischen, aktuellen) *Zustand* des Systems, seine Organisation, d.h. die Existenz (den Aufbau und die Erhaltung) *nicht zufälliger, räumlicher, zeitlicher und raumzeitlicher Muster* aus Untereinheiten der jeweiligen Systeme, mit spezifischen stofflichen, energetischen und informationellen Strukturen sowie Dependenzen. Die Beziehungen zwischen den materiellen und immateriellen Erscheinungen sind unterschiedlich ausgeprägt, ihre Wirkungen ebenfalls gradiert.

Technologien können schlüssig als dialektische Gesamtheit aus *techné* (Kunst, Handwerk, Geschick, ...) und *epistémé* (Theoretischem, wissenschaftlich Qualifizierbarem...) behandelt und reflektiert werden. Gut nachvollziehbar verschiebt die fortschreitende technisch-technologische Entwicklung die qualitätsbestimmenden Akzente innerhalb der technologischen Produktionsweise vom *‚techné‘* zum *‚epistémé*.

Der Terminus technicus Technologie bezeichnet in erster Näherung das *„WIE“:* die Art und Weise, den Charakter, die bestimmenden Umstände eines Geschehens und Tuns *(Praxis)* sowie die diesbezüglichen Methoden, Konzepte und Strategien *(Theorie).* Unmittelbarer akzentuiert geht es um die makro-, meso-, mikro-, nanoskopisch *skalierte Prozessführung (Einwirkungen)* sowie die *effektive Verfahrensgestaltung (die organisierte, steuernde und regelnde Einflussnahme)* beim zielorientierten Zusammenwirken der materiellen und ideellen Produktivkräfte in *multiplen Arbeitsprozessen*, wie *Erkenntnis-, Design-* und *Produktionsprozessen*, im *gesamten Reproduktionsprozess (mit dem Produktionsprozess als dessen Kern).*

Dafür verbindet jede Technologie in einer *organisierten operativen emergenten Gesamtheit* aus Hardware und Software (mit festgelegten dynamischen, permeablen Systemgrenzen) natürliche, technische, wissenschaft-

---

19 Am Rande notiert: „Ordnung ist eine Konstellation von Zeichen. Es gibt (aber) keine Ordnung schlechthin, sondern nur eine *Vielfalt nebeneinander bestehender Zweckkonstellationen*, die alle auf letztlich unbeweisbare und unwiderlegbare Prinzipien gründen, die ihre eigenen Deutungen erfordern.“ (Pross1981, S. 34, H. d. V. – L.-G. F.)

liche, organisatorische, soziale ... Ressourcen (im weiten Sinn von Kräften, Fähigkeiten und Möglichkeiten).

Technologien sind letztendlich über *funktionalisierte Interaktionen* vermittelte Einwirkungen und Einflussnahmen *(Führung)* auf die komplexen Vorgänge und menschlichen Tätigkeiten (mit der Arbeit als Quintessenz) in hierarchisch und heterarchisch organisierten Architekturen *(Design/bewusste Gestaltung)* zur effektiven und effizienten *Verwirklichung vorgegebener Ziele.*

Technologien sind *historische Kategorien, Produkte* gesellschaftlicher Entwicklungen und *treibende Kräfte* der evolutionären gesellschaftlichen Produktionsweise. Folgerichtig unterliegen sie *sozioökonomischen Selektionskriterien* sowie *gesellschaftlichen* Wertvorstellungen, und sie fungieren als Instrumentarien der Produktivkraftentwicklung in technisch dominierten sozialen Strukturen. Zugleich dienen sie als deren zentrale Indikatoren. (vgl. Fleischer 2015, S. 40f.).[20]

### *4.2 Technologien: Emergente Gesamtheiten und integrierte Subsysteme*

Typisch für Technologien ist in der Gegenwart – in einer *dialektischen Einheit* von Ontischem-Ontologischem und Kognitivem-Diskursivem, von Realdialektik und Widerspiegelungsdialektik – die *Dualität* von handlungsorientiertem, *objektiv-realem Prozess-System (Sachsystem)* und erkenntnisorientiertem, akkumulierendem und systematisierendem *Wissens-System (Theoriensystem)*.

Die Typologie der dualen Technologien mit Kurzcharakteristik und eine derzeit einvernehmliche Klassifikationsvariante dokumentiert die Abbildung 1.

20 Dieses komprimiert formulierte (Selbst)Zitat erfasst notwendig zu erörternde grundlegende Sachverhalte. Verbale Metamorphosen des Textes wären m.E. formale Spielchen, die ich bewusst unterlasse. Überdies werden zwei Abbildungen aus dem Beitrag: „Technologie – ‚techné‘ und ‚epistémé‘“ wegen einer geschlossenen Darstellung übernommen.

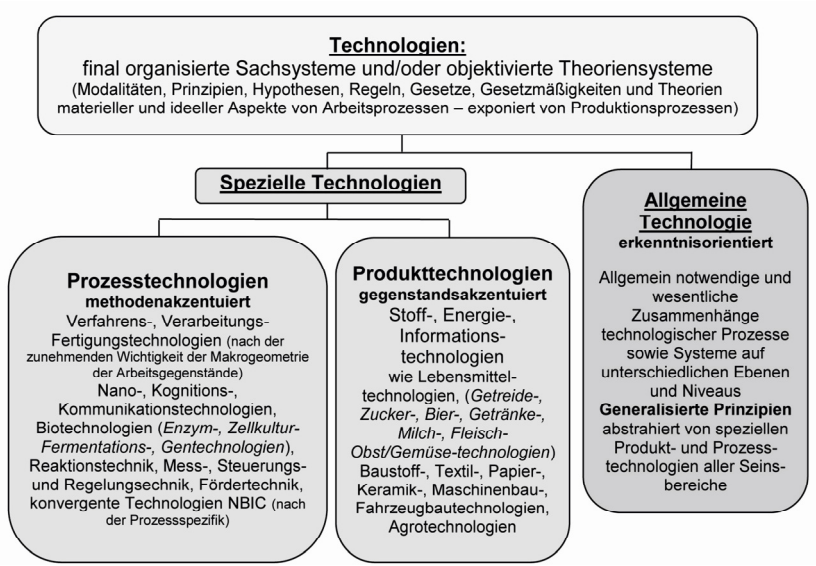



Abb. 1: Typologie der Technologien und Klassifikationsmodell

Quelle: Eigene Darstellung

### *4.3 Technologien als Prozess-System (Sachsystem)*

Alle Sachsysteme haben im (kybernetischen) Kategorienschema komplexer regulatorischer dynamischer Systeme *fünf Attribute* (Entitäten): *Stoff, Energie, Information* sowie *Raum* und *Zeit*. Sie bilden eine unüberschaubare Fülle und Vielfalt final organisierter, interagierender, im speziellen kooperierender dynamischer Strukturen, die bestimmte Funktionen tragen und verschiedenartigen Veränderungen unterliegen bzw. sie selbst bewirken.

Die fünf Attribute werden vervollständigt von *drei Funktionen:* der *Speicherung*, dem *Transport* und der *Transformation/Konversion* von Parametern und Qualitäten der betreffenden Gegenstände. Die letztgenannte, technologisch schwierigste Funktion betrifft die *stofflichen, energetischen und informationellen* Wandlungen in Reaktionen unterschiedlichster Typen einschließlich kinetischer Phasenübergänge verschiedener thermodynamischer Ordnungen. Die drei Funktionen begründen Speichertechnologien, Transporttechnologien, Funktionstechnologien in vielfältig variierenden, auch polaren Ausprägungen.

Als handlungsorientierte objektiv-reale Prozess-Systeme (Sachsysteme) bilden Technologien – gestützt auf ihre räumlichen und zeitlichen Organisationsstrukturen sowie die kooperativen *Funktions- und Arbeitsweisen – in*

*praxi hoch komplexe, funktionsbestimmte,* ganzheitlich *operierende, offene* (mit Inputs und Outputs zur Natur und Gesellschaft agierende), *emergente dynamische Ordnungen* mit typischen (schon gegebenen natürlichen oder extra geschaffenen) Kooperations- und Organisationsformen zwischen ihren konstituierenden, integrierten Subsystemen (Arbeitsmitteln und Arbeitsgegenständen: Stoffe, Energien, Informationen) sowie charakteristischen Relationen/Interaktionen. Der mit seinen Kompetenzen, Fähigkeiten, Fertigkeiten sowie Interessen, Einstellungen, Wertvorstellungen und seinem Wissen zielgerichtet handelnde Mensch, wird dabei als Arbeitskraft physisch und psychisch in Anspruch genommen.

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

Und Simondon verspottet die reduktionistische Attitüde über ein allgemeinverständliches Pendant:

> „Gegenüber dem Kunstwerk bestünde eine solche Haltung darin, ein Gemälde auf eine gewisse Ausdehnung von getrockneter und rissiger Farbe auf einer gespannten Leinwand zu reduzieren."
>
> „Damit sich die Vorstellung der technischen Inhalte in die Kultur eingliedern kann, muss es eine Objektivierung der technischen Relation für den Menschen geben." (Simondon 2012, S. 134)
>
> „Das philosophische Denken muss die Integration der technischen Wirklichkeit in die universelle Kultur bewerkstelligen, indem es eine Technologie begründet." (Simondon 2012, S. 135)
>
> „Um der Kultur den wahrhaft umfassenden Charakter zurückzugeben, der ihr abhandengekommen ist, muss man in der Lage sein, das Bewusstsein von der Natur der Maschine, das Bewusstsein ihre wechselseitigen Beziehungen und ihrer Beziehungen zum Menschen sowie der in diesen Beziehungen impliziten Werte wieder in sie einzuführen." (Simondon 2012, S. 13)

Die mengentheoretische Struktur der Technologie als Sachsystem **T**={K, M, G} ist als $2^3$-elementige Potenzmenge im Hasse-Diagramm (schreibvereinfacht mit Äquivalenzen) dargestellt (Abb. 2)**.** Das n-Tupel – das *neue emergente*[21] *Ganze* – aus den n = 3, in politökonomischer Diktion notierten,

21 In den meisten Fällen basiert das Phänomen der *Emergenz* auf einer plötzlichen Selbstorganisation. Nach dem Konzept der emergenten Selbstorganisation verbinden sich spontan

Grundmengen: K – *Arbeitskräfte*, M – *Arbeitsmittel* – technische Mittel und Methoden – und G, den komplexen *Arbeitsgegenständen* (Stoffe, Energien, Informationen) formiert geometrisch einen Quader mit acht Ecken und zwölf Kanten. Die Zuordnung des technologisch Faktischen zu geometrischen Gebilden: den Eckpunkten (Knoten – Elementen der Potenzmenge) und den geometrischen Örtern – den Kanten, die Elemente verbinden, mathematisch als Graph modellierbar (äquivalente Struktur zum retiven Raum) sind – ist der Abbildung 2 zu entnehmen und in der Korrespondenz mit dem *Deutungsmodell der Technologie* als objektiv-reales Sachsystem (Abb. 3) zu betrachten.

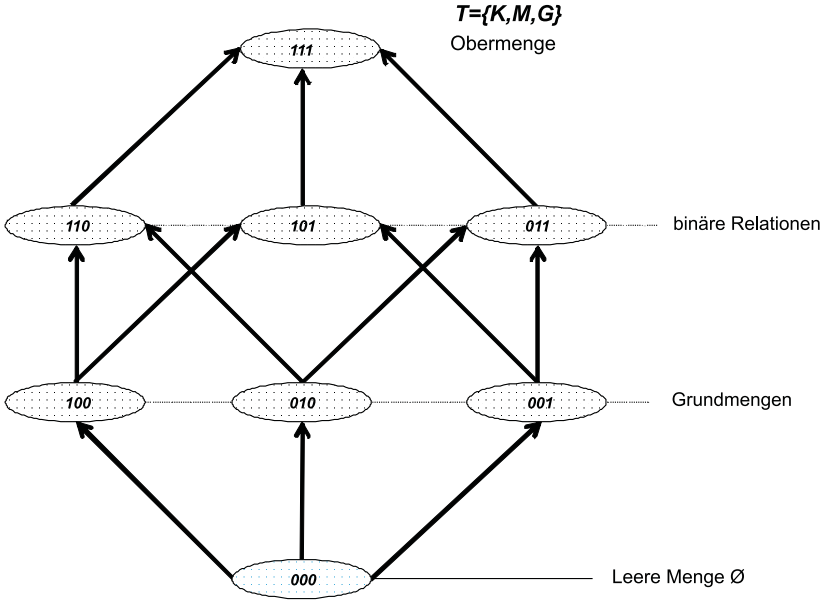



Abb. 2: Hasse-Diagramm zur mengentheoretischen Struktur der Technologie als Sachsystem

Quelle: Eigene Darstellung

– aus eigenem (innerem) Antrieb und plötzlich – zahlreiche Elemente infolge ihrer akzentuiert nächstnachbarlichen Wechselwirkungen zu Systemen mit bestimmten neuen Strukturen, Eigenschaften und Fähigkeiten, die sich qualitativ als Teil und Ganzes vom vorhergehenden Niveau/Zustand unterscheiden

Mit der Wahl einer mengentheoretischen Betrachtungsweise wird eine begründete – noch generellere – Empfehlung Ernst Machs[22] übernommen:

> „So seltsam es auch klingen mag, die Stärke der Mathematik beruht auf dem Vermeiden jeder unnötigen Annahme und auf ihrer großartigen Einsparung an Denkarbeit“.

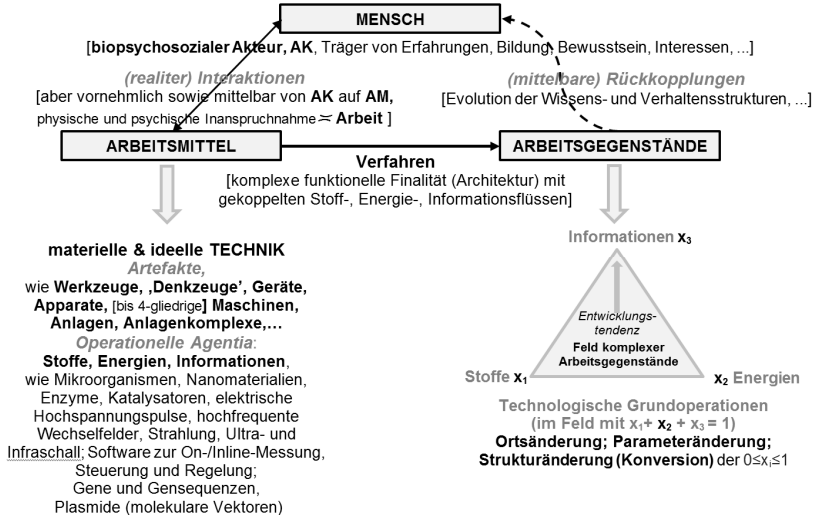



Abb. 3: Deutungsmodell zur Grundstruktur von Technologien als objektiv-reale Sachsysteme

Quelle: Eigene Darstellung

Vier Sachlagen sind einsichtig:

1. In keinem Fall ist ein technologischer Prozess mit dem Produktionsprozess bzw. anderen analogen Schaffens- und Wertbildungsprozessen identisch. Jede Produktion, jede intentionale menschliche Tätigkeit, weist neben dem materiell-technischen Inhalt eine determinierende sozio-ökonomische und sozio-kulturelle Form auf. Diese gesellschaftliche Seite der Prozesse umfasst vor allem die Beziehungen des Menschen in deren Feld und zu ihnen. Dieses heterogene Geflecht von Konnexionen gehört zum Gegenstand der Politischen Ökonomie, der Soziologie und der Psychologie.

22 http://www.spruecheportal.de/mathematikzitate.php

2. Die Technik (Artefakte, operationelle Agentia, Prozedere...) bildet die entscheidende materielle Basis jeder Technologie und zugleich deren dynamischstes *innovatives Element*. Unter dem in Deutschland kreierten Marketinglabel mit dem Versionsanzeiger 4.0 und als Industrie 4.0 propagiert, entsteht infolge des tiefgreifenden und nachhaltigen (revolutionären) wissenschaftlich-technischen Wandels[23] ein neuer, informationelle Aspekte und I&K-Instrumentarien umfassend integrierender *Techniktyp* für intelligente, weitgehend selbstorganisierende Prozesse und automatisierte Verfahren. Die Computerisierung, die Digitalisierung aller zustands- und prozessbeschreibenden Größen, die Algorithmisierung der Handlungen und programmierten Abläufe, die universelle interne und externe Vernetzungen eigenständiger und eingebetteter Gliederungen sowie steigende Komplexitätsgrade der beteiligten, bis zu cyber-physischen Strukturen reichenden, Systeme und eingesetzten Prozesse, sowie der Aufbau und Ausbau intelligenter Netze sind deren *wegweisende Indikatoren.*
3. Die binäre Relation M→G, MRG bzw. Äquivalenz **{1,1,0}** mit dem Vorbereich/der Quelle M und dem Nachbereich/Ziel bzw. der Zielmenge G entspricht bewusst gestalteten gesteuerten und geregelten Einflussnahmen auf die Arbeitsgegenstände – Verfahren/Prozesse. Diese Relation R dominiert die innere Komplexität der Technologie und deren Substrukturen. Mit Inklusion der Quelle und des Ziels ist sie als Tripel definiert $R := (G_R, M, G)$ mit $G_R = \mathrm{Graph}(R) \subseteq M \times G$ wobei das kartesische Produkt $M \times G := \{(m, g) | (m \in M) \wedge (g \in G)\}$ definiert ist.
   In die Hierarchie der Relationen gehören: grosso modo Verfahrenszüge, Verfahren in der makroskopischen Betrachtungsweise und weiter untersetzt technische Makroprozesse, technische Mikroprozesse, in der elementaren Ebene schließlich die Wirkprinzipien oder Funktionsprinzipien. Die *Verfahrensgestaltung* und die inhärente *Prozessführung* sind die qualitätsprägenden Funktionaltäten der Technologie.[24]

---

23 Der 2011 eingeführte Code Industrie 4.0 ist eng mit einem Zukunftsprojekt der Bundesregierung zur Erneuerung der deutschen Industrie und der Erschließung weiterer Wertschöpfungspotenziale verknüpft.

24 Die *stoffwandelnden Produktionsprozesse* sind hierarchisch in konjugierten strukturell-funktionellen Ebenen (Systemen) gegliedert. Exponierte Hierarchieeben definieren die Prozessgruppen, Verfahrensstufen (verfahrenstechnische Prozesseinheit/Grundausrüstung), Verfahren (Anlagen), Verfahrenszüge (Anlagenkomplexe), Verbundsysteme und die Werksysteme. *Sie basieren auf charakteristischen Wirk-(Funktions)prinzipien.* **Verfahren** steht für einen gesteuerten und geregelten, in Verfahrensschritte mit definierten und reproduzierbaren Zuständen zerlegbaren, nachvollziehbaren und wiederholbaren *(deterministischen) Ablauf*, z.B. für eine Produktionsmethode im Handwerk und in der Industrie, wie Fertigungsverfahren, Verarbeitungsverfahren.

4. Die binäre Relation K→G, KRG bzw. Äquivalenz **{1,0,1}** oder **R: = ($G_R$, K, G)** mit $G_R$ = Graph(R) ⊆ K x G wobei K x G: = {(k, g)| (k ∈ K) ∧ (g ∈ G)} widerspiegelt den, in der Arbeits-Charakterisierung Simondons erläuterten Fall, dass

   „der Mensch dem technischen Objekt nicht die Funktion der Vermittlung zwischen Spezies und Natur anvertrauen kann und er selbst, durch seinen Körper, sein Denken, seine Handlung, diese Relationsfunktion erfüllen muss.“ (Simondon 2012, S. 223f.)

### *4.4 Technologien als Wissens-System (Theoriensystem)*

„Die Technologie hat sich aus ‚Sammlungen von Faktenwissen’ über Verfahren zur Herstellung unterschiedlichster Produkte zu einer Wissenschaft entwickelt, die auf komplexe Weise Grundlagenwissenschaften, technische Wissenschaften, Ökonomie und Ökologie verbindet und Grundlage für alle modernen Industriezweige geworden ist. Der gesamte Lebenszyklus der Produktionsprozesse und der Produkte selbst ist Gegenstand der Technologie geworden.“ (Siehe Hartmann 2016, dieser Sitzungsbericht S. 131)

Auf ihrem heutigen Entwicklungsstand bedürfen die – weit über das theoretische Ensemble der Produktionstechnologien hinausgewachsenen – erkenntnisorientierten, akkumulierenden und systematisierenden *Wissens-Systeme (Theoriensysteme)* zwingend der Inter-, Multi- sowie Transdisziplinarität; sie profilieren und qualifizieren rückkoppelnd die Wissensmodelle mit methodischen sowie begrifflichen Innovationen. Dieser Gedankengang wird im Verlauf weiterer Erörterungen später wieder aufgenommen.

Jede Theorie T lässt sich – wie vorn angeführt – in einer reduzierten Form (red.) mit Hilfe ihres *Kerns* **K** und der Menge der inkludierten und intendierten (bewusst auf etwas hinzielenden, hinarbeitenden; etwas beabsichtigenden, anstrebenden) *Anwendungen* ***I*** als Potenzmenge $\boldsymbol{T_{red.}=\{K, I\}}$ oder (wie vorn ausführlich erläutert) als geordnetes Paar $\boldsymbol{T_{red.}=\{M, I\}}$ darstellen.

Den Kern K bilden die Modellmengen der Theorie gegebenenfalls Modellklassen M.

Neben den intendierten Systemen der Anwendung und unter Umständen einer adäquaten sprachlichen Komponente ihres mathematischen Kerns werden insbesondere *natur- und technikwissenschaftliche Theorien* von mathematisierten Modellen unterschiedlichster Struktur und Genesis formiert und determiniert. Der Strukturkern selbst weist nur einen kleinen bis gar keinen empirischen Anteil auf. Daher ist er gegenüber Falsifikationen relativ immun. Mathematische Modelle sind per definitionem widerspruchsfrei.

„Die *Stärke einer physikalischen Theorie*“, sagte Max Planck 1894 mit Bezug auf die Maxwellschen Feldgleichungen sowie dem dabei obwaltenden Verhältnis von Theorie, Experiment und Mathematik, liegt

> „nicht in der Allgemeinheit ihrer Gleichungen [...], sondern vielmehr in der *Besonderheit der Vorstellungen, die zu den Gleichungen führen*. Diese allein sind es, welche die Möglichkeit und die Richtung jeder fruchtbaren Weiterentwicklung bedingen, und je speziellerer und konkreterer Art sie sind, um so sicherer läßt sich mit ihnen operieren.“ (sic!) (Planck 1958, S. 289f., H. d. V. – L.-G. F.)

Ihren empirischen Gehalt erhält eine Theorie erst mit der Einführung von Spezialgesetzen und Querverbindungen zu anderen Theorien in einem sich ständig änderndem, wahrscheinlich rhizomorphen Netzwerk. Die Bezeichnung Netzwerk verweist auf ein multiples, dynamisches Gefüge, sein theoretisches Abbild ist ein adäquates polyzentrisches Netzmodell.

Die Menge der intendierten Anwendungen kann modifiziert werden, wenn sich abgeleitete empirische Sätze (Spezialgesetze) aufgrund der Datenlage als falsch erweisen oder die Extensionalität der Theorie positiv begründet und verifiziert wächst ($I_0 \rightarrow I$).

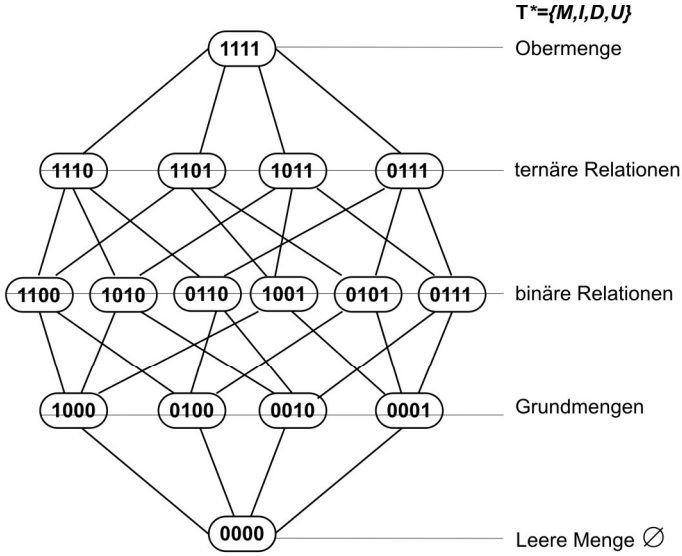
Transdisziplinwissenschaften, wie die Technologie als Theoriensystem, nutzen die Methoden und das Wissen zahlreicher verschiedener Fachgebiete/ Disziplinen für ein *relevantes Integrationsmodell*, verknüpfen das zu dem fachübergreifenden Problemfeld verfügbare, *disparate Wissen*, indem sie die „Partialmodelle komparativ auf einander und subsumptiv auf das integrative Gesamtmodell abstimmen“ (Ropohl 2010, S. 7).

Balzer definiert die mengentheoretische Struktur einer Theorie T* – wie der *Technologie* im Sinn des *(Theorien-)Wissenssystem* – etwas umfassender und gegliederter, nämlich als n-Tupel = Quadrupel: **T*={M, I, D, U}** bzw. als Äquivalenz **{1, 1, 1, 1}** *(Obermenge)*.

Die $2^4$-elementige Potenzmenge lässt sich im Hasse-Diagramm[25] graphisch abbilden (beachte die schreibtechnisch vereinfachte Abb. 4) und so hinsichtlich ihrer *metromorph organisierten Komplexität* sowie der inhärenten Relationen studieren. Die Grundmengen bilden (nach Balzer 1997, S. 50f.) n = 4, im kausalen und/oder funktionalen Zusammenhang stehende Entitäten: ***M*** repräsentiert eine *Klasse von Modellen,* ***I*** die Menge der intendierten *Systeme*, ***D*** eine Menge (mehr oder minder geordneter) *Datenstrukturen* und ***U*** einen *Approximationsappart* mit systemischer Methodenkompetenz zur Orientierung, Analyse, Lösung, Deutung, Beurteilung und Synthese.

---

25 Die Grafik zeigt den rhombendodekaedrischen dreidimensionalen Schatten des vierdimensionalen Würfels. Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Hasse-Diagramm




***Mengentheoretische Struktur der Technologie als Theoriensystem***: **T*=*{M,I,D,U}***
Das Quadrupel besteht (nach Baltzer) aus einer Klasse von ***Modellen*** **M**, einer Menge ***intendierter Systeme I***, einer (mehr oder minder geordneten) ***Datenmenge*** **D** sowie einem komplexen ***Approximationsappart*** **U**. Im abgebildeten Hasse-Diagramm der $2^4$-elementigen Potenzmenge stehen für die selbst hoch komplexen Mengen äquivalente numerische Zeichen***: Äquivalenzen: 0000*** $\asymp \varnothing$ ,***1000*** $\asymp$ ***M***, ***0100*** $\asymp$ ***I, 0010*** $\asymp$ ***D, 0001*** $\asymp$ ***U***

Abb. 4: Hasse-Diagramm zur mengentheoretischen Struktur der Technologie als Theoriensystem
Quelle: Eigene Darstellung

Die in **T*** implementierten Grundmengen $\bar{G}$ enthalten – sukzessive untersetzt – als Teilmengen die Definitionsmenge $\dot{D}$ und die Lösungsmenge $\bar{L} \rightarrow \bar{L} \subseteq \dot{D} \subseteq \bar{G}$.

Als charakteristisches Beispiel einer Netzwerkkomponente sei die binäre Relation M→I, MRI bzw. Äquivalenz {1,1,0,0} hervorgehoben. Sie repräsentiert die erläuterte reduzierte technologische Theorie $T_{red.}$.

Die *Technologie als (Theorien-)Wissenssystem* muss – wie jede Theorie – als planmäßig geordnete und verflochtene Menge hinreichend verifizierter und begründeter Aussagen bzw. Aussagesätzen in Form von Hypothesen, Regeln, Algorithmen, Axiomen, Gesetzen, Gesetzmäßigkeiten begriffen werden, die einen definierten – im gegebenen Fall indes außergewöhnlich kom-

plexen – Bereich der objektiven Realität erfasst und sich dabei allgemeingültig eines transdisziplinären Ensembles charakteristischer Methoden, exponiert der strategiebildenden Systemtheorie, bedienen muss. Besonders wichtig sind „integrative Methoden der Wissensorganisation und der Wissenssynthese, die der Verknüpfung, Abgleichung und Systematisierung des heterogenen Wissens dienen." (Ropohl 1996, S. 190ff.)

> „Die Technikwissenschaften können mithin, wenn sie die Definition der Probleme angemessen und umfassend vornehmen wollen, grundsätzlich keine Disziplinwissenschaften sein." (Ropohl 2010, S. 8)

Obwohl die wichtigsten Bestandteile einer Theorie deren Gesetze sind, enthält sie auch Aussagen, die sich auf einzelne Sachverhalte beziehen. Das betrifft unmittelbarer – jedoch keineswegs zwingend – aus Beobachtungen und Erfahrungen gewonnene empirische Theorien im stärkeren Maße als die deduktiven Theorien oder gar Metatheorien, wie die *Mathematik*, die *Allgemeine Technologie* oder die *second-order* cybernetics zur ‚Beobachtung der Beobachtungen' Theorien enthalten neben Intuitionen durchaus a-priori-Gesichtspunkte sowie prätheoretisches Wissen.

Derzeit absolvieren die *Technikwissenschaften* einen Selbstfindungsprozess, in dem sie sich zunehmend ihres wahren Wesens als *Transdisziplinwissenschaften* bewusst werden und diese Konstellation allmählich besser nutzen lernen, wobei – ihre Funktion als Qualitätskriterien – ausgenommen – die Transdisziplinarität[26] bislang vielmehr Programm als selbstverständliche Praxis ist. Ropohl konstatiert in dem Zusammenhang, dass Technikwissenschaften faktisch nie Disziplinwissenschaften gewesen sind; dass transdisziplinäres Wissen *vornehmlich im Verwendungszusammenhang* der Wissenschaft benötigt und dieses Modell auch nur dort verfolgt wird. Im *Entstehungszusammenhang* dagegen *dominiert*, sowohl bei Wissenschaftlern als Individuum auch in den wissenschaftlichen Institutionen, die Disziplinarität.

---

26 Der Begriff Transdisziplinarität wird, selbst in der wissenschaftlichen Literatur, bisher nicht einheitlich gebraucht. Der Autor (L.–G. F.) schließt sich solchen Auffassungen an, die partiell oder kumulativ akzentuieren:
**Transdisziplinarität** bezeichnet ein *integratives Prinzip* (Paradigma) der zweckrationalen Problembehandlung, Entwicklung und Forschung, das primär die Methodologie, das Rationalitätsverständnis der systematischen Zweck-Mittel-Abwägung, aber auch die holistische Organisation der Bearbeitung spezieller komplexer Probleme und die adäquate (fachübergreifende) Widerspiegelung der Resultate betrifft, wobei wissenschaftliche Methoden, disparates Wissen verschiedener Wissenschaftsdisziplinen sowie die Systemtheorie bewusst mit praktischen Erfahrungen, mit problemrelevantem außerwissenschaftlichem Wissen, in praktikablen Rationalitäten (Ganzheiten) vernetzt werden und die Ergebnisse den wissenschaftlichen und pragmatischen Kriterien genügen.

Im Großen und Ganzen lässt sich die *Bildung* von *Disziplinen* mit der Differenzierung von Materialobjekt und Formalobjekt nachvollziehen. Das *Materialobjekt* ist der „ganze konkrete Gegenstand, auf den sich die Wissenschaft richtet", das *Formalobjekt* dagegen die „besondere Rücksicht, unter der sie dieses Ganze betrachtet" (Brugger 1953, S. 385; vgl. Ropohl 2010, S. 3).

Bereits unter tradierten verfahrens-, verarbeitungs- und fertigungstechnischen Gesichtspunkten gehören zu den breit gefächerten *Stoffsystemen* der intendierten *Materialien*: Rohstoffe, Werkstoffe, Betriebsstoffe, Hilfsstoffe aber auch Bauteile und Baugruppen verschiedener Integrationsgrade. Diese durchaus nicht vollständigen, überwiegend nach der technologischen Funktion benannten Elemente der Materialpalette werden mit dem wissenschaftlich-technischen Fortschritt quantitativ und qualitativ, z.B. im Zuge der Biotisierung insbesondere disziplinär um biotische Komponenten, wie beispielsweise *biomolekulare Funktionseinheiten*, interdisziplinär um die *ubiquitäre Elektronik* bereichert. Deren Bauelemente sind bereits integrierte Systeme, z.B. aus *Nanostrukturen* bestehende, mit *Nanotechnologien* gefertigte Sensoren und/oder Aktoren.

Die *Stofftechnologien* reichen hinsichtlich ihrer substanziellen Ansatzpunkte weit über die Materialtechnologien hinaus. Anzuführen sind die intensiv wertschöpfenden chemischen und pharmazeutischen Technologien, die essentiellen Lebensmittel- und Biotechnologien.

Weitere Gruppen intendierter Systeme bilden die Energie- und Informationstechnologien, die intellektuelle Technologie des arrangierenden Komplexitätsmanagements, die verfügbaren bzw. unentbehrlichen – sich als Notwendigkeit ergebenden – technologische und ökonomische Kompetenzen aktivierenden bzw. herausbildenden Arbeits- und Handlungstechnologien sowie effektive Verhaltenstechnologien. Von überragendem Stellenwert für die sogenannte Wissensgesellschaft – nahezu deren Attribut – sind die Kognitionstechnologien. Ausführlichere Darstellungen zu diesen Skizzen folgen in entsprechenden Kapiteln dieses Beitrags.

## 5. Technikevolution und Technisierung – vom Werden und Gedeihen der Technik und der Technologien

Im Kontext mit der Charakterisierung der Technik protokollierte Recki: *„Die Technik ist phänomenal ein Reich von Mechanismen"* (Blumberg 1981, S. 50, vgl. Recki 2013, S. 9).

Dieser Gedanke wird jetzt aufgenommen und weiter ausgeführt.

„*Die Technik ist phänomenal ein Reich von Mechanismen. Technisierung* ist Husserls Ausdruck für diese Mechanismen. Er soll die Verselbständigung der Methode von der ursprünglichen Folie sachhaltigen theoretischen Wissens bezeichnen, einen Abstraktionsvorgang, in dessen Verlauf ein Verfahren, das zunächst in einem anschaulich konkreten Fall der Problemlösung seinen Ort hat, als Methode für die generalisierte, nicht an spezifisches Wissen gebundene, Anwendung zugerüstet wird. Husserls Beispiel ist die Abstraktion der Gegenstandskonstruktion durch die Einführung ablösbarer Rechenverfahren in die Geometrie.“

Recki definiert:

„Technisierung ist die Funktionalisierung durch Formalisierung: Verselbständigung des Verfahrens zur Methode, die ihren Ursprungskontext nicht mehr mit reflektiert. Bereichsneutrale Anwendungen der Technik als verselbständigter Methode, geben sich an der Entspezifizierung der äußeren Gestaltung und der Universalisierung technischer Funktionen zu erkennen.“ (Recki 2013, S. 6)

Dieser einschränkenden Lesart sei entgegengesetzt:

Der Begriff *Technisierung* beschreibt (nach der Auffassung des Autors – L.-G. F.) die zielorientierte, menschheitsbegleitende, entwicklungsgesetzliche und fundamentale Tendenz der effizienten Qualifizierung der artefaktischen, prozesshaften und methodischen Technik, der raschen räumlichen und immensen gegenständlichen Ausdehnung ihrer Einsatzfelder und der Nutzungsbereiche. Diese Reform betrifft die Implementierung der multiplen Technik in alle relevanten gesellschaftlichen Arbeitsbereiche, Informations- und Kommunikationsebenen, sozialen Wirkungssphären sowie in individuelle Seinsbereiche auf dem bestverfügbaren Entwicklungsniveau: über Verfahren zur Nutzbarmachung der Natur, der Übertragung relevanter extrasomatischer Funktionen, die Verstärkung menschlicher somatischer Fähigkeiten und Fertigkeiten mit technischen Mittel etc.

Das fortwährend wirkende Prinzip[27] wird qualitativ von wachsender Kreativität, Innovativität, geförderter Effektivität, Produktivität, Effizienz, zunehmender Verallgemeinerungsfähigkeit, Extrapolationsfähigkeit, höherer Zuverlässigkeit und Redundanz der Technik charakterisiert.

Technische Forschungen zielen auf *Innovationen*, sie basieren auf *Inventionen* (tatsächlich *neuen* Ideen, Erkenntnissen und Realien) und streben

27 Die Bezeichnung *Prinzip* meint eine allgemein gültige Gesetzmäßigkeit, in der andere ihren Ursprung haben (lat. principium ≈ Anfang, Ursprung) – ein Theorem als wesentlichem Bestandteil einer Theorie.
Im Unterschied dazu sollen mit dem Begriff *Konzept* (lat. concipere ≈ erfassen) *Grundideen, formulierte Gedankengerüste zur Realisierung von etwas*, beschrieben werden.

Verbesserungen sowie komplexe Neuerungen in *sozio-technischen* und *sozio-kulturellen* Systemen sowie den nachhaltigen technischen, ökonomischen und sozialen Wandel an.

Die Innovationen, die heute weit überwiegend aus einer Vielzahl von Resultaten verschiedenster Wissenschaftsdisziplinen hervorgehen, äußern sich in der Art, Menge, Qualität und den Kosten der Erzeugnisse, in der Produktionstechnik und der Produktionstechnologie. In der Regel steigen die angestrebte ökonomische Ergiebigkeit und Nachhaltigkeit der voneinander abhängenden Neuerungen in gewichteter Folge vom Produkt über die technischen Mittel bis zur Hochtechnologie. In erster Linie sind es Schlüsseltechnologien, wie die Informations- und Kommunikationstechnologie, die Mikro- und Nanotechnologien sowie moderne Werkstoff- und Strukturtechnologien[28], die die Prozesse und Fortschritte prägen. *Den nachhaltigsten Nutzen zeitigen neue Methoden, Prozesse und Verfahren.* Das gewollt Neue beweist sich in den Innovations- und Transformationsprozessen vor allem im „Wie". Die Art und Weise sowie die Mittel ordinieren das „Was".

Die Technisierung ist ein hoch komplexer, multifaktorieller und multifunktioneller, sozio-technischer, sozio-ökonomischer, sozio-ökologischer, letztlich sozio-kultureller Entwicklungsprozess mit naturalen, sozialen, kulturalen und humanen Dimensionen und äquivalenter Perspektivenvielfalt zur Gestaltung und Erneuerung (Transformation) des Daseins (Lebens- und Arbeitsweise) heutiger und kommender Generationen über verbesserte und neue Instrumentarien, Existenz- und Entwicklungsbedingungen. mit zahlreichen Schnittstellen im technischen, sozialen, ökonomischen, ökologischen... Problemfeld.

Er unterliegt in einem n-dimensionalen Bedingungsgefüge, der Koevolution von Natur, Gesellschaft/Mensch und Technik, widersprüchlichen bis diametralen politischen, ökonomischen und sozialen Zielprojektionen sowie *regulatorischen Ideen*, wie der *Nachhaltigkeit* oder dem derzeit bloß thesenhaft und zögernd propagierten, nur schemenhaft skizzierten, angeblich ‚alternativen' *Postwachstum in Technik-Wirtschaft-Gesellschaft.*

Werner Ebeling umreißt zur Frage: „Ist die Zukunft noch zu retten?" eine bedenkenswerte Anregung:

> „*Eingeschränkte Selbstorganisation und Diversität* in Verbindung mit *Kreativität und Toleranz* ist ein geeignetes Rezept für die Gestaltung der ökologisch-ökonomischen und sozio-kulturellen Zukunft unserer Welt. Die zu beachtenden

28 *Strukturtechnologie* – innerer Aufbau technischer Artefakte zur optimalen konstruktiven Gestaltung und zur sicheren Interaktion mit den Akteuren. Gestaltung adaptiver Funktionalitäten über Elementstrukturen, Schaltungen und Wirkungen von Kompartimente bei Systemtransformationen (frei nach G. Spur).

> Schranken ergeben sich aus physikalischer Sicht insbesondere aus der Begrenztheit der verfügbaren Ströme von wertvoller Energie bzw. von Entropie und aus den Grenzen der Stabilität des ökologisch-ökonomisch Gesamtsystems unserer Erde.“ (Ebeling 1994, S. 40f.)

Freilich ist mehr zu beachten: Die Nutznießung und Entwicklung der Technik vollzieht sich bekanntlich stets unter objektiv-real herrschenden Produktionsverhältnissen und obwaltenden gesellschaftlichen Bedingungen. Sie bestimmen maßgeblich, die Ziele, Modalitäten, den Charakter, die Prioritäten und das Zeitmaß der Entwicklung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts mit der primären Quelle in den vernetzten Wissenschaften.

### *5.1 Die Technisierung und der wissenschaftlich-technische Fortschritt*

Die Aufarbeitung der Quintessenzen von Einzelwissenschaften und die Synthese fachwissenschaftlich disparaten Wissens für fachübergreifende Problemfelder der Lebenspraxis, wie der finalen Technik, der zweckorientierten Technologie und der Technisierung, gehört zu den originären Aufgaben von *Transdisziplinen*. Im Kontext mit der Technologie als Theoriensystem wurde eingehender erörtert, dass transdisziplinäres Wissen vornehmlich im *Verwendungszusammenhang* der Wissenschaft benötigt und das Paradigma der Transdisziplinarität dafür etabliert wird. Im *Entstehungszusammenhang* hingegen dominiert die Disziplinarität. Transdisziplinen bedürfen demgemäß der *Wissenssynthese*: der Verknüpfung, Abgleichung und Systematisierung des heterogenen disziplinären Wissens. Sie nutzen die Methoden und das Wissen zahlreicher verschiedener Disziplinen für ein *relevantes Integrationsmodell*, verknüpfen das zu dem fachübergreifenden Problemfeld verfügbare, disparate Wissen, indem sie die „Partialmodelle komparativ aufeinander und subsumptiv auf das integrative Gesamtmodell abstimmen“ (Ropohl 2010, S. 7).

Das gilt unverkürzt für den evolutiven, hoch komplexen Integrationsprozess Technisierung.

Er nutzt und beansprucht, fordert und fördert Erkenntnisse verschiedener Wissenschaftsdisziplinen und der Systemtheorie, vereint und vernetzt sie bewusst mit praktischen Erfahrungen, mit problemrelevantem außerwissenschaftlichem Wissen, in praktikablen Rationalitäten – Ganzheiten. (beachte Fußnote 26 – Transdisziplinarität).

Zu den bestimmenden prozessualen Konstituenten gehören die sich entwickelnden Naturwissenschaften und die Mathematik (→ Physikalisierung, Biotisierung, Mathematisierung, ...) sowie exponierte Wirk-, Funktions- und

Strukturprinzipien (→ Mechanisierung, Elektronisierung, Automatisierung, Algorithmisierung, Miniaturisierung, ...). Die in dem Zusammenhang verwendete Endung <<-sierung>> dokumentiert in allen Tempora die nominalisierte Verlaufsform, ‚Continuous Form'. Sie betont (ähnlich der englischen ‚ing'-Form) das Prozesshafte, die Dauer, den Verlauf von Handlungen, Ereignissen, Veränderungen etc. in der Gegenwart und der Vergangenheit.

Ohne ausführliche Begründung und Erläuterung muss angemerkt werden, dass auch die gerichtete (irreversible), metastabile Technisierung allen Merkmalen unterliegt, die sich aus einer generellen Prozessdefinition ergeben, d.h. u.a., dass jeder Phasenwechsel mit chaotischen Übergängen und Unbestimmtheiten einhergeht: Das sequentielle oder parallele – dabei auch konkurrierende – Voranschreiten (~procedere) ist stets bedingt und entweder genau bestimmt (deterministisch) oder/und wahrscheinlich (probabilistisch) Die meisten realen Prozesse sind deterministisch-chaotisch oder chaotisch dynamisch. Alle Übergänge von bereits existenten Strukturen: bestimmten Regeln unterliegenden, relativ stabilen inneren Gliederungen – Mustern – zu neuen Ordnungsgefügen passieren in der Regel eine instabile nicht lineare chaotische Phase mit rein zufälligem irregulären (nicht-vorhersehbarem) oder nur irregulär erscheinendem (scheinbar zufallsbedingtem) Zeitverhalten sowie unter Umständen interimistisch durchlaufenen – sehr sensiblen, selbst bei kleinen Auslenkungen von der momentanen Lage wegstrebenden – labilen Gleichgewichtszuständen, erweiterten Freiheitsgraden der Veränderung und Bifurkationen.

Bei der Diskussion der *Zustände, Zustandsänderungen* und der verschiedensten *Prozesse* in allen Emergenzebenen bedarf es – der *Dialektik von Teil und Ganzem* gerecht werdend – gleichermaßen der *Berücksichtigung stofflicher, energetischer* als auch *informationeller Aspekte* der Gegebenheiten sowie der konjugierten, gekoppelten, simultanen und sequentiellen (unter Umständen rückkoppelnden) Bewegungen (im Sinne von Veränderungen überhaupt).

Die Technisierung ist eine dem Schoß der Evolution entsprungene Transformation und wird von der *Selbstorganisation* sowie der – vom Menschen zu verantwortenden – sie mitsteuernden und überformenden Fremdorganisation[29] getragen. Sie realisiert sich in verästelten und verflochtenen Pro-

29 Die *Fremdorganisation* beschleunigt die Entwicklungsprozesse der *Technikgenese* um Größenordnungen und sie gestattet – im Gegensatz zur lange Zeiten beanspruchenden, mit Stagnations- und Regressionsphasen einhergehenden selbstorganisierenden *Biogenese*. – vorteilhafte Kombinationen zwischen verschiedenen Zweigen eines Evolutionsbaums. Dar-

zessen, samt nicht-linearer Dynamik, mit ausgeprägter Diversität, innerer Kooperativität und effektiven Rückkopplungsmechanismen. Die dementsprechende *ideelle Raumordnung* könnte ein heterogenes, musivisches Netzmodell mit polyzentrischen Relationen hoher Rhizomorphizität sein. Wer wenigstens einen kleinen Eindruck von dem ‚Allerlei' derartiger mosaikartiger Zuordnungsprobleme gewinnen möchte, sei an die umstrittene, bis dato nicht befriedigend gelöste Klassifikation des Wissenschaftsensembles erinnert, das mit wesentlichen Disziplinen an dem Prozess der Technisierung beteiligt ist.

Ihre *Verlaufsformen* sind im Allgemeinen evolutionär mit eingebetteten revolutionären Umbildungen und Periodisierungen in den technischen Ontogenesen und der Phylogenie (innerhalb der *Technikgenese*[30]) dabei von einem Nebeneinander unterschiedlicher Lebens- und Reifephasen, Niedergängen und Agonien der multiplen Technik und der dualen Technologie geprägt.

### *5.2 Die Technikevolution Teil im dynamischen Ganzen – Phänomene und Wesenheit*

Entwicklungsgänge: wie die Evolution der Galaxien, unseres Planeten- und Erdsystems mit seinen Kompartimenten, die chemische, biotische Evolution (einschließlich der genetischen Veränderungen während des Lebens – der Epigenese) die Human-Evolution, die Evolution des Wissens (Ratiogenese), die Technikevolution mit dem Generationswechsel technischer und technologischer Systeme, die gesellschaftliche Entwicklung etc. unterliegen einer Reihe fundamentaler Bedingungen, allgemeinen Gesetzmäßigkeiten, Verkettungen, Verschachtelungen und anderen Ordnungen. So führt die Aufeinanderfolge von Evolutionsschritten zu typischen Verzweigungs- und Verflechtungsstrukturen – im Biotischen zu Evolutionsbäumen mit divergenten Graphen, d.h. auseinanderstrebenden Zweigen.

In der ratiogenetischen Phase der Selbstorganisation (SO) sind die Gesetze der biogenetischen und der tradigenetischen SO weiter gültig, allerdings in einem veränderteren Bezugsrahmen wirksam. Die technomorphen

---

aus resultieren konvergente Teilgraphen – Kombinations- und Differenzierungsprozesse, Selektions-/Ausleseprozesse.

30 Bei der, unter dem Begriff *„Technikgenese"* zusammengefassten Problematik, geht es um die Entstehungsgeschichte von Technik und Technologien, deren Ursachen, Modalitäten, Verlaufsformen und multiplen Triebkräfte. Um diesbezügliche konkrete Entwicklungen verstehen und einordnen zu können, ist direkt vom kulturellen Kontext und von bestimmten gesellschaftlichen Leitbildern auszugehen. Auch darin widerspiegeln sich die funktionell-strukturellen Interdependenzen von Technik und Kultur.

– von den Kräften der Technik geformten – Ordnungen sind in das veränderte Wirkgefüge der Ratiogenese eingeschlossen. Überdies gilt die mehrfach betonte Korrelation: technomorphe Ordnungen ↔ systemisch-evolutionäre Ordnungen. Das ratiogenetische Potential, aus dem Verstandesleistungen und die zielbezogenen Umsetzungen hervorgehen, ist für die gesellschaftliche Ebene von besonderer Bedeutung.

> „Während die kulturelle Basis bereits auf die soziale zurückwirkt und diese modifiziert, interferiert die ökonomische darüber hinaus auch mit der *ökologischen* Basis – ein brisantes Gegenwartsproblem.“ (Tembrock 1990, S. 57)

Hinsichtlich der Entfaltungsphasen ihrer Genesen sind anhand übergreifender Kriterien partiell *reifende* und partiell *reife evolvierende Systeme* zu unterscheiden. Aus Literaturrecherchen ist die nachfolgend stichwortartig notierte Übersicht zu gewinnen:

> partiell *reifende evolvierende* Systeme – überwiegende *Labilität*, Anpassungsfähigkeit an natürliche Umweltbedingungen, geringe Anzahl von Strukturparametern, lineare Verkettung und geringe Spezifität der Strukturelemente, Aufbauraten größer als Abbau, hohe quantitativ Produktivität, geringe Diversität, intensiver Energietransport, Energieeinsatz zum Strukturaufbau und zur Informationsaufnahme, relativ geringe Negentropie[31], lineare Prozesse;

> partiell *reife evolvierende* Systeme – überwiegende *Stabilität*, Anpassung an die Invarianten der Umwelt, große Anzahl von Strukturparametern, Kreisprozesse und Verknüpfen, Verzweigen, Vernetzung mit hoher Spezialisation der Strukturelemente, Erzeugung von Qualität, hohe Diversität, harmonisierter Energiefluss und Abbau, geringe Fluktuationen, Regelungsmechanismen, Antagonisten und Energienutzung zum Strukturerhalt und zur Informationsverarbeitung sowie zum Aufbau komplexer Regelungs- und Anpassungsmechanismen, hohe Negentropie.

### *5.3 Modalitäten der Evolution*

Die nachfolgenden Betrachtungen sind auf die *Technikgenese* fokussiert, die nach dem Allgemeinverständnis die *Technikentwicklung* und die *Technikgestaltung* umfasst.

---

31 Der Physiker E. Schrödinger prägte 1944 den Begriff *negative Entropie* in seinem Buch ‚Was ist Leben‘ und meinte damit lebenserhaltende *freie Energie*. Der Physiker L. Brillouin verkürzte *1956* den informationstheoretischen Begriff negative Entropie zu ***Negentropie*** und führte das „*negentropy principle of information*“ ein. Generell formiert die Negentropie ein Maß für die *Abweichung der Zufallsvariablen* von einer *Gleichverteilung*. Für eine gleichverteilte Zufallsfolge wird die *Negentropie als inverses Element minimal, weil deren Entropie auf ein Maximum anwächst.*

Analog zur biotischen Evolution gilt für die technische Evolution: die Evolutionsprozesse ergeben sich einerseits natürlich aus zufälligen oder von Optimalitätsprinzipien beeinflussten Konstellationen physikalischer, chemischer, biotischer etc. Prozesse. Andererseits planbezogen aus dem bewussten, zielstrebigen menschlichen Handeln, das differenzierend als Fremdorganisation bezeichnet sei. Beide Evolutionen sind (erweiterte) Reproduktionsprozesse. Die zielbezogenen Umsetzungen führen zu Innovationen, das ist eine Qualität, die von einem zeitlich dimensionierten Erhaltungswert (mit einer Lebensdauer) beschrieben wird. Jede Qualität ist <*Form in Bewegung*> womit ausgedrückt wird, dass eine bestimmte, sich – über Felder und gerichtete Größen – aktiv der Umgebung mitteilende Form des Systems in ständiger Veränderung begriffen ist und dabei typische Bewegungsabläufe auslöst bzw. ihnen gehorcht.

Prinzipiell gilt: „Nicht Einzelindividuen, sondern *Populationen machen Evolution*“ (Tembrock 1981, S. 68f.).

Verallgemeinert sind *Individuen* die kleinsten Einheiten evolvierender biotischer und abiotischer Systeme, und Populationen – generativ verbundene Individuengruppen, originär gleicher Art (im Biotischen auch Rassen), die kooperieren unter Umständen im Organismus (als verallgemeinerter metromorpher Ordnungsstruktur) Funktionen teilen und Synergien bewirken.

Im allgemeineren Sinn kann eine beliebige Entität als Individuum aufgefasst werden, insofern sie in der relevanten Gesamtheit klar unterschieden werden, sich eindeutige Identitätskriterien angeben lassen. Solche disjunkten Teilmengen sind elementfremd oder durchschnittsfremd.

Es mehren sich die experimentellen Indizien und theoretischen Belege dafür, dass *die Evolution* (als markantes, universelles und grundlegendes Konzept der Selbstverbesserung) weit mehr vom Zufall und der Selbstorganisation als Kernelementen, denn vermöge der Umweltselektion gesteuert wird.

Wissenschaftlich dokumentiert und als bewiesen gilt, dass die Selbstorganisation[32] ein Prozess ist, der unter bestimmten Bedingungen infolge des Zusammenwirkens von sich selbst dabei wandelnden Teilsystemen/Systemteilen, Konstituenten etc. (Elementen im allgemeinen Sinn von Teil und

32 Die *Selbstorganisation (SO)* ist die Fähigkeit eines kybernetischen Systems, seine Struktur so zu verbessern, dass seine Stabilität vergrößert bzw. sein inneres Milieu besser und zweckmäßiger gegen Störungen aus der Umwelt bzw. gegen Degradationserscheinungen geschützt wird. Demnach ist SO ein *Oberbegriff* für solche Prozesse wie Selbstreproduktion, Selbstreparatur, Lernen, *Selbstinstruktion*, funktionelle Differenzierung, Synchronisation usw. [Klaus, G.: Wörterbuch der Kybernetik, Berlin 1967, S. 556]

Ganzem) selbständig und spontan komplexere Strukturen im Gesamtsystem mit typischen Emergenzstufen generiert.

Evolutionen verlaufen

- nur in *offenen Systemen* (alle von ihrer Umgebung vollständig isolierten Systeme erleiden Degradation und Zerfall),
- über *Strukturbildungen* mit *Organisationsfortschritten* der Materie/Entität, die in der jeweiligen Stufe der Evolution als ihr adäquate *Selbstorganisation* aufgefasst wird.

Die Selbstorganisation unterliegt weiteren *Bedingungen und Subbedingungen, wie Fluktuationen* – Schwankungen von Systemparametern infolge innerer und äußerer ‚Störungen' – die die globale Entropieerzeugung $P_S := d_iS/dt$ steigern.

Im statischen Gleichgewicht (GG) der *Gleichgewichtsthermodynamik* gilt $P_S = 0$ (reversible Prozesse).

In der *Nichtgleichgewichtsthermodynamik* wird die Geschwindigkeit der globalen Entropieproduktion $P_S$, also $dP_S/dt = d_i^2S/dt^2$, maßgeblich.

Für irreversible Prozesse mit $P_S > 0$ sind drei Fälle des Nichtgleichgewichts zu unterscheiden:

- die Minimierung von $P_S$ gemäß $dP_S/dt < 0$ gilt für Prozesse in *etablierten Strukturen*;
- die Maximierung von $P_S$ gemäß $dP_S/dt > 0$ gilt für *evolutionäre Neustrukturierungsprozesse* „Prinzip der Maximierung der Entropieproduktion" für die die Evolution keine Kosten scheut.
- Unveränderliches, aber von Null verschiedenes $P_S = \text{const.} > 0$, charakterisiert gemäß $dP_S/dt = 0$ das – in der Natur dominante – Fließgleichgewicht.

Kooperativität der Elemente und Teilsystem. Die Kooperationsfähigkeit im Mikrobereich arrangiert Differenzierungsfähigkeit im Makrobereich,

*Gleichgewichtsferne* des Systemzustandes (NGG). Unter dem Einfluss äußerer ‚Kräfte' hinreichend fernab vom GG treten *Instabilitäten* auf, die Fluktuation verstärkt sich → qualitativ neues Systemverhalten/dissipative Struktur/höherer Ordnungsgrad.

Ein *überschüssiger Entropieexport ≈ zusätzlicher Informationsimport* sichert die dynamische Stabilität. Aus der Gleichgewichtsferne (NGG) folgt unmittelbar, d.h. merkmalhaft die *Nichtlinearität* der Beziehungen zwischen den Systemparametern sowie zwischen Ursache und Wirkung.

Aus den drei allgemeingültigen Konditionen der natürlichen und der technischen Evolution:

- Gleichgewichtsferne des Systemzustandes (technisch mit stofflichen, energetischen, informationellen Barrieren realisiert)
- Entropieexport bzw. äquivalenter Informationsimport
- Kooperativität der Teilsysteme und deren Elemente (organisch indiziert, zweckmäßig geschaffen) *resultieren Synchronie der Teilaktivitäten im Evolutionsprozess,* evolutionsbeschleunigende (positive) Rückkopplungseffekte/Verstärkungseffekte.

Infolge der bewussten, zielstrebigen menschlichen Steuerung der technischen Entwicklung und der gesellschaftlichen Organisation ist der technische Evolutionsprozess gerichteter, schneller und effektiver als in der Natur. Die natürliche Optimierungs-Strategie des Probierens ‚Versuch und Irrtum' wird im technischen Fall vom homo cooperativus aufgewogen, mittels empirischer Erfahrungen und theoretischer Verallgemeinerungen bis zur allgemeinsten Systemtheorie aus dem gesamten Menschheitswissen in Transdisziplinen wirkmächtig ersetzt. Dennoch sorgen die Unschärfe des Wissens und das ‚bekannte Nichtwissen' um Naturgesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge für unvermeidliche Unbestimmtheiten des wissenschaftlich-technischen Fortschritts. Es führt zu nachbesserungswürdigen und -fähigen partiellen Lösungen. Die arbeitsteilige Selektion erfolgt überwiegend in der Projektphase eines zu gestaltendes technisch-technologischen Vorhabens.

### 5.3.1 Exemplarische wissenschaftliche Instrumentarien der Technisierung

Zur Illustration des Einflusses der Wissenschaft auf die gegenwärtige technisch-technologische Entwicklung werden einige **Beispiele** in dominanten, vor allem inter- und transdisziplinären Wechselwirkungen und typischen Verflechtungen ausgeführt.

Die **Biologie** analysiert, beschreibt, erklärt und beurteilt die Erscheinungsformen lebender Systeme, ihre Beziehungen zueinander sowie zu ihrer Mit- und Nahwelt (Umwelt), die in den biotischen Systemen (desgleichen ihren Subsystemen) ablaufenden Prozesse einschließlich deren Ursachen.

Zum wesentlich Formenden des Biotischen gehören der Metabolismus: der Energie- Stoff- und Informationswechsel, die Fortpflanzung, das Wachstum, die Vielfalt der Reaktionen auf in der Regel kooperative Veränderungen des eigenen Status und der interagierenden Umwelt, die Fähigkeiten und Modalitäten, sich über Kommunikationsprozesse zu koordinieren, die

Ontogenese und Phylogenese – die Evolution als eine Art ‚Selbstverbesserung' unter der Regentschaft des unberechenbaren Zufalls und der Selbstorganisation mit denen sich das Notwendige durchsetzt. Evolutorische Systeme entwickeln die Metapräferenz, selbst veränderte Präferenzen zu setzen.

Die (natürliche) *Ordnung der Lebewesen* sowie deren inhärente Überlebens- und Reproduktionsfähigkeit können aus der Organisation ihrer verschränkten und qualifiziert vernetzten Teile sowie diversen internen und externen Wechselwirkungen widerspruchsfrei erklärt und effektiv beeinflusst werden. Letztendlich basiert jeder lebende Organismus einerseits auf dem genetischen Code, dessen physikalische Natur einer Information gleichkommt, für die sich besonders der Physiker und Informationstheoretiker interessiert. Andererseits bedarf es *komplementär des komplexen stofflichen, energetischen und informationellen (!) Metabolismus* mit verschiedenen implementierten enzymkatalysierten Reaktionen.

Auch im *abiotischen Strukturbereich* widerspiegelt der Begriff *Organismus* in vorzüglicher Weise den herausragenden systemischen Aspekt *funktionell-struktureller Ganzheit.* Nicht nur abiotische sondern auch biotische Ordnungen, wie Leben, sind mit allen physikalischen Gesetzmäßigkeiten kompatibel. Das betrifft ausdrücklich den lange Zeit dazu scheinbar widersprüchlichen 2. Hauptsatz der persistenten Physik. Damit existiert ein sehr allgemeiner (einheitlicher) und leistungsfähiger Ansatz. Abstrahierend bemerkt C. F. Weizsäcker, dass die Physik und die Mathematik den *‚harten Kern' des neuzeitlichen Bewusstseins* schaffen.

Einige der markanten Kriterien der biotischen Evolution weisen auch physikalische, chemische. technische und technologische technische Systeme auf, andere Charakteristika sind nur den biotischen Systemen eigen. Als Eigenschaftsminimum Leben tragender Systeme gilt die Fähigkeit, sich selbst zu erhalten und zu reproduzieren – die Autopoiesis. Leben ist eine verhüllte Balance zwischen Chaos und Ordnung in thermodynamisch offenen Systemen.

Für die Analyse und Charakterisierung der Strukturen und Prozesse derartiger emergenter Systeme ist die Kooperation mit der modernen Physik (der Natürlichen) wesentlich. Während sich die traditionelle Physik seit der Antike über Jahrhunderte als *‚Wissenschaft vom Seienden'* verstand, darf man ihr heutiges Wesen als *‚Wissenschaft vom Werden und Sein'* apostrophieren.

Die besonders herauszuhebende ***Mathematik*** übernimmt als Wissenschaft „aller denkmöglichen Welten" bei der Theorienbildung im Sinne der mathematisch-theoretischen Durchdringung mindestens zwei Schlüsselfunktionen: Sie ist zum einen das *präziseste Kommunikationsmittel bei der schöpferischen*

*Theorienbildung* und zum anderen *Mittel zur Erkenntnis und deren Ergebnispräsentation* (über die Symbolisierung, Formalisierung, insbesondere Digitalisierung[33], Algebraisierung, Verifizierung, Modellierung, Simulation, Optimierung, Axiomatisierung mit Paradigmatisierung (Musterbildung) des „Denkmöglichen" und: der Strukturen, Funktionen, Prozesse und Zustände. Das betrifft im Speziellen die Analyse, Beschreibung und Erklärung von Gedächtnis-, Denk- und Sprachverstehens-Prozessen, einschließlich der invarianten Eigenschaften des menschlichen Verstandes, der ‚Grundmuster geistiger Gebilde und Vorgänge' (F. Klix), der Wechselwirkungen zwischen Wissensbesitz und darauf aufbauenden Prozeduren und den Gebrauch kognitiver Schemata als implikativ-reduktiven Modellen bestimmter Klassen der objektiv realen kognitiven Prozesse und der Strukturierungen des Wissens.

Eine *mathematische Struktur* besteht aus endlich vielen *Mengen, Relationen* und ausgezeichneten *Elementen* in bzw. zwischen diesen Mengen und aus *Operationen*.

Das Axiomensystem für die Mengen, Operationen usw. bestimmt den Strukturtyp. In der Abstraktion, die von einigen realen Eigenschaften der Entitäten absieht, konstituieren Relationen die *Struktur und* die *Funktionen* des als Ganzheit (einer Vielheit) ausgestalteten Systems. Offene Systeme erlauben per definitionem uneingeschränkte Wechselwirkung mit der Systemumgebung. Sie sind in der Natur vorherrschend.

Anscheinend ist Dürrenmatts Bonmot folgerichtig:

> „Der Unterschied zwischen Kant und Einstein besteht nicht darin, daß der eine einen euklidischen und der andere einen nicht-euklidischen Raum annahm, sondern vor allem in der *Beziehung*, die sie zwischen der *Mathematik und der Wirklichkeit herstellten*." (Dürrenmatt 24.02.1979, H. d. V. – L.-G. F.)

---

33 Der Begriff ***Digitalisierung*** bezeichnet elementar die Überführung analoger Größen in diskrete (unstetige) Werte, um sie effektiv elektronisch erfassen, speichern, be- und verarbeiten zu können. Im weiteren Sinne wird damit der Einsatz elektronisch gestützter Prozesse mittels Informations- und Kommunikationstechnik und deren Vernetzung in nahezu allen Anwendungsbereichen charakterisiert. Diese sogenannte „vierte industrielle Revolution" bewirkt eine zunehmende Vereinigung von Teilen der realen und virtuellen Welt. Die Digitalisierung verändert maßgeblich die Arbeitswelt (4.0), das Alltagsleben der Menschen, die Gesellschaft sowie deren Rahmenbedingungen – siehe u.a. mobiles Internet, wachsende Vielfalt alltäglicher elektronischer Assistive, mechanisch-elektronischer Lebenshilfen, Kommunikations- und Cyber Systeme. Selbst die von technischen Medien vermittelte Wissenschaft, Technik, Kultur und Kunst kann digitalisiert zusammenfließen, weil alles irgendwann Abgebildete und Geschriebene in Binärcodes verwandelt, in Beziehung gesetzt, übermittelt und gespeichert werden kann. Der Begriff techné erhält, in diesem Sinne erweitert, abermals eine der Zeit – dem Kairós – gerecht werdende Ausprägung. Trotz und wegen der objektiven Bedeutung der Digitalisierung ist Vorsicht geboten, damit der Begriff nicht zum modischen Attribut verkommt und analoge Signale, Größen sowie Prozeduren vernachlässigt werden.

Der unermessliche wissenschaftliche, auch kulturelle Wert der Formalisierung, Digitalisierung von Zuständen sowie Prozessen und darauf aufbauender Operationen, Aktivitäten sowie der modernen Algebraisierung der Mathematik beginnt mit den Variablen. Sie fungieren problemspezifisch als Unbekannte, Unbestimmte oder Veränderliche und sind als Wörter, Buchstaben oder geeignete andere Symbole darstellbar. Zum immensen Benefit gehört das effiziente, stets aber regelgerechte Agieren auf symbolisch-syntaktischer Ebene mit den Variablen, Termen, Funktionen, Gleichungen und inhaltsgebunden oder kontextunabhängigen Operationen. Der Vorteil resultiert aus der Ablösung vorstellungsgebundener Argumentationen und der überwindbaren Grenzen verbal-begrifflicher Darstellungen – ohne auf eine (hilfreiche) ergänzende geometrische Visualisierung verzichten zu müssen. Weil insbesondere geometrische Abbildungen durchaus erkenntnisfördernd sind. Diese Tatbestände bewogen schon Husserl die Algebraisierung als Modell der Technisierung[34] zu wählen. Husserls Beispiel ist die Abstraktion der Gegenstandskonstruktion durch die Einführung ablösbarer Rechenverfahren in die Geometrie. Auf ihrem gegenwärtigen Qualitätsniveau dient die moderne *Algebra* (von arabisch: *al-dschabr „das Zusammenfügen gebrochener Teile“*) wie eine *‚Kultur en miniature‘* als Sprache, Denkweise, Tätigkeit, Werkzeug und verallgemeinerte Arithmetik „Unter algebraischen Denken lassen sich alle Denkhaltungen [...] wie Generalisieren, Abstrahieren, Strukturieren und Restrukturieren“ fassen (Hefendehl-Hebeker 2007, S. 180).

Die Algebraisierung ist folgerichtig als Methode einer Transdisziplin aufzufassen.

Bei seiner Aufnahme in die Preußische Akademie der Wissenschaften äußerte sich Leopold Kronecker schon 1861 über den Charakter der Algebra als ‚nicht eigentlich eine Disziplin für sich, sondern *„Grundlage und Werkzeug der gesamten Mathematik“* (Noether 2015, S. 225).

Die diskrete Mathematik hat zahlreiche Beziehungspunkte zur Algebra, mathematischen Logik, zur Numerik und zur theoretischen Informatik, sie ermöglicht die Approximation kontinuierlicher Größen, deren Veränderungen und Entwicklungen in Raum und Zeit sowie die Optimierung. (Beachte Hyperkomplexe Systeme und Zahlen)

Um den einzigen Formalismus, empirisch überprüfbare Voraussagen relativer Häufigkeiten adäquat zu beschreiben, bietet die *Wahrscheinlichkeits-*

34 Recki verwendet den Begriff Technisierung, wie er sich nach der Analyse des Mathematikers und Philosophen Husserl paradigmatisch in der neuzeitlichen mathematischen Wissenschaft eingestellt hat.

*rechnung* mit ihren probabilistischen Variablen, geeignete Wahrscheinlichkeitsdichten und Verteilungsfunktionen. Zu den Werten jeder Variable eines beschriebenen Zustands gehört eine bestimmte Wahrscheinlichkeitsverteilung. Die Wahrscheinlichkeit ist der Erwartungswert der relativen Häufigkeit. Und noch weitergehend: Die *Methode der statistischen Mittelwerte* hat nach A. v. Humboldt eine überragende Bedeutung. Sie ist die ‚einzig entscheidende Methode', um *funktionale Beziehungen*: *empirische rationes* – numerische sowie visuelle ‚Mess- und Zahlverhältnisse' – als objektive relative Größen zu erfassen und auf deren Basis *kausale Beziehungen* zu erkennen, in verbaler oder metasprachlicher, insbesondere in mathematischer, Form auszudrücken und zu prüfen.

Es drängen sich fundamentale Verständnisfragen auf:

Wie und nach welchen Modalitäten vollzieht sich der evolutionäre und revolutionäre Fortschritt der Technik – unter rückkoppelnder Nutzung des selbst hervorgebrachten Ideellen und Materiellen – im dynamischen natürlichen und komplexen gesellschaftlichen Milieu?

Wie lassen sich die *Technikgenese* und die von ihr getragene *Technisierung* in die Evolution des vitalen Systems Mensch und Gesellschaft sowie in allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten einordnen und aus der Perspektive der *Technikphilosophie, der Evolutions- und Erkenntnistheorie vertieft erklären?*

Der bereits mehrfach zitierte Philosoph und Psychologe Gilbert Simondon, dessen Publikationen angesichts der aktuellen Entwicklungen zur Informations-/Kommunikationstechnik sowie der Netzwerke und digitalisierten Entitäten neue und gesteigerte Wertschätzung erfährt, plädiert in *detaillierten Analysen* und mit weitreichenden *philosophischen Betrachtungen* für die Würdigung und Reflexion der Existenz einer kooperativen Triade aus Mensch, offenen technischen Maschinen und der Natur. Er zeichnet nach, wie sich die Existenzweise der *technischen Objekte entwickelt,* wie sich technische Objekte *konkretisieren*, als Träger in der *Genese der Technizität wirken* und wie sie in *Individuationsprozesse eingreifen*. Die Originalität des Denkens Simondons und die Essenz seines verflochtenen Begriffssystems werden im Kontext mit der entwicklungstragenden und wirkmächtigen *Technikgenese* eingehender nachvollziehbar.

Dazu folgen eine fokussierte, thesenhaft mit Zitaten belegte resümierende Darstellung und knappe Interpretation. Alle kursiven Hervorhebungen stammen vom Verfasser (L.-G. F.) Die Seitenangaben beziehen sich auf Simondon 2012.

– „Man muss sich (also) einer allgemeinen genetischen Interpretation des Verhältnisses von zwischen Mensch und Welt zuwenden, um die philosophische Tragweite der Existenz der technischen Objekte zu erfassen.“ (S. 143)

– „Die Evolution des vitalen Systems Mensch und Welt unterliegt nicht einer funktionalen Finalität zu einem stabilen Gleichgewicht mit synchroner Verringerung des Abstandes zwischen dem Lebendigen und dem Milieu – was einer vitalistischen Begründung (elan vital) nahe käme, sondern, sie geht mit der Relaxation infolge der Individuation des übersättigten Systems mittels der Strukturbildung im System selbst einher.“ (S. 144)

Diese spontane Herausbildung von Strukturen infolge interner Transformationsmöglichkeiten unterliegt dem Prinzip der Selbstorganisation mit Phasenumwandlung, wobei gebundene Information in freie überführt wird. Der Begriff Emergenz erfasst das treffend, allerdings hoch verdichtet und abstrahiert.

– „Die Evolution der Beziehungen des Menschen zur Welt, die systemische Evolution dieser Relation an die Technizität neben anderen Seinsweisen..., „zeugt von einer Fähigkeit zur Evolution, die von Stufe zu Stufe zunimmt, indem sie neue Formen und Kräfte entdeckt, die dazu in der Lage sind, dem Menschen eine weiter Evolution zu ermöglichen, anstatt ihn zu stabilisieren und zu immer geringeren Fluktuationen tendieren zu lassen.“ (S. 144)

Der Begriff der *Genese* bedarf einer Präzisierung, wie sie Simondon zunächst in seiner Untersuchung: „L’individuation à la lumière des notions de forme et d’information (Die Individuation im Lichte der Vorstellungen von Form und Informationen) als „Prozess der Individuation in seiner Gesamtheit“ vornahm.

Zu den Triebkräften und dem Charakter der Genese (altgriechisch γένεσις *genesis* ‚Geburt‘, ‚Entstehung‘) wird definiert:

– „Eine Genese liegt dann vor, wenn *das Werden* eines ursprünglich *übersättigten Wirklichkeitssystems*, das *reich an Potentialen* ist, das jede Einheit übersteigt und eine *innere Inkompatibilität* in sich birgt, für dieses System die Entdeckung einer Kompatibilität darstellt, eine *Lösung* durch die Heraufkunft [*das Erscheinen, die Emergenz* – L.-G. F.] einer neuen Struktur. Diese Strukturierung ist die Heraufkunft einer *Organisation*, welche die Grundlage für ein *metastabiles Gleichgewicht* ist.“ (S. 143)
– „Das *Potentielle* ist ebenso voll und ganz eine Form des Realen wie das Aktuelle.

- Die *Potentiale* eines Systems bilden seine *Fähigkeit zu werden*, ohne zu verfallen [...]
- *Das Werden* ist [...] die *Operation eines Systems*, das *in seiner Wirklichkeit Potentiale enthält*. Das Werden ist die *Serie* von Aktualisierungsschüben oder von aufeinanderfolgenden *Individuationen eines Systems*." (S. 144)
- „Ausgehend von den Kriterien der Genese kann man die Individualität und Artzugehörigkeit des technischen Objektes definieren: Das *technische Objekt* ist nicht diese oder jene, hic et nunc gegebene Sache, sondern, das, was eine Genese durchläuft." (S. 19)
- „*Das technische Wesen evolutioniert* durch Konvergenz und Selbstadaptation, gemäß einem Prinzip der inneren Resonanz schließt es sich zu einer inneren Einheit zusammen." (S. 20)
- „Die Einheit des technischen Objektes, sein Individualität, seine Artzugehörigkeit[35], sind die *Konsistenz- und Konvergenzeigenschaften* seiner Genese.[36] Die Genese ist ein Teil seines Seins. Das technische Objekt ist das, was seinem Werden nicht vorgängig, sondern in jeder Etappe dieses Werden gegenwärtig ist.
  *Das technische Objekt ist Einheit als Einheit des Werdens.*" (S. 20)
- Das philosophische Denken muss die Integration der technischen Wirklichkeit in die universelle Kultur bewerkstelligen, indem es eine *Technologie* begründet (S. 135)

---

35 Das was man z.B. mit Motor bezeichnet „kann synchron vielerlei sein und es kann im Verlauf der Zeit variieren, indem es seine Individualität verändert" (Simondon 2012, S. 19) eine Abfolge, eine Kontinuität von den ersten Motoren bis zu jenen die wir kennen und sich noch in Evolution befinden (Simondon 2012, S. 19).

36 Gemäß bestimmter Modalitäten, welche die Genese der technischen Objekte von jenen anderen Objekttypen unterscheiden: ästhetische Objekte, Lebewesen. Diese spezifischen Modalitäten der Genese müssen von einer statischen Artzugehörigkeit unterschieden werden, die sich nach erfolgter Genese festlegen ließe, indem man die Merkmale der verschiedenen Objekttypen berücksichtigt; die Verwendung der genetischen Methode hat zum Ziel, den Gebrauch eines klassifikatorischen Denkens zu vermeiden, das nach der Genese einsetzt, um die Gesamtheit der Objekte in Gattungen und Arten aufzuteilen, die zum Diskurs passen.
Die vergangene Evolution eines technischen Objektes verbleibt in wesentlicher Form der Technizität in diesem Wesen. Das technische Wesen, das gemäß dem Vorgehen, das wir Analetik nennen, Träger von Technizität ist, kann nur Gegenstand einer adäquaten Erkenntnis sein, wenn letztere in ihm zeitlichen Sinn und zeitliche Richtung seiner Evolution erfasst, diese adäquate Erkenntnis ist die technische Kultur, die sich vom technischen Wissen unterscheidet, das sich darauf beschränkt, isolierte Funktionsschemata in der Aktualität zu erfassen. Da sich die Relationen, die auf der Ebene der Technizität zwischen einem technischen Objekt und einem anderen bestehen, ebenso horizontal wie vertikal sind, ist eine Erkenntnis, die in Gattungen und Arten vorgeht, nicht zuträglich:

### 5.3.2 Teilprozesse und Effekte der technisch-technologischen Evolution

Der Hauptakzent der wissenschaftsbasierten technisch-technologischen Entwicklung liegt auf der Information und Kommunikation, dem *Informationswechsel*, der Transformation, der Speicherung von Informationen, der Signaltransduktion sowie eingebetteter Intelligenz. *Intelligenz* korreliert mit der Fähigkeit, neuartige Situationen zu meistern. Nicht jede Methode und jedes Verfahren zur Bewältigung neuartiger, herausfordernder und problematischer Situationen, wie erraten oder erpröbeln – eher noch strategisches variieren (nach dem Prinzip Trial and Error) – darf als intelligent bezeichnet werden.

> „Denn neuartige Situationen können durch blindes Zufalls probieren (mehr oder minder effektiv) bewältigt werden, und das ist nicht intelligent (= einsichtsvoll). Tauglicher wäre folgende Definition: *Intelligenz ist die Fähigkeit, sich selbst zum Zwecke der Lösung einer neuen Aufgabe neu zu programmieren, also einen Lösungsprozess selbst zu erfinden.*“ (Dörner 2013, S. 4)

Der Autor (L.-G. F.) würde ergänzen: überdies die Fähigkeit, neue Methoden zu entwickeln, darunter Methoden, um reflexiv tragfähige Methoden zu generieren und zu verifizieren. Eine zu Dörners Deutung kongruente Definition ist bei Georg Klaus (1968) zu finden: „Intelligenz ist die Fähigkeit, Verhaltensalgorithmen herzustellen und auf diese Weise Probleme zu lösen.“ Klaus geht noch einen Schritt weiter: „Zur Intelligenz gehört auch, die Beseitigung von Fehlern in den Algorithmen“. Damit rückt die Fähigkeit von Menschen in den Blickpunkt, sich selbst und ihr eigenes Denken zum Objekt der Betrachtung zu machen.

*Die Informationstheorie* widmet sich der Technik und Technologie der Übermittlung, Speicherung und Nutzbarmachung von Signalen, also *Zeichen*, denen eine *feste Bedeutung* zugeordnet ist sowie der Bearbeitung großer und häufig verflochtener raumzeitlicher Datensätzen biotischer und abiotischer Herkunft. Zu den profilbestimmenden Zielen, den experimentellen und modellhaften Methoden der Informationstheorie gehören verschiedene Formen der Musterbildung, wie Cluster, Domänen, metromorphe Konfigurationen, die synchrone Mustererkennung, -bewertung und -kassifikation (Bildanalyse) *die Ermittlung und Simulation* der raum-zeitliche Dynamik, (z.B. mit zellulären Automaten zur Analyse und Modellierung), nichtlineare Zeitreihenanalysen, das Systematisieren der Nächst-Nachbar-Beziehungen und der Selbstorganisation in komplexen Zustandsräumen mit Wechselwirkungstermen, Energiefunktionen und Übergangswahrscheinlichkeiten, die Analyse des Informationstransfers in Raum und Zeit, die Ermittlung von

Transinformationen sowie die Verallgemeinerung der Entropie. Diese Charakteristik spricht wegen der generalistisch-transdisziplinären Methodik, der allgemeinen Wirk-, Funktions- und Strukturprinzipien sowie des dafür eingesetzten universellen wissenschaftlichen und technischen Apparates/Instrumentariums (insbesondere der diskreten Mathematik, der digitalen Datenverarbeitung) für eine bevorzugte Zuordnung zur „Allgemeinen Technologie".

Das Allgemeine steht folglich nicht über den Einzeldingen, sondern in den Dingen selbst. „Das Universale ist demnach dasjenige im Einzelding, das es in Zusammenhang mit den anderen Dingen setzt" (Bloch 1977, S. 81).

Der präzisierbare Begriff der *Kognitionstechnologie* steht (nach der dualen Technologie-Auffassung des Autors – L.-G. F.) für eine prozessakzentuierte, Information und Kognition verbindende, erkenntnis- und anwendungsorientierte, multidisziplinäre Wissenschaft und ein reales Handlungssystem. Er umfasst den Modus, die Art und Weise, die Verfahren und Strategien, mit denen der affektiv, aktional-sensomotorisch und kognitiv agierende Mensch mit den ihm natürlich gegebenen oder eigens dafür geschaffenen (artifiziellen) Mitteln und Methoden – Arbeitsmitteln im weiteren Sinn – *Informationen* – als Arbeitsgegenstände – aus seiner Umgebung aufnimmt, intern und extern bearbeitet und verarbeitet, d.h. in kognitiven Operationen und Prozeduren transportiert, transformiert, selektiert und akkumuliert, sowie nach Maßgabe des Erkannten, unter dem intervenierenden Einfluss fördernder bzw. hemmender, innerer und äußerer Faktoren, Verhaltensstrukturen ändert oder neue aufbaut und danach sein Handeln einrichtet. Auf diese Weise sind, die Kommunikation, das Sender-Empfänger-Verhalten, involviert sowie die natürliche und die technische (künstliche) Informationsverarbeitung unter diesem dualen (ontisch-ontologischem und kognitiv-diskursivem, objekt- und metasprachlichen) Technologiebegriff subsumiert, ohne die weitergehenden Spezifika der beiden Grundformen der Informationsverarbeitung sowie die qualitativen Unterschiede zwischen der menschlichen und der künstlichen Intelligenz zu negieren.

Herausragende Entwicklungen repräsentierten die *emerging technologies*. Sie haben, wie jede Technologie, substrukturierte, faktisch interagierende und logisch verwobene, *naturale, soziale, humane und kulturale Dimensionen*, und sie wirken im besonderem Maße vermittelnd, integrierend, verändernd und stimulierend. *Emerging technologies* unterliegen wesensgemäß den allgemeinen Gesetzmäßigkeiten aller Technologien bis zur ebenfalls deutlich evolvierenden ‚Allgemeinen Technologie'. Sie können einerseits diese mit hervorbringen und konsolidieren, andererseits deren methodische Vorgehensweisen, erkenntnistheoretischen Struktur- und Prozessmo-

delle, regulativen Prinzipien sowie praktikablen Muster mit erheblichen Vorteilen nutzen.

Zur Gruppe der emerging technologies, die gegenwärtig und – in der angeführten Spezifikation – mindestens in diesem Dezennium, mit ihren außerordentlichen Entwicklungspotentialen in herausragender Weise das gesellschaftliche Erkenntnis- Kreativitäts- und Produktivitätsniveau, die materiell technische Basis sowie die soziale und kulturale Umwelt stimulieren und verändern, gehören die Biotechnologien, die Kognitionstechnologien, weitere Informationstechnologien, die Mensch-Maschine-Kommunikation, die drahtlose Datenübertragung, der digitale ‚Abrufdruck' (print-on-Demand), die fortgeschrittene Robotik sowie die Nanotechnologien.

Im Alltag verbinden *assisitive Technologien* mit ihrer auf den Menschen fokussierten Technik (Devices und Services), die implementierte Informations- und Kommunikationstechnik mit modernster *Assistenzrobotik*.

Die wissenschaftlich-technische Entwicklungstendenz, der Technisierung, reicht mit gewissen Unschärfen, bis zur ‚Auflösung' bestimmter Grenzen zwischen Natur und Technik an Gehirn-Computer-Schnittstellen. Ein strukturtechnologischer Evolutionszweig betrifft die Miniaturisierung mechanischer, mikro- und opto-elektronischer Strukturelemente. Sie widerspiegeln sich deutlich z.B. in der Psychophysik, der Neurochemie, der Neurobiologie, der synthetischen Biologie und in innovativen Neurotechnologien mit funktional in die elektrophysiologischen Prozesse des Gehirns integrierten, physisch mit dem Gehirn verbundenen oder in das Gehirn implantierten Einzelelektroden und Elektrodenarrays.

Für die Gestaltung *hybrider ‚Mensch-Maschine-Systeme'* ist der sogenannte ‚Menschliche Faktor' (human factor) von hohem und wachsendem Stellenwert, weil er typische *psychische, kognitive und soziale Eigenschaften des Menschen* (non-technical skills), wie z.B. die besonderen menschlichen Fähigkeiten zur Kooperation, zur heuristischen und intuitiven Problemlösung als Einflussfaktoren in die sozio-technischen Konstrukte einbringt.

*Ambient Assisted Living* Technologien fungieren als altersgerechte Assistenzsysteme mit ‚eingebetteter Intelligenz' für ein selbstbestimmtes, umgebungsunterstütztes Leben.

Seit Beginn dieses Jahrtausends ist darüber hinausgehend im Kontext mit den anwendungsoffenen und rasch evolvierenden *converging sciences and technologies* (Banse et al. 2007) die Konvergenz von vier Schlüsseltechnologien zu beobachten: Die Nano-, Bio-, Informations- und Kognitions- bzw. Neurotechnologien gehören zu den herausragenden Versionen der *converging technologies*, die zugleich von der fortschreitenden Trans-

disziplinarität zeugen und für die sich – aus dem Englischen abgeleitet – die Abkürzung NBIC etabliert hat.

Der NBIC-Konvergenz liegt als hypothetische Kernthese die Kompatibilität der fundamentalen *Strukturelemente Atom, Gen, Bit und Neuron* (bzw. solcher Gen-Analoga, wie Dawkins Meme[37] und comps) zugrunde. Die NBIC bildet die Basis für das Gestalten neuer Verfahren und Produkte darunter Nano-Bio-Prozessoren verschiedener Arten und Leistungscharakteristika sowie ‚intelligente Materialien'. Die weit reichende Forschungshypothese des BMBF-Verbundprojektes „Embodied Information" unterstellt sogar einen technologischen Paradigmenwechsel, der sich dadurch vollziehen soll, dass Information, Materie (Substanz) und Aktion auf neue Weise zu „Einheiten verkörperter Information" fusionieren.

## 6 Ein Fazit und ein Blick voraus

Fassen wir zusammen (oder lassen wir zusammenfassen):

> „Erste These: Wir wissen eine ganze Menge – und nicht nur Einzelheiten von zweifelhaftem intellektuellen Interesse, sondern vor allem auch Dinge, die nicht nur von größter praktischer Bedeutung sind, sondern die uns auch tiefe theoretische Einsicht und ein erstaunliches Verständnis der Welt vermitteln können.
>
> Zweite These: Unsere Unwissenheit ist grenzenlos und ernüchternd. Ja, es ist gerade der überwältigende Fortschritt der Naturwissenschaften (auf den meine erste These anspielt), der uns immer von neuem die Augen für unsere Unwissenheit öffnet, gerade auch auf dem Gebiet der Naturwissenschaften selbst." (Popper 1962, S. 233f.)

Die *Technik* (Artefakte, operationelle Agentia, Prozedere...) entfaltet gleich ursprünglich und synchron mit ihrer Effizienz und Multipotenz eine inhärente Eigendynamik, die sich „als Rationalisierung und Beschleunigung dem Nutzer als Sachzwang mitteilt". Sie bildet die entscheidende materielle Basis jeder Technologie und zugleich deren dynamischstes innovatives Element im evolutiven gesellschaftlichen Transformationsprozess der Technisierung. Alle Technologien weisen substrukturierte, faktisch interagierende und logisch verwobene, *naturale, soziale, humane* ***und kulturale*** *Dimensionen auf,* und sie wirken im besonderem Maße vermittelnd, integrierend, verändernd und stimulierend auf die Gesellschaft und die Individuen, fungieren im menschlichen Leben als finale Instrumente der Daseinsgestaltung, der kollektiven und individuellen Daseinsbewältigung. Technik und Technolo-

37 ***Mem*** – von **„mimema"** für „etwas Imitiertes".

gien sind erwiesenermaßen zudem integrale Bestandteile der – allerdings noch umfassenderen – Kultur, sie äußern sich ubiquitär über sozio-kulturelle Phänomene.

Auch für das ausführlich erörterte und ambivalente hoch komplexe Problemgeflecht „Technik, Technologie und Technisierung im menschlichen Weltverhältnis und Weltverständnis“, dürfte naturgemäß Poppers These außer Zweifel stehen:

> „Mit jedem Schritt, den wir vorwärts machen, mit jedem Problem, das wir lösen, entdecken wir nicht nur neue und ungelöste Probleme, sondern wir entdecken auch, dass dort, wo wir auf festem und sicherem Boden zu stehen glaubten, in Wahrheit alles unsicher und im Schwanken begriffen ist.“ (Popper 1962, S. 233f.)

Das ist absolut kein Grund zu resignieren oder dem Fatalismus zu frönen, sondern im Gegenteil weit mehr Verpflichtung zur ideenreichen und inspirierten Problembewältigung nach der Maxime „Theoria cum praxi et commune bonum“.

## Literatur

Balzer, Wolfgang (2009): Die Wissenschaft und ihre Methoden. Grundsätze der Wissenschaftstheorie. Freiburg

Banse, Gerhard; Grunwald, Armin; König, Wolfgang; Ropohl, Günter (Hg.) (2006): Erkennen und Gestalten: Eine Theorie der Technikwissenschaften. Berlin

Banse, Gerhard; Grunwald, Armin; Hronszky, Imre; Nelson, Gordon (eds.) (2007): Assessing Societal Implications of Converging Technological Development. Berlin

Banse, Gerhard; Hauser, Robert (2010): Technik und Kultur – ein Überblick. In: Banse, Gerhard; Grunwald, Armin (Hg.): Technik und Kultur: Bedingungs- und Beeinflussungsverhältnisse (Reihe: Karlsruher Studien Technik und Kultur, Band 1). Karlsruhe: Universitätsverlag, S. 17–40

Beckmann, Johann (1806).: Entwurf der algemeinen (sic!) Technologie. Göttingen

Beckmann, Johann (1870): Anleitung zur Technologie oder zur Kenntnis der Handwerke, Fabriken und Manufakturen (2. Aufl.). Göttingen

Bloch, Ernst (1977): Zwischenwelten in der Philosophiegeschichte. Das Neue an dieser Philosophie ist die Philosophie des Neuen. Frankfurt/M.

Blumenberg, Hans (1981): Lebenswelt und Technisierung unter Aspekten der Phänomenologie (1963). In: Ders.: Wirklichkeiten in denen wir leben. Aufsätze und eine Rede. Stuttgart

Brugger, Walter (Hg.) (1953): Philosophisches Wörterbuch. Freiburg

Cassirer, Ernst (2004): Form und Technik (1930). In: Recki, R. (Hg.) Gesammelte Werke. Hamburger Ausgabe, Bd. 17. Hamburg, S. 139–183

Cassirer, Ernst: Philosophie der symbolischen Formen (Die Sprache, 1923; Das mythische Denken, 1925; Phänomenologie der Erkenntnis, 1929). In: Recki, Birgit (Hg.): Gesammelte Werke. Hamburger Ausgabe, Bd. 11–13. Hamburg 2001/02,

Dörner, Dietrich (2013): Gibt es künstliche Intelligenz? In: LIFIS ONLINE – URL: www.leibniz-institut.de ISSN 1864-6972; DOI: http://dx.doi.org/10.14625/doerner_13_12_13

Dürrenmatt, Friedrich (1979): Albert Einstein. Vortrag an der Technischen Hochschule Zürich (ETH), 24. Februar 1979

Dürrenmatt, Friedrich (1980): Die Physiker (Neufassung). Zürich

Dürrenmatt, Friedrich (1998): In: 21 Punkte zu den Physikern (geschrieben 1962); Werkausgabe, Bd. 7. Zürich

Ebeling, Werner (1994): Selbstorganisation und Entropie In: Beckenbach, Frank; Diefenbacher, Hans (Hg.): Zwischen Entropie und Selbstorganisation. Perspektiven einer ökologischen Ökonomie. Marburg, S. 29–45

Einstein, Albert (1921): Geometrie und Erfahrung. Berlin

Fankhauser, Kathrin (1996): Management von Organisationskulturen. Bern u.a.O.

Fleischer, Lutz-Günther (2015): Technologie – ‚techné‘ und ‚epistémé’. In: Banse, Gerhard; Reher, Ernst-Otto (Hg.): Technologiewandel in der Wissensgesellschaft – qualitative und quantitative Veränderungen (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 122). Berlin, S. 35–67

Hartmann, Klaus (2016): Technologie und Prozesstechnik – im Spannungsfeld von Industrie 4.0 (in diesem Sitzungsbericht)

Hefendehl-Hebeker, Lisa (2007): Einstieg in die Mathematikdidaktik. Berlin u.a.O.

Humboldt, A. v. (1845/1993): Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. Bd. 1, 1845. Stuttgart u.a.O. (Neuausgabe 1993, Darmstadt)

Klaus, Georg (1968): Wörterbuch der Kybernetik. Berlin

Koreuber, Mechtlild (2015): Emmy Noether, die Noether-Schule und die moderne Algebra: Zur Geschichte einer kulturellen Bewegung. Berlin u.a.O.

Kosiol, Erich; Szyperski, Norbert; Chmielewicz, Klaus (1965): Zum Standort der Systemforschung im Rahmen der Wissenschaften. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, N.F., Jg. 17, S. 337–378

Ley, Hermann (1965): Mensch und Technik. In: Kleine Enzyklopädie Technik. Leipzig

Löbl, Rudolf (1997): Texnh: Untersuchung zur Bedeutung dieses Wortes in der Zeit von Homer bis Aristoteles. Von Homer bis zu den Sophisten. Bd. 1. Würzburg

Marx, Karl (1971): Das Kapital. Bd. 1 [1867]. In: Marx, Karl; Engels, Friedrich: Werke. Bd. 23. Berlin

Marx, Karl (1992): Grundrisse der Kritik der politischen Ökonomie. Berlin, S. 594

Mittelstraß, Jürgen (2005): Methodische Transdisziplinarität. In: TATuP –Technikfolgenabschätzung. Theorie und Praxis, Nr. 2, S. 18–23

Planck, Max (1958): Physikalische Abhandlungen und Vorträge, Bd. 3, Braunschweig

Popper, Karl R. (1962): Die Logik der Sozialwissenschaften. Als Referat veröffentlicht. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozial-Psychologie, Jg. 14, S. 233–248

Pross, Harry (1981): Zwänge. Berlin

Recki, Birgit (2013): Technik als Form der Freiheit – Überlegungen zur menschlichen Kultur. In: Thomé-Kozmiensky, Karl J.; Versteyl, Andrea (Hg.): Strategie Planung Recht, Bd. 7. Neuruppin, S. 3–13

Roco, Mihail C.; Bainbridge, William S. (eds.) (2002): Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology. Dordrecht

Ropohl, Günter (1977): Allgemeine Technologie als Grundlage für ein umfassendes Technikverständnis. In: Banse, Gerhard (Hg.): Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie. Johann Beckmann und die Folgen. Berlin, S. 111–121

Ropohl, Günter (2005): Allgemeine Systemtheorie als transdisziplinäre Integrationsmethode. In: TA-TuP – Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis, Nr. 2, S. 24–31

Ropohl, Günter (2008): Ob man sich eine Wissenschaft vom Gesamtzusammenhang vorstellen könnte. In: Hahn, Erich; Holz-Markuhn, Silvia (Hg.): Die Lust am Widerspruch. Theorie der Dialektik – Dialektik der Theorie (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 22). Berlin, S. 129–142

Ropohl, Günter (2009): Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik (3. überarb. Aufl.). Karlsruhe – URL: http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/1000011529

Ropohl, Günter (1996): Ethik und Technikbewertung. Frankfurt/M.

Simondon, Gilbert (2012): Die Existenzweise technischer Objekte (Aus dem Französischen von Michael Cuntz; Titel der französischen Originalausgabe: Du mode d'existence des objets techniques ; 2. Aufl.). Zürich

Spur, Günter (2008): Technologie tut Not. München

Stegmüller, Wolfgang (1980): Neue Wege der Wissenschaftsphilosophie. Berlin u.a.O.

Steinmann, Horst; Scherer, Andreas G. (1997): Die multinationale Unternehmung als moralischer Aktor. Bemerkungen zu einigen normativen Grundlagenproblemen des interkulturellen Managements. In: Engelhard, Johann (Hg.): Interkulturelles Management: Theoretische Fundierung und funktionsbereichsspezifische Konzepte. Wiesbaden, S. 23–54

Tembrock, Günter (1981): Moderne Verhaltensforschung. In: Fleischer, Lutz-Günter; Hess, Harro (Hg.): Wissen aus erster Hand – Erkenntnisse, Erfahrungen, Erfolge der Wissenschaft. Berlin, S. 63–79

Tembrock, Günter (1990): Innovationsstrategien im organismischen Verhalten In: Das Neue. Seine Entstehung und Aufnahme in Natur und Gesellschaft. Berlin

Wolffgramm, Horst (2006): Allgemeine Techniklehre – Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten, Frankfurt/M. u.a.O. – URL: http://www.uni-potsdam.de/fileadmin/projects/wat/files/aktuelles/WS1314/Wolffgramm-ATL-2006.pdf

Wolffgramm, Horst (2004): Gegenstandsbereich und Struktur einer Allgemeinen Techniklehre. In: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, 75, S. 69–80

Wolffgramm, Horst (1978): Allgemeine Technologie: Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten technologischer Systeme. Leipzig

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *131 (2017), 93–109*

Bernd Meier

# Curriculare Implikationen des Technikbegriffs

**Abstract**

Die wissenschaftlichen Arbeiten von Gerhard Banse als Technikphilosoph für die Allgemeine Technologie bzw. Allgemeine Technikwissenschaft sowie für die Technikfolgenabschätzung sind hinlänglich bekannt.

Weniger bekannt sind die zahlreichen Folgen seiner philosophischen Arbeiten für die Pädagogik. Am Beispiel des differenzierten Technikverständnisses soll in diesem Beitrag deutlich werden, welche Folgen sich aus unterschiedlichen Auffassungen zum Begriff der Technik für die Gestaltung von Lehr-Lern-Prozessen in der Allgemeinbildenden Schule ergeben.

## Vorbemerkungen

Der Begriff Technik wird sehr häufig sowohl in der Sprache des Alltags, als auch in der Wissenschaft gebraucht und dabei auch noch sehr unterschiedlich verwendet. Der Technikbegriff ist überaus vieldeutig.

In diesem Beitrag soll vor allem auf den Technikbegriff im Bildungskontext eingegangen werden. Deutlich werden soll, dass unterschiedliche Technikverständnisse auch zu unterschiedlichen Modellen in der allgemeinen Technischen Bildung führen.

Dabei soll zugleich die wissenschaftliche Leistung von Gerhard Banse gewürdigt werden. Seine wissenschaftliche Arbeit hat wesentlich dazu beigetragen, dass in aktuellen Curricula Technik als Kulturprodukt betrachtet wird und die Technikbewertung im Kontext differenzierter Lebensstile erfolgt.

Meine Ausgangsthese lautet: Die wissenschaftlichen Arbeiten von Gerhard Banse haben wesentlich zur weiteren Profilierung der technischen Bildung beigetragen. Er steht dadurch in einer Reihe mit Horst Wolffgramm (vgl. 1978, 2006) und Günter Ropohl (vgl. 1979, 2009). Das ist umso bemerkenswerter, da er im Gegensatz zu diesen Lehrstuhlinhabern nicht vordergründig mit Lehrerbildung befasst war.

## Gerhard Banse: Vom Ideengeber zum Mitgestalter

Bis zur politischen Wende in der DDR wurde Banse vor allem zitiert und seine Aussagen wurden für die Gestaltung von Lehr-Lern-Prozessen in der Polytechnischen Bildung und Erziehung genutzt. Im Mittelpunkt stand hier vor allem das von Gerhard Banse und Helge Wendt herausgegebene Werk „Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften“ erschienen im VEB Verlag Technik, Berlin 1986.

Nach der politischen Wende war Gerhard Banse zunächst ein wichtiger Konsultationspartner und Berater für die Lehrplanarbeit. Mit dem Fachgespräch „Technikbilder“ im Jahre 2002 mischte er sich dann unmittelbar in die curriculare Arbeit ein. Schon das einladende Trio, Gerhard Banse, Bernd Meier und Horst Wolffgramm, repräsentierte die verschiedenen Perspektiven von Technikphilosophie, Technikdidaktik und der Technikwissenschaft. Die geladenen Gäste von nationalen Universitäten und Hochschulen in Bremen, Cottbus, Erfurt, Frankfurt/Oder, Flensburg, Freiburg, Potsdam sowie aus Polen (Opole) und Vietnam (Hanoi) provozierten teilweise widersprüchliche Positionen. Hiernach folgen folgerichtig zahlreiche Engagements vor allem im Zusammenhang seiner Mitwirkung als Mitglied der Bereichsvertretung „Technik und Bildung“ des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI). Zu nennen sind darüber hinaus unsere gemeinsamen Arbeiten im Rahmen der Leibniz-Sozietät, vor allem die verschiedenen Tagungen.

Den Auftakt bildete die Konferenz „Arbeit und Technik in der Bildung – Modelle arbeitsorientierter technischer Bildung“ im Jahr 2012 an der TU Berlin. Diese Thematik fand im Sinne kontinuierlicher Bearbeitung wichtiger Arbeitsgebiete ihre inhaltliche Fortsetzung im Frühjahr 2015 an der Universität Potsdam unter dem Titel „Allgemeinbildung und Curriculumentwicklung – Herausforderungen an das Fach Wirtschaft-Arbeit-Technik“.

Eine herausragende Beachtung kann bezüglich der Konferenz in Potsdam-Griebnitzsee vom Mai 2013 zum Thema „Inklusion und Integration – Theoretische Grundfragen und Fragen der praktischen Umsetzung im Bildungsbereich“ konstatiert werden. Die Tagung griff die aktuellen Diskussionen zur Schulentwicklung auf, die seit Verabschiedung der UN-Behindertenrechtskonvention im Jahre 2006 und ihrer Annahme in Deutschland am 26. März 2009 verstärkt auftraten. Zu dieser Tagung stellte auch die damalige Bildungsministerin des Landes Brandenburg, Frau Martina Münch, ihre Positionen vor. Obwohl das Thema bereits breit diskutiert und in „neuen“ wissenschaftlichen Denkrichtungen (besonders in Pädagogik und Soziologie) etabliert wurde, bestanden in der öffentlichen Diskussion Unsicherheiten über Möglichkeiten und Ziele, Formen, Differenzierungen und Geltungsbe-

reiche der Inklusion. Nicht selten paarten sich diese Unsicherheiten mit wissenschaftlichen und ideologischen Richtungsstreitigkeiten zwischen Befürwortern und Gegnern der Inklusion, mit Lobbyismus, Interessenkonflikten und wechselseitigen Zuschreibungen. Die Tagungsorganisatoren nutzten den Vorzug der Leibniz-Sozietät, dieses weite und gesellschaftlich äußerst relevante Thema unter pädagogischen, psychologischen, philosophischen, ethischen, medizinischen, soziologischen, arbeitsökonomischen Aspekten und somit komplex zu erörtern, um Anregungen für alle am Gegenstand beteiligten Wissenschaften zu vermitteln sowie einen Beitrag zur wissenschaftlich orientierten Aufklärung der Öffentlichkeit leisten zu können. Da die Interdisziplinarität des Themas ein klassenübergreifendes Vorgehen als zweckmäßig erscheinen ließ, wurde diese Veranstaltung zugleich als Jahrestagung der Leibniz-Sozietät für 2013 genutzt. Der von Gerhard Banse und mir gemeinsam herausgegebene Tagungsband mit Beiträgen von 20 Autorinnen und Autoren wurde und wird vielfach zitiert und musste 2015 sogar neu aufgelegt werden.

Auch die Konferenz im Jahr 2015 zum Thema „Allgemeinbildung und Curriculumentwicklung – Herausforderungen an das Fach Wirtschaft-Arbeit-Technik“ wurde als Jahrestagung der Leibniz-Sozietät ausgewiesen. Diese wissenschaftliche Veranstaltung mischte sich ebenfalls in die aktuelle bildungspolitische Diskussion ein – allerdings mit dem klaren Fokus auf die Bildungslandschaft in den Ländern Berlin und Brandenburg. Erstmalig in der bundesdeutschen Schulgeschichte wurde eine Anhörungsfassung für einen einheitlichen Rahmenlehrplan für die Jahrgangsstufen 1 bis 10 für zwei Bundesländer zur Diskussion gestellt. Diese Konstellation war für die Leibniz-Sozietät ein guter Anlass, sich in die Anhörung mit einzubringen. Als Wissenschaftsgemeinschaft fühlt sie sich verpflichtet, einen solchen Prozess der demokratischen Mitwirkung zu unterstützen und ist sehr motiviert, ihre wissenschaftlichen Positionen mit in die Diskussionen einzubringen. Auch diese Tagung erfuhr eine gute fachliche Resonanz. Teilnehmer waren neben den interessierten Lehrkräften vor allem verschiedene Fachverbände/Institutionen aus ganz Deutschland: Deutsche Gesellschaft für ökonomische Bildung; Deutsche Gesellschaft für technische Bildung; Gesellschaft für Arbeit, Technik und Wirtschaft im Unterricht; Verein Haushalt in Bildung und Forschung; Verbraucherzentrale Bundesverband; Universität Potsdam – Zentrum für Lehrerbildung und Bildungsforschung; LISUM – Landesinstitut für Schule und Medien.

**Defizit: Allgemeine technische Bildung**

Technik ist ein bedeutender, weil wirkmächtiger Bestandteil menschlichen Lebens und der Kultur aller Menschen. Sie hat einen hohen Stellenwert für die gesellschaftliche, kulturelle und wirtschaftliche Entwicklung in Deutschland, Europa und weltweit. Trotz dieser herausragenden Rolle haben Technik und Technologie im Prozess der allgemeinen Menschenbildung eine eher untergeordnete Rolle gespielt – und spielen sie noch heute. Eine Ausnahme stelle die Polytechnische Bildung und Erziehung in der DDR und in den damaligen sozialistischen Ländern dar. Hier war von der ersten bis zur letzten Schulstufe eine technische, allerdings vor allem produktionstechnische Bildung gesichert (vgl. Meier 2012, S. 33ff.).

Bildungskonzepte sparen den Bereich „des Technischen“ oftmals aus oder reduzieren ihn auf das „Naturwissenschaftliche“. Das hat Wurzeln und Traditionen im neuhumanistischen Bildungsanspruch. Die geschichtlichen Wurzeln des Bildungsbegriffs liegen im Neuhumanismus, zu Beginn des 19. Jahrhunderts. Als ein Urvater einer zeitgemäßen Auffassung von Bildung gilt Wilhelm von Humboldt (1767–1859), der zwischen dem 18. und 19. Jahrhundert die wohl weitreichendste Bildungsreform im deutschen Sprachraum durchführte. Er definierte Bildung beeinflusst vom Zeitalter der Aufklärung als die Anregung aller Kräfte des Menschen, damit diese sich über die Aneignung der Welt entfalten und zu einer sich selbst bestimmenden Individualität und Persönlichkeit führen. Bildung beschreibt somit nach seiner Auffassung das Bemühen um die Ausbildung aller persönlichen Kräfte eines Menschen zu einem harmonischen Ganzen. Bildung wird verstanden als Befähigung zu freiem Urteil und zu Kritik und ist somit Voraussetzung für Emanzipation und Persönlichkeitsentwicklung. Lernen galt somit – meines Erachtens missverstanden – als Sache für das Hirn und nicht für die Hände.

Eine zeitgemäße allgemeine technische Bildung umfasst heute

> „... Verlauf wie Resultat jener Prozesse, deren Zweck die Vermittlung bzw. Aneignung von Kenntnissen über technische Sachsysteme sowie deren Entstehung und Verwendung in lebensweltlichen Zusammenhängen ist. Ziel ist ein über das sinnlich Erfassbare hinausgehendes Verständnis von Technik (Wissen als Einsichten in technische Strukturen und Prozesse) sowie die Ausprägung entsprechender Kompetenzen im Umgang mit ihr (Können als technisch relevante Fähigkeiten und Fertigkeiten). Damit hat technische Bildung ein ‚emanzipatorisches Potenzial’, ist sie doch eine notwendige Bedingung für ein selbstbestimmtes Leben in einer technischen bzw. technisierten Lebenswelt. Sie bietet Orientierungswissen als Lebens- und Entscheidungshilfe für zukünftiges technikbe-

> zogenes Handeln und Verhalten und ist somit gegen Techno- und Expertokratie gerichtet.“ (Banse/Meier 2013, S. 421)

Dass die allgemeine technische Bildung ist Deutschland defizitär ist wurde durch den Verein Deutscher Ingenieure immer wieder beklagt. Exemplarisch sei auf die 1. Flensburger Tagung initiiert durch Hans Schulte und Horst Wolffgramm erinnert. Hier wurde bereits 1990 das Memorandum zur Stärkung der Technischen Bildung im Vereinten Deutschland verabschiedet. Fünf Jahre später musste die 2. Flensburger Tagung konstatieren, dass technische Bildung im vereinten Deutschland nach wie vor defizitär ist. Eine weitere Bestandsaufnahme zur Situation der technischen Bildung in Deutschland wurde unter Leitung von Regina Buhr und Ernst Andreas Hartmann vorgenommen. Sie trägt den Titel „Technische Bildung für Alle. Ein vernachlässigtes Schlüsselelement der Innovationspolitik“. Die Untersuchung erstreckt sich auf alle Bildungsbereiche von der frühkindlichen Erziehung, über die schulische und berufliche Bildung bis zur Hochschul- und Erwachsenenbildung. Sie identifiziert Schnittstellen zwischen den einzelnen Bildungsbereichen und entwickelt erste Ansatzpunkte dafür, technische Bildung als einen auf vielfältige Weise miteinander vernetzten und aufeinander bezogenen Bildungsprozess zu gestalten.

Veränderungen sind dennoch nicht zu erkennen. Auch im internationalen Vergleich sieht es nicht deutlich besser aus. Eine internationale Tagung der Leibniz-Sozietät in Kooperation mit der TU Berlin und der Universität Potsdam sicherte eine aufschlussreiche Bestandsaufnahme (vgl. Meier 2012). In Länderberichten aus Australien, Bolivien, Polen, USA, Vietnam und Russland wurden Rahmenbedingungen, Begriff, Ziele sowie Merkmale und Entwicklungsformen technischer Bildung beschrieben. Dabei wurde deutlich, dass weltweite Entwicklungen ähnliche Grundmuster hervorbringen: Die untersuchten Länder vollziehen einen Wandel vom an Handarbeit orientierten traditionellen Technikunterricht zur Gestaltung eines mehr und mehr integrativen Faches. Der damit verbundene Aspekt der Kompetenzorientierung stellt sich in den letzten Jahrzehnten nach wie vor im Spannungsfeld von outcome orientierten Curricula und eher traditionellen behavioristischen Lernzieltaxonomien dar. Breiten Raum nahm die Diskussion nationaler Problemlagen zur erfolgreichen Integration technologischer Bildung in die nationalen bzw. regionalen Curricula ein. Dabei wurde erkennbar, dass nur eine breite Definition von Technikbildung im Kontext eines weiten Verständnisses von Allgemeinbildung zur erfolgreichen Integration und dauerhaften Aufrechterhaltung eines eigenständigen Unterrichtsfaches Technik (in einem weiten Sinne) führt. Die Tagung schloss mit einem Plä-

doyer, erkennbaren Tendenzen zur Ausbildung eines utilitaristischen „Homo oeconomicus“ deutlicher eine Konzeption von Allgemeinbildung entgegenzustellen, die die subjektive Aneignung von Kultur zur Bildung mündiger Persönlichkeiten als ihren gesellschaftlichen und pädagogischen – damit also auch als ihren technik- bzw. arbeitslehredidaktischen – Auftrag begreift.

Zugleich wurde deutlich, dass unterschiedliche Technikbegriffe auch zu differenzierten Modellen einer allgemeinen technischen Bildung führen.

## Technikbegriff: enges und weites Verständnis

Der Technikbegriff gehört deshalb zu den umgangssprachlich verbreitet gebrauchten Wortbezeichnungen, weil es keinen Bereich des menschlichen privaten, beruflichen und öffentlichen Lebens gibt, in dem Technik nicht eine bedeutende Rolle spielt.

Für die Gestaltung der Beziehungen von Technik und Bildung hat es sich bewährt, auf eine extensionale Definition zurückzugreifen. Bei einer extensionalen Definition wird eine bestimmte Anzahl von Elementen aufgezählt, auf die sich das, was definiert werden soll, bezieht.

In diesem Zusammenhang hat der Technikphilosoph Günter Ropohl den Technikbegriff mittlerer Reichweite bestimmt, den sich später auch der VDI zu eigen macht.

> „Technik umfasst (a) die Menge der nutzenorientierten, künstlichen, gegenständlichen Gebilde (Artefakte oder Sachsysteme), (b) die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen und (c) die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden.“ (Ropohl 2009, S. 31)

Dieser Technikbegriff mittlerer Reichweite ist somit angesiedelt zwischen einer engen (ingenieurwissenschaftlichen) Auslegung als „Aggregation von Artefakten“ und der sehr weiten Position, „alles“ sei Technik im Sinne von Kunst/Fertigkeit.

Diese Auffassung präzisieren Gerhard Banse und Robert Hauser indem sie die folgenden Technikverständnisse unterscheiden (vgl. Tab. 1):

Sie gehen in der Folge über das Verständnis von Technik als soziotechnisches System hinaus und sehen Technik als Kulturprodukt. Zwei Zitate sollen die Grundüberlegungen der Autoren weiter verdeutlichen.

> „Ausgangspunkt ist die Einsicht, dass technische Objekte keinesfalls notwendigerweise so und nicht anders, wie sie uns allgegenwärtig sind, d.h. aus autonomen technischen Bedingungen, in den Alltag gelangen. Technische Sachsysteme sind in ihrer Entstehung wie in ihrer Verwendung Ausdruck sowohl eigener wie

fremder (‚eingebauter') Absichten und Zwecke. Trotz aller genau eingebauter und eingeschriebener Handlungsanweisungen, deren Befolgung gerade für den Laien die optimale Funktionsnutzung verspricht, bietet auch und gerade die Alltagstechnik oft erhebliche Spielräume der Nutzung: Aufgegriffen von dem einen, schlecht eingesetzt von dem anderen, ignoriert vom dritten – stets jedoch vor dem Hintergrund bestimmter Nutzungserwartungen, beeinflusst durch Wertung und Werbung sowie eingebettet in bestimmte gesellschaftliche und technische ‚Infrastrukturen'." (Banse/Hauser 2012, S. 21)

„Technik wird nicht nur durch den kulturellen Kontext (s. o.) stark beeinflusst, sondern ist selbst eine kulturelle Hervorbringung, eine Kulturform. Das Verhältnis zwischen Kultur und Technik ist reziprok: Durch Technik wird Kultur ins Werk gesetzt, fortgeschrieben, verdinglicht, und die Umwelt wird kultiviert. Technik als Kulturform bildet jedoch (ist sie erst einmal in den Alltag integriert) selbst einen Teil dieser Umwelt, sie wird beständig weiter kultiviert. Indem sie aber (durch kulturelle Einflüsse) Veränderung erfährt oder gar aus kulturellen Bedürfnissen heraus neu geschaffen wird, wirkt sie wiederum als Umwelt auf den Kontext zurück und verändert diesen." (Ebd., S. 26f.)

Tab. 1: Technikverständnisse

| ***Technik*** | ***-Verständnisse*** |
|---|---|
| *enge Technikverständnisse* | Technik als Realtechnik / technisches Sachsystem / technisches Artefakt |
| *mittelweite (mittlere) Technikverständnisse* | Technik als Mensch-Maschine-System (MMS) / Mensch-Maschine-Interaktion |
| | Technik als sozio-technisches System |
| | Technik als kultivierte Technik |
| | Technik als Medium |
| *weite Technikverständnisse* | Technik als Handlungspraxis / gelingende Regel-Reproduzierbarkeit |

Quelle: Banse in diesem Band, S. 115

Im Grunde orientieren die Autoren hiermit auf Technik als ein Ausdruck des technischen Handelns. Das ist insofern von besonderer Bedeutung, dass die Subjektposition akzentuiert wird: Technik ist einerseits Menschenwerk und andererseits verändert Technik die Kultur des Zusammenlebens der Menschen. Technisches Handeln beinhaltet den Umgang mit Technischen Systemen und Prozessen in sozialen und gesellschaftlichen Kontexten.

Banse bzw. Banse/Hauser gehen somit in ihren Überlegungen über eine Nominaldefinition hinaus, vermeiden es aber, zu einer klaren Realdefinition überzugehen. Offensichtlich wollen sie nicht in den „essentialistischen Fehler der traditionellen Technikphilosophie" verfallen, „in einer Realdefinition

‚die' Technik als eine Art idealer Wesenheit zu hypostasieren" (Ropohl 1979, S. 30). Hierzu müsste der wesentliche Kern der Technik festgestellt, in dem invariante Merkmale herausgearbeitet werden, die nur die zu definierende Technik besitzt und die sie von anderen unterscheidet.

Einen derartigen Versuch unternahm Horst Wolffgramm und ist sich der Problematik eines derartigen Unterfangens bewusst, indem er konstatiert:

> „Wir sehen in dem Technikbegriff heute eine der grundlegenden philosophischen Kategorien, der mit den Begriffen Natur und Gesellschaft in enger Beziehung steht und gemäß seinem Wirkungsumfang auf eine Ebene mit ihnen gehört. Dieser Platz des Technikbegriffs im Zentrum eines modernen Gesellschaftsverständnisses macht auch die weltanschaulichen Auseinandersetzungen verständlich, die um ihn geführt werden und die bis heute nicht in eine einheitliche Position eingemündet sind." (Wolffgramm 2006, S. 38)

> „Technische Erscheinungen besitzen eine ausgeprägte Spezifik. Sie äußert sich in charakteristischen wesensbestimmenden Merkmalen der Technik:
>
> – Integrative Einheit von natürlichen und gesellschaftlichen Elementen – Bestimmung des technisch jeweils Realisierbaren durch das objektiv (naturgesetzlich) Mögliche, das ökonomisch und ökologisch Vertretbare und das sozial (politisch) Gewollte;
> – Dominanz der Finaldeterminiertheit: Die Grundrelation der Technik ist die Zweck-Mittel-Relation (die Frage nach dem „Wofür?"); Technikgesetze enthalten finale Aussagen;
> – Technik hat immer komplexen Charakter; Technik besitzt Multipotenz: Sie zeichnet sich durch eine Vielzahl von Lösungsmöglichkeiten für jede technische Aufgabenstellung aus, die jeweils nur das Optimum für den konkreten Fall anstrebt; diese Multipotenz ist entscheidender Faktor für die hohe Entwicklungsdynamik der Technik;
> – Technik besitzt Vieldimensionalität: sie ist Produktivkraft, Humankraft, Sozialkraft, und Kulturkraft und kann auch zur Destruktivkraft werden." (Wolffgramm 2004, S. 73f.)

## Differenziertes Technikverständnis: differenzierte Technik-didaktische Konzepte und Modelle

Im Bereich der Allgemeinbildung ist technische Bildung heute sowohl in Deutschland als auch international überaus heterogen konzeptioniert. Die Konzepte einer allgemeinen technischen Bildung stützen sich auf unterschiedliche theoretische Positionen und Begründungszusammenhänge und verfolgen differenzierte Intentionen. Die Orientierungs- bzw. Ausgangspunkte der wichtigsten und einflussreichsten Konzepte der Gegenwart sind: Indus-

trie und Produktion, Handarbeit, technisch-konstruktive Tätigkeit, Schlüsselkompetenzen, technische Problem- und Handlungsfelder, Zukunftstechnologien bzw. Basisinnovationen, Zusammenhang von Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft, Technik als angewandte Naturwissenschaft und Allgemeine Technologie (vgl. Graube/Theuerkauf 2002; Meier 2011; Vries 1994, 2003). Wir wollen diese nachfolgend kurz charakterisieren und bezüglich ihres zu Grunde gelegten Technikbegriffs untersuchen.

*Handarbeitsorientierung*

Eine stärkere Ausrichtung auf manuelle Produktion im Rahmen handwerklicher Arbeiten unter Nutzung von vornehmlich Holzwerkstoffen finden wir in der Tradition des Werkunterrichts in Deutschland bzw. der finnischen Tradition von Sloyd (craft-oriented). Der Name ist abgeleitet vom schwedischen Slöjd (Fingerfertigkeit), und bedeutete ursprünglich „handwerklich“ oder „geschickt“. Er bezieht sich auf die Herstellung von Kunsthandwerk, vor allem aus Holz, aber auch durch Papierfalten und Nähen von Textilien. Hier liegt offensichtlich ein enger Technikbegriff, der das Artefaktische betont zugrunde. Darüber hinausgehend deutet sich hier ein Paradigmenwechsel an: Es geht weniger um das Verständnis von Technik, sondern um das Akzentuieren des Subjekts im Umgang mit Technik, es wird das technische Handeln fokussiert. Hier erfahren wir allerdings wieder eine Verkürzung allein auf das „Technikschaffen“.

Einen wichtigen Schwerpunkt bildete die exakte Ausführung von Arbeitstätigkeiten auf der Basis zuvor in Demonstrationen herausgestellter Griff-, Stell- und Bewegungselemente. Die wesentlichen Ziele sind auf die Entwicklung der jungen Person, ihrer Kreativität, Arbeitshaltung und ihrer geistigen Entwicklung gerichtet. Handarbeit wird als hohes Gut für die Persönlichkeitsentwicklung erachtet, weil es nicht wichtig erscheint, was der junge Mensch mit dem Material macht, sondern was das Material ihm oder ihr ermöglicht.

Neben der sachgerechten Entwicklung motorischer Fertigkeiten geht es um ästhetische Gestaltung. Zugleich geht es um die Herstellung nützlicher Gegenstände unter schulischen Rahmenbedingungen.

*Orientierung an Industrie und Produktion*

Besonders in den ehemaligen sozialistischen Ländern dominierte eine Orientierung der Inhaltskonzepte an Industrie und Produktion. In Russland gibt es

gegenwärtig starke Versuche, mit Unterstützung des industriellen Sektors das Konzept zu revitalisieren.

Ausgehend von der Stellung der Produktion im gesellschaftlichen Reproduktionsprozess wurden Elemente der Fertigungs-, Maschinen-, Elektro- und Automatisierungstechnik in den Mittelpunkt des Unterrichts gestellt. Bezüglich der Fertigungsarten wurde besonders die moderne Massenproduktion thematisiert.

Die Inhaltsauswahl war vor allem fachwissenschaftlich orientiert. Im Zentrum stand die Profilierung einer allgemeinen Techniklehre mit klaren Elementen, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten. Es ging darum, konkrete Einblicke in die materielle Produktion zu vermitteln und Interessen für eine spätere berufliche Bildung in diesem Bereich zu wecken. Der Beitrag des vermittelten Wissens zur Bewältigung des Alltags war untergeordnet.

Das Modell findet in modifizierter Form auch heute noch Anwendung. Dabei erfolgt vor allem eine Konzentration auf ausgewählte spezielle Technologien, insbesondere Automatisierungstechnik. In diesem Fall wird vornehmlich von „Engineering“ gesprochen.

Der zugrunde gelegte Technikbegriff ist stark verkürzt auf Produktionstechnik. Damit fehlt dem didaktischen Modell ein konsequenter Lebensweltbezug. Die Technik des Alltags bleibt ausgeblendet. Auf der anderen Seite wird ein unkonturiertes Überfach vermieden.

### *Orientierung an einem Verständnis von Technik als angewandte Naturwissenschaft*

Obwohl in der technikwissenschaftlichen und -philosophischen Diskussion die verengte Auffassung von Technik als angewandte Naturwissenschaft längst überwunden ist, wird im Rahmen allgemeinbildender Konzepte noch immer die Eigenständigkeit der Technik ignoriert. Ausdruck dessen sind Konzepte der angewandten Naturwissenschaft (applied science). Es dominiert somit ein unzeitgemäßer Technikbegriff. Das Modell ist auch in der bundesdeutschen Bildungswirklichkeit nicht verbannt, sondern dominiert vor allem an den deutschen Gymnasien. Technische Bildung erfolgt in einem sogenannten Diffusionsmodell, bei dem Elemente technischer Bildung vor allem zur Sicherung des Anwendungsbezugs naturwissenschaftlicher Zusammenhänge dienen müssen.

Ignoriert werden hier vor allen die Beziehungen von Arbeit und Technik. Technik ist nicht nur angewandte Naturwissenschaft, sondern wird vom Menschen zur Entlastung von Arbeit und damit zur Erleichterung des Lebens eingesetzt. Im Mittelpunkt steht eine stärker auf Aufbau-Funktions-

Beziehungen gerichtete kausale Betrachtung technischer Gebilde. Die typischen Denk- und Arbeitsweisen der Technik werden hier nicht hinreichend berücksichtigt, das Wesen der Technik als dritter Bereich zwischen Natur und Gesellschaft wird weitgehend vernachlässigt.

*Orientierung an technischen Problem- und Handlungsfeldern*

Die Orientierung an technisch geprägten Problem- und Handlungsfeldern ist eine Form des Situationsansatzes. Das Modell akzentuiert besonders das Subjekt im Aneignungsprozess und sieht von einer fachwissenschaftlichen Systematik ab. Eine Strukturierung erfolgt im Rahmen des Modells an individuell und gesellschaftlich bedeutsamen Problem- und Handlungsfeldern, wie Arbeit und Produktion, Bau und Wohnen, Versorgung und Entsorgung, Transport und Verkehr, Information und Kommunikation und später auch noch Haushalt und Freizeit.

Die Mehrperspektivität ist gegeben durch die (vgl. z.B. Sachs 1979):

- *Kenntnis- und Strukturperspektive:* Perspektive technischer Kenntnisse und sachstruktureller Einsichten;
- *Handlungsperspektive:* Perspektive technikbezogener Fähigkeiten und Fertigkeiten;
- *Problem- und Bewertungsperspektive:* Perspektive der Bedeutung und Bewertung der Technik.

Da diese Perspektiven im Grunde nicht weit über Positionen zur Allseitigkeit der Persönlichkeitsentwicklung bezüglich des Wissens, Könnens und der Erziehung im engeren Sinne oder der Ausbildung von Kopf, Hand und Herz hinausgehen, versuchte Bernd Meier in Anlehnung an Ropohl weitere Perspektiven zur Betrachtung soziotechnischer Zusammenhänge aufzuzeigen (vgl. Meier 1999). In jüngerer Zeit nehmen die Vertreter vor allem aus dem Kreis der Deutschen Gesellschaft für technische Bildung (DGTB) offen Bezug auf den Technikbegriff mittlerer Reichweite und damit auf das sozio-technische System (vgl. Schlagenhauf 2002).

*Orientierung an Zukunftstechnologien bzw. Basisinnovationen und Orientierung am Zusammenhang von Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft*

Aktuelle Konzepte setzen stärker auf moderne Technologien (vgl. Meier 2001) und /oder den Zusammenhang von Natur-Technik-Gesellschaft.

Multimedia, Gen-, Nano- und Solartechnologien, Umwelt- und Mikrosystemtechnik – so heißen die Basisinnovationen, die nach Meinung von Ingenieuren, Naturwissenschaftlern, Ökonomen und Zukunftsforschern das 21. Jahrhundert prägen werden. Einzeln oder im Verbund können diese Technologien unsere Lebens-, Arbeits- und Wirtschaftswelt maßgeblich verändern, indem sie neue Märkte schaffen und alte, bestehende Branchen grundlegend umgestalten. Derartige Umwälzungen enthalten Potenzial für gigantische Produktionsschübe ebenso wie für Zukunftsunsicherheit und Angst (vgl. auch Hörz 2009). Sie können das Wirtschaftswachstum über Jahrzehnte tragen, Arbeitsplätze vernichten und neue schaffen. Problematisch für den Unterricht ist, dass moderne Technologien sich durch eine gegenüber dem klassischen Industriezeitalter noch einmal deutlich gesteigerte Komplexität der eingesetzten Wirkzusammenhänge auszeichnen. Somit besteht die Gefahr, dass Schülerinnen und Schüler überfordert werden oder unzulässige Vereinfachungen vorgenommen werden.

Das Konzept von STS (Science – Technology – Society) betont den Zusammenhang von Naturwissenschaft, Technik/Technologie und Gesellschaft. Damit wird der Charakter der Technik als natürliche und gesellschaftliche Erscheinung aufgegriffen und der Gedanke der Interdisziplinarität verstärkt. Inhaltlich geht es um eine Integration von ökonomischen, ethischen, sozialen und politischen Aspekten in der Auseinandersetzung mit technologischen Entwicklungen.

Bei STS handelt es sich um einen in didaktischer Absicht konstruierten Gegenstandsverbund, der von gesellschaftlichen Problemen ausgehend den Lernenden die spezifischen (naturwissenschaftlich-)fachlichen Zugänge eröffnet (hier: science = Naturwissenschaften) und zugleich die Rolle von Technik und Technologie in unserer Zeit thematisiert. Das Modell war in erster Linie darauf gerichtet, den naturwissenschaftlichen Unterricht durch konkrete Anwendungsbezüge interessanter zu gestalten. Andererseits folgen neuere Rahmenpläne für eine arbeitsorientierte Allgemeinbildung dieser integrativen Betrachtung von bedeutsamen Problemen der Menschheit unter naturwissenschaftlich-technischer, ökonomisch-ökologischer und politisch-sozialer Perspektive. Der Kerngedanke ist, dass nur über Arbeit menschliche Bedürfnisse befriedigt werden können. Insofern besteht eine Interdependenz zwischen Arbeit, Technik und Wirtschaft, die ökologische, soziale und politische Aspekte mit einschließt. Hier wäre meines Erachtens auch das technikdidaktische Interaktionsmodell von Andreas Hüttner einzuordnen.

> „Das technikdidaktische Interaktionsmodell wird durch die Bestimmung der anthropologischen und soziokulturellen Bedingungen vororientiert. Es ist auf der

> Theorieebene angesiedelt, auf ganzheitliche Reflexion der Unterrichtswirklichkeit ausgerichtet und zielt auf eine lerneffektive, soziale Interaktion im Technikunterricht.“ (Hüttner 2002, S. 156)

Der zugrunde gelegte Technikbegriff in allen Modellen trägt Ansätze des Verständnisses der Technik als Kulturprodukt. Einen besonderen Schwerpunkt bildet hierbei die materielle Kultur im Zusammenhang von Bedürfnis – Arbeit – Technik – Wirtschaft – Gesellschaft. Akzentuiert werden darüber hinaus Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung.

*Orientierung an der Allgemeinen Technologie*

In dem Bestreben um die Schaffung von Grundlagen einer allgemeinen Techniklehre wurden vor allem in Deutschland Arbeiten zur Schaffung einer Allgemeinen Technologie vorgelegt, die auch die Entwicklung von Schulcurricula beeinflussten (vgl. z.B. Banse 1997; Ropohl 1979, 1999, 2009; Wolffgramm 1978, 1994/1995).

Die Allgemeine Technologie befasst sich mit dem Vergleich technologischer Prozesse und ihrer Bestandteile auf unterschiedlichen Hierarchieebenen und strukturellen Niveaus mit dem Ziel, das Allgemeine und Wesentliche technologischer Erscheinungen zu erfassen, um Gesetzmäßigkeiten zu erkennen und Prinzipien, Vorschriften, Empfehlungen und Methoden zur Gestaltung der materiell-technischen Seite des Produktionsprozesses für die Anwendung bereitzustellen, deren Aussagen für alle bzw. eine abgrenzbare Summe technologischer Prozesse gültig sind (vgl. Banse/Reher 2008). Typisch für allgemeintechnologische Ansätze sind systemische Betrachtungen. Deshalb wird der Ansatz auch als systemtheoretischer Ansatz bezeichnet. Unterschieden werden Systeme des Stoff-, Energie- und Informationsumsatzes sowie die technologischen Grundfunktionen wandeln, transportieren, speichern. Aus der Kombination der verschiedenen Arbeitsgegenstände und den technologischen Grundfunktionen entsteht eine Matrix mit neun Feldern.

Die vielfältigen Aussagen der Allgemeinen Technologie haben der Ausgestaltung der technischen Bildung wesentliche Impulse gegeben (vgl. Fast/Meier 2008).

Besonders aktuell kann auf den ‚Vorläufigen Rahmenlehrplan’ für den Unterricht im Fach Technik in der gymnasialen Oberstufe für das Land Brandenburg verwiesen werden. Hier wird auf die Technik als Kulturprodukt explizit verwiesen. Der Plan differenziert zwischen Einführungs- und Qualifikationsphase. Für die Einführungsphase werden drei Themenfelder

herausgestellt. Bereits das Themenfeld 1: Mensch – Technik – Gesellschaft stellt als Zielfunktion fest:

> „... Die Auseinandersetzung mit technischen Systemen in soziotechnischen Zusammenhängen verhilft den Schülerinnen und Schülern zu tieferem Verständnis naturaler, humaner, sozialer und ökonomischer Aspekte der zunehmend technisierten Arbeits- und Lebenswelt.“ (Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg, S. VI)

und nennt dazu als inhaltliche Schwerpunkte: Technikbegriffe unterschiedlicher Reichweite (Technik als Realtechnik; Mensch-Maschine-System; Soziotechnik; Technik als Kulturprodukt; Technik als Handlungspraxis) (vgl. ebd. S. VI).

## Didaktischer Zugang: Technik und Lebensstil

Wie eng die Positionen des Technikphilosophen Gerhard Banse und von mir als Technikdidaktiker zusammenlagen, machen ausgewählte Arbeiten zu Fragen des Lebensstils und der Didaktik einer integrativen Arbeits- und Techniklehre deutlich (vgl. Meier 2000, 2004).

Hier wurden für die Unterrichtsgestaltung nachstehende Empfehlungen formuliert:

„1. Zum Zwecke einer verstärkt schülerorientierten Unterrichtsgestaltung sollten Technik und Technologie in Haushalt und Freizeit im Kontext individueller Lebensentwürfe betrachtet werden...

2. Die Gestaltung des Aneignungsprozesses zur Behandlung von Technik und Technologie in Haushalt und Freizeit im Kontext des individuellen Lebensentwurfs erfordert einen situationsanalytischen Ansatz...

3. Eine fachdidaktisch zweckmäßige Variante, um Technik und Technologie in Haushalt und Freizeit im Kontext des individuellen Lebensentwurfs zu behandeln, bietet die Konfrontation der Lernenden mit differenzierten Lebensstilen...

4. Einen methodischen Zugang zum individuellen Lebensentwurf und zur Konfrontation der Lernenden mit differenzierten Lebensstilen eröffnet beispielsweise die Zukunftswerkstatt...

5. Um den Übergang vom Wünschbarem zum Wahrscheinlichen zu gestalten, erhält die Zukunftswerkstatt eine methodische Ergänzung durch die Szenario- Methode...

6. Zur Analyse technisch geprägter Lebenssituationen in Haushalt und Freizeit bieten sich Fallstudien an. Sie dienen dazu, die Komplexität soziotechnischer Systeme zu erschließen...

7. Technikbewertung stellt eine Schlüsselqualifikation zum bewussten Umgang mit Technik und Technologie in Haushalt und Freizeit sowie zur Entwicklung eines begründeten Lebensstils dar. Einen zentralen Aspekt bildet hierbei die Produktanalyse.“ (Meier 2000, S. 59f.)

## Weitere Aktionsfelder gemeinsamer Arbeit

Mit dem Verweis auf Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung ist ein weiteres übergreifendes Feld unserer gemeinsamen Arbeit erwähnt, das hier ebenso wie das Feld der technischen Tätigkeiten und Handlungen nicht weiter ausgeführt werden kann.

## Literatur

Banse, Gerhard; Wendt, Helge (Hg.) (1986): Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Berlin

Banse, Gerhard (Hg.) (1997): Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie. Johann Beckmann und die Folgen. Berlin

Banse, Gerhard; Friedrich, Käthe (Hg.) (2000): Konstruieren zwischen Kunst und Wissenschaft. Idee – Entwurf – Gestaltung. Berlin

Banse, Gerhard; Meier, Bernd; Wolffgramm, Horst (Hg.) (2002): Technikbilder und Technikkonzepte im Wandel – eine technikphilosophische und allgemeintechnische Analyse. Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe (Wissenschaftliche Berichte, FZKA 6697)

Banse, Gerhard (2008): Technikfolgenabschätzung. Ein strategisches Rahmenkonzept mit politischem Anspruch. Unterricht – Arbeit + Technik 10 (2008) 39, S. 59–62

Banse, Gerhard; Reher, Ernst-Otto (2008): Verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie – ein Überblick zum erreichten Stand und zu weiteren Aufgaben. In: Banse, Gerhard; Reher, Ernst-Otto (Hg.): Allgemeine Technologie – verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie. Berlin, S. 21–39

Banse, Gerhard; Hauser, Robert (2010): Technik und Kultur – ein Überblick. In: Banse, Gerhard; Grunwald, Armin (Hg.): Technik und Kultur: Bedingungs- und Beeinflussungsverhältnisse (Reihe: Karlsruher Studien Technik und Kultur, Band 1). Karlsruhe, S. 17–40

Banse, Gerhard; Grunwald, Armin (Hg.) (2010): Technik und Kultur: Bedingungs- und Beeinflussungsverhältnisse (Reihe: Karlsruher Studien Technik und Kultur, Band 1). Karlsruhe – URL: http://uvka.ubka.uni-karlsruhe.de/shop/product_info.php/info/p12657_Technik-und-Kultur---Bedingungs--und-Beeinflussungsverh--ltnisse--Band-1-.html (aufgerufen am 15. 08.2016)

Banse, Gerhard (2012): Erkennen und Gestalten – oder: über Wissen-schaften und Machenschaften. In: TU – Technik im Unterricht, Heft 145, S. 27–45

Banse, Gerhard; Meier, Bernd (Hg.) (2013): Inklusion und Integration. Theoretische Grundfragen und Fragen der praktischen Umsetzung im Bildungsbereich (Gesellschaft und Erziehung. Historische und Systematische Perspektiven, Bd. 15). Frankfurt/M. u.a.O.

Fast, Ludger; Meier, Bernd (2008): Über Technik kommunizieren. In: Unterricht: Arbeit + Technik, 39 (2008), Einhefter, S. 1–20

Graube, Gabriele; Theuerkauf, Walter E. (Hg.) (2002): Technische Bildung – Ansätze und Perspektiven. Frankfurt/M.

Hörz, Herbert (2009): Materialistische Dialektik. Aktuelles Denkinstrument zur Zukunftsgestaltung. Berlin

Hüttner, Andreas (2002): Zusammenhänge zwischen Technikentwicklung und weiterer Ausgestaltung der Technikdidaktik. In: Banse, Gerhard; Meier, Bernd; Wolffgramm, Horst (Hg.): Technikbilder und Technikkonzepte im Wandel – eine technikphilosophische und allgemeintechnische Analyse (Wissenschaftliche Berichte, FZKA 6697). Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe, S. 149–158

Hüttner, Andreas (2005): Technik unterrichten: Methoden und Unterrichtsverfahren im Technikunterricht. Haan Gruiten

Meier, Bernd (2000): Lebensstile und Alltagtechnik – Methodenkonzepte zur Zukunftsgestaltung. In: Unterricht – Arbeit und Technik, 2000 Heft 07, S. 58–63

Meier, Bernd (2012): Lebensstile und Alltagstechnik. Lebensweltbezüge, Lebensentwürfe und Methodenkonzepte zur Zukunftsgestaltung. In: Meschenmoser, Helmut/Plikat, Dirk: Arbeit und Technik verstehen – Zukunft gestalten. Mach-mit Verlag, Berlin 2004

Meier, Bernd (2012): Von der polytechnischen Bildung und Erziehung zur Arbeitslehre – Probleme der technischen Bildung aus historischer und nationaler Perspektive. In: Ders. (Hg.): Arbeit und Technik in der Bildung. Modelle arbeitsorientierter technischer Bildung im internationalen Kontext. Frankfurt/M. u.a.O., Bd. 12, S. 33–60

Meier, Bernd (Hg.) (2012): Arbeit und Technik in der Bildung. Modelle arbeitsorientierter technischer Bildung im internationalen Kontext. Frankfurt/M. u.a.O., Bd. 12

Meier, Bernd (2014): Innovation und Allgemeinbildung. In: Banse, Gerhard; Grimmeiss, Hermann (Hg.): Wissenschaft – Innovation – Technologie (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 37). Berlin, S. 307–323

Meier, Bernd; Banse, Gerhard (Hg.) (2015): Allgemeinbildung und Curriculumentwicklung. Herausforderungen an das Fach Wirtschaft – Arbeit – Technik. Gesellschaft und Erziehung. Historische und systematische Perspektiven. Frankfurt/M. u.a.O., Bd. 15

Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg (Hg.) (2016): Vorläufigen Rahmenlehrplan für den Unterricht im in der gymnasialen Oberstufe: Fach Technik. Potsdam

Ropohl, Günter (1979): Eine Systemtheorie der Technik: zur Grundlegung der Allgemeinen Technologie. München u.a.O.

Ropohl, Günter (2009):Allgemeine Technologie: Eine Systemtheorie der Technik (3rd ed. of the 1979 book). Karlsruhe – URL: http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/1000011529 (aufgerufen am 15.08.2016)

Schlagenhauf, Wilfried (2002): Techniktheorie und Technikdidaktik. Überlegungen zu einem spannungsreichen Verhältnis. In: Banse, Gerhard; Meier, Bernd; Wolffgramm, Horst (Hg.): Technikbilder und Technikkonzepte im Wandel – eine technikphilosophische und allge-

meintechnische Analyse (Wissenschaftliche Berichte, FZKA 6697). Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe, S. 141–148

Vries, Marc de (1994): Technology education in Western Europe. In: Layton, David (ed.): Innovations in science and technology education. Vol. V. Paris (UNESCO), p. 31–45

Vries, Marc de: School technology in Europe in the early twenty first century: towards a closer relationship with science education. In: Jenkins, Edgar W. (ed.): Innovations in science and technology education. Vol. VIII. Paris (UNESCO) 2003, p. 229–248

Wolffgramm, Horst (1978): Allgemeine Technologie: Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten technologischer Systeme. Leipzig

Wolffgramm, Horst (2004): Gegenstandsbereich und Struktur einer Allgemeinen Techniklehre. In: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, 75, S. 69–80

Wolffgramm, Horst (2006): Allgemeine Techniklehre – Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten, Frankfurt/M. u.a.O. – URL: http://www.uni-potsdam.de/fileadmin/projects/wat/files/aktuelles/WS1314/Wolffgramm-ATL-2006.pdf (aufgerufen am 15.08.2016)

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *131 (2017), 111–130*

Gerhard Banse

# Auf dem Weg zur kulturellen Technikbewertung*

**Abstract**

Der Autor schlägt vor, das Konzept der Technikbewertung in Richtung auf eine kulturelle Technikbewertung zu erweitern. „Kultur“ ist ein vieldeutiger Terminus. Im hier interessierenden Zusammenhang werden darunter „Muster“ und „Praktiken“ verstanden (der Wahrnehmung, des Verhaltens, der Kommunikation, der Konsumtion, der Produktion, ...). Diese „Muster“ und „Praktiken“ sind unterschiedlich bezogen auf unterschiedliche Personengruppen, auf Regionen, Länder u.a., sie beeinflussen auch die Beziehungen zwischen Mensch und Technik. Dass schließt eine Relevanz von Kultur für Technikbewertung (Technikfolgenabschätzung) ein: Diese beginnt bei der Auswahl der für Technikfolgenabschätzung bedeutsamen Themen und reicht bis zur Akzeptanz spezifischer technischer Lösungen, schließt Präferenzen und Bewertungskriterien ebenso ein wie deren Hierarchie. Im Beitrag werden – ausgehend von den Beziehungen von Technik und Kultur – Überlegungen in Richtung einer kulturellen Technikbewertung bzw. Technikfolgenabschätzung vorgestellt.

## 1 Ausgangspunkt

Hintergrund der Überlegungen ist die Wahrnehmbarkeit unterschiedlicher „Muster“ oder „Praxen“ bei technischen Sachsystemen einerseits hinsichtlich des Entwurfs (Ziel-/Zweckangemessenheit, Auswahl, Bewertung, ...) und der Gestaltung (Dimensionierung, Gestaltung, Bemessung, „Formgebung“, ...), der Nutzung bzw. des Gebrauchs durch unterschiedliche Individuen und Gruppen (auf Mikro-, Meso- und Makroebene) andererseits. Daraus kann die These abgeleitet werden, dass der Entwurf und Gestaltung sowie die Nutzung von Technik (auch) kulturell beeinflusst ist (da sich Individuen und Gruppen auch sowohl durch ihre „eingeschriebene“ Kultur als auch durch die kulturell geprägte Umwelt, in der sie agieren, unterscheiden), denn: Technik ist ein (sozio-)kulturelles „Phänomen! Und das muss für Technikfolgenabschätzung relevant sein bzw. ist für Technikfolgenabschätzung relevant (vgl. auch Banse 2014).

---

* Dieser Beitrag ist eine erweiterte Fassung von Banse 2014.

Um diesen Ansatz (um mehr handelt es sich gegenwärtig – leider – noch nicht![1]) darstellen zu können, seien in einem ersten Schritt (Abschnitt 2[2]) zunächst Verständnisse von Kultur (Abschnitt 2.1), Technik (Abschnitt 2.2) und Technikfolgenabschätzung (Abschnitt 2.3) kurz skizziert. In einem zweiten Schritt (Abschnitt 3) werden dann Interdependenzen dargestellt, zunächst zwischen Kultur und Technik (Abschnitt 3.1) und dann zwischen Kultur und Technikfolgenabschätzung (Abschnitt 3.2).

## 2 (Vor-)Verständnisse

### *2.1 Kultur*

Obwohl Kultur als wissenschaftlicher Begriff häufig auftaucht und seine Bedeutsamkeit für die Erklärung sozialer Phänomene stetig zunimmt, bleibt er doch zumeist konzeptionell unterbeleuchtet. Philosophie, Soziologie, Ethnologie, Kulturwissenschaft und transdisziplinäre Schulen wie die Cultural Studies haben das, was aus ihrer Sicht unter Kultur zu verstehen ist, zu beschreiben und zu charakterisieren versucht (vgl. Gerhards 2000; Moosmüller 2000, S. 16). Die theoretischen Schwierigkeiten beginnen mit den vielen real existierenden Formen, die Kultur annehmen kann, und enden mit Paradoxien, auf die man unweigerlich bei der wissenschaftlichen Betrachtung des Phänomens Kultur stößt (vgl. Demorgon/Molz 1996, S. 50).

Dennoch haben alle Kulturverständnisse, so verschieden sie im Detail *auch* erscheinen, einen kleinsten gemeinsamen Nenner: ihr Ziel ist immer die Erfassung von (menschgemachten) Kontexten, oder genauer: der Rahmenfaktoren, die diese Kontexte bilden (vgl. dazu auch Hauser/Banse 2010; Hubig 2010). Verschieden sind sie deshalb, weil der jeweils zu erfassende konkrete Kontext je nach Betrachtungsebene und Betrachtungsgegenstand stark variiert und meist mehrere Rahmenfaktoren umfasst. Aussageschwach im Hinblick auf empirische Untersuchungen bleiben viele Kulturkonzepte, weil sie erkenntnistheoretisch nicht in der Lage sind, die oft „weichen", nur implizit wirkenden Rahmenfaktoren, die den Kontext bilden, genauer zu definieren und zwischen den verschiedenen Einflüsse auf den verschiedenen Betrachtungsebenen sowie bezogen auf verschiedene Betrachtungsgegenstände zu differenzieren.

In den mit Kultur bzw. Kulturellem befassten Wissenschaften gibt es eine Vielzahl von Konzepten, Sichtweisen und Begriffsexplikationen, die insge-

1 Die meines Wissens erste umfassendere Arbeit, die sich der hier interessierenden Thematik zugewandt hat, ist Maasen/Merz 2006.

2 Dabei stütze ich mich auf umfangreiche eigene Vorarbeiten (vgl. Banse 2010; Banse/Hauser 2008a, 2008b, 2009, 2010).

samt nicht „restlos“ ineinander überführbar sind.[3] Neben „essentialistischen“ („Kultur ist ...“) gibt es „funktionalistische“ („Kultur hat die Funktion ...“) und „phänomenologische („Kultur zeigt sich in ...“ oder „Kultur wird repräsentiert durch ...“) Fassungen unterschiedlichster Art.[4]

In einem breiten Verständnis umfasst Kultur

(a) die Wertvorstellungen, Überzeugungen, Kognitionen und Normen, die von einer Gruppe von Menschen geteilt werden;
(b) die Verhaltensweisen und Praktiken, die für eine Gruppe von Menschen üblich sind;
(c) vergegenständlichte Artefakte, mit denen das Leben gestaltet wird;
(d) „stillschweigend“ vorausgesetzte Handlungs- und Verhaltens„regeln“ (d.h. implizite „Werte“; vgl. näher dazu Hegmann 2004).[5]

Für die mich interessierenden Bereiche (z.B. „kulturelle Technikbewertung“, technische Sicherheitskulturen oder die Bedingungen der kulturellen „Anschlussfähigkeit“ einer nachhaltigen Entwicklung) ist es angebracht, von einem etwas eingeschränkten Kulturkonzept auszugehen, das auf Überlegungen von Klaus P. Hansen zurückgeht. Nach Hansen gibt es auf verschiedenen Ebenen von Gemeinschaften (Makro-, Meso- und Mikroebene) sogenannte kulturelle Standardisierungen im Umgang mit Technik in den Bereichen Kommunikation, Handeln und Verhalten, Denken sowie Fühlen und Empfinden (vgl. Hansen 2003; vgl. auch Banse/Hauser 2010, S. 23ff.). Diese kulturellen Standardisierungen bilden sich im Verlauf der Sozialisation bzw. „Enkulturation“ heraus und sind mehr oder weniger stabil.[6]

---

3 Beispielsweise haben im Jahre 1952 Alfred Kroeber und Clyde Kluckhohn rund 164 „Definitionen“ von „Kultur“ zusammengestellt (vgl. Kroeber/Kluckhohn 1952).

4 Wobei das häufig auf die „Leitdifferenzen“ „Natur – Kultur“ oder „Kultur – Zivilisation“ Bezug nimmt (vgl. näher dazu Hubig 2010).

5 Es ist ersichtlich, dass unterschiedliche „Verkürzungen“ oder „Einengungen“ hinsichtlich „Kultur“ bzw. „Kulturellem“ möglich sind: Wird etwa auf (c) verzichtet, fällt Technisches aus dem Kulturellen heraus und kann ihm gegenübergestellt (im Extrem entgegengesetzt) werden. Der Einschluss von (c) dagegen subsumiert Technisches unter das Kulturelle, technische Hervorbringungen werden letztendlich (wie etwa in Technikmuseen) als kulturelle Hervorbringungen aufgefasst (das betrifft dann auch die sogenannten „Kulturgeschichten“ von Epochen – vgl. z.B. Müller 1980, 1982). Aber (c) selbst kann noch „verengt“ werden, indem – als ein Extrem – etwa nur „künstlerische“ Hervorbringungen (Literatur, Malerei usw.) einbezogen werden („schöne Künste“). Wenn allerdings – als anderes Extrem – Alles unter das Kulturelle subsumiert, alles zu einem „kulturellen Konstrukt“ wird, dann verliert meines Erachtens die Berücksichtigung des Kulturellen (s)eine analytische bzw. unterscheidende, aber auch seine interpretative bzw. erklärende Bedeutung.

6 Das Konzept von Hansen kann hier weder weiter ausgeführt noch exemplarisch „angewendet“ werden; vgl. dazu aber Hauser 2010.

Im Folgenden werden unter „Kultur“ (mehr oder weniger) stabile „Muster“ (*pattern*) und „Praktiken“ (*practices*) verstanden, Muster und Praktiken

- der Kommunikation (z.B. direkt, durch Briefe, mittels Mobiltelefon oder per SMS oder per E-Mail, ...),
- des Denkens (z.B. rational/emotional, systematisch/intuitive, analytisch/ganzheitlich, ...),
- des Fühlens und Empfindens (z.B. Akzeptanz, Hoffnungen, Ängste, Träume, ...) und
- des Verhaltens und Handelns (z.B. Tun/Unterlassen, erfahrungsbasiert, spontan, zielorientiert, ...)

in Relation zu Raum und Zeit. Diese kulturellen Standardisierungen bilden sich im Verlauf der Sozialisation bzw. „Enkulturation“ heraus und sind mehr oder weniger stabil. Sie sind stark beeinflusst durch bzw. durchdrungen von Technik. In diesem Sinne spricht Gernot Böhme von der „Technomorphie der Kultur“:

> „Es gibt in der Kultur (beinahe) nichts, was nicht technisch verfasst wäre. Die moderne Kultur ist technomorph, das heißt, ihre wesentlichen Erscheinungsformen sind technisch geprägt.“ (Böhme 2000, S. 164)

Kultur ist so ein Moment des Alltags, sie ist „alltäglich“, ubiquitär.

Kulturelle Diversität zeigt sich u.a. in der Sprache, in Lebensformen und Ausdrucksweisen, in Sitten und Gebräuchen sowie in Produktions-, Nutzungs- und Verhaltensmustern.

### *2.2 Technik*

Technik wird sehr unterschiedlich konzeptualisiert (vgl. auch Banse 2015). Das bedeutet auch, dass es das Technikverständnis nicht gibt. Hinsichtlich Technikverständnissen wird von drei Gruppierungen ausgegangen: enge, „mittlere“ bzw. „mittelweite“ und „weite“ (siehe Tab. 1).

Die Tabelle 1 zeigt, dass unterschiedlichste „Definitionen“ oder „Bestimmungen“ existieren, die aus differierenden Perspektiven „das Wesen“ des Technischen zu erfassen trachten. Letztendlich haben sie jedoch alle ihren „blinden Fleck“. Dem kann man nicht abhelfen, indem man weitere, „ausgeklügeltere“ hinzugefügt. Man kann jedoch – unter Beachtung des „blinden Flecks“ – „Reichweite“ und „Leistungsfähigkeit“ der jeweiligen Konzeptualisierungen – und damit auch deren „Grenzen“ – sichtbar machen (vgl. dazu näher Banse 2002a, S. 26ff.). Fragt man nach den interessierenden Problemstellungen oder -situationen, für die die unterschiedlichen Konzepte ein (mehr

oder weniger) angemessenes Mittel zur Bearbeitung sind, dann ist es sinnvoller, nicht von (mehr oder weniger) „richtigen“ oder „falschen“ Konzepten oder Ansätzen, sondern von (mehr oder weniger) „adäquaten“ („angemessenen“) oder „inadäquaten“ Denkeinsätzen zu sprechen.

Tab. 1: Technikverständnisse

| ***Technik*** | ***-Verständnisse*** |
|---|---|
| *enge Technikverständnisse* | Technik als Realtechnik / technisches Sachsystem / technisches Artefakt |
| *mittelweite (mittlere) Technikverständnisse* | Technik als Mensch-Maschine-System (MMS) / Mensch-Maschine-Interaktion |
| | Technik als sozio-technisches System |
| | Technik als kultivierte Technik |
| | Technik als Medium |
| *weite Technikverständnisse* | Technik als Handlungspraxis / gelingende Regel-Reproduzierbarkeit |

Quelle: Eigene Darstellung

Mit diesen unterschiedlichen Konzeptualisierungen mit je unterschiedlich weitem Erklärungsanspruch wird etwa Kulturelles systematisch ausgeblendet bzw. in den Blick genommen. (Beispielsweise wird auf der Ebene der Analyse von Struktur und Funktion eines einzelnen technischen Sachsystems – etwa eines Elektromotors – Kulturelles nicht oder nur schwer sichtbar, geht es doch dabei weitgehend um natur- und technikwissenschaftlich behandelbare Aspekte.) Dem hier verfolgten Zweck angemessen zu sein scheint mir, Technik als Sozio-Technisches und vor allem als Sozio-Kulturelles zu fassen.

Werden soziale (vor allem sozio-ökonomische) Zusammenhänge sowohl der Entstehung wie der Verwendung bzw. Nutzung technischer Sachsysteme als unabdingbar angenommen, dann wird Technik als „sozio-technisches“ System unterstellt, Technik mithin als soziales „Phänomen“ betrachtet (vgl. auch Banse/Striebing 1991; Ropohl 1993).

> „Ein soziotechnisches System ist [...] ein Handlungssystem, in dem personale und soziale Funktionsträger mit Sachsystemen aggregiert sind“ (Ropohl 1979, S. 180), oder anders:
>
> „[...] personale bzw. soziale Systeme einerseits und Sachsysteme andererseits [gehen] in soziotechnischen Systemen eine integrierte Handlungseinheit ein.“ (Ropohl 1979, S. 181f.)

So gefasst bezeichnet Technik nicht nur die von Menschen gemachten Gegenstände (technische Sachsysteme, „Artefakte“) selbst, sondern schließt auch deren Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge („Kontexte“) ein (also das „Gemacht-Sein“ und das „Verwendet-Werden“). Damit wird Technik nicht als etwas Statisches angesehen, sondern zu einem Bereich mit Genese, Dynamik und Wandel. Auf diese Weise wird es dann möglich, sowohl Richtungen und Verlaufsmuster der Technisierung zu erkunden bzw. zu beschreiben als auch Eingriffsmöglichkeiten aufzudecken. Der Rahmen des Technischen wird in diesem Technikverständnis nicht allein durch das Naturale und Ökonomische gebildet, sondern um das Gesellschaftlich-Wünschenswerte bzw. -Durchsetzbare („Akzeptable“), das Ökologisch-Sinnvolle sowie das Human-Vertretbare erweitert. Zu den konstituierenden Elementen dieses Technikbildes gehören so auch soziale und ethische Aspekte.

Obwohl mit dem soziotechnischen Verständnis sowohl der Entstehungs- als auch der Verwendungszusammenhang prinzipiell umfassend einbezogen sind, zeigt sich, dass vielfach vorrangig einerseits der Entstehungszusammenhang thematisiert wird, andererseits die sozialen Bedingungen und „Kontexte“ auf sozioökonomische reduziert werden.

Diese Einschränkungen lassen sich überwinden, wenn einerseits die „alltägliche Technik“ („Technik des Alltags“; vgl. dazu z.B. Joerges 1988), d.h. nicht nur die Produktionstechnik, andererseits kulturelle Zusammenhänge sowohl hinsichtlich der Hervorbringung wie der Verwendung technischer Sachsysteme berücksichtigt werden.

Es gilt zu begreifen, dass Technik „ihren Einsatz und ihren alltäglichen Gebrauch [...] in einem sozio-kulturellen Kontext, im Kontext kollektiver Interpretationen und Deutungen“ (Hörning 1985, S. 199) findet. Ausgangspunkt ist die Einsicht, dass technische Objekte keinesfalls notwendigerweise so und nicht anders, wie sie uns allgegenwärtig sind, d.h. aus autonomen technischen Bedingungen, in den Alltag gelangen. Technische Sachsysteme sind in ihrer Entstehung wie in ihrer Verwendung Ausdruck sowohl eigener wie fremder („eingebauter“) Absichten und Zwecke. Trotz aller genau eingebauter und eingeschriebener Handlungsanweisungen, deren Befolgung gerade für den Laien die optimale Funktionsnutzung verspricht, bietet auch und gerade die Alltagstechnik oft erhebliche Spielräume der Nutzung: Aufgegriffen von dem einen, schlecht eingesetzt von dem anderen, ignoriert vom dritten – stets jedoch vor dem Hintergrund bestimmter Nutzungserwartungen, beeinflusst durch Wertung und Werbung sowie eingebettet in bestimmte gesellschaftliche und technische „Infrastrukturen“. Die „Nützlichkeit von Technik ist immer auch etwas kulturell Interpretiertes“ (Hörning

1985, S. 200). Damit wird auch deutlich, dass Kultur über die sie „tragenden“ Menschen die Implementierung und Diffusion technischer Lösungen erheblich beeinflusst, indem diese z.B. für die Realisierung von Zwecken genutzt oder nicht genutzt (abgelehnt), Modifizierungen, Nachbesserungen und Anpassungen erzwungen sowie Verhaltens„vorschriften“ für Mensch-Technik-Interaktionen hervorgebracht werden.

Zu fragen ist deshalb erstens nach der Alltagsresistenz, den kulturellen Freiheitsgraden in der Aufnahme von und im Umgang mit Technik im Alltag; zweitens danach, wie unterschiedliche Gruppen, Schichten, Generationen, Kulturen mit (identischen!?) Technikangeboten umgehen; und drittens nach der Wechselwirkung zwischen Anpassung und Eigensinn. Schließlich sind auch Spannungen zwischen den funktionalen und den symbolischen („rituellen“) Qualitäten von Technik zu berücksichtigen (vgl. insgesamt dazu Banse/Grunwald 2010).

Im Sinne von „Kultur als konditionierendem Element“ kann davon ausgegangen werden, dass Technik (vor allem in Form technischer Sachsysteme) nun nicht einfach von diesem „kulturellen Umfeld“ nur quasi „eingeschlossen“ ist (vor allem in Form von Wirkungen und Einflüssen des Umfeldes auf Konzipierung, Gestaltung, Bewertung, Auswahl und Nutzung von technischen Lösungen ), sondern die Technik zeitigt – vor allem durch den zweckbezogenen Einsatz – in unterschiedlichster Weise Wirkungen in diese „Umgebung“ hinein, „korrodiert“, beeinflusst und verändert sie direkt und indirekt, in vorhersehbarer wie nicht-vorhersehbarer Weise (man denke nur an „Wandlungen“ der Nutzergewohnheiten, Erschließung neuer Einsatzbereiche, „Anpassung“ des Rechtsrahmens oder Initiierung technischer Neuerungen). In diesem Sinne kann neue oder veränderte Technik „angestammte“ Kultur, d.h. in längeren Zeiträumen aufgebaute, bewährte, „eingeübte“, vertraute Praxen wie Verständnisse beeinflussen bzw. Anstöße zu gravierenden und qualitativen Veränderungen in den Wahrnehmungs- und Handlungsmustern geben.

Neue technische Lösungen stellen oftmals auch einen Kultur(um)bruch dar (d.h. einen gravierenden Wandel im menschlichen Handeln), der mit „Irritationen“ bei den Nutzern (z.B. in Form von Handlungsfehlern oder inadäquaten Handlungsroutinen) verbunden sein kann.

So verstanden ist Technik ein Teil von Kultur (in einem weiten Verständnis), es ist ein „technological momentum“ (Hughes 1969).[7]

---

7 In einem kritisch-wertenden Sinne charakterisiert Jürgen Habermas das auch als fortschreitende Kolonialisierung der Lebenswelt durch Technik (vgl. Habermas 1987, S. 171–293).

### 2.3 Technikfolgenabschätzung

Da das Konzept der Technikfolgenabschätzung als weitgehend bekannt vorausgesetzt werden kann, seien hier lediglich wichtige Aussagen zusammengefasst dargestellt.

- Es existieren unterschiedliche Auffassungen über Aufgaben, Ziele, methodische Vorgehensweisen, Möglichkeiten usw. von Technikfolgenabschätzung. Das zeigt sich aktuell u.a. in differierenden Begriffsbildungen: Technikbewertung, -begleitforschung oder -wirkungsforschung, Technikfolgen-Abschätzung, -forschung oder -beurteilung u.a.
- Technikfolgenabschätzung kann als das mehr oder weniger systematische und weitgehend umfassende Erfassen (Beschreiben) und Beurteilen (Bewerten) der Einführungsbedingungen (Voraussetzungen) sowie der Nutzungs- und Folgedimensionen (Wirkungen) technischen Handelns unter gesellschaftlichen, politischen, ökonomischen, ökologischen, technischen, wissenschaftlichen, militärischen und humanen (einschließlich ethischen) Aspekten in praktischer Absicht und nachvollziehbarer Weise bedeutet. Auf wissenschaftlichem wie technischem Gebiet ist vieles denk- und realisierbar. Entscheidend(er) ist jedoch, ob es auch ökonomisch machbar, gesellschaftlich wünschenswert und (weil „akzeptabel") durchsetzbar, ökologisch sinnvoll sowie human vertretbar ist.
- Technikfolgenabschätzung versucht, zwei miteinander verbundenen (weil aufeinander bezogenen) Anliegen gerecht zu werden (vgl. Gethmann/ Grunwald 1996, S. 12ff.): *erstens* die entscheidungsbezogene Erstellung einer Zusammenschau sowohl des aktuellen technischen Entwicklungsstandes, der vorhandenen Handlungsoptionen und ihrer mutmaßlichen Effekte sowie deren Bilanzierung als auch möglicher (gesellschafts-)politischer Aus- und Rückwirkungen (politisches Rahmenkonzept), der nur entsprochen werden kann, wenn *zweitens* sowohl die Komplexität moderner Technik (einschließlich ihrer Folgen) und deren Umgebung als auch beider Wechselbeziehungen und abseh- bzw. abschätzbarer zukünftiger Veränderung in einer Problem angemessenen Weise Rechnung getragen wird (systemanalytischer Anspruch).
- Technikfolgenabschätzung umfasst (1) die themen- und entscheidungsorientierte „Bündelung" des verfügbaren Wissens; (2) das Erkennen von Technisierungsfolgen für das individuelle und soziale Leben einschließlich der Behandlung dabei auftretender kognitiver Probleme; (3) die Beurteilung dieser Technisierungsfolgen hinsichtlich ihrer Akzeptabilität (Wünschbarkeit) einschließlich der Behandlung dabei auftretender nor-

mativer Fragestellungen. Das kann als „rationale Technikfolgenabschätzung“ bezeichnet werden.

- Mit „Rationalität“ wird hier das Treffen vernünftiger (d.h. auch an begründbaren Kriterien orientierter) Entscheidungen sowie die Wahl effektiver Mittel und Wege, um Ziele und Zwecke zu verwirklichen, verstanden. (Unterschiedliche „Rationalitäten“ bedeuten dann vor allem begründete, gleichwohl unterschiedliche Kriterien und/oder unterschiedliche Ziel-Mittel-Relationen!)
- Zentrale und konstitutive Eigenschaften des Rationalitätsbegriffs sind mit Armin Grunwald (a) Relationalität, (b) Prozeduralität und (c) Reflexivität (vgl. Grunwald 2002, S. 199ff.). Mit Begriffen wie „bounded rationality“, „halbierte Vernunft“ oder auch „das Andere der Vernunft“ wird – unterschiedlich konzeptualisiert – indes darauf aufmerksam gemacht, dass ein theoretischer Zugriff auf „unsere Welt“ (und damit auch auf Technik- bzw. Technisierungsfolgen), der auf einem „engen“ Rationalitätsverständnis basiert, methodisch wie konzeptionell unangemessen (inadäquat) ist (vgl. z.B. Banse 2002b).
- Bezüglich der Nutzung von Bewertungskriterien – vorrangig Funktionsfähigkeit, Sicherheit, Gesundheit, Umweltschutz, Wirtschaftlichkeit (einzelwirtschaftlich), Wohlstand (gesamtwirtschaftlich), Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität (vgl. VDI 1991) – werden (1) Wert-Präferenzen bzw. Wert-Hierarchien, (2) Konkurrenzbeziehungen zwischen den Kriterien (mit der Konsequenz von Norm- oder Wertkonflikten) sowie (3) Operationalisierungen (Indikatoren) bzw. die generelle Operationalisierbarkeit bedeutsam.
- Technikfolgenabschätzung erweist sich – trotz aller kognitiven, methodischen und normativen Schwierigkeiten und Dilemmata – als Möglichkeit der Politikberatung. (Wir haben nichts Besseres!) Der Umgang mit diesen Schwierigkeiten und Dilemmata führt zu Kompromissen und suboptimalen Lösungen. Das sollte jedoch nicht daran hindern, Konzepte der Technisierung und des technischen Wandels weiter zu verfolgen, diskutierend weiter zu konkretisieren. Daran führt kein Weg vorbei!
- Technikfolgenabschätzung wird sowohl durch wissenschaftliche Forschung (einschließlich „Vermittlung“ erzielter Ergebnisse) als auch durch (wissensbasierte) Politikberatung repräsentiert und arbeitet mit „Optionen“ bzw. Empfehlungen für „Entscheidungsträger“ verschiedenster Institutionen (etwa Parlament, Regierung, Verwaltung, Zivilgesellschaft).

## 3 Interdependenzen

Das Vorstehende deutet auf das „Eingebettetsein“ von Technik in kulturelle (und soziale) Kontexte, die auch für den Bereich der Technikfolgenabschätzung bzw. der Technikbewertung relevant sind – genauer (entsprechend der oben getroffenen Einschränkung, dass es sich noch um Überlegungen „in statu nascendi“ handelt): relevant sein könnten.

### *3.1 Technik und Kultur*

In Abbildung 1 ist ein einfaches Modell der Beziehungen zwischen Technischem und Kulturellem in Form von vier eng verknüpften (zum Teil auch überlappenden) und sich gegenseitig beeinflussenden Ebenen schematisch dargestellt (vgl. näher Banse 2010, 2016b; Banse/Hauser 2010).

Deutlich wird einerseits die generelle gegenseitige Beeinflussung, andererseits aber auch, dass es Phasen gibt (geben kann), in denen die „Wirkrich-

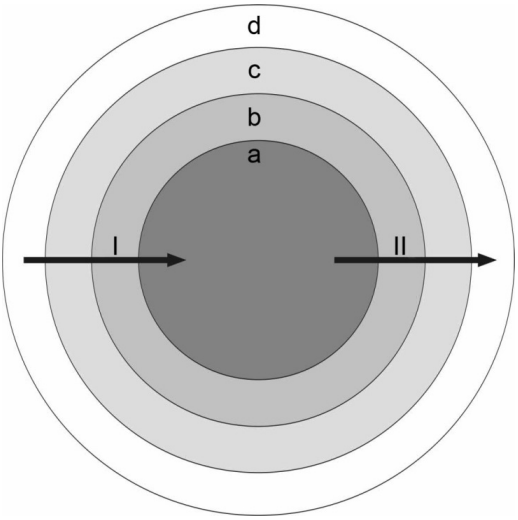



Abb. 1: Schalenmodell der Interdependenzen von Technischem und Kulturellem

(a) technisches Sachsystem (als „Kern“), (b) technisch-organisatorische Ebene, (c) rechtliche, ökonomische Ebene, (d) soziale, kulturelle Ebene; I Sozialkonstruktivismus, II Technischer Determinismus

Quelle: verändert nach Banse 2007, S. 25

tung“ stärker vom Technischem zum Kulturellen bzw. vom Kulturellen zum Technischen geht (wie man beispielsweise einerseits an Veränderungen technischer Hervorbringungen, andererseits an Veränderungen von Nutzergewohnheiten zeigen kann). Um die Wechselwirkungen zwischen Kultur und Technik zu konkretisieren, bedarf es einer differenzierten Beschreibung von Technik. Entsprechende Überlegungen sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tab. 2: Ebenen der Beziehungen von Technik und Kultur

| **Ebene** | **Interdependenzen zwischen Technik und Kultur zeigen sich in...** |
|---|---|
| *Materielle Ebene*<br>(betrifft den Umgang mit Technik als materiellem Artefakt) | Technikgestaltung (Einfluss auf Prozess und Ergebnis); Umgang mit Technik (Nutzungsmuster) und/oder mit Infrastrukturen; verfügbaren Ressourcen |
| *Kognitive Ebene*<br>(betrifft die Wissensordnungen, Bedeutungen und Nutzungsmuster im Umgang mit Technik) | Formen und Umgang mit dem vorhandenen technischen Wissen (etwa explizites und implizites Wissen); Zeichen, Symbolen und Wissenssystemen; Alltagswissen, „common sense“; Umgangstechniken (Wissen über den Umgang mit der Technik); Technologien (Wissensproduktion über Sachtechnik) |
| *Normative Ebene*<br>(betrifft normative Vorstellungen in Bezug auf den Umgang mit Technik) | Bewertung des vorhandenen Wissens; Deutungssystemen, Werten und Normen, Weltanschauungen, Selbstbildern, Vorannahmen |
| *Ökonomische Ebene*<br>(betrifft wirtschaftliche Aspekte des Umgangs mit Technik, z.B. hinsichtlich Technikanschaffung, -wartung, -nutzung etc.) | Anschaffungskosten, Betriebskosten, Wartungs- und Instandhaltungskosten, Recyclingkosten etc. sowie Gebühren, die für technische Abnahmen entrichtet werden müssen |

Quelle: Eigene Darstellung nach Banse/Hauser 2010, S. 24, und Hubig/Poser 2007, S. 19

Technisches wird nicht nur durch das Kulturelle stark beeinflusst, sondern ist selbst eine kulturelle Hervorbringung, eine Kulturform. Das Verhältnis zwischen Kulturellem und Technischem ist reziprok: Durch Technisches wird Kulturelles ins Werk gesetzt, fortgeschrieben, verdinglicht, und die Umwelt wird kultiviert. Technisches als Kulturform bildet jedoch (ist sie erst einmal in den Alltag integriert) selbst einen Teil der menschliche „Mit-“ und Umwelt, sie wird beständig weiter kultiviert. Indem sie aber (durch kulturelle Einflüsse) Veränderung erfährt oder gar aus kulturellen Bedürfnissen heraus neu geschaffen wird, wirkt sie wiederum auf die „Umwelt“ zurück und verändert diese. Im Sinne von „Kulturelles als Kontext“ kann deshalb davon ausgegangen werden, dass Technisches vor allem in Form technischer Sachsysteme nicht einfach von diesem „kulturellen Umfeld“ nur quasi „eingeschlossen“ ist (vor allem in Form von Wirkungen und Einflüssen des Umfeldes auf Konzipierung, Gestaltung, Bewertung, Auswahl und Nutzung von technischen Lösungen), sondern Technisches zeitigt – vor allem

durch den zweckbezogenen Einsatz – in unterschiedlichster Weise Wirkungen in diese „Umgebung“ hinein, „korrodiert“, beeinflusst und verändert sie direkt und indirekt, in vorhersehbarer wie nicht-vorhersehbarer Weise (man denke nur an „Wandlungen“ der Nutzergewohnheiten, Erschließung neuer Einsatzbereiche, „Anpassung“ des Rechtsrahmens oder Initiierung technischer Neuerungen). In diesem Sinne kann neue oder veränderte Technik „angestammte“ Kultur z.B. im Sinne in längeren Zeiträumen aufgebauter, bewährter, „eingeübter“, vertrauter Praxen und Verständnisse beeinflussen bzw. Anstöße zu gravierenden und qualitativen Veränderungen in den Wahrnehmungs- und Handlungsmustern geben. Sie wirkt damit direkt auf bestehende Standardisierungen, die entweder angepasst oder durch neue ersetzt werden.

Diese Wechselwirkungen lassen sich sowohl für Prozesse der Technikentstehung wie für Prozesse der Technikverwendung zeigen. Dazu seien hier abschließend nur Stichpunkte genannt:[8]

Beispiele für den Einfluss des Kulturellen auf den Prozess der Technikentstehung sind u.a.

- unterschiedliche Konstruktionsstile bzw. -kulturen;
- nationale, regionale, lokale und unternehmenstypische Innovationskulturen (vgl. z.B. Loudín/Hochgerner 2009, 2011[9]);
- zeit- und epochenspezifische Form- bzw. Gestaltgebungen (Design) technischer Sachsysteme.

Beispiele für den Einfluss des Kulturellen auf den Prozess der Technikverwendung sind u.a.

- intra- und interkultureller Techniktransfer;
- Technikbewertung und -auswahl;
- Faktoren von Technikakzeptanz bzw. -akzeptabilität;
- Faktoren individueller Risikowahrnehmung.

---

8 Von Literaturverweisen wird – da von großer Vielfalt und Vielzahl – mit zwei Ausnahmen bewusst abgesehen.

9 Mit diesen zwei Literaturangaben soll deutlich gemacht werden, dass die Beziehungen von Innovation, Innovativität und Kulturalität einen Forschungsschwerpunkt in dem von Tondl lange Jahre geleiteten „Zentrum für Wissenschafts-, Technik- und Gesellschaftsstudien“ am Institut für Philosophie der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik bilden. – Innovationskulturen verweisen auf (räumlich konkrete und zeitvariante) Wahrnehmungs- und Handlungsmuster, die im Innovationsgeschehen wirksam sind (Werthaltungen bzw. Selbstverständnis wissenschaftlich-technischer Eliten, Forschungsparadigmen, Gruppenidentitäten) sowie auf darauf basierende Problemlösungs- und Handlungsstrategien (z.B. unterschiedliche Entwicklungspfade); vgl. Banse 2012.

Letztendlich geht es immer um etwas, was „kulturelle Anschlussfähigkeit" genannt werden soll: technische Lösungen (in der Entstehung wie der Nutzung) müssen „irgendwie" auch zu dem kulturell Vorhandenen (etwa in Form der o.g. kulturellen Standardisierungen in Form von Mustern o.ä.) „passen" oder „passfähig" gemacht werden können, um Eingang in menschliche Praxen zu finden.

### *3.2 Kultur und Technikfolgenabschätzung*

Das ist meines Erachtens nun auch bedeutsam für Technikfolgenabschätzung(en). Zunächst seien einige aktuelle Beispiele genannt, die infolge unterschiedlicher „Bewertungen" auch auf diesen zugrundeliegenden (zumindest national-)kulturell differierende Wertvorstellungen und -präferenzen verweisen:[10]

- „Nackt-"/„Körperscanner" (an Flughäfen);
- Video-Überwachung (öffentlicher Gebäude und Plätze);
- Schutz von Privatheit (versus staatlicher Sicherheitsaufgaben);
- Energieszenarien („Energiepfade in die Zukunft"; z.B. Relationen der Nutzung „klassischer", nuklearer und erneuerbarer Energiequellen);
- Zukunft der Mobilität (z.B. Verhältnis von öffentlicher Personenbeförderung und Individualverkehr).

Zunächst kann davon ausgegangen werden, dass die bereits genannten Kriterien des VDI zur Technikbewertung nicht feststehend, sondern auch kulturell ausdifferenziert werden. Man denke nur an unterschiedliche Verständnisse von (technischer) Sicherheit (vgl. dazu auch Banse/Reher 2013; genereller Banse 2016a), Gesundheit und Umweltschutz, aber auch an solche von Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität.[11] Es kann aber auch angenommen werden, dass „einfachere" Kriterien, wie in den Tabellen 2 und 3 erfasst, die Hervorbringung wie Nutzung von Technik im Sinne von „Kulturalität" beeinflussen.

---

10 In diesem Zusammenhang könnte dann etwa die Berücksichtigung der Kulturdimensionen nach Geert Hofstede (Machtdistanz; Kollektivismus vs. Individualismus; Maskulinität vs. Feminität; Unsicherheitsvermeidung; Langzeit- vs. Kurzzeitorientierung – vgl. Hofstede 2001; vgl. auch Hall/Hall 1990) heuristisch nützlich sein („Anfangsverdacht"), jedoch eine konkrete Analyse nicht ersetzen.

11 In einer Studie zu ethischen Aspekten der Energieversorgung werden als relevante Beurteilungs- und Entscheidungskriterien genannt: Wirtschaftlichkeit (Versorgungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit), Langfristigkeit, Umweltverträglichkeit, Sozialverträglichkeit sowie Rechtsstaatlichkeit (vgl. Streffer et al. 2005). Wohl jedes dieser Kriterien ist (auch) kulturabhängig!

Tab. 3: Relevante kulturelle Vergleichsaspekte

| Aspekt | Beschreibung |
|---|---|
| Funktional | Größe, Farbe, Form, Gewicht, Material, Struktur, … |
| Kognitiv | geistige Anforderung, Verständnisschwierigkeit, Lerntempo, … |
| Emotional/Motivational | Attraktivität, sozialer Wert, Anerkennung, Ruhm |
| Sozial | Kommunikationsmuster, Versprechen, Planen / Planung |

Quelle: nach Röse 2008, S. 139

Tab. 4: Unterschiedliche Prioritäten hinsichtlich der Merkmale von Produkt-Qualität einzelner Kulturen

| | Zuverläs-sigkeit | Funktio-nalität | Service | Design | Marke/ Image | Preis | Aktualität |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Japan | sehr hoch | sehr hoch | | hoch | hoch | niedrig | sehr hoch |
| Deutschland | sehr hoch | sehr hoch | mittel | hoch | | mittel | hoch |
| China | mittel | | | | hoch | sehr hoch | hoch |
| Frankreich | mittel | hoch | | sehr hoch | hoch | | hoch |
| Großbritannien | sehr hoch | | sehr hoch | mittel | sehr hoch | sehr hoch | |
| Italien | mittel | | | sehr hoch | hoch | | sehr hoch |
| USA | mittel | sehr hoch | sehr hoch | | sehr hoch | | sehr hoch |

Quelle: nach Schooper 2008, S. 133

Wenn weiter oben im Zusammenhang von Technizität und Kulturalität bereits auf Technikakzeptanz bzw. -akzeptabilität sowie auf Faktoren der Risiko wahrnehmung zumindest verwiesen wurde, so kann nunmehr davon ausgegangen (bzw. vorsichtiger formuliert: es könnte davon ausgegangen werden), dass dort gewonnene Einsichten auch für den Bereich der Technikfolgenabschätzung relevant sind (wiederum vorsichtiger formuliert: sein könnten).

(Technik-)Akzeptanz ist das faktische Verhalten von Individuen oder Gruppen gegenüber Technik.[12] Sie ist das Ergebnis komplizierter, rational wie emotional vollzogener Wertungs- und Entscheidungsprozesse gegenüber technischen Sachsystemen und den Folgen ihrer Nutzung, bei denen die er-

12 Wolfgang König hat schon vor mehr als einem Jahrzehnt auf drei unterschiedliche Ebenen von Akzeptanz-Überlegungen verwiesen: (1) Verhalten gegenüber der Technik, wobei sich dieses auf konkrete technische Produkte, Verfahren und Systeme in bestimmten raumzeitlichen Zusammenhängen bezieht; (2) Einstellungen gegenüber dem Gesamtsystem Technik; (3) Komplexe sozio-kulturelle Sinnsysteme, in die die Technik „eingebettet“ ist und in der sie eine mehr oder weniger prominente Rolle spielt (vgl. König 1993, S. 254).

warteten Implikationen optionaler Handlungs- und Sachverhaltsarten individuell gewichtet und mit anderen Faktoren (vor allem gesellschaftlich-kulturellen) zu einem Gesamturteil verschmelzen. Es kommt zu einer Abwägung zwischen dem subjektiv gewichteten angestrebten Nutzen und den möglichen Gefahren oder negativen Implikationen der technischen Handlung oder technologischen Lösung, die zu ihrer Akzeptanz (auch in Form einer Duldung) oder ihrer Ablehnung führt. (Technik-)Akzeptanz beschreibt somit faktisches Verhalten von Individuen oder Gruppen gegenüber Technik.

(Technik-)Akzeptabilität dagegen ist ein normatives Urteil über die Zumutbarkeit der Nutzung einer technischen Lösung oder eines technischen Sachsystems, mithin eine (hypothetische?) Aussage darüber, ob und unter welchen Bedingungen eine bestimmte Technik akzeptiert werden würde. Und diese Aussage ist abhängig von Wertungen, in die neben rationalen Abwägungen auch Emotionales eingeht (vgl. näher Banse 2009a). Und Emotionales z.B. in Form von Hoffnungen oder Befürchtungen ist (auch) kulturell geprägt.

Risiken werden individuell wahrgenommen, bewertet und akzeptiert oder abgelehnt. Man vergleiche nur die Diskussionen über die gesundheitlichen Gefährdungen des Menschen durch Autofahren, durch Rauchen, durch Kernkraftwerke oder durch Lebensmittel auf der Grundlage gentechnisch veränderter Pflanzen.

In die (subjektiven) Einstellungen zum Risiko (z.B. risikofreudig oder risikoavers) spielen ganz individuelle Wertvorstellungen, aber auch Hoffnungen, Ängste, Erwartungen, Glücksansprüche, Lebensentwürfe und „Vor-Urteile“ hinein, die in ihrem Technikbezug nicht nur äußerst vielfältig, sondern bei unterschiedlichen Personen zumeist auch unterschiedlich sind.

Faktoren, die den Prozess der Akzeptanz beeinflussen, sind vor allem (vgl. auch Jungermann/Slovic 1993)

- Katastrophenpotenzial (d.h. ein Risiko wird höher eingeschätzt, wenn eine Technik ein hohes Potenzial zur Verursachung von Unfällen mit vielen Todesfällen hat, als wenn die Todesfälle einzeln eintreten);
- Freiwilligkeit (d.h. freiwillig übernommene Risiken werden weniger kritisch gesehen als unfreiwillig in Kauf zu nehmende);
- Kontrollierbarkeit (d.h. ein tatsächlich oder vermutlich kontrollierbares riskantes Geschehen erscheint weniger riskant als ein unkontrollierbares Risiko);
- Betroffenheit (d.h. eine technische Lösung, durch deren Versagen man direkt betroffen ist, wird als riskanter bewertet als eine Lösung, deren negative Folgen andere treffen);

- Verursachung (d.h. natürliche Risiken werden eher akzeptiert als technische, vom Menschen verursachte);
- Gerechtigkeit bzw. Ungerechtigkeit, mit der Vor- und Nachteile einer Technik verteilt sind;
- Bekanntheit bzw. Unbekanntheit einer Technik;
- sinnliche Wahrnehmbarkeit bzw. Nicht-Wahrnehmbarkeit von Gefahren.

Es ist unbestreitbar, dass diese auch kulturell geprägten Faktoren individuelle wie systematisch organisierte, institutionalisierte Technikbewertungen wie -entscheidungen beeinflussen.

## 4 Fazit

(1) Der Gebrauch bzw. die Verwendung technischer Sachsysteme erfolgt immer – bewusst oder unbewusst – in einem wertenden Zusammenhang, z.B. dergestalt, dass eine technische Lösung einer anderen vorgezogen wird, dass bestimmte Sachsysteme abgelehnt werden usw. Damit sind normative und – weitergehend – kulturelle Sachverhalte angesprochen.
(2) Stets haben technische Hervorbringungen die Kultur und die kulturellen Muster und Praxen haben Technik und Technologien beeinflusst. Aktuelle Relevanz erlangt die Thematik z.B. sowohl durch Technologietransfer und globalisierte Technikerzeugung (technische Zusammenarbeit) als auch durch (interkulturelle) Technik-Kommunikation.
(3) Durch die vielfältigen Wechselwirkungen von Kulturellem und Technischem werden Fragen nach der „Inkulturierung“(sfähigkeit) bzw. der „Nicht-Inkulturierung“(smöglichkeit) technischer Lösungen und deren kultureller „Anschlussfähigkeit“ bedeutsam.
(4) Die Planer (Konstrukteure, Projektanten, ...) wie die Nutzer technischer Systeme und Lösungen sowie auch die „Folgenabschätzer“ müssen die Wirkung eigener und fremder kultureller Orientierungen berücksichtigen.
(5) Generell gilt es, die Probleme und Schwierigkeiten hinsichtlich der Erzeugung wie der Verwendung von technischen Sachsystemen zu erkennen, die durch kulturelle Differenzen verursacht werden und schließlich herauszufinden, wie man mit diesen Verschiedenheiten effektiv und effizient umgehen kann/muss.
(6) Die Beachtung bzw. Missachtung von Kulturellem ist ein bedeutsamer Faktor für das Gelingen bzw. Misslingen sowohl internationaler wissenschaftlich-technischer Kollaboration wie globalen Techniktransfers.

Insofern gilt:

„Technologien und ihre Entwicklungen sind in einen gesellschaftlichen Kontext eingebunden. TA-Projekte können zur Analyse dieses sozialkulturellen Umfeldes wesentliche Beiträge leisten. [... Das] Herausarbeiten des sozio-kulturellen Kontextes dürfte[n] letztlich die politische Relevanz von TA-Projekten und ihrer Ergebnisse erhöhen.“ (Maasen/März 2006, S. 6)

## Literatur

Banse, Gerhard (2002a): Johann Beckmann und die Folgen. Allgemeine Technologie in Vergangenheit und Gegenwart. In: Banse, Gerhard; Reher, Ernst-Otto (Hg.): Allgemeine Technologie. Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Jg. 2001, Bd. 50, H. 7). Berlin: trafo Verlag, S. 17–46

Banse, Gerhard (2002b): Über den Umgang mit Unbestimmtheit. In: Banse, Gerhard; Kiepas, Andrzej (Hg.): Rationalität heute. Vorstellungen, Wandlungen, Herausforderungen. Münster u.a.O., S. 211–234

Banse, Gerhard (2009a): Akzeptanz – Akzeptabilität – Emotionalität. In: Ganthaler, Heinrich; Neumaier, Otto; Zecha, Gerhard (Hg.): Rationalität und Emotionalität. Wien u.a.O., S. 173–185

Banse, Gerhard (2010): Technisches und Kulturelles. Anmerkungen zu Interdependenzen. In: LIFIS ONLINE [08.03.2010] – URL: http://www.leibniz-institut.de/archiv/banse_08_03_10.pdf (S. 1-11)

Banse, Gerhard (2012): Innovationskultur(en) – alter Wein in neuen oder neuer Wein in alten Schläuchen? In: Decker, Michael; Grunwald, Armin; Knapp, Martin (Hg.): Der Systemblick auf Innovationen. Technikfolgenabschätzung in der Technikgestaltung. Berlin, S. 41–50

Banse, Gerhard (2014): Von der sozialen zur kulturellen Technikbewertung. In: Věda, kultura, veřejnost. Mimořádne číslo k 90. narozeninám prof. Ladislava Tondla [Wissenschaft, Kultur, Öffentlichkeit. Sonderausgabe zum 90. Geburtstag von Prof. Ladislav Tondl]. In: Teorie vědy. Časopis pro meziobarová zkoumání vědy / Theory of science. Journal for interdisciplinary studies of science, Vol. 36, pp. 133–154

Banse, Gerhard (2015): Technikverständnis – Eine unendliche Geschichte? In: Meier, Bernd; Banse, Gerhard (Hg.): Allgemeinbildung und Curriculumentwicklung. Herausforderungen an das Fach Wirtschaft – Arbeit – Technik (Gesellschaft und Erziehung. Historische und systematische Perspektiven, Bd. 15). Frankfurt/M. u.a.O., S. 36–50

Banse, Gerhard (2016a): Über den Umgang mit Unbestimmtheit. In: Leibniz Online. Zeitschrift der Leibniz-Sozietät e.V., Nr. 22 (2016) – URL: http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2016/03/Banse.pdf

Banse, Gerhard (2016b): Technisches und Kulturelles. Anmerkungen zu historischen und aktuellen Interdependenzen. In: Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft, Jg. 21, H. 1, S. 9–40

Banse, Gerhard; Grunwald, Armin (Hg.) (2010): Technik und Kultur. Bedingungs- und Beeinflussungsverhältnisse. Karlsruhe

Banse, Gerhard; Hauser, Robert (2008a): Technik als (Intra- und Inter-)Kulturelles. Exemplarisches. In: Gronau, Norbert; Eversheim, Walter (Hg.): Umgang mit Wissen im interkulturellen Vergleich. Beiträge aus Forschung und Unternehmenspraxis. München, S. 49–77

Banse, Gerhard; Hauser, Robert (2008b): Technik und Kultur. Das Beispiel Sicherheit und Sicherheitskulturen. In: Rösch, Olga (Hg.): Technik und Kultur. Berlin, S. 61–83

Banse, Gerhard; Hauser, Robert (2009): Kultur und Technik: Genese und Stand einer Forschungsinitiative. In: Teorie vědy. Časopis pro teorii vědy, techniky a komunikace / Theory of science. Journal for theory of science, technology & communication, Vol. 31, No. 3–4, pp. 131–152

Banse, Gerhard; Hauser, Robert (2010): Technik und Kultur – ein Überblick. In: Banse, Gerhard; Grunwald, Armin (Hg.): Technik und Kultur. Bedingungs- und Beeinflussungsverhältnisse. Karlsruhe, S. 17–40

Banse, Gerhard; Reher, Ernst-Otto (Hg.) (2013): Technik – Sicherheit – Techniksicherheit (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 116). Berlin

Banse, Gerhard; Striebing, Lothar (1991): Technik. In: Hörz, Herbert; Liebscher, Heinz; Löther, Rolf; Schmutzer, Ernst; Wollgast, Siegfried (Hg.): Philosophie und Naturwissenschaften. Wörterbuch zu den philosophischen Fragen der Naturwissenschaften (Neuaufl., Bd. 2). Berlin, S. 871–876

Böhme, Gernot (2000): Kulturgeschichte der Technik. In: Böhme, Gernot; Matussek, Peter; Müller, Lothar: Orientierung Kulturwissenschaft: Was sie kann, was sie will. Hamburg, S. 164–178

Demorgon, Jacques; Molz, Markus (1996): Bedingungen und Auswirkungen der Analyse von Kultur(en) und interkulturelle Interaktion. In: Thomas, Alexander (Hg.): Psychologie interkulturellen Handelns. Göttingen u.a.O., S. 43–80

Gerhards, Jürgen (2000): Die Vermessung kultureller Unterschiede. Deutschland und USA im Vergleich. Opladen

Gethmann, Carl Friedrich; Grunwald, Armin (1996): Technikfolgenabschätzung: Konzeptionen im Überblick. Bad Neuenahr-Ahrweiler (Europäische Akademie)

Groß, Steffen W. (1999): Volkswirtschaftslehre ist Kulturwissenschaft. Ökonomik zwischen theoretischer Fiktion und kultureller Realität. Würzburg

Grunwald, Armin (2002): Rationalität in der gesellschaftlichen Gestaltung der Technik oder blinde Evolution? In: Banse, Gerhard; Kiepas, Andrzej (Hg.): Rationalität heute. Vorstellungen, Wandlungen, Herausforderungen. Münster u.a.O., S. 191–209

Habermas, Jürgen (1987): Theorie des kommunikativen Handelns. Bd. 2: Zur Kritik der funktionalistischen Vernunft (4. durchges. Aufl.). Frankfurt/M.

Häberle, Peter (1998): Verfassungslehre als Kulturwissenschaft (2. Aufl.). Berlin

Hall, Edward T.; Hall, Mildred R. (1990): Understanding Cultural Differences. Germans, French and Americans. Yarmouth

Hansen, Klaus P. (2003): Kultur und Kulturwissenschaft (2. Aufl.). Tübingen u.a.O.

Hauser, Robert (2010): Technische Kulturen oder kultivierte Technik? Das Internet in Deutschland und Russland. Berlin

Hauser, Robert; Banse, Gerhard (2010): Kultur und Kulturalität. Annäherungen an ein vielschichtiges Konzept. In: Parodi, Oliver; Banse, Gerhard; Schaffer, Axel (Hg.): Wechselspiele: Kultur und Nachhaltigkeit. Annäherungen an ein Spannungsfeld. Berlin, S. 21–41

Hegmann, Horst (2004): Implizites Wissen und die Grenzen mikroökonomischer Institutionenanalyse. In: Blümle, Gerold; Goldschmidt, Nils; Klump, Rainer; Schauenberg, Bernd; Senger, Harro von (Hg.): Perspektiven einer kulturellen Ökonomik. Münster, S. 11–28

Hörning, Karl Heinz (1985): Technik und Symbol. Ein Beitrag zur Soziologie alltäglichen Technikumgangs. In: Soziale Welt, Jg. 36, S. 185–207

Hofstede, Geert (2001): Cultures Consequences Comparing Values, Behaviors, Institutions, and Organizations across Nations (2nd ed.). Thousand Oaks

Hubig, Christoph (2010): Kulturbegriff – Abgrenzungen, Leitdifferenzen, Perspektiven. In: Banse, Gerhard; Grunwald, Armin (Hg.): Technik und Kultur. Bedingungs- und Beeinflussungsverhältnisse. Karlsruhe, S. 55–71

Hubig, Christoph; Poser, Hans (2007): Technik und Interkulturalität. Probleme, Grundbegriffe, Lösungskriterien. In: Hubig, Christoph; Poser, Hans (Hg.): Technik und Interkulturalität. Probleme, Grundbegriffe, Lösungskriterien. Düsseldorf (VDI), S. 11–56

Hughes, Thomas Parke (1969): Technological Momentum in History: Hydrogenation in Germany 1898–1933. In: Past and Present, No. 44 (August), pp. 106–132

Joerges, Bernward (Hg.) (1988): Technik im Alltag. Frankfurt/M.

Jungermann, Helmut; Slovic, Paul (1993): Charakteristika individueller Risikowahrnehmung. In: Bayerische Rück (Hg.): Risiko ist ein Konstrukt. Wahrnehmungen zur Risikowahrnehmung. München, S. 89–107

König, Wolfgang (1993): Technikakzeptanz in Geschichte und Gegenwart. In: König, Wolfgang; Landsch, Marlene (Hg.): Kultur und Technik. Zu ihrer Theorie und Praxis in der modernen Lebenswelt. Frankfurt/M. u.a.O., S. 253–275

Kroeber Alfred Louis; Kluckhohn, Clyde (1952): Culture. A Critical Review of Concepts and Definitions. New York

Loudín, Jiří; Hochgerner, Josef (eds.) (2009): Innovation Cultures. Challenges and Learning Strategy. Prague

Loudín, Jiří; Hochgerner, Josef (eds.) (2011): Social and Cultural Dimensions of Innovation in Knowledge Societies. Prague

Maasen, Sabine; Merz, Martina (2006): TA-SWISS erweitert seinen Blick. Sozial- und kulturwissenschaftlich ausgerichtete Technologiefolgen-Abschätzung. Bern (Arbeitsdokument des Zentrums für Technologiefolgen-Abschätzung, DT-36/2006)

Moosmüller, Alois (1996): Interkulturelle Kompetenz und interkulturelle Kenntnisse. Überlegungen zu Ziel und Inhalt im auslandsvorbereitenden Training. In: Roth, Klaus (Hg.): Mit der Differenz leben: Europäische Ethnologie und Interkulturelle Kommunikation. Münster u.a.O., S. 8–20

Müller, Reimar (1980): Kulturgeschichte der Antike 1: Griechenland. Von einem Autorenkollektiv unter Leitung von Reimar Müller (3. Aufl.). Berlin

Müller, Reimar (1982): Kulturgeschichte der Antike 2: Rom. Von einem Autorenkollektiv unter Leitung von Reimar Müller (2., durchges. Aufl.). Berlin

Röse, Kerstin (2008): Mensch-Maschine-Interaktion in Zeiten des globalen Wandels: Gestaltungsaspekte internationaler IT-Produkte. In: Rösch, O. (Hg.): Technik und Kultur. Berlin, S. 137–148

Ropohl, Günther (1979): Eine Systemtheorie der Technik. Zur Grundlegung der Allgemeinen Technologie. München u.a.O.

Ropohl, Günter (1993): Technik. In: Brockhaus Enzyklopädie in 24 Bänden. Bd. 21. Mannheim, S. 672–674

Schoper, Yvonne-Gabriele (2008): Kulturelle Unterschiede im Qualitätsverständnis – dargestellt am Beispiel von technischen Produkten. In: Rösch, Olga (Hg.): Technik und Kultur. Berlin, S. 129–136

Streffer, Christian; Gethmann, Carl Friedrich; Heinloth, Klaus; Rumpff, Klaus; Witt, Andreas (2005): Ethische Probleme einer langfristigen globalen Energieversorgung. Berlin u.a.O.

Tondl, Ladislav (2009): Člověk ve světě vědy a techniky. Nové problémy filozofie techniky. [Der Mensch in der Welt von Wissenschaft und Technik. Neue Probleme der Technikphilosophie]. Praha

VDI – Verein Deutscher Ingenieure (1991): VDI-Richtlinie 3780 „Technikbewertung. Begriffe und Grundlagen“. Düsseldorf, März

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *131 (2017), 131–146*

Klaus Hartmann

# Technologie und Prozesstechnik – im Spannungsfeld von Industrie 4.0

**Abstract**

Die Veränderungen in der Produktionssphäre werden unter dem Begriff Industrie 4.0 zusammengefasst. Sie haben zum Ziel, die industrielle Produktion verstärkt mit Informations- und Kommunikationstechnik zu modernisieren, z.B. über Digitalisierung und Vernetzung. Das hat jedoch nicht zu einer Erhöhung der Arbeitsproduktivität geführt, im Gegenteil sinkt die Arbeitsproduktivität, so dass bezweifelt werden muss, ob Industrie 4.0 das Potential einer 4. Industriellen Revolution besitzt.

Innovationen auf allen Ebenen der Prozessindustrien sind die Grundlage für neue und hocheffektive Prozesse. Zur Intensivierung der Prozessindustrien werden Prinzipien und Gesetze der Grundlagenwissenschaften genutzt. Im Beitrag wird eine Innovation für Stofftrennprozesse vorgestellt, z.B. für die Entfernung von Kohlendioxid aus Rauchgasen, der Trocknung von Erdgas u.a., die einen wichtigen Beitrag zur Optimierung der Stofftrennung, dem Umweltschutz und zur Reduzierung des Ausrüstungsaufwands leisten kann.

## Tendenzen und Probleme der modernen Technologien

Die Technologie hat sich aus „Sammlungen von Faktenwissen“ über Verfahren zur Herstellung unterschiedlichster Produkte zu einer Wissenschaft entwickelt, die auf komplexe Weise Grundlagenwissenschaften, technische Wissenschaften, Ökonomie und Ökologie verbindet und Grundlage für alle modernen Industriezweige geworden ist. Der gesamte Lebenszyklus der Produktionsprozesse und der Produkte selbst ist Gegenstand der Technologie geworden. Prozesssysteme und deren Hierarchien sowie die Modelle der Prozesse sind wichtige Elemente zur Beschreibung und Gestaltung optimaler industrieller Produktionsprozesse.

Die mit der Einführung von Rechnern verbundene umfassende Automatisierung der Produktionsprozesse, der Einsatz von Robotern in Fertigungsprozessen und die durch Digitalisierung freigesetzten Systemeffekte haben es ermöglicht, massenhaft und kostengünstig informationsverarbeitende Geräte und Ausrüstungen herzustellen, die nicht nur das gesamte Leben der Mensch-

heit verändert haben, z.B. die Mikroelektronik und das Internet, sondern auch auf die industriellen Prozesse und Verfahren selbst zurück wirken. So werden Apparate und Ausrüstungen auf 3D-Druckern hergestellt, durch die Entschlüsselung des Humangenoms 2003 und das Personal Genome Project, das allen Menschen Zugang zu ihrem Genotyp verschaffen wird, verändert sich die Medizin, das Gesundheitswesen, die pharmazeutische Industrie und es entwickelt sich die personalisierte Pharmakotherapie.

Die Veränderungen in der Produktionssphäre, die diese Vorgänge begleiten und ermöglichen, werden unter dem Begriff Industrie 4.0 zusammengefasst.

Die Grenzen zwischen den Prozessindustrien, d.h. der Stoffwirtschaft, der Energiewirtschaft, den Fertigungsindustrien und der Informationstechnik und anderen Industrien verschwinden zunehmend (Industriekonvergenz) und es werden neue Synergieeffekte ermöglicht – z.B. für die Energiespeicherung und Elektromobilität. Es entwickeln sich aber auch neue „emerging technologies“ – aufstrebende Technologien, Life Sciences (Lebenswissenschaften) und Nanotechnologie stehen dafür. Neue Anwendungsfelder werden wie die Künstliche Intelligenz, Big Data u.a. verstärkt erschlossen. Während diese Methoden, wie Fuzzy computing, neuronale Netze und Waveletanalyse bisher meist für technische Zwecke benutzt wurden, spielen sie jetzt eine zentrale Rolle in der Gesichtserkennungssoftware der Sicherheitsdienste.

Interessanterweise haben diese Veränderungen der Produktionssphäre nicht zu einer Erhöhung der Arbeitsproduktivität geführt. Im Gegenteil, seit Ende der 1990er-Jahre sinkt die Arbeitsproduktivität weltweit (siehe Abb. 1). Damit stellt sich auch die Frage, ob die jetzt stattfindenden Veränderungen und Industrie 4.0 das Potential einer 4. Industriellen Revolution besitzen.

Außerdem führt das Missverhältnis zwischen vorhandenen und geforderten Qualifikationen der wissensbasierten Gesellschaften auf dem Arbeitsmarkt zu beträchtlichen Arbeitsproduktivitäts- und Unternehmensinvestitionsverlusten – hauptsächlich durch Über- und Unterqualifizierung der Beschäftigten (vgl. OECD 2016, S. 25). Diskutiert wird in diesem Zusammenhang, ob ein Hochschulstudium von über 50% eines Jahrgangs tatsächlich zu qualitativen Veränderungen der wissensbasierten Gesellschaft und zu höherer Arbeitsproduktivität führen wird.

Der rationale Kern von Industrie 4.0 hat das Ziel, die industrielle Produktion verstärkt mit Informations- und Kommunikationstechnik zu modernisieren, z.B. über Digitalisierung und Vernetzung. Das setzt aber auch Innovationen in die Produktionssysteme selbst – der Prozesse und Anlagen voraus. Die derzeit 7,3 Milliarden Mobilfunkanschlüsse werden dazu nicht ausreichen – auch wenn es in fünf Jahren mehr als neun Milliarden sein

werden und laufend neue Smartphone-Generationen wie Strohfeuer auflodern und wieder verlöschen. Großes Innovationspotential besitzen jedoch 3D-Drucker, neue Syntheseverfahren in der chemischen Industrie, neue Speichertechniken für Elektroenergie.

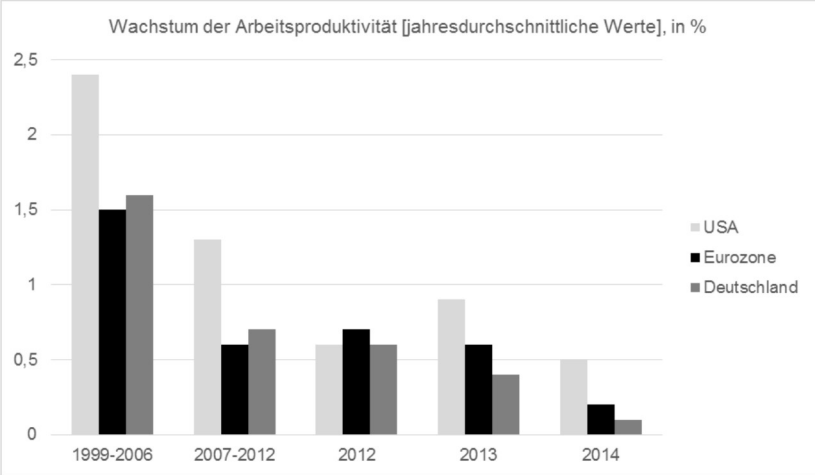



Abb. 1: Wachstum der Arbeitsproduktivität seit 1999 in % für die USA, die EU und Deutschland

Quelle: OECD Compendium of Productivity Indicators, 2016, S.19

Die chemische Industrie ist der dominierende und innovativste Zweig der Stoffwirtschaft. Bis Juni 2015 wurden 100 Millionen organische und anorganische Substanzen (individuelle Stoffe) und Sequencen in der Stoffdatenbank CAS registriert. Jede Woche wächst diese Datenbank um rund 100.000 neue Stoffe.

Industrielle Bedeutung haben allerdings nur ungefähr 100.000 Stoffe, von denen rund 10.000 in Mengen größer als 1.000 Tonnen pro Jahr industriell hergestellt werden, allein in Deutschland davon fast 30.000 Chemieprodukte. Dafür werden 19 Mio. Tonnen fossile Rohstoffe (Erdöl, Erdgas, Kohle) und 2,7 Mio. Tonnen nachwachsende Rohstoffe benötigt. Der Weltchemikalienmarkt hatte 2015 einen Umsatz von über 3,5 Billionen Dollar.

**Prozessindustrie und Prozesstechnik im Spannungsfeld von Industrie 4.0**

In den Prozessindustrien spielen Innovationen eine große Rolle – in der chemischen Industrie, in der Mikroelektronik – die Chipherstellung, Grundlage der Mikroelektronik, ist ein moderner Zweig der Prozessindustrien. Die Innovationen betreffen die Lebensmittelindustrie, die Baustoffindustrie, die biotechnologische Industrie, Energie- und Brennstoffindustrie, Metallurgie, Abfallverwertung die Feinchemikalien- und Pharmaindustrie um nur einen Teil zu benennen. Ohne ständige evolutionäre und revolutionäre Erneuerungen in den Prozessindustrien sind Fortschritte in der globalen Welt nur beschränkt möglich. Die Prozessindustrien sind die „Technologien" der Stoffwirtschaft und wichtige Elemente der gesamten Produktionssphäre wie in Abbildung 2 dargestellt.

Diese Elemente sind wiederum sehr komplexe hierarchisch aufgebaute Systeme, deren Hierarchieebenen wie in Abbildung 3 gezeigt, von den Wechselwirkungen der Moleküle bei chemischen Reaktionen (Moleküldesign) und

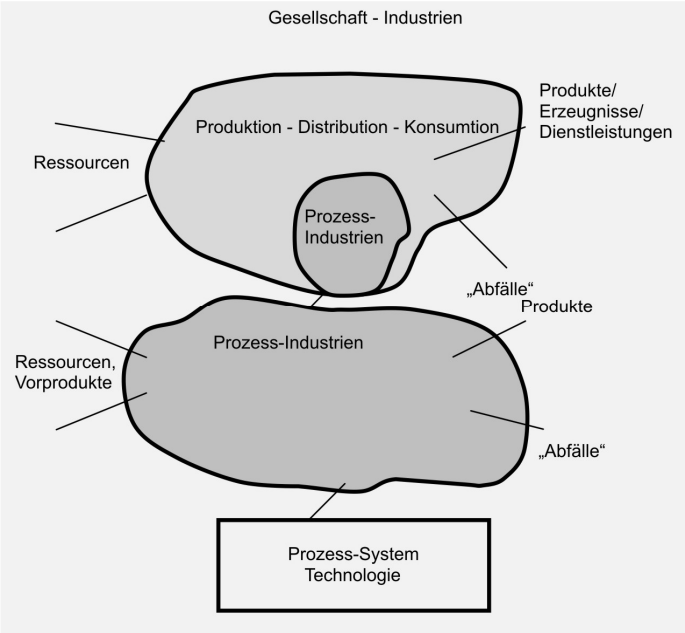



Abb. 2: Einordnung der Prozessindustrien und der Prozess-Systeme

Quelle: Hartmann/Fratzscher 2004, S. 106

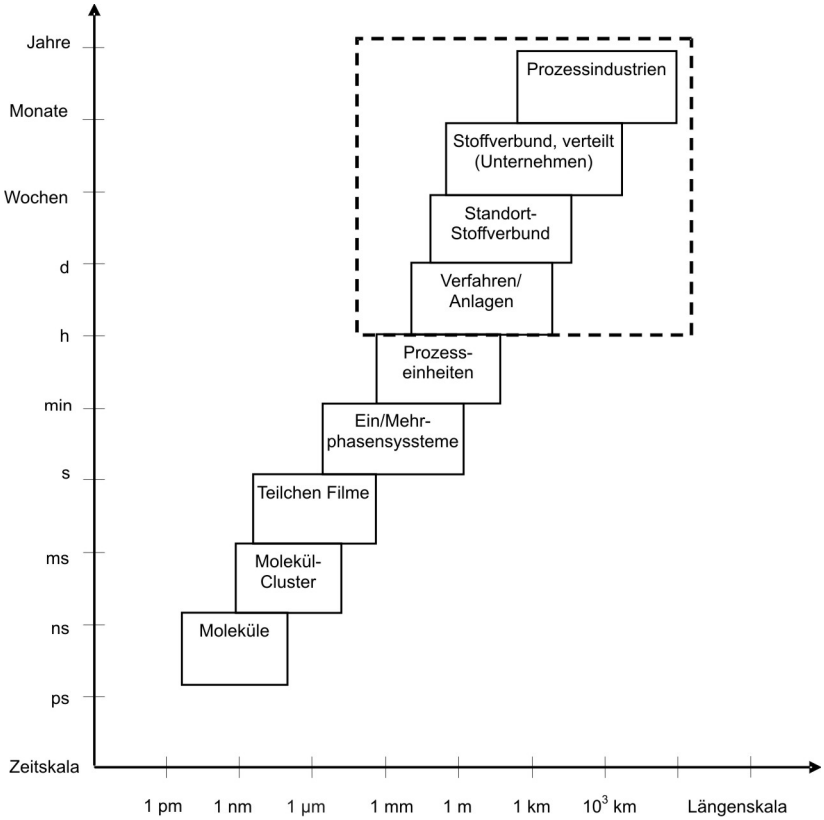



Abb. 3: Räumliche und zeitliche Skalen von Prozess-Systemen (technologischen Objekten) und deren Elementen sowie der Stoff- und Stoffmengenvielfalt

Quelle: Hartmann 2006, S. 126

Stofftrennungen, der Molekulargenetik in der Biotechnologie und Pharmatechnik bis zu stoff- und energiewirtschaftlichen Großanlagen mit Jahresdurchsätzen von Millionen Tonnen reichen.

Die Beherrschung dieser Vielfalt ist Gegenstand der Prozesstechnik. Diese ist konfrontiert mit folgende Problemen und Gestaltungsaufgaben:

– Hierarchische Strukturen von Technologien (Multi-Skalarität),
– Technologien als offene Systeme (Input/Output in Natur und Gesellschaft),

- Stofflich-energetische Aspekte von Technologien,
- Heterogenität von Technologien (Branchenübergreifende Strukturen, Logistik),
- Interdisziplinarität bei der Untersuchung, Gestaltung und beim Betreiben von Technologien,
- Qualitative und quantitative Methoden bei der Technologiegestaltung wie z.B. rechnergestützte Technologien,
- Technologien im Zeitalter der Wissensgesellschaft,
- Grenzen von Technologien (technisch-technologische, gesellschaftliche u.a.).

Innovationen auf allen Ebenen sind die Grundlage für neue und hocheffektive, Ressourcen schonende Prozesse und Anlagen, die den Anforderungen an eine sich ständig ändernde Produktpalette bei stetiger Variation der Rohstoffe und Zwischenprodukte. Es sind aber nicht nur Veränderungen in der Technologie selbst, die aus eigengesetzlichen Entwicklungen von Wissenschaft und Technik kommen, sondern auch aus den Arbeitsteilungs- und Globalisierungsprozessen der Weltwirtschaft und der Umweltpolitik. Eine nachhaltige Veränderung in der Stoffwirtschaft ist die zunehmende Modifizierung der „Verbundwirtschaft“, d.h. der vertikalen und horizontalen Integration von Technologien, die auf einem oder wenigen Rohstoffen oder Zwischenprodukten basierend ein umfangreiches Netzwerk von Verfahren zur Herstellung unterschiedlichster Zwischen- oder Endprodukte bilden. Diese neuen „Verbundsysteme“ konzentrieren sich auf spezielle Produktgruppen oder höherveredelte Zwischenprodukte, die eigentlichen Rohstoffe oder Zwischenprodukte werden in anderen „Verbundsystemen“ hergestellt bzw. in den Rohstoff-Förderländern.

Auch die Umorientierung der Unternehmen auf Kernkompetenzen und weltweite Entwicklungsverbünde und Kooperationen führen schrittweise zur Abkehr von der traditionellen Verbundwirtschaft. Die Globalisierung der Beschaffungs- und Absatzmärkte führt zur Auskopplung nichtprofitabler Prozesssysteme. Nichtprofitabel ist häufig die Produktion von Roh- und Zwischenprodukten, die wirtschaftlich nur noch von einigen wenigen Produzenten hergestellt werden.

Die Rationalisierung der Versorgungsketten und der Logistik führt zu einer neuen räumlichen Verteilung der Interaktionspartner und zur komplexen Bewertung nicht nur der Hauptprozesse durch Kennziffern, sondern auch der produktorientierten Infrastruktur, Pipelines und Verkehrsmittel werden zu Zwischenlagern für die Unternehmen.

Zur Intensivierung der technologischen Prozesse der Prozessindustrien kann eine Vielzahl von Prinzipien genutzt werden, die sich aus der Thermodynamik, Kinetik und u.a. Grundlagenwissenschaften ableiten lassen:

- Prinzip der günstigsten Triebkraftausnutzung:
  Vergrößerung oder Reduzierung der Temperatur-, Konzentrations- und Druck-Differenzen,
- Prinzip der günstigsten Rohstoffausnutzung:
  Beeinflussung des Gleichgewichtes und der Selektivität,
  Rückführung von Reaktanden, Anwendung des Gegenstromprinzips,
  Überschuss einer „billigen" Komponente bei Reaktionen,
  Einfrieren von „günstigen" Konzentrationsverhältnissen bei komplexen Reaktionen,
- Prinzip der günstigsten Energieausnutzung:
  Energie- (Wärme) Regeneration (direkte Wärmeübertragung, indirekte Wärmeübertragung, Rekuperation),
  Mehrstufigkeit der Prozessführung,
  Kombination exothermer und endothermer Prozesse,
  Teilen und Mischen von großen Stoffströmen zu Reduzierung des Trennaufwands,
- Prinzip der günstigsten Ausnutzung der Ausrüstung:
  Hohe Prozessgeschwindigkeiten,
  Beseitigung von Transportwiderständen,
  Kontinuierliche Betriebsweise,
  Reduzierung von Prozessstufen.
  Optimale Belegungsplanung bei Mehrprodukt- und Mehrzweckanlagen und optimale Steuerung der Prozesse, Miniaturisierung der Ausrüstungen.

Eine solche neue Richtung der Technologiegestaltung (Mikroverfahrenstechnik) besteht in der Miniaturisierung der Ausrüstungen zur Durchführung von industriellen Stoffwandlungen in so genannten Mikrostrukturapparaten, Chipreaktoren genannt (vgl. Hartmann 2004, S. 114). Diese haben sehr kleine Abmessungen zwischen 1 mm und 10 µm. Dieser neuartige Ausrüstungstyp besitzt eine Reihe bemerkenswerter Eigenschaften:

- Hohe Prozessintensität durch Mikromischung der Komponenten. Die Mischzeit verringert sich gegenüber den traditionellen Mischern um Größenordnungen.
- Sehr große Oberflächen- zu Volumenverhältnisse. Dadurch können Stoffwandlungen bei höheren Temperaturen sogar isotherm durchgeführt wer-

den (sehr schnelles Aufheizen und Abkühlen) ohne Zusatz von Lösungsmitteln.
- Erzielung sehr hoher Raum-Zeitausbeuten und Selektivitäten, dadurch wird der Anfall von Nebenprodukten reduziert und die Produkte werden reiner.
- Einsparungen bei aufwendigen Trenn- und Aufbereitungsoperationen.
- Realisierung neuer Synthesewege, z.B. Gewährleistung eines erwünschten Isomeren-Verhältnisses.
- Geringere Reaktionsvolumina und damit verbundene höhere Prozesssicherheit.
- Im Prinzip geringer Aufwand für die Modellierung, da die Auslegung stark experimentorientiert ist.

Prototypen dieser Technologien – in Schuhkartongröße – werden bereits betrieben mit Jahreskapazitäten bis 50 t/a. Industrielle Anlagen werden durch „scale out“ oder „numbering up“, d.h. durch mehrfache parallele Wiederholungen der miniaturisierten Prozesseinheiten ertüchtigt, um die gewünschte Kapazität zu erreichen (Mini-Konti-Betrieb). Wirtschaftliche Vorteile sind:

- Schnellere Anforderungsentwicklung (von der Anfrage bis zum Produkt). Der „Modellierungsaufwand“ wie bei Großanlagen entfällt weitgehend.
- Verkürzung der Projektrealisierungszeiten, Parallelisierung der einzelnen Prozess-Schritte.
- Verteilte (kooperative), integrierte und parallele Produktentwicklung und modulare Produktgestaltung.
- Punktgenaue Bedienung des Marktes mit den verlangten Produkten.
- Anpassung an Unternehmen spezifische Anforderungen (Customizing) im Produktspektrum.
- „Konstruktion“ von Produkten mit genau vorgegebenen Eigenschaften, z.B. bei Nanomaterialien.
- Vereinfachung des „Behördenengineerings“.

Haupteinsatzgebiete sind die Synthese von Feinchemikalien, pharmazeutische Produkte, spezielle Pigmente (Nanomaterialien), Synthesen, die in Großanlagen zu unerwünschten Nebenprodukten führen und Screening im Laborbereich.

Neben der „prozessorientierten“ Komponente wird die „produktorientierte“ Komponente verstärkt Gegenstand der Prozessindustrie. Über das Produkt-Design kommt nicht nur der Aspekt der Rohstoffe/Ausgangsstoffe,

sondern auch die der späteren Entsorgung in das Feld der Technologie (Konstruktion, Recycling, Demontage).

Ständig kürzer werdende Produktentwicklungszeiten erfordern eine frühzeitige Betrachtung der Wechselwirkungen zwischen dem Produkt und aller damit in Verbindung stehenden Prozesse und der Umwelt.

Weitere wichtige Entwicklungen in der Technologie sind mit den Forderungen nach Nachhaltigkeit, der Betrachtung der gesamten Lebenszyklen von Produkt und Prozess-System sowie der Entscheidungsfindung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Bewertungskriterien verbunden (Lebenszyklusanalyse).

Optimale Lösungen für einen neuartigen Prozess (Verfahren) vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Nachhaltigkeit/Umweltfreundlichkeit sind:

- Hohe Atom-Effizienz (keine unerwünschten Nebenprodukte durch optimale Veränderungen der Molekül-Strukturen der Einsatzstoffe),
- Biotechnologien mit verbesserten Enzymen,
- Inhärente Sicherheit und Zuverlässigkeit,
- Einfachheit und Reduzierung der Prozess-Schritte (neue Katalysatoren und umweltfreundliche Lösungsmittel),
- Hoher bzw. vollständiger Umsatz der eingesetzten Rohstoffe,
- Günstig verfügbare Einsatzprodukte,
- Akzeptanz der Technologien durch die Umwelt und die Bevölkerung.

Für die Berechnung, Auslegung, Konstruktion, den Betrieb, die Steuerung und die Instandhaltung von Prozesssystemen war die Entwicklung und Bereitstellung von „Wissens“ in seinen verschiedenen Formen und Ausprägungen für technologische Systeme erforderlich (vgl. Hartmann 2008, S. 109). Für den industriellen (kommerziellen) Nutzer steht inzwischen eine Vielzahl hochentwickelter rechnergestützter Werkzeuge für die Bearbeitung vieler technologischer Aufgaben zur Verfügung.

Eine Weiterentwicklung und Verbreiterung dieser Werkzeuge erfordert:

- Offene Modellstrukturen auf gemeinsamen Plattformen,
- Einbeziehung der Heterogenität der Objekte und Modelle,
- Konsequente Nutzung von Modellspeichern zur Erreichung eines hohen Grades der Wiederverwendbarkeit aller Wissenskomponenten,
- Schaffung offener Verbunde von Software-Werkzeugen zur Beschleunigung der Modellbildung (Zeitfaktor) und zur Reduzierung der Aufwendungen (Kostenfaktor),

– Systeme mit verteilten Ressourcen und kostengünstige Zugriffsmöglichkeiten auf diese Werkzeuge über das Internet,
– Anwendung des Prinzips der „best practice"-Vorgehensweise zur Erhöhung der Qualität der Modelle und des Nutzens bei deren Anwendung.

**Hochgeschwindigkeitselemente – Innovative Hochleistungsböden**

Ein Beitrag zur Intensivierung von Verfahren mit hohen Durchsätzen – Millionen Tonnen im Jahr bzw. Milliarden Kubikmetern – wie der Destillation von Rohöl, der Ammoniak- und Methanolsynthese, der Erdgastrocknung, der Entfernung von Kohlendioxid aus Rauchgasen von Kohlekraftwerken u.a. besteht in der Optimierung des Stoff- und Energieaustausches für die Stofftrennung und den Umweltschutz und damit auch zur Reduzierung des Ausrüstungsaufwands. Stofftrennkolonnen sind immer noch dominierende Ausrüstungen einer Chemieanlage – durch Größe und Anzahl der Kolonnen aber auch durch die damit verbundenen Investitionen.

Eine innovative Technologie für die Intensivierung von Stofftrennprozessen besteht in der optimalen Gestaltung der Stoff- und Energieaustauschvorgänge, die auch eine Verkleinerung der Ausrüstungen führt (vgl. Hartmann 2001, S. 122). Das erfordert allerdings auch neuartige Konstruktionen für die Stoffaustauschelemente, die hier kurz vorgestellt werden.

Bei den neu entwickelten Elementen[1] handelt es sich um einen Hochgeschwindigkeitsboden zur Trennung von Gas- und Flüssigkeitsgemischen. Der Boden gestattet die Schaffung von hochkompakten Anlagen und somit eine Kosten- und Massensenkung bei der Errichtung von Kolonnen mit hohen Durchsätzen. Die bevorzugten Einsatzgebiete dieses Bodens liegen in der Aufbereitung von Erdgasen und Rauchgasen sowie dort, wo kleine Massen und hohe spezifische Leistungen wichtig sind wie im Offshore-Einsatz. Ein Längsschnitt des neuen Bodens ist in Abbildung 4a dargestellt. Der Stoffaustausch erfolgt in den neuartigen Kontakt- und Trennelementen (KTE), eine Ansicht ist in Abbildung 4b gezeigt. Bei diesen KTE handelt es sich um offene vertikale Stutzen, die am Austritt mit einem Fliehkraftabscheider ausgerüstet sind.

Im unteren Bereich befindet sich ein Axialwirbler, welcher die Flüssigkeit in feine Tröpfchen zerteilt. Die Stutzen sind fest mit dem Boden verbunden. Über Umfangsbohrungen im unteren Bereich erfolgt die Flüssigkeitszufuhr. Auf den Boden gelangt die Flüssigkeit über einen Zulaufschacht.

1 Hochgeschwindigkeitsstoffaustauschboden, Deutsches Patent 198 28 884, (1998), High Speed Mass Transfer Tray, USA. Patent 6,227,524, (1999)

Über einen Ablaufschacht wird sie auf den darunter liegenden Boden geführt. Der Füllstand wird über die Verwendung von Wehren gewährleistet. Die Kontakt- und Trennelemente werden vom Gas axial von unten nach oben durchströmt. Aufgrund des auftretenden hydrostatischen Druckes wird die Flüssigkeit in das KTE eingesaugt und durch den im Stutzen befindlichen Wirbler in feine Tröpfchen zerteilt. Das entstehende Gas-Flüssigkeits-Gemisch erhält, durch die am Wirbler befindlichen Schaufeln, einen Drallimpuls. Aufgrund der auftretenden Zentrifugalkräfte bewegen sich die Flüssigkeitströpfchen in Richtung Rohrwand und bilden dort einen Flüssigkeitsfilm, der sich durch die Reibungskräfte des Gasstromes nach oben bewegt. In der Abscheidezone des KTE findet eine Trennung der Flüssigkeit vom Gasstrom statt. Die Flüssigkeit verlässt das KTE über einen Ringspalt am oberen Ende und fließt auf den Boden zurück und das Gas wird über einen Ablenkring abgeführt.

Da dieser Boden mit sehr hohen Gas/Dampfgeschwindigkeiten in den KTE arbeitet und den Durchlassquerschnitt besser als Glocken- bzw. Ventilböden nutzt, ergibt sich eine höhere Gesamtgeschwindigkeit in der Kolonne damit ein hoher Durchsatz bei kleinen Kolonnenabmessungen. Wenn die Be-

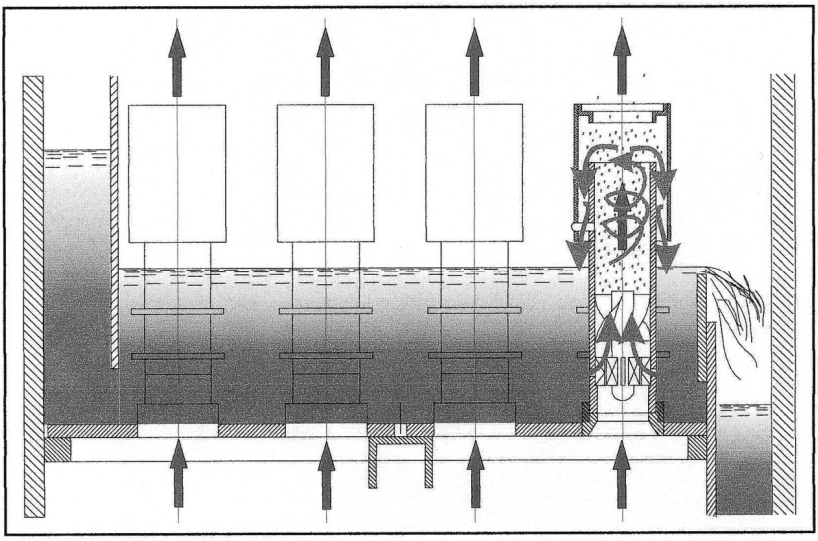


Abb. 4a: Längsschnitt durch einen Hochgeschwindigkeitsboden

Quelle: Hartmann 2004, S. 123

lastungsbereiche und die Betriebsbedingungen sehr stark variieren und eine hohe Flexibilität erforderlich ist, kann dies durch eine Kombination von Hochgeschwindigkeitsböden und Ventilböden optimal realisiert werden. Die KTE können auch separat als hocheffektive Tropfen- und Staubabscheider eingesetzt werden.

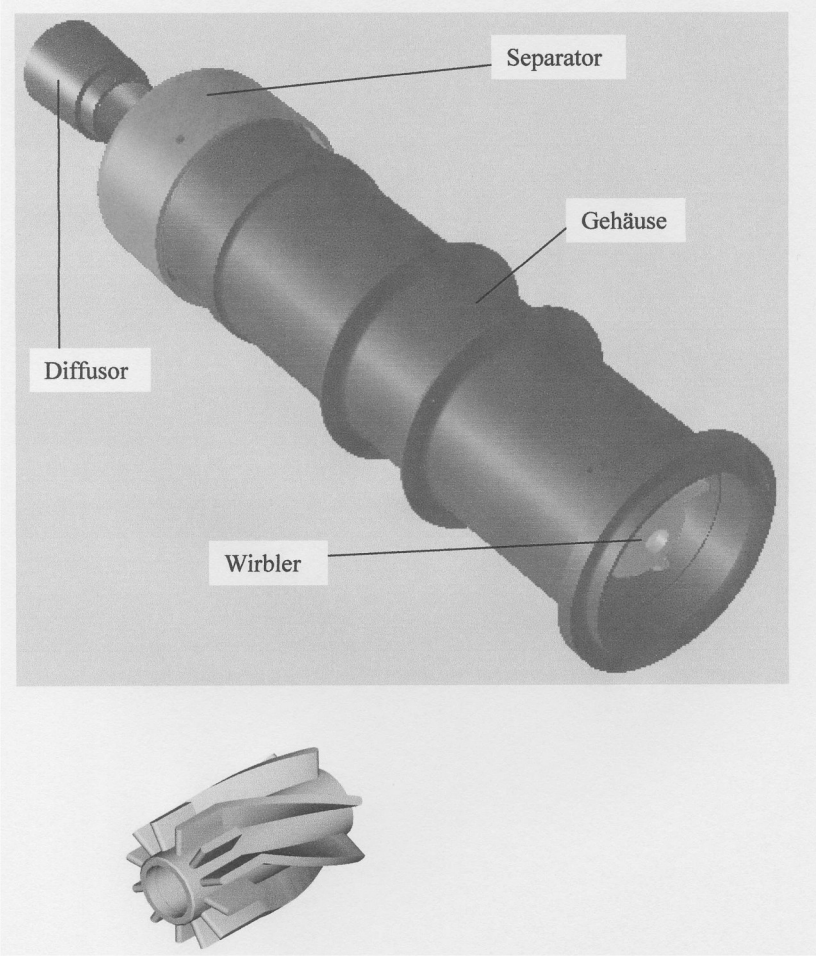



Abb. 4b: Bestandteile eines Hochgeschwindigkeitselements

Quelle: Hartmann 2001, S. 22

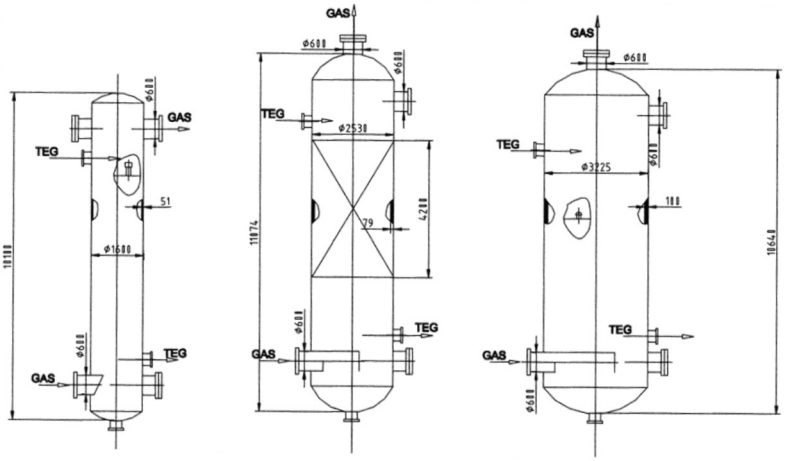
Diese Hochgeschwindigkeitsböden, welche durch spezielle Kontakt- und Abscheideelemente den Stoffaustausch verbessern und den Gasdurchsatz um ein Mehrfaches vergrößern, tragen zu einer wesentlichen Verringerung der Ausmaße der Absorptionskolonne bei. Dadurch können die Kolonnen kostengünstiger erstellt werden als herkömmliche Boden- oder Packungskolonnen bei vergleichbaren Durchsätzen.

Damit können kompakte Absorber für sehr hohe Durchsätze gebaut werden, die die Investitionskosten gegenüber Kolonnen mit strukturierten Packungen auf die Hälfte reduzieren lassen.

In Abbildung 5 wird deutlich, dass Kolonnen mit Hochgeschwindigkeitseinbauten wesentlich günstiger sind als konventionelle Kolonnen mit Glockenböden oder Packungskolonnen. Außerdem haben sie folgende Vorteile:

- Verringerung der Gesamtkosten für eine Kolonne auf die Hälfte gegenüber den zur Zeit eingesetzten besten Konstruktionen bei gleichzeitiger Erhöhung des Durchsatzes auf das bis zu Fünffache,
- Verringerung der Kolonnenabmessungen auf die Hälfte und des Apparategewichts bis auf ein Fünftel gegenüber anderen Konstruktionen,
- Einsatz als hochkompakter multifunktionaler Apparat für absorptive und destillative Trennaufgaben,
- hohe Stabilität und Flexibilität des Betriebsverhaltens,
- Unempfindlichkeit gegenüber Abweichungen von der horizontalen Lage (z.B. bei Schwankungen von Offshore-Plattformen),
- Unterdrückung der Schaumentwicklung innerhalb der Kolonne,
- Vormontage der Einbauten beim Hersteller, dadurch Zeiteinsparungen bei zeitkritischen Investitions- oder Modernisierungsvorhaben.

In Tabelle 1 sind die wichtigsten Parameter von Hochgeschwindigkeitsböden mit Bodenkolonnen, Füllkörperkolonnen und Kolonnen mit Strukturierten Packungen verglichen, die die Vorteile deutlich zeigen.




| Kolonne mit Hochgeschwindigkeitsboden Highspeed Tray Masse 22 t | Kolonne mit Strukturierten Packungen Masse 67 t | Glockenbodenkolonne Masse 105 t |
|---|---|---|

Abb. 5: Absorber-Kolonnen (Höhe, Durchmesser, Masse)[a]

a – für einen Durchsatz von 500.000 $Nm^3/h$ zur Erdgastrocknung für Hochgeschwindigkeitsböden mit Kolonnen mit strukturierten Packungen und Glockenböden

Quelle: Hartmann 2004, S. 125

Tab. 1: Vergleich wichtiger Kenngrößen von Boden- und Packungskolonnen und dem Hochgeschwindigkeitsboden

| Typ | Hochgeschwindigkeits-Boden – HighspeedTray | Bodenkolonne | | Füllkörperkolonne | Strukturierte Packungen |
|---|---|---|---|---|---|
| | | mit Rücklaufschacht | ohne Rücklaufschacht | | |
| Austausch | Kontinuierlich in Kolonne: Gegenstrom in Einbauten: Gleichstrom | Stufenweise, Kreuzgegenstrom | Stufenweise, Gegenstrom | Kontinuierlich, Gegenstrom | Kontinuierlich, Gegenstrom |
| Strömungsregime | Feinste Tröpfchen und Film | Blasen/Tropfen | Blasen/Tropfen | Film/Blasen | Film |
| Konstruktion | Böden | Böden | Böden | Schüttung ungeordnet | Packung strukturiert |
| Flüssigkeitsverteilung | Flüssigkeitswehr auf jedem Boden | Flüssigkeitswehr auf jedem Boden | Nur am Kopf | Nur am Kopf bzw. mehrfache Zwischenverteilung | Alle 1 bis 3 m bzw. nur am Kopf |
| Bauart | Hochgeschwindigkeits-Boden – HighspeedTray ® | Glockenboden Siebboden Ventilboden | Siebboden | z.B. Raschigringe Pallringe Interpack | z.B. Sulzer-Packung |
| max. Belastungsfaktor $F_m$ | 11 | 1,5 bis 2,5 | 2 bis 2,5 | 1 bis 2,5 | 2 bis 3 |
| Trennstufenzahl $n_t$ | 2 | 1 bis 2 | 1 bis 2 | 0,5 bis 2 | 5 bis 2 |
| $n_t \cdot F_m$ | 33 | 2 bis 4 | 2 bis 3 | 1 bis 3 | 10 bis 6 |
| Spez. Kolonnenvolumen $1/(n_t \cdot F_m)$ | 0,045 bis 0,15 | 0,5 bis 0,25 | 0,5 bis 0,3 | 1 bis 0,3 | 0,1 bis 0,2 |
| Geschwindigkeitsänderung | 4 bis 8 | 10 | 5 | 1,5 | 1 |

Quelle: Hartmann 2001, S. 117

## Literatur

Hartmann, Klaus (2001): Hightech und Highspeed – Miniaturisierung von Stoffaustauschapparaten mit neuen Hochgeschwindigkeitsböden, Verfahrenstechnik 35, Nr. 4, S. 22–24

Hartmann, Klaus; Fratzscher, Wolfgang (2004): Grundlagen der Herausbildung einer Allgemeinen Technologie der Stoffwirtschaft – Neue Tendenzen und Entwicklungen. In: Banse, Gerhard.; Reher, Ernst-Otto (Hg.): Fortschritte bei der Herausbildung der Allgemeinen Technologie (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 75). Berlin, S. 105–120

Hartmann, Klaus (2006): Manuskript „Grundlagen der Systemverfahrenstechnik“. St. Petersburg (Technologische Hochschule)

Hartmann, Klaus (2008): Verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen – Grundlagen für die Analyse und Synthese modularer technologischer Systemmodelle. In: Banse, Gerhard; Reher, Ernst-Otto (Hg.): Verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 99). Berlin, S. 105–125

OECD (2016): OECD Compendium of Productivity Indicators 2016. Paris

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *131 (2017), 147–164*

Norbert Mertzsch

# Lebenslauf technischer Artefakte und dazu gehöriger Technologien

**Abstract**

Technische Artefakte und die dazu gehörigen Technologien besitzen eine zeitlich begrenzte Lebensdauer. Ihre Schaffung, Nutzung und Beseitigung hängen vom Stand von Wissenschaft und Technik, aber auch von den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen ab.

In diesem Beitrag soll verallgemeinernd auf die Methoden der Technologieausführung Inbetriebnahme von technischen Artefakten mit zugehörigen Technologien, deren Betrieb sowie Außerbetriebnahme und Rückbau eingegangen werden.

Für die Inbetriebnahme neuer technischer Artefakte, deren Betrieb aber auch die Außerbetriebnahme und den zugehörigen Rückbau sprechen vor allem wirtschaftliche Gründe. Auch rechtliche/politische Gründe können für die Außerbetriebnahme eines technischen Artefakts mit bisher genutzten Technologie und die Inbetriebnahme neuer technischer Artefakte mit zugehörigen Technologien verantwortlich sein, z.B. wenn die bisher genutzte Technologie nicht mehr zulässig/gewollt ist.

## 1 Vorbemerkungen

Technische Artefakte und die dazu gehörigen Technologien besitzen eine zeitlich begrenzte Lebensdauer. Ihre Schaffung, Nutzung und Beseitigung hängen vom Stand von Wissenschaft und Technik, aber auch von den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen ab.

In Anlehnung an einen angedachten Technologieführer (vgl. Banse/Reher 2014), der bisher nicht zur Ausführung kam, soll hier verallgemeinernd auf die Methoden der Technologieausführung

– Inbetriebnahme von Technologien
– Betrieb von Technologien
– Außerbetriebnahme und Rückbau von Technologien

eingegangen werden.

Für die Schaffung neuer technischer Artefakte und ihrer Technologien sprechen vor allem wirtschaftliche Gründe:

- Herstellung eines neuen Produktes,
- Ersatz einer verschlissenen Anlage,
- Nutzung eines neuen Herstellungsverfahrens.

Auch rechtliche/politische Gründe können für die Inbetriebnahme einer neuen Technologie verantwortlich sein, z.B. wenn die bisher genutzte Technologie nicht mehr zulässig/gewollt ist. Als Beispiel kann der Ersatz von Kernkraftwerken durch von der Politik/Gesellschaft akzeptierten Formen der Erzeugung von Elektroenergie dienen.

Vor der Erst-Inbetriebnahme und dem Betrieb eines technischen Artefakts liegen die Methoden zur Technologievorbereitung sowie Konstruktion, Bau und Errichtung der notwendigen Technologie. Forschungs- und Entwicklungsmethoden zur Gestaltung von Technologien werden z.B. von Reher (vgl. Reher 2014) beschrieben. Neben technikwissenschaftlichen Aspekten spielen dabei auch naturwissenschaftliche und geisteswissenschaftliche Aspekte eine große Rolle. Dazu zählen u.a.:

- Bereitstellung der natur- und technikwissenschaftlichen Grundlagen für die Technologie,
- Bereitstellung naturwissenschaftlicher Grundlagen für Grenzwerte zugelassener Emissionen im Boden- und Gewässerschutz sowie Immissionsschutz und Arbeitsschutz,
- Diskussion und Festlegung o.g. Grenzwerte.

Der Technologieentwicklung folgend erfolgt die Schaffung und der Aufbau des technischen Artefakts entsprechend des Standes natur- und technikwissenschaftlicher Erkenntnisse.

## 2 Inbetriebnahme von Technologien

Mit der Erst-Inbetriebnahme beginnt der eigentliche Lebenslauf eines technischen Artefakts und damit der dazugehörigen Technologie.

In jedem Fall hat die Inbetriebnahme einer Technologie und im Weiteren deren Betrieb vielfältige Konsequenzen, auch über die eigentlichen technischen/technologischen Schritte zur Inbetriebnahme hinaus, die bei der Planung zu berücksichtigen sind.

Zum einen ist rechtzeitig geeignetes Personal für die in Betrieb zunehmende Anlage bereitzustellen und zu qualifizieren. Dieses Personal sollte auch bei allen vorbereitenden Tätigkeiten eingesetzt werden, um so eine für den Betrieb notwendige Anlagenkenntnis zu erwerben. Als Möglichkeiten

sind in Betracht zu ziehen, Personal von Vorgängeranlagen bzw. ähnlichen Anlagen umzusetzen oder neueingestelltes Personal in ähnlichen Anlagen zu qualifizieren.

Weiterhin sind für die neue Anlage die notwendigen Logistikketten aufzubauen. Dazu gehören vor allem die Versorgung mit Roh- und Hilfsstoffen sowie der Abtransport der Erzeugnisse und deren Vermarktung.

Ebenso ist die Versorgung der Anlage mit Energie, Wasser und anderen Medien sicherzustellen. Für entstehende Betriebsabfälle sind Entsorgungswege abzustimmen. Für Nebenprodukte, die in anderen Anlagen als Rohstoffe genutzt werden können, sind entsprechende Nutzungsmöglichkeiten zu erschließen.

### *2.1 Vorbereitung der Erst-Inbetriebnahme*

Die Vorbereitung der Erst-Inbetriebnahme ist ein komplexer Prozess, der viele Facetten aufweist und bereits während der Montage der Anlage beginnen sollte. Dazu gehören nach Weber (Weber 2006a, S. 184ff.):

- Montagekontrollen der Anlage
  Im Rahmen der Vorbereitung einer späteren problemlosen Inbetriebnahme der betreffenden Anlage sind bereits während der Montage der Anlage Kontrollen hinsichtlich einer ordnungsgemäßen Montage durchzuführen, um rechtzeitig Fehler und Mängel zu erkennen und abzustellen. Dabei geht es um Kontrollen der Montagedokumentation und der Bauausführung (z.B. Leitungsführung, eingesetztes Material, Schweißnähte, Einbau von Mess-, Steuer- und Regelungstechnik).
- Reinigungsarbeiten der Anlagenkomponenten und der Gesamtanlage
  Nach Abschluss der Montagearbeiten hat eine Reinigung aller Anlagenteile zu erfolgen. Dazu sind die mechanische Reinigung, das Ausblasen von Leitungen, das Spülen von Anlagenteilen und gegebenenfalls die chemische Reinigung von Anlagenteilen zu zählen. Bei diesen Arbeiten ist darauf zu achten, dass sich dadurch der Anlagenzustand nicht verschlechtert z.B. durch den Einsatz ölhaltiger Druckluft. Auch nach der Reinigung ist Sorge zu tragen, dass sich der Anlagenzustand nicht wieder verschlechtert (z.B. Belastung gebeizter Austenitteile mit Chloridionen durch Berühren mit der Hand).
- Funktionsprüfungen
  Im Weiteren erfolgen dann Funktionsprüfungen aller Anlagenteile. Das betrifft sowohl sämtliche Maschinen wie auch Ventile, die elektrotechnischen Anlagen und die Prozessleittechnik.

- Befüllen mit Betriebsstoffen
  Parallel zu den Funktionsprüfungen sind für den Anlagebetrieb notwendige Betriebsstoffe in die betreffenden Aggregate zu füllen. Das betrifft Adsorbentien und Katalysatoren, die in die betreffenden Reaktoren bzw. Behälter zu füllen sind. Herstellervorgaben sind unbedingt zu beachten (z.B. für Schütthöhe und Mengen). Die Einhaltung der Herstellervorgaben ist zu dokumentieren. Anschließend sind die Reaktoren zu verschließen und bei der Befüllung entstandene Stäube soweit möglich auszublasen. Danach sind Adsorbentien bzw. Katalysatoren, soweit möglich, für den Einsatz vorzubereiten (z.B. Trocknung von Adsorbentien, Reduktion von Katalysatoren). Zum Befüllen mit Betriebsstoffen gehört auch das Auffüllen von ölführenden Systemen mit Öl.
- Dichtheitsprüfung
  Nach Ausführung vorstehend genannter Arbeiten wird die Anlage verschlossen und es erfolgt eine Dichtheitsprüfung der gesamten Anlage. Diese Prüfung erfolgt überwiegend mit Druckluft. In Fällen, wo eine Inertisierung zwingend erforderlich ist (z.B. in Bereichen mit bereits reduzierten Katalysatoren), kann diese auch mit Stickstoff erfolgen. Bei Anlagen, die hohe Reinheitsanforderungen haben, wie in der Mikroelektronik, kann es auch erforderlich sein, die Inertisierung mit späteren Prozessgasen durchzuführen.

Nach bestandener Druckprüfung ist die Anlage als mechanisch fertiggestellt zu betrachten. Alle Maßnahmen zur Vorbereitung der Inbetriebnahme sind damit abgeschlossen.

### *2.2 Eigentliche Inbetriebnahme*

Ab diesem Zeitpunkt beginnt die eigentliche Inbetriebnahme der Anlage, die letztendlich in den bestimmungsgemäßen Betrieb der Anlage übergeht. Bei aller Unterschiedlichkeit der Verfahren und Anlagen können nach Weber (Weber 2006b, S. 274ff.) für unterschiedliche Anlagen Gemeinsamkeiten dargestellt werden. Dazu gehören:

- Anfahren der Anlage
  Das Anfahren der Anlage ist der Beginn der Inbetriebnahme der Anlage mit Rohstoffen bis zum Produkt. Die Anlage wird dabei üblicherweise in einen stabilen Teillastbereich gebracht. In das Anfahren der Anlage kann auch die Betriebsvorbereitung von Adsorbentien und Katalysatoren eingeordnet sein, wenn diese Maßnahmen vor dem Anfahren der Anlage nicht erledigt werden konnten.

- Stabilisieren der Anlage
  Es wird ein stabiler Anlagenbetrieb hergestellt. Dazu werden kleinere technisch-technologische Mängel behoben und Funktionsprüfungen unter Betriebsbedingungen durchgeführt.
- Hochfahren der Anlage
  Der Durchsatz der Anlage wird auf Nennlast erhöht. Dabei werden im wesentlichen die Parameter für den Normalbetrieb eingestellt und der Anlagenzustand stabilisiert.
- Einfahren der Anlage
  Für die Anlage werden die Parameter des vorgesehenen Normalbetriebs eingestellt. In dieser Betriebsperiode erfolgen die vollständige Inbetriebnahme und Optimierung des Prozessleitsystems, die Einstellung der Produktqualität, die Ermittlung und Bilanzierung spezifischer Verbräuche, die Ermittlung von Anlagenmängeln und die Einarbeitung des Betriebspersonals. Läuft die Anlage im Normalbetrieb stabil, werden in die Phase der Erst-Inbetriebnahme die Kapazitätsreserven der Anlage ermittelt sowie Messungen bei verschiedenen Betriebszuständen und Überprüfungen zur späteren Absicherung des Leistungsnachweises der Anlage durchgeführt.
- Abfahren der Anlage
  Die Anlage wird dabei aus dem Normalbetrieb soweit nötig in einen sicheren, nichtproduzierenden Zustand gebracht, der die Abstellung kleinerer Mängel an der Anlage erlaubt. Sollte das nicht ausreichen, ist eine vollständige Außerbetriebnahme durchzuführen.
- Technische Vorbereitung des Garantieversuchs
  An der Anlage festgestellte Mängel z.B. an Dichtungen, Ventilen oder Komponenten der Prozessleittechnik werden behoben. Dabei wird das spätere Service-Personal des Anlagenbetreibers eingearbeitet.
- Wiederanfahren der Anlage
  Die Anlage wird ohne weitere zusätzliche Zwischenschritte in den Normalbetriebszustand gebracht.
- Optimieren des Anlagenbetriebs
  Dabei wird die Wirksamkeit der nach dem Abfahren der Anlage durchgeführten Maßnahmen überprüft. Die Anlage wird im vertraglich vereinbarten Zustand gefahren. Es erfolgt ein interner Test für den Leistungsnachweis.
- Leistungsnachweis der Anlage
  Mit der erfolgreichen Durchführung des Leistungsnachweises endet die Erst-Inbetriebnahme der Anlage.

### *2.3 Organisatorische/Rechtliche Probleme*

Um Rechtssicherheit für alle Beteiligten der Erst-Inbetriebnahme einer Anlage zu gewährleisten, sind alle Arbeitsschritte und Abnahmen der Vorbereitung der Inbetriebnahme und der eigentlichen Inbetriebnahme der Anlage zu dokumentieren.

Ebenso sind die Verantwortlichkeiten und Befugnisse für die einzelnen Arbeitsschritte der Erst-Inbetriebnahme klar zu regeln.

Mit der Abnahme der erfolgreichen Durchführung des Leistungsnachweises endet die Erst-Inbetriebnahme der Anlage. Diese geht in das Eigentum des Auftraggebers über und nimmt den Normalbetrieb auf.

Die Pflichten der Betreiber von Anlagen sind für deren Inbetriebnahme und den Betrieb in der Betriebssicherheitsverordnung (vgl. BetrSichV 2015) festgelegt. So müssen überwachungsbedürftige Anlagen nach dem Stand der Technik montiert, installiert und betrieben werden. Darüber hinaus bedürfen Montage, Installation und Betrieb dieser Anlagen gemäß § 18 Betr SichV 2015 der Erlaubnis der zuständigen Behörde.

Vor Beginn der Inbetriebnahme einer Anlage sind gemäß § 3 BetrSichV 2015 die auftretenden Gefährdungen zu beurteilen und daraus notwendige und geeignete Schutzmaßnahmen abzuleiten.

Weiterhin muss zu Beginn der Erst-Inbetriebnahme sichergestellt sein, dass gegebenenfalls notwendige Genehmigungen nach weiteren Gesetzen bzw. nachgeordneter Verordnungen vorliegen. Das betrifft insbesondere:

- Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG),
- Wasserhaushaltsgesetz (WHG),
- Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG),
- Baugesetzbuch (BauGB),
- Chemikaliengesetz (ChemG)
- Atomgesetz (AtG).

Besondere Aufmerksamkeit ist auch der Datensicherheit zu schenken. So ist darauf zu achten, dass im Rahmen der Inbetriebnahme der Anlage keine Schadsoftware in das Prozessleitsystem gelangen kann. Bei der Inbetriebnahme von Fernwartungssoftware über das Internet sind hohe Sicherheitsstandards zu beachten.

## 3 Betrieb von Technologien

Der Betrieb des technischen Artefakts und der dazugehörigen Technologie beinhaltet nach der Übernahme der Anlage durch den Betreiber:

- den Normalbetrieb der Anlage
  Im Normalbetrieb der Anlage erfolgt die Herstellung des Produktes für das die Anlage vorgesehen ist. Die Versorgung mit Ausgangsstoffen, Betriebsstoffen und Energie muss ständig gewährleistet sein. Gleiches gilt für den Abtransport des Produktes sowie der Nebenprodukte und Betriebsabfälle.
- An- und Abfahrvorgänge der Anlage
  An- und Abfahrvorgänge werden vorrangig für Kontroll-, Wartungs- und Reparaturmaßnahmen ausgeführt. Abfahrvorgänge können auch bei Betriebsstörungen, die einen Normalbetrieb nicht mehr gewährleisten, erfolgen.
- Kontroll-, Wartungs- und Reparaturmaßnahmen an der Anlage
  Diese Maßnahmen sind bei planmäßigen Anlagenstillständen auszuführen. In diese sind dann auch Erneuerungen von Betriebsstoffen und gegebenenfalls von Adsorbentien bzw. Katalysatoren einzuordnen.
  Diese Maßnahmen sind auch auszuführen, wenn die Anlage infolge einer Betriebsstörung abgefahren wurde.

Um den Betrieb einer Anlage über einen möglichst langen Zeitraum zu gewährleisten, werden nach Reher (Reher 2014, S. 83ff.) für laufende Anlagen in vielen Fällen ausgeführt:

- Betriebsforschung und -entwicklung,
- Substitution technologischer Elemente (Rationalisierungsmaßnahmen),
- Kapazitätserweiterungen durch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten.

Als Beispiel für eine ständige Modernisierung eines technischen Artefakts innerhalb seiner Lebensdauer können die 1973/1974 errichteten Ammoniakanlagen am Chemiestandort Piesteritz dienen. So wurde bereits in den 1980er Jahren durch umfangreiche Anlagenänderungen eine Leistungssteigerung um 10% bei gleichem Erdgasverbrauch erreicht. Ebenso wurde das Prozessleitsystem von analog auf digital umgestellt (vgl. Lenz 2015, S. 129ff.). Nach weiteren Rationalisierungsmaßnahmen plant der Betreiber der Anlagen auch derzeit eine deutliche Effizienzsteigerung einer Anlage (vgl. SKW 2016).

Während des Betriebes einer Anlage sind ständig die für den Anlagenbetrieb geltenden Anforderungen aus Genehmigungen und Vorschriften einzuhalten. Änderungen in diesem Bereich können sich auf den Anlagenbetrieb nachhaltig auswirken (z.B. Nachrüstungen im Bereich Gewässerschutz oder Immissionsschutz).

## 4 Außerbetriebnahme und Rückbau von Technologien

Die dauerhafte Außerbetriebnahme und der anschließende Rückbau einer technologischen Anlage beenden den Lebenslauf eines technischen Artefakts und damit der dazugehörigen Technologie (vgl. Fratscher 2008, S. 127ff.; Mertzsch 2014, S. 349ff.). Bei der Ausführung der notwendigen Maßnahmen spielen, wie bei Schaffung und Betrieb der technischen Artefakte, neben technikwissenschaftlichen Aspekten auch naturwissenschaftliche und geisteswissenschaftliche Aspekte eine große Rolle. Dazu zählen u.a.:

- Bereitstellung der naturwissenschaftlichen Grundlagen für neue Rückbautechnologien,
- Bereitstellung naturwissenschaftlicher Grundlagen für Grenzwerte im Boden- und Gewässerschutz sowie Arbeitsschutz,
- Diskussion und Festlegung o.g. Grenzwerte.

Für die dauerhafte Außerbetriebnahme einer Technologie und den Rückbau der technischen Anlagen gibt es vielfältige Gründe. Dazu gehören:

- wirtschaftliche Gründe,
- technische Gründe,
- rechtliche/politische Gründe.

In jedem Fall haben die dauerhafte Außerbetriebnahme und der Rückbau einer technischen Anlage vielfältige Konsequenzen, auch über die eigentliche Maßnahme hinaus, die bei der Planung des Vorhabens zu berücksichtigen sind.

So ist zu klären, wie das bisher für die Anlage zuständige Personal weiter einzusetzen ist. Als Möglichkeiten sind in Betracht zu ziehen, die Beschäftigung beim Rückbau der Anlage (dieser Weg wird in der Kerntechnik vielfach gegangen), die Qualifizierung für den Betrieb einer möglichen Nachfolgeanlage oder Umsetzung zu einer anderen Aufgabe im Betrieb. Im Fall einer anstehenden Betriebsaufgabe kann auch als letzte Konsequenz die Entlassung der Mitarbeiter stehen.

Weiterhin ändern sich alle bestehenden Logistikketten. Die Versorgung mit Rohstoffen sowie der Abtransport der Erzeugnisse entfällt für den Standort der Anlage. Die Versorgung der Anlage mit Energie, Wasser und anderen Medien wird nicht mehr benötigt. Ebenso entfallen Betriebsabfälle oder Nebenprodukte, die in anderen Anlagen als Rohstoffe genutzt wurden. Bestehende Wartungsverträge für die Anlage bzw. Anlagenteile sind zu kündigen.

### *4.1 Außerbetriebnahme*

Während die Pflichten der Betreiber von Anlagen für die Inbetriebnahme und den Betrieb durch die Betriebssicherheitsverordnung (vgl. BetrSichV 2015) festgelegt sind, werden an die dauerhafte Außerbetriebnahme keinen konkreten Anforderungen gestellt, obwohl hierbei zum Schutz der Arbeitnehmer und der Umwelt die gleichen Anforderungen zu stellen sind.

Für erlaubnis- und genehmigungsbedürftige Anlagen können jedoch die zuständigen Behörden konkrete Anforderungen an die Betreiber stellen (vgl. BbgWG 2016; BImSchG 2016). In jedem Fall ist die Außerbetriebnahme einer genehmigungspflichtigen Anlage bei der zuständigen Behörde anzuzeigen.

Für Kernkraftwerke, deren Errichtung und Betrieb nach dem Atomgesetz genehmigt wurde, ist auch die dauerhafte Außerbetriebnahme genehmigungsbedürftig (vgl. AtG 2016, S. 9).

Die dauerhafte Außerbetriebnahme einer Anlage für den Rückbau wird als Überführung der Anlage aus dem Dauerbetriebszustand/Nennzustand in einen Endzustand definiert. Die Anlage wird kalt gefahren, drucklos gemacht und entleert (vgl. Weber 2006c, S. 339).

Das Entleeren der Anlage betrifft nicht nur Einsatzstoffe, Zwischenprodukte und Endprodukte, sondern auch Betriebsmedien wie Wärmeübertrager und Öle. Mit dem Abschluss der Arbeiten muss der Nachweis erbracht werden, dass der Rückbau der Anlage gefahrlos möglich ist.

Bei allen Unterschieden von technischen Anlagen lässt sich für die dauerhafte Außerbetriebnahme eine zu verallgemeinernde Verfahrensweise ableiten:

- Beendigung des Leistungsbetriebes,
- Kaltfahren und drucklos machen der Anlage; dabei gegebenenfalls weitere Vorbereitungen zur Entleerung (z.B. Oxidation von Katalysatoren, Ausführung von Dekontaminationen),
- Entleerung der Anlage (Entfernung von Betriebsmedien, Einsatzstoffen, Zwischenprodukten, Endprodukten, Katalysatoren oder Kernbrennstoffen),
- Spülung von Rohrleitungen und Behältern in Vorbereitung auf den Rückbau.

Diese Maßnahmen, die im Rahmen der dauerhaften Außerbetriebnahme einer Anlage durchzuführen sind, sind im Vorfeld genau zu planen, damit diese möglichst effektiv durchgeführt werden können.

### 4.2 Rückbau

Beim Rückbau von technischen Anlagen ist aufgrund der notwendigen Einbeziehung von Aspekten des Arbeitsschutzes, der Ökologie und der Ökonomie immer der Einfluss der naturalen, sozialen und humanen Dimension der Technologie gegeben (vgl. Reher/Banse 2008, S. 71ff.), so dass sich eine allgemeine Rückbautechnik ableiten lassen könnte.

- Planung der Rückbautätigkeit,
- Erstellung der Abbruchanweisung,
- Rückbau der technischen Anlage und der Gebäude,
- Entsorgung der Abfälle.

Um den Rückbau einer technischen Anlage effizient zu gestalten, sollten die Anforderung des Rückbaus bereits bei der Planung neuer Anlagen Berücksichtigung finden.

Abbruch- und Rückbauarbeiten gehören zu den gefährlichsten Tätigkeiten, die im Baugewerbe ausgeführt werden (vgl. Gabriel et al. 2010). Abbrucharbeiten sind deshalb nur von erfahrenen Fachleuten unter sachkundiger Leitung auszuführen.

Die Planung von Arbeiten zum Rückbau technischer Anlagen hat die Anforderungen verschiedenster Rechtsgebiete, z.B.

- Baurecht,
- Umweltrecht (Immissionsschutz, Wasserrecht, Abfallrecht, Bodenschutzrecht),
- Arbeitsschutzrecht,
- Chemikalienrecht,
- Strahlenschutzrecht

zu berücksichtigen (vgl. Lippok 2007, S. 109ff.).

Um den Rückbau einer technischen Anlage unter Beachtung aller gesetzlichen Anforderungen ausführen zu können, müssen Auftraggeber, Planer und Auftragnehmer aller Maßnahmen eng zusammenarbeiten.

Für den Rückbau von Anlagengebäuden ist ein im Landesrecht festgeschriebenes Verwaltungsverfahren durchzuführen. Für dieses ist der Bauherr verantwortlich. Eine Pflicht zum Rückbau von Gebäuden besteht bisher im Allgemeinen nicht. Bei erlaubnis- oder genehmigungsbedürftigen Anlagen können jedoch die zuständigen Behörden konkrete Anforderungen an die Betreiber stellen (vgl. BbgWG 2016; BImSchG 2016). Der andere Weg wäre, Rückbauregelungen für technische Anlagen in Bebauungsplänen oder

städtebaulichen Verträgen festzuschreiben, wie für Photovoltaik-Freiflächenanlagen diskutiert wird (vgl. Günnewig et al. 2007, S. 58f.).

Am Anfang der Planung der Rückbauarbeiten steht die Ermittlung aller zu erwartenden Gefährdungen (vgl. Rehtanz 1994, S. 14ff.). Dazu gehören:

- Erfassung aller verbauten und nutzungsbedingt vorhandenen Schadstoffe,
- Abklären von Bodenverunreinigungen und Altlasten,
- Sicherstellung, dass in allen Phasen des Rückbaus die Statik der restlichen Anlage bzw. des Restbaukörpers gewährleistet ist (gegebenenfalls sind ausreichende Sicherungsmaßnahmen vorzusehen),
- Nutzung der unmittelbaren Umgebung der rückzubauenden Anlage.

Verantwortlich für die Durchführung dieser Arbeiten ist der Bauherr.

Im Rahmen der Planung des Rückbaus der Anlage sind für die Entsorgung der entstehenden Abfälle die Entsorgungswege zu klären, um einen kontinuierlichen Arbeitsablauf beim Rückbau sicher zu stellen. Dazu gehört, dass jedem anfallenden Abfallstrom eine geeignete Entsorgungsanlage zuzuordnen ist und die Verpackung der anfallenden Abfälle entsprechend der Annahmebedingungen dieser Entsorgungsanlagen erfolgt. Eine Vermischung von Abfällen unterschiedlicher Qualität ist auszuschließen.

Auf der Basis dieser Erkenntnisse ist dann die Vorgehensweise beim Rückbau zu planen. Diese ist in einer schriftlichen Abbruchanweisung festzuhalten (vgl. BGV C 22, 2010), in der für jeden Rückbauschritt die anzuwendende Technologie, alle notwendigen Sicherheitsmaßnahmen sowie die Entsorgungswege festgelegt sind.

Für die Bauleitung der durchzuführenden Arbeiten ist eine sachkundige Person als Koordinator einzusetzen.

Für den Rückbau technischer Anlagen stehen umfangreiche Abbruchverfahren zur Verfügung, die entsprechend der vorliegenden Einsatzbedingungen ausgewählt werden (vgl. Toppel 2003). Dazu zählen:

- Mechanische Abbruchverfahren
  Mechanische Verfahren können manuell oder maschinell ausgeführt werden. Manuelle Verfahren kommen dabei vorwiegend beim Demontieren von technischen Anlagen, beim Entkernen von Gebäuden und beim manuellen Abbruch zum Einsatz. Für den manuellen Abbruch stehen neben einfachen Handwerkzeugen handgeführte Geräte zur Verfügung. Eingesetzt werden manuelle Verfahren nur an sehr begrenzten Objekten bzw. wenn der Einsatz anderer Verfahren nicht möglich ist.
  Bei maschinellen Verfahren werden für den Abbruch vorrangig Bagger, Hebezeuge und Radlader verwendet. Diese werden je nach Einsatzgebiet

mit Anbaugeräten ausgestattet. Als maschinelles mechanisches Verfahren für die Anlagendemontage wird vorrangig das maschinelle Sägen eingesetzt.

– Thermische Abbruchverfahren
  Thermische Verfahren werden vorwiegend von Hand ausgeführt. Fernbediente Verfahren haben sich z.B. bei Unterwasserarbeiten in der Kerntechnik durchgesetzt.
  Das bekannteste thermische Verfahren ist das autogene Brennschneiden. Dieses wird beim Trennen von Anlagenteilen, wie Behältern und Rohrleitungen, Stahlkonstruktionen und Bewehrungsstahl eingesetzt. Bei diesem Verfahren ist besonders auf den Brandschutz zu achten.
  Weitere thermische Verfahren sind Plasmaschneiden, Schneiden mit Kernlanze, Pulverlanze und Pulverschneidbrenner. Diese Verfahren sind für das Trennen von Metall und Beton geeignet.
– Chemische Abbruchverfahren
  Zu den chemischen Abbruchverfahren zählen das Sprengen mit Sprengstoff und Quellmitteln.
– Hydrodynamische Abbruchverfahren
  Als hydrodynamisches Abbruchverfahren werden Hochdruckwasserstrahlverfahren mit und ohne Abrasivmittelzusatz eingesetzt (vgl. Hackel 2011, S. 314ff.).

### *4.3 Sanierung des Standortes der rückgebauten technischen Anlage*

Durch technische Anlagen, die viele Jahre in Betrieb waren und die den heute geltenden Anforderungen an den Umweltschutz nicht gerecht werden, ist es in vielen Fällen zu einer Belastung von Boden und Grundwasser durch Schadstoffe gekommen. Das gilt auch für Altstandorte also Grundstücke stillgelegter Anlagen, nicht mehr verwendete Leitungs- und Kanalsysteme oder sonstige Betriebsflächen, auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen wurde. Besonders betroffen sind Anlagen der chemischen Industrie und ehemalige Gaswerke (vgl. Schreyer 1991, S. 9ff.), aber auch Anlagen der Metallurgie, der Energieerzeugung und Tankstellen.

Ist es zu einer schädlichen Bodenveränderung und einer Gewässerverunreinigung gekommen, sind verunreinigter Boden bzw. eine Altlast sowie hierdurch verursachte Gewässerverunreinigungen so zu sanieren, dass festgelegte Gefahrenschwellen dauerhaft unterschritten werden. Es geht also darum, erkennbare Gefahren, die in einem räumlichen und zeitlichen Zusammenhang mit der rückzubauenden Anlage stehen, im Rahmen der Nach-

sorge abzuwehren. Die rechtliche Grundlage dafür bildet das Bodenschutzrecht (BBodSchG 2015).

Auch hier lässt sich bei allen Unterschieden der Bodenkontaminationen, der Standortgegebenheiten und der einzusetzenden Sanierungsverfahren eine einheitliche Vorgehensweise ableiten:

– Planung der notwendigen Sanierungsarbeiten,
– Sanierung des Bodens und/oder des Grundwassers bzw. Gewässers,
– Entsorgung der kontaminierten Abfälle,
– Nachsorge.

Für die Erkundung von Bodenverunreinigungen wird im nachsorgenden Bodenschutz üblicherweise ein gestuftes Verfahren angewandt. Damit soll mit möglichst geringem Aufwand der Verdacht einer Bodenverunreinigung bestätigt oder ausgeschlossen werden.

Ob ein Sanierungserfordernis besteht oder nicht, ist für jeden Einzelfall gesondert zu untersuchen und zu entscheiden. Dabei werden die Arbeitsschritte Erfassung, Untersuchung und Bewertung von Verdachtsflächen und altlastverdächtigen Flächen systematisch ausgeführt. Die Untersuchungen erfolgen im Hinblick auf das Gefahrenpotenzial der betroffenen Flächen und die Feststellung der Notwendigkeit der Sanierung. Daraus werden dann die notwendigen Maßnahmen zur Sanierung der festgestellten schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten sowie auf gegebenenfalls notwendige Maßnahmen zur Nachsorge nach Beendigung der Sanierungsmaßnahme abgeleitet.

Das Gefahrenpotenzial bzw. das Schadensausmaß einer Bodenverunreinigung wird maßgeblich durch die eingetragene Art und Menge der Schadstoffe und die Möglichkeit ihrer Ausbreitung und Wirkung bestimmt.

Gefahrenpotenzial bzw. Schadensausmaß werden durch orientierende Untersuchungen erfasst. Erforderlichenfalls schließen sich Detailuntersuchungen an. Darauf basierend erfolgt eine Gefährdungsabschätzung für die Schutzgüter:

– menschliche Gesundheit;
– Wasserressourcen, Wasserqualität;
– Luftqualität;
– Boden in seinen natürlichen Funktionen;
– Natur und Landschaft.

Bei der Bewertung von Gefährdungen, die von mit Schadstoffen belasteten Bodenflächen ausgehen, sind auch Planungen hinsichtlich einer zukünftigen

Nutzung des Grundstücks (z.B. weiterhin Industriegelände, Wohnbebauung oder landwirtschaftliche Nutzfläche) zu berücksichtigen.

Schadstoffbelastete Böden und Altlasten sowie dadurch verursachte Verunreinigungen von Grundwasser und Gewässern müssen so saniert werden, dass dauerhafte Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit nicht zu erwarten sind.

In Abhängigkeit von den geologischen und hydrologischen Standortgegebenheiten, der gegenwärtigen und gemäß Planungsrecht zukünftigen Nutzung, den Schadstoffeigenschaften und den betroffenen Schutzgütern können zur Gefahrenabwehr verschiedene Maßnahmen oder Maßnahmenkombinationen zur Anwendung kommen. Deren Festlegung erfolgt durch die zuständige Behörde auf Basis der durchgeführten Sanierungsuntersuchungen. Dabei sind Vorgaben nach Anhang 3 BBodSchV zu beachten (vgl. BBodschV 2015). Die behördlich festzulegenden Maßnahmen müssen in einem angemessenen Verhältnis zur abzuwehrenden Gefahr stehen. Für eine dauerhafte Gefahrenabwehr (Sanierung) sind neben Dekontaminationsmaßnahmen, bei denen die Schadstoffe beseitigt oder vermindert werden, auch Sicherungsmaßnahmen, die eine Ausbreitung der Schadstoffe langfristig verhindern, in Betracht zu ziehen.

Wenn nach der Sanierung aufgrund eines verbliebenen Schadstoffpotenzials eine langfristige Erhaltung der Funktionsfähigkeit der Sanierungsbauwerke und -anlagen sowie die Überwachung einer möglichen Ausbreitung der verbliebenen Schadstoffe notwendig sind, werden Nachsorgemaßnahmen erforderlich.

Für die Sanierung von kontaminierten Standorten sind die verschiedensten Verfahren entwickelt worden. Dazu gehören:

- Auskofferung
  Der kontaminierte Boden wird ausgehoben und dann entweder direkt auf einer Deponie abgelagert oder in einer Bodenwaschanlage bzw. thermischen Behandlungsanlage weiter behandelt.
- Behandlung in einer Bodenwaschanlage
  Die Behandlung von Böden in einer Bodenwaschanlage eignet sich zur Entfernung von organischen Schadstoffen wie, Mineralölkohlenwasserstoffen, Halogenkohlenwasserstoffen und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und anorganischen Schadstoffen wie Schwermetallen, Cyaniden und Sulfiden (vgl. Handbuch Bodenwäsche 1993).
  Der gereinigte Boden wird auf einer Deponie abgelagert oder als Inertmaterial wieder eingebaut. Die anfallenden Abwässer und die Abluft sind

in geeigneter Form zu reinigen. In Bodenwaschanlagen können auch verunreinigte Baustoffe gereinigt werden.

– Thermische Behandlung
  Bei der thermischen Behandlung erfolgt eine Zerstörung der adsorptiven und chemischen Bindungskräfte durch Zufuhr von thermischer Energie. Die Schadstoffe werden üblicherweise anschließend oxidiert oder in die Rückstände eingebunden. Je nach angewandtem Temperaturbereich und Technologie werden die Verfahren in Entgasungs-, Vergasungs- und Verbrennungsprozesse eingeteilt. Die Verdampfungs- und Verbrennungstemperaturen sowie die Verweilzeiten in den Reaktionszonen richten sich nach den vorliegenden Schadstoffen sowie nach der beabsichtigten Verwendung des gereinigten Materials.
  Die Abgase der thermischen Behandlungsanlage sind von gasförmigen Schadstoffen oder Aerosolen zu reinigen.
– Biologische Behandlung
  Die biologische Behandlung von kontaminierten Böden wird zum biologischen Abbau von organischen Schadstoffen durch Mikroorganismen oder Pilze angewandt.
  Nach einer mechanischen Vorbereitung (Zerkleinerung) werden die zu reinigenden Böden üblicherweise in Mieten mit Bakterienkulturen sowie Nährstoffen und gegebenenfalls Lösungsvermittlern versetzt. Die Mieten sind ständig zu belüften und feucht zu halten. Die Abluft ist gegebenenfalls zu reinigen. Die Behandlung kann je nach Schadstoffspektrum und erforderlichen Schadstoffkonzentrationen Wochen bis Jahre dauern.
  Die Schadstoffe werden durch Metabolisierung zu Kohlendioxid und Wasser umgesetzt. Durch Vorversuche ist auszuschließen, dass durch den gewählten Behandlungsweg aus den Schadstoffen Abbauprodukte entstehen, die toxischer Natur sind. Für den Abbau polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK) werden vielfach Weißfäulepilze eingesetzt.
  Es gibt auch Entwicklungen von In-situ-Behandlungsverfahren, wo der biologische Abbau der Schadstoffe ohne Aushub direkt im kontaminierten Boden erfolgt.
– Hydraulische Verhinderung der Schadstoffausbreitung
  Bei diesen Verfahren werden die hydrodynamischen Verhältnisse im Untergrund soweit verändert, dass eine Ausbreitung von Schadstoffen im Grundwasser eingeschränkt oder verhindert wird. Um dieses zu erreichen, werden Spundwände gesetzt, Sperrbrunnen errichtet oder Grundwasserabsenkungen vorgenommen. Bei den letzten beiden Maßnahmen

ist zu beachten, dass diese unter Umständen Jahrzehnte in Betrieb sein müssen.

– Behandlung des Grundwassers
  Bei diesem Verfahren erfolgt die Fassung des verunreinigten Wassers vorwiegend durch Entnahmebrunnen im wassergesättigten Untergrund. Beim Auftreten mehrphasige Stoffgemische, z.B. Wasser/Mineralöl, sind die Entnahmeeinrichtungen so auszulegen, dass die den Schadstoff enthaltende Phase mit entnommen werden kann.
  Das verunreinigte Grundwasser wird in einer für die vorhandenen Schadstoffe ausgelegten Reinigungsanlage behandelt. In Abhängigkeit von der erreichten Restkonzentration der Schadstoffe im gereinigten Wasser kann dieses direkt oder nach einer Nachbehandlung in einer Kläranlage in einen Vorfluter abgegeben werden. Unter günstigen Umständen ist auch eine direkte Wiedereinleitung in das Grundwasser möglich.
– Pneumatische Verfahren
  Hierbei handelt es sich um Verfahren zur Erfassung und Abtrennung schadstoffhaltiger Gase und Dämpfe, um hierdurch die Emissionen aus dem Boden vorzugsweise in die Luft zu vermindern oder zu unterbinden. Die häufigsten Verfahren sind die Bodenbe- bzw. -entlüftung durch Bodenluftabsaugung und Stripping. Bei Deponien erfolgt z.B. die gefasste Deponieentgasung mit energetischer Verwertung des Deponiegases.
– No-Action-Variante
  Hierbei wird das natürliche Abbaupotential von Schadstoffen genutzt. Voraussetzung dafür ist, dass die Schadstoffe hinreichend abbaubar sind und das natürliche Milieu einen natürlichen Abbau erlaubt. Dabei muss der Abstand zu schützenden Gütern hinreichend groß sein.

## Literatur

AtG (2016): Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 26. Juli 2016 (BGBl. I S. 1843) geändert worden ist, S. 9 – URL: https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/atg/gesamt.pdf

Banse, Gerhard; Reher, Ernst-Otto (2014): Einführung. In: Banse, Gerhard; Reher Ernst-Otto (Hg): Beiträge zur Allgemeinen Technologie (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 36). Berlin, S. 7–16

BbgWG (2016): In der Fassung der Bekanntmachung vom 2. März 2012, GVBl. I Nr. 20 S. 1, zuletzt geändert am 25. Januar 2016, GVBl. I Nr. 5 S. 1, 5 – URL: http://bravors.brandenburg.de/gesetze/bbgwg_2016

BBodSchG (2015): Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 101 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist – URL: https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bbodschg/gesamt.pdf

BBodSchV (2015): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 102 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist – URL: https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bbodschv/gesamt.pdf

BetrSichV (2015): Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV -. Gültig ab 01. Juni 2015 – URL: http://www.maschinenrichtlinie.de/fileadmin/dokumente/2015-02-06_Betriebssicherheitsverordnung-BetrSichV-2015.pdf

BGV C 22 (2010): Unfallverhütungsvorschrift Bauarbeiten vom 1. April 1977 in der Fassung vom 1. Januar 1997 mit Durchführungsanweisungen vom Dezember 2010 – URL: http://www.bgbau-medien.de/uvv/37/titel.htm?gesamt=1

BImSchG (2016): Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das durch Artikel 3 des Gesetzes vom 26. Juli 2016 (BGBl. I S. 1839) geändert worden ist – URL: https://www.gesetze-im-internet.de/bimschg/BJNR007210974.html

Fratscher, Wolfgang (2008): Technikwissenschaften und Technologie. In: Banse, Gerhard; Reher Ernst-Otto (Hg): Allgemeine Technologie – verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 99). Berlin, S. 127–135

Gabriel, Stephan; Hofert, Regine; Steinborn, Volker (2010): Arbeitsschutz bei Abbrucharbeiten. (Hg.): Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). Dortmund

Günnewig, Dieter; Sieben, Anette; Püschel, Michael; Bohl, Johannes; Mack, Michael (2007): Leitfaden zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Planung von PV-Freiflächenanlagen. (Hg.): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin, S. 58–59 – URL: http://www.bauberufe.eu/images/doks/pv_leitfaden.pdf

Hackel, Walter (2011): 52 Jahre Versuchsatomkraftwerk Kahl – Ein besonderes Kapitel deutscher Technikgeschichte ist zu Ende. In: atw, Jg. 56, H. 6, S. 314–318

Handbuch Bodenwäsche (1993): Handbuch Bodenwäsche (ReiheMaterialien zur Altlastenbearbeitung Bd. 11). (Hg.): Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. Karlsruhe – URL: http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/16805/handbuch_bodenwaesche.pdf?command=downloadContent&filename=handbuch_bodenwaesche.pdf

Lenz, Louis (2015): Die Entwicklung der Ammoniakerzeugung in Mitteldeutschland – eine Erfolgsgeschichte. In: SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH (Hg): 100 Jahre Chemiestandort Piesteritz – Prozesse und Produkte. Lutherstadt-Wittenberg, S. 129–158

Lippok, Jürgen (2007): Planung von Abbruchmaßnahmen. In: Lipporth, Jürgen; Korth, Dietrich (Hg.): Abbrucharbeiten – Grundlagen, Vorbereitung, Durchführung. Köln (Deutscher Abbruchverband e.V.), S. 109–111

Mertzsch, Norbert (2014): Außerbetriebnahme und Rückbau von Technologien. In: Banse, Gerhard; Reher Ernst-Otto (Hg): Beiträge zur Allgemeinen Technologie (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 36). Berlin, S. 349–378

Reher, Ernst-Otto (2014): Forschungs- und Entwicklungsmethoden zur Gestaltung von Technologien. In: Banse, Gerhard; Reher Ernst-Otto (Hg): Beiträge zur Allgemeinen Technologie (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 36). Berlin, S. 83–128

Reher, Ernst-Otto; Banse, Gerhard (2008): Der Einfluss der naturalen, sozialen und humanen Dimension der Technologie auf den Prozess-Stufenmodul der Materialtechnik mit dem Ziel der Herausbildung einer allgemeinen Prozesstechnik. In: Banse, Gerhard; Reher Ernst-Otto. (Hg): Allgemeine Technologie – verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 99). Berlin, S. 71–103

Rehtanz, Horst (1994): Arbeits- und Umweltschutzanforderungen bei Rückbau, Demontage und Abriß von gefahrstoffbelasteten Industrieanlagen. In: Umwelttechnik FORUM, Jg. 9, 3, S. 14–23

Schreyer, Michaele (1991): Perspektiven zur Altlastensanierung in Berlin. In: Franzius, V. (Hg): Sanierung kontaminierter Standorte 1990 (Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis; Bd. 39). Berlin, S. 9–12

SKW (2016): Modernisierung einer $NH_3$-Anlage – URL: http://www.skwp.de/de/unternehmen/geplante-investitionen.html?mobile=1%27A%3D0%20and%20the%20technical%20data%27%23%23%23

Toppel, Carsten Olaf (2003): Technische und ökonomische Bewertung verschiedener Abbruchverfahren im Industriebau – URL: http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/epda/000439/dissertation. pdf

Weber, Klaus H. (2006a): Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen: Praxishandbuch mit Checklisten und Beispielen. Berlin u.a.O., S. 184–263

Weber, Klaus H. (2006b): Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen: Praxishandbuch mit Checklisten und Beispielen. Berlin u.a.O., S. 274–350

Weber, Klaus H. (2006c): Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen; Praxishandbuch mit Checklisten und Beispielen. Berlin u.a.O., S. 339

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *131 (2017), 165–188*

Hans-Liudger Dienel, Christoph Henseler

# Landkarten des Ungewissen – ein Werkzeug für die Kommunikation von Ungewissheit in den Wissenschaften

*„Ich habe bemerkt", sagte Herr K., „dass wir viele abschrecken von unserer Lehre dadurch, dass wir auf alles eine Antwort wissen. Könnten wir nicht im Interesse der Propaganda eine Liste der Fragen aufstellen, die uns ganz ungelöst erscheinen?"*

Berthold Brecht, Geschichten von Herrn Keuner

**Abstract**

Die oft als mäßig wahrgenommenen Erfolge wissenschaftlicher Modelle und Erklärungen von Krisen und Katastrophen sind Anlass für Unzufriedenheit und Schuldzuweisungen gegenüber der Wissenschaft und führen zu Hilflosigkeit und Fatalismus gegenüber Extremereignissen. Eines der größten Probleme in der öffentlichen Wahrnehmung von Wissenschaft ist die Überschätzung des dort tatsächlich vorhandenen Wissens bzw. der verwendeten Modelle. Während im innerwissenschaftlichen Diskurs in den einzelnen Disziplinen die Grenzen dessen, was man wirklich erkennen kann – was gewusst, was vermutet und was gänzlich ungewiss ist – meist gut bekannt sind, so gilt dies keineswegs für die Wahrnehmung in der Öffentlichkeit. Hier werden wissenschaftliche Erkenntnislagen oft weit überschätzt und hier wird, so die These, die Außenerwartung an die Wissenschaft zur Innenerwartung der Wissenschaftler/Innen an ihre gesellschaftliche Kommunikation.

Als Gegengewicht zu der bisherigen Wissenschaftskommunikation haben wir in den *Landkarten des Ungewissen* am Beispiel von auch im öffentlichen Diskurs stark wahrgenommenen Extremereignissen Nicht-Wissen und Ungewissheiten im gegenwärtigen Forschungsstand der jeweiligen Disziplinen recherchiert, mit Expert/inn/en der jeweiligen Felder diskutiert und zu prägnanten Aussagen weiterentwickelt. Diese wurden dann in einem iterativen Prozess in prägnante, inverse Infografiken (die *Landkarten des Ungewissen*) umgesetzt, welche die Begrenztheit vorhandener wissenschaftlicher Erkenntnisse im Bereich von Extremereignissen verdeutlichen, um eine gesellschaftliche Diskussion über den Umgang mit Nichtwissen zu fördern. Mit diesen Landkarten stellt das von der VW-Stiftung geförderte Projekt ein Werkzeug für die Wissenschaftskommunikation vor.

## 1 Ansatz und Vorgehen

In seinem Buch *Uncertain Science ... uncertain world* stellt der Geophysiker und Klimaforscher Henry Pollack fest:

> „The uncertainties that scientists face are really not so different from the uncertainties we encounter in daily life. ... Ironically, people who are not scientists often equate science with certainty, rather than uncertainty.“ (Pollack 2003, S. 6)

Mit dem Projekt „Landkarten des Ungewissen“ wollten wir ein Werkzeug entwickeln, welches diese Wissenschaftswahrnehmung ändern kann, eine theoretische und praktische Aufgabe in der Nachfolge vieler Arbeiten *Gerhard Banses*.

Ziel des von der Volkswagenstiftung geförderten Forschungsvorhabens war es, als Gegengewicht zu der bisherigen Wissenschaftskommunikation die Begrenztheit und die Lücken des momentanen Erkenntnisstandes am Beispiel von sechs Extremereignissen auszuloten und in einem neuen Typ von inversen Infografiken (den Landkarten) zu visualisieren und kommunizierbar zu machen. Dabei sollte es ausdrücklich nicht um ein Erfassen neuer Forschungsfragen gehen, sondern darum, die inhärenten *Blind spots* der Disziplinen und die Beschränkungen und Umstrittenheit von Modellen und Erklärungen und Vorhersagen zu vermitteln. Diese sind in den wissenschaftlichen Disziplinen selbst gut bekannt, müssen jedoch thematisiert und vermittelt werden, um so überzogenen Erwartungshaltungen vorzubeugen und einen mündigen Umgang mit wissenschaftlichen Erkenntnissen zu fördern.

Das Beispiel der Extremereignisse war dem Förderschwerpunkt der Stiftung geschuldet; es hätte auch ein ganz anderes Beispiel bearbeitet werden können. Bei der Auswahl der konkreten Extremereignisse, also der Themen für die einzelnen Infografiken wurde angestrebt, (1) unterschiedliche wissenschaftliche Disziplinen (Modell- und Ingenieurwissenschaften, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften, Naturwissenschaften) und (2) Dimensionen des Nichtwissens (genuines Nichtwissen, Umstrittenes, widerstreitende Meinungen, Wahrnehmungsdifferenzen, Transferprobleme) zu verknüpfen.

Dabei ging das Projektteam von der Koexistenz epistemischer Kulturen aus (vgl. Böschen et all 2006, S. 294ff.), die charakteristische Formen des Umgangs mit dem Unerwarteten und Ungewissen herausgebildet haben. Jede der entwickelten Landkarten beinhaltet damit nicht nur prägnante und überraschende Erkenntnisse zu den behandelten Extremereignissen selbst (was wissen wir? – was wissen wir nicht?), sondern vermittelt über den Einzelfall hinausreichende (generalisierbare) Botschaften zu typischen Problemen der (Nicht-)wissenskommunikation in den Wissenschaften.

## 2 Unsicherheit, Ungewissheit und Nicht-Wissen in Wissenschaft und Medien

Die Erfahrungen moderner Gesellschaften mit anfänglich gefeierten neuen Technologien und technologischen Innovationen, die aber später scheiterten oder unerwartete und schädliche Nebenwirkungen verursachten, führten seit den 1960er Jahren zu einer zunehmenden gesellschaftlichen Aufmerksamkeit für Unsicherheit und Unwissenheit in Wissenschaft und Politik. Die implizite Annahme, dass, wenn wir nicht wissen, was passieren wird, die Entwicklung in die falsche Richtung laufen könnte, förderte die Beschäftigung mit den Themen Unsicherheit und Unwissenheit als eine zentrale Forschungsaufgabe im Gebiet von Technologiebewertung und STS (Science, Technology and Society). Eine exemplarische Rolle für die Diskussion der Nebenwirkungen wissenschaftlicher Innovationen spielte die Debatte über FCKWs (Wehling 2006, S. 83ff.). Der Soziologe Ulrich Beck stellte in den 1980er Jahren in der Risikogesellschaft und nachfolgenden Arbeiten den gesellschaftlichen Umgang mit Unsicherheiten und Risiken in das Zentrum seines Konzepts der reflexiven Moderne (Beck 1992, 1999).

Die gewachsene Aufmerksamkeit für Unsicherheit und Ungewissheit führte auch zu einer Neubewertung ihrer Rolle in Wissenschaft und Gesellschaft. Smithson wies darauf hin, dass die Wissenschaft nicht immer dazu dient, Nichtwissen auszulöschen, sondern Nichtwissen manchmal absichtlich konstruiert wird und ganz verschiedenen Zwecken dient (vgl. Smithson 1993, 1989; Ravetz 1987; Smithson 1985, 1989; Wehling 2006; Proctor 2008; Wehling 2009; Wehling/Böschen 2015).

In der Wissenschaft selbst hat Unwissenheit viele positive Konnotationen. Schon Merton betonte, dass die gesellschaftlich definierte Rolle des Wissenschaftlers sowohl auf die Vermehrung des Wissens als auch auf die Spezifizierung von Unwissenheit zielt. Auch Ungewissheit dient, so Merton, dem Interesse der Wissenschaft, da sie ein Argument für neue Forschung und Finanzierung darstellt (vgl. Merton 1987, S. 22). Ein illustratives, archetypisches Beispiel für dieses Selbstverständnis liefert Schatz, der in einem kürzlich erschienenen an die breite Öffentlichkeit gerichteten Artikel über die Wissenschaft ausführt, dass es das höchste Ziel der Wissenschaft sei, neue Ungewissheiten zu schaffen, etwa zu entdecken, das wir gar nicht gewusst haben, dass wir etwas nicht gewusst haben (vgl. Schatz 2012, S. 14ff.).

Aber während Ungewissheit und Unwissenheit für die Wissenschaft eine gute Sache sein könnten, muss sie für den Politikprozess in ein ‚*nützli-*

*ches Nichtwissen*' verwandelt werden, vergleichbar zu nützlichem Wissen (vgl. Ravetz 1987, S. 429). Während schon die Bereitstellung von nützlichem Wissen schwierig ist, wie das Beispiel der evidenzbasierten Politik zeigt, gilt dies für nützliches Nichtwissen bzw. nützliche Ungewissheit umso mehr. Dabei kann Nichtwissen nützlich für ganz unterschiedliche wissenschaftliche Zwecke sein.

So ist die Behauptung wissenschaftlicher Ungewissheit und Unwissenheit eine bekannte und gut dokumentierte Taktik in Diskursen über Risiken, welche die wirtschaftlichen Interessen starker Interessengruppen berühren. Beispiele sind etwa die Zweifel der (Tabak)Industrie an den (Krebs)Risiken des Rauchens (vgl. Proctor 1995), oder der Gentechnik (vgl. Böschen et al. 2006), der Biotechnologie (vgl. Böschen et al. 2010) oder des Mobilfunks (vgl. Stilgoe 2007; Böschen 2010) oder des Klimawandels (vgl. Oreskesua 2008; Wilson 2000; Corbet/Durfee 2004). Die absichtliche Produktion von Ungewissheit und Nichtwissen sind so bedeutend, dass dieses Phänomen zu einem eigenen Begriff und Studiengebiet führte, der Agnotologie (vgl. Proktor 2008).

Die Medien spielen für die Stärkung der Unsicherheit gegenüber wissenschaftlichen Aussagen oft eine verstärkende Rolle, und zwar weniger durch eine eigene explizite Agenda, sondern vielmehr unintendiert. Gerade die Neutralität der Medien und ihre professionelle Gewohnheit, konkurrierende Ansichten zu präsentieren, verschafft fast zwangsläufig Randpositionen in der Wissenschaft eine überproportionale Aufmerksamkeit, so dass in der Öffentlichkeit auch ein breiter wissenschaftlicher Konsens oft nicht korrekt wiedergegeben wird (vgl. Stocking/Holstein 2008, S. 24f.). So wird aus der traditionellen Stärke unabhängiger Medien unversehens eine Schwäche (vgl. Christensen 2008, S. 266ff.). In komplexen Akteurskonstellationen, in denen politische Entscheidungsträger und organisierte Interessen aus Industrie und Zivilgesellschaft miteinander konkurrieren, dienen Medien als wichtiger Sender und Verstärker für Unwissenheit. Dieser Effekt ist auch deshalb so stark, weil Wissenschaft in der Öffentlichkeit eine zentrale Rolle einnimmt. Bei stark umstrittenen Themen verstärken die Medien also oft die Ungewissheit.

Bei der Mehrheit der Themen scheint aber das Gegenteil der Fall zu sein. So fand Lehmkuhl in einer Studie von 21 Fällen journalistischer Berichterstattung über wissenschaftliche Erkenntnisse heraus, dass die Entscheidung über die Weitergabe innerwissenschaftlicher Unsicherheit an die Gesellschaft fast ausschließlich von den Bedürfnissen der erzählten Story getragen wurde. Nur wenn die intendierte Geschichte die Unwissenheit, das Nicht-

wissen und offene wissenschaftliche Kontroversen brauchte, kamen letztere auch vor, ansonsten wurden sie weggelassen (vgl. Lehmkuhl/Peters 2016, S. 898ff.).

Dies spiegelt sich in anderen Erkenntnissen über wissenschaftliche Berichterstattung. Im Allgemeinen neigen die Medien dazu, die Gewissheit wissenschaftlicher Erkenntnisse zu übertreiben. Dieses Vorgehen trifft auf praktisch alle Disziplinen zu, auch etwa in der Berichterstattung über die Sozialwissenschaften, in der Weiss und Singer unter den häufigsten Fehlern die übermäßige Gewissheit und viel zu frühe Schließung der Debatte feststellten (vgl. Weiss/Singer 1988, S. 132ff.). Es gilt stärker noch für die Naturwissenschaften (vgl. Singer/Endreny 1993, S. 150ff.). Das Ausblenden innerwissenschaftlicher Ungewissheit geschieht übrigens meistens nicht durch eine aktive Fehlinterpretation, sondern vor allem durch Auslassen von Einschränkungen im Geltungsbereich der ursprünglichen wissenschaftlichen Ergebnisse (vgl. Fahnestock 1986, S. 281; Singer/Endreny 1994, S. 261ff.).

Diese Situation schadet dem Ansehen der Wissenschaft. So beschreibt Parascandola an Beispielen aus der Gesundheitsforschung, wie das Weglassen von Einschränkungen mittelfristig die Glaubwürdigkeit der medizinischen Forschung und Profession untergrub. Wenn falsche Prognosen nicht eintrafen, drohte der Wissenschaft die Gefahr, sich lächerlich zu machen (vgl. Parascandola 2000, S. 27).

Demgegenüber kann der Hinweis auf Unsicherheit in den Medien auch dazu dienen, das Vertrauen in wissenschaftliche Qualitäten wieder zu stärken. Wie Zehr in einer eingehenden Analyse von Medienberichten über die globale Erwärmung zeigen konnte, dienten Hinweise auf die Unvollständigkeit von Ergebnissen und die Ungewissheit des Wissens dazu, den Unterschied zwischen einer um- und vorsichtigen Wissenschaft auf der einen Seite und einer aktivistischen und falsch informierten Öffentlichkeit auf der anderen zu markieren (vgl. Zehr 2000, S. 94). Die glaubwürdigkeitssteigernde Wirkung der Schilderung von Ungewissheit wird auch durch eine umfassende Studie von Jensen gestützt. Er befragte 601 Teilnehmer/innen, die Informationen über wissenschaftliche Ergebnisse mit oder ohne Einschränkungen erhielten, und konnte zeigen, dass die Einschränkungen das Vertrauen in die wissenschaftlichen Aussagen steigerten (vgl. Jensen 2008, S. 347ff.).

Zusammenfassend kann man sagen, dass es nach wie vor eine allgemeine Überschätzung wissenschaftlicher Allwissenheit und zugleich bei bestimmten Kontroversen eine Unterschätzung wissenschaftlicher Aussagefähigkeit gibt. Die Landkarten des Ungewissen zielen darauf ab, der Wissenschaft ein

Werkzeug für die Kommunikation von Ungewissheit zur Verfügung zu stellen, welches zugleich das Vertrauen in wissenschaftliche Aussagen insgesamt erhöht.

Das Werkzeug der Landkarten nimmt dabei Bezug auf neue Design- und Publikationstechnologien in der Wissenschaft, vor allem das Web, das in den letzten Jahren auch zu einem boomartigen Anstieg der Infografiken führte. Diese integrierten visuellen Diagramme für die Kommunikation von Wissen veränderten Tuftes Forderung nach Einfachheit (vgl. Bateman et al. 2010; Borkin et al. 2013; Harrison et al. 2015). Viele Zeitungen und Zeitschriften stellen nun regelmäßig aktuelle Fakten und Zahlen in Infografiken dar, was diese zu einem fast ikonischen Instrument der Daten- und Evidenzdarstellung macht.

Um zu Themen und Karten zu gelangen, wurde vom Projektteam in einem ersten Schritt eine Liste mit Extremereignissen der letzten Jahre erstellt und darunter diejenigen ausgesucht, die hinsichtlich der zu erwartenden Nichtwissensphänomene vielversprechend erschienen. Diese wurden anschließend explorativ nachrecherchiert. Zuletzt wurde eine engere Auswahl getroffen.

Nach Erstellung der ersten drei Karten wurde dann eine Zwischenevaluation vorgenommen und eine Orientierung auf die modellorientierten Wissenschaften in den ersten drei Karten festgestellt. Daraufhin wurde beschlossen, im zweiten Projektteil bei der Themenwahl gezielt Disziplinen in den Fokus zu rücken, bei denen andere Formen des Erkenntnisgewinnes im Mittelpunkt stehen (Beobachtungen, Interpretationen, Experimente, Hermeneutik).

Jedes der gewählten Themen wurde dann in Form von Desk Research aufgearbeitet und es wurden Fragen bzw. Konzepte für den Workshop entworfen. Daran anschließend wurden in den meisten Fällen mit Expertenworkshops, in zwei Fällen auch durch individuelle Interviews die zentralen Bereiche des Nichtwissens herausgearbeitet. Diese wurden aufgearbeitet, nachrecherchiert und mit den Experten abgestimmt. Dies geschah typischerweise in mehreren Iterationen. Danach wurde von Grafikern mit den Entwürfen für die Grafiken begonnen, die in mehreren Iterationen abgestimmt und schließlich übersetzt und auf ein gemeinsames Design gebracht wurden.

## 3 Fallstudien: Sechs Landkarten des Ungewissen zu Extremereignissen

Ergebnis des Prozesses sind sechs Infografiken, die jeweils eine andere Disziplin archetypisch in den Vordergrund rücken und zugleich eine bestimmte Nichtwissenssituation zum Thema haben. In ihrer finalen Anordnung bilden

sie zugleich ein Narrativ, dass die Formen des Nichtwissens in den Wissenschaften und den gesellschaftlichen Umgang damit thematisiert. Dieses ist auch in Karte 1 wiedergegeben, die einen Wegweiser zu den anderen Infografiken und zugleich selbst eine Landkarte des Projektes darstellt.

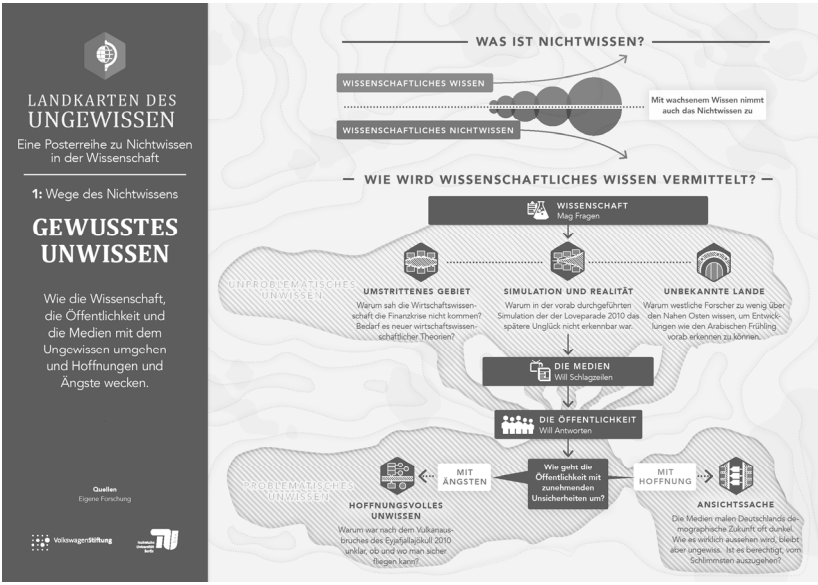



Abb. 1: Karte 1 – Wege des Nichtwissens. Gewusstes Unwissen Wie Wissenschaft, Medien und Öffentlichkeit mit dem Ungewissen umgehen, Hoffnungen und Ängste wecken

Copyright: Hans-Liudger Dienel

Die drei folgenden Karten widmen sich dabei archetypischen Situationen des Nichtwissens bzw. der Ungewissheit in den Wissenschaften, die gerade die Prognose extremer Ereignisse regelmäßig erschweren bzw. unmöglich machen.

Karte Zwei nimmt – am Beispiel der Wirtschaftswissenschaften und der Finanzkrise – eine der zentralen und gesunden Eigenschaften der Wissenschaften in den Blick: den Widerstreit der Meinungen im Fach und die dadurch gekennzeichneten Bereiche des Ungewissen bzw. noch nicht Gewussten in der Disziplin.

Die Herausforderung aber zugleich auch der Antrieb aller wissenschaftlichen Erkenntnis, nämlich noch nicht vorhandenes bzw. erreichbares Wis-

sen, wird in der dritten Karte am Beispiel des westlichen Wissens über die Ursachen des arabischen Frühlings thematisiert.

Die vierte Karte widmet sich den grundsätzlichen Problemen jeder modellbasierten Voraussage: der Diskrepanz zwischen Simulation und Realität und der enormen Abhängigkeit von den gewählten Eingabegrößen. Dies geschieht am unerwarteten Beispiel der Entfluchtungsanalyse für die verhängnisvolle Loveparade in Duisburg.

Die weiteren Karten haben den zweiten größeren Aspekt des Projektes stärker zum Thema: den gesellschaftlichen Umgang mit Nichtwissen und Ungewissen.

Dabei nimmt die fünfte Karte am Beispiel der Sperrung des europäischen Luftraumes nach dem Ausbruch des Eyjafjallajökull den typischen Umgang mit offen kommunizierten Ungewissheiten aus der Wissenschaft in den Blick. Diese werden ausschließlich als Gefahr gesehen und in klare binäre/dychatome Strukturen (fliegen/nicht fliegen) umgesetzt, um somit den aktiven Umgang mit unklaren Wissensständen zu vermeiden.

Die sechste und letzte Karte setzt diesem Bild eine Alternative entgegen. Am Beispiel des demografischen Wandels in Deutschland werden die Un-

Tab. 1: Sechs Infografiken zur Kommunikation von Ungewissheit in den Wissenschaften[a]

| **Thema** | | **Inhalt** | **Disziplin(en)** |
|---|---|---|---|
| **Landkarte des Ungewissen** | *Überblick* | *Welche Ungewissheiten gibt es in den Wissenschaften und wie gehen wir damit um* | Wissenschaftskommunikation |
| **Weltweite Finanzkrise** | *Umstrittenes Wissen* | *Konkurrierende und Koexistierende Wahrheiten. (Unterschiede in Annahmen als Indikatoren für Ungewissheitsfelder)* | Wirtschaftswissenschaften |
| **Love Parade Duisburg2010** | *Simulation und Realität* | *Mangelnde Passgenauigkeit von Modellen (Modell vs. „Realität") und Begrenztheit von Modellen* | Simulation und Modellierung generell |
| **Arabischer Frühling** | *Terra Incognita* | *Erkenntnisgrenzen über andere Länder aus Kommunikationsmangel und -unmöglichkeit* | Politik- und Sozialwissenschaften (Transformations- u. Demokratisierungsforschung) |
| **Der Ausbruch des Eyjafjallajökull** | *Ungewissheit als Gefahr* | *„Binarisierung" komplexer Informationen von den Fachdisziplinen zu den Entscheidungsträgern zu der Öffentlichkeit* | Naturwissenschaften (Meteorologie, Vulkanforschung) |
| **Demografischer Wandel** | *Ungewissheit als Chance?* | *Gewissheit von Daten vs. Ungewissheit der Deutung* | Sozialwissenschaften |

a – am Beispiel zur Wissenschaftskommunikation von fünf Extremereignissen
Eigene Darstellung

gewissheiten über die Implikationen dieser Entwicklung thematisiert und den üblichen Schreckensszenarien auch positive Zukunftsentwürfe entgegengestellt. Die Karte schließt damit zugleich mit der Botschaft, dass es selbst bei sicherer Fakten- und Wissenslage immer noch der aktiven Deutung dieser Fakten bedarf.

Die Karten liegen in Deutsch und Englisch in offenen Formaten vor und eignen sich sowohl für den Einsatz in großflächigem Print, in Magazinen als auch für die online Darstellung. Mit der Wahl des Mediums (Infografiken) und der Thematik (Nichtwissen in den Wissenschaften) eignen sie sich besonders, die wissenschaftsferne Bevölkerung, die eine heterogene Zielgruppe

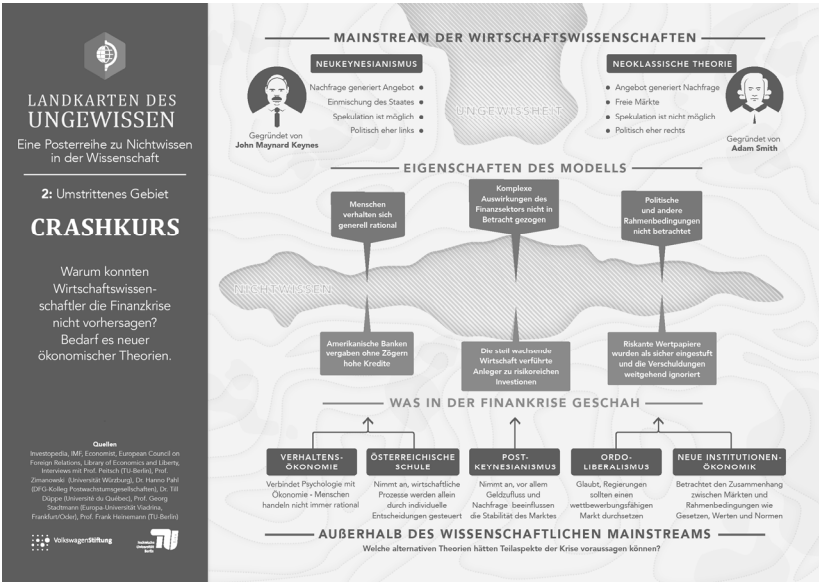



Abb. 2: Karte 2 – Crashkurs: Die Weltweite Finanzkrise[1]
Warum konnten die Wirtschaftswissenschaften die Finanzkrise nicht vorhersagen? Bedarf es neuer ökonomischer Theorien?

Copyright: Hans-Liudger Dienel

1 Vielen Dank an Prof. Dieter Peitsch (TU-Berlin) Prof. Bernd Zimanowski (Universität Würzburg), Dr. Hanno Pahl (DFG-Forschungskolleg „Postwachstumsgesellschaften“), Dr. Till Düppe (Université du Québec), Prof. Georg Stadtmann (Europa-Universität Viadrina, Frankfurt/Oder) und Prof. Frank Heinemann(TU Berlin) für Information und Beratung zum Kartenthema.

mit kaum differenzierbaren Präferenzen und Vorverständnis darstellt, anzusprechen. Die Karten wurden und können weiter verwendet werden für Ausstellungen in Science-Centern und bürgernahen Veranstaltungen sowie zum Aushängen der Infografiken an öffentlichen Plätzen. Sie regen so einen öffentlichen Dialog für den Austausch von Wissenschaft und Öffentlichkeit an.

**Thema:** Mit dem Ausbruch der weltweiten Finanzkrise im Jahre 2008 gerieten auch die gängigen wirtschaftswissenschaftlichen Modelle und Erklärungsinstrumentarien auf den öffentlichen Prüfstand. Warum haben uns die Wirtschaftswissenschaften nicht gewarnt, geschweige denn adäquate Lösungsansätze bereitstellen können? Es scheint, dass die massiven Meinungsdifferenzen, die innerhalb der volkswirtschaftlichen Lehre ausgefochten werden, bis zu dem Ausbruch der Krise weitgehend unbemerkt an der öffentlichen Debatte vorbei gegangen sind.

**Inhalt:** Die Infografik bildet eine Landkarte zugleich der volkswirtschaftlichen Hauptströmungen als auch über die Meinungsunterschiede und Streitpunkte sowie Blind Spots der Wirtschaftswissenschaften.

Im Mittelpunkt stehen dabei die Meinungsunterschiede zwischen den beiden Schulen, die den volkswirtschaftlichen Mainstream bilden, das Fach prägen und ihre Fundierung zum einen auf dem DSGE-Modell (Dynamic Stochastic General Equilibrium) und den sogenannten heterodoxen Schulen auf der anderen Seite haben. Denn genau diese Punkte des Dissenses offenbaren zugleich die zentralen Blind spots des volkswirtschaftlichen Mainstreams, der gerade die wichtigsten Faktoren für die Krise in seinen Modellen nicht betrachtete. Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass das Nichtwissen in Bezug auf die Finanzkrise vor allem endogen (in den Wirtschaftswissenschaften selbst) erzeugt wurde.

Die meisten Modelle betrachten die auslösenden Faktoren kaum, so dass in der Prognose krisenhafter Marktsituationen erheblicher Nachholbedarf besteht.

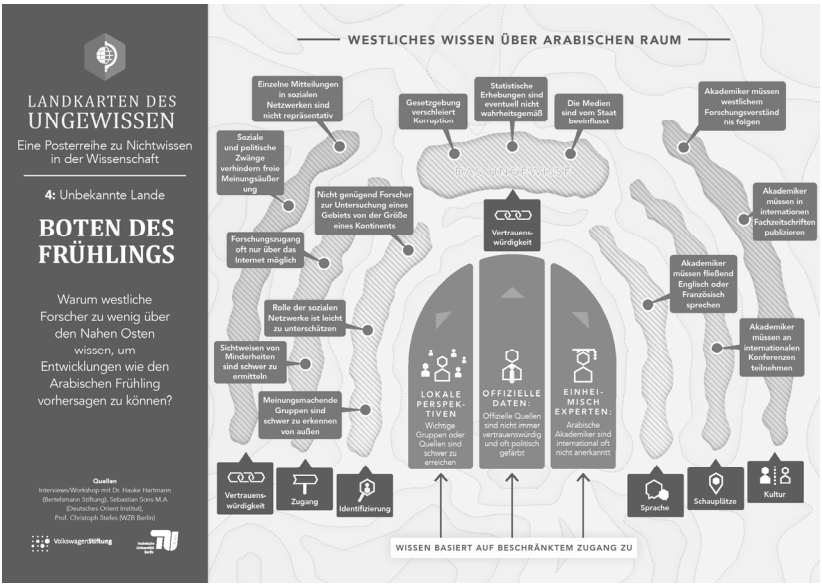



Abb. 3: Karte 3 – Der Arabische Frühling[2]
Warum westliche Forscher zu wenig über den Nahen Osten wissen, um Entwicklungen wie den arabischen Frühling vorhersagen zu können

Copyright: Hans-Liudger Dienel

**Thema** 2010/11: Massenproteste in Teilen des Nahen Ostens und Nordafrikas fordern Würde, Freiheit und Gerechtigkeit. Langjährige autokratische Systeme destabilisieren sich und in verschiedenen Staaten beginnen Bürgerrevolten. Die Verläufe und Ausmaße der Aufstände weisen regionale Unterschiede auf: Während in Ägypten, Tunesien, Libyen und Jemen ein derzeit ergebnisoffener Transformationsprozess stattfindet, beobachtet man in Syrien Bürger- und Stellvertreterkriege. In Bahrein werden die Protestbewegungen mit Hilfe der Golfkooperationsstaaten unterdrückt und auch in anderen Staaten der Region steigen der öffentliche Druck und die Protest(bemühungen).

Doch weder die großflächigen Proteste und Demokratiebewegungen noch die inzwischen erfolgten Konterrevolutionen wurden von Experten voraus-

2 Vielen Dank an Dr. Hauke Hartmann (Bertelsmann Stiftung), Sebastian Sons M.A (Deutsches Orient Institut) und Prof. Christoph Stefes (WZB Berlin) für Informationen und Beratung zum Thema der Karte.

gesehen. Wie konnte dies trotz des hohen Interesses am Nahen Osten so unbemerkt bleiben?

**Inhalt:** Im Austausch mit Wissenschaftlern verschiedener disziplinärer Hintergründe (Länderkunde, quantitative internationale Politikforschung, Indexentwicklung), dass das Hauptproblem hier tatsächlich im Mangel an Wissen, genauer am Zugang dazu fehlt.

Dies ist besonders deutlich bei der Identifikation und Ansprache relevanter Akteure vor Ort. Als Wissenschaftler von außen ist es schwer, überhaupt die relevanten Akteure (1) zu identifizieren und dann auch (2) Zugang zu ihnen zu finden. Zuletzt kann (3) aufgrund des repressiven Charakter der Regime und der Interaktion mit einem Außenstehenden nicht davon ausgegangen werden, dass diese sich offen äußern. Es besteht also ein signifikantes Zugangsproblem.

Dieses Problem stellt sich auch wissenschaftlichen Diskurs selbst. Die regionalen/einheimischen Forscher, die über das meiste Wissen vor Ort verfügen, haben kaum Zugang zur internationalen Scientific Community. Die Ursachen dafür liegen in Sprachbarrieren und ‚kulturellen' Unterschieden. Dies führt zu einem geringen Austausch zwischen ausländischen Wissenschaftlern und ihren Pendants vor Ort, so dass die Akteure mit dem meisten Wissen nicht international publizieren und die Publikationen von Personen mit geringerer Kenntnis der Lage vor Ort stammen.

Zuletzt können auch Methoden der Dokumenten- und Datenanalyse nur begrenzt verwendet werden, da in der Region dafür meist die notwendige Politiktransparenz fehlt, so dass offizielle Dokumente (Verfassung, Gesetze, ...) oft nicht der Umsetzung entsprechen und bei Statistiken von deren Unzuverlässigkeit ausgegangen werden muss.

Diese dreifache Zugangsbarriere westlicher Forscher zu dem zur Beurteilung der Lage und von Entwicklungen notwendigen lokalen Wissen, bildet die Karte durch eine dreifache Grabenlandschaft zwischen dem Betrachter und dem Wissen ab.

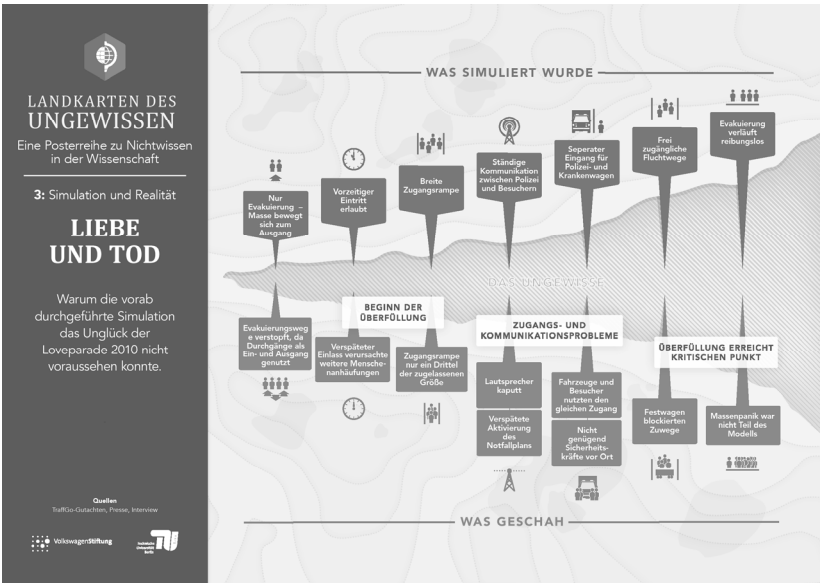



Abb. 4: Karte 4 – Liebe und Tod: Die Duisburger Loveparade[3]
Warum die vorab durchgeführte Simulation das Unglück der Loveparade 2010 in Duisburg nicht voraussehen konnte

Copyright: Hans-Liudger Dienel

**Thema:** Die Love Parade fand 2010 erstmals auf einem geschlossenen Gelände statt. Das Gelände, der ehemalige Duisburger Güterbahnhof, konnte für die Besucher nur mittels eines Straßentunnels erreicht werden. Auf der Rampe vor diesem Tunnel kam es noch während der Befüllung zu einer Stauung, in dessen Folge 21 Menschen starben. Um die Chance auf eine erfolgreiche Genehmigung zu erhöhen, gab der Veranstalter im Vorfeld eine Entfluchtungsanalyse in Auftrag. Sie sollte zeigen, dass sich das Gelände und besonders kritische Flächen in einer akzeptablen Zeit räumen lassen – und konnte dies auch tun, so dass die Genehmigung trotz Nicht-Einhaltung vorgeschriebener Ein- und Ausgangsbreiten erteilt wurde. Die Ersteller der Analyse gerieten direkt nach der Katastrophe unter massiven Rechtfertigungsdruck. Die Kritik nahm erst ab, als im weiteren Verlauf der Diskussion der genaue Kontext des Gutachtens publik wurde.

3 Vielen Dank an Dr. Hugo Klüpfel (TraffGo) für Informationen und Beratung zum Kartenthema.

**Inhalt:** Am Beispiel der Entfluchtungsanalyse zur Love Parade wird die prinzipielle Begrenztheit von Simulationen und ihre starke Abhängigkeit von den zugrunde gelegten Annahmen offenbar. Diese Grenzen werden innerhalb der Modellbildenden Wissenschaften in der Regel sehr offen kommuniziert (so auch in unserer Beispielstudie). Auf dem Weg in die Öffentlichkeit geht das „Wissen um das Nichtwissen" jedoch häufig verloren.

In diesem speziellen Fall lässt sich das besonders an der großen Diskrepanz zwischen den in der Simulation getroffenen Annahmen und der real stattgefunden Situation verdeutlichen. Dies war gleich doppelt ungeeignet, um das später stattfinde Unglück zu prognostizieren: (1) Sie beschränkte sich auf wenige Szenarien und setzte dabei den falschen Schwerpunkt (Evakuierung statt regulärer Be- und Entfüllung) und sie beinhaltete (2) Annahmen, die in der Realität nicht zutrafen (z.B. kontinuierliche Besucherstromsteuerung, frühes Öffnen des Geländes).

Diese Diskrepanz zwischen Eingabegrößen des Modells und Wirklichkeit und die sich daraus ergebende Kluft zwischen Prognose und Ereignis ist ein archetypisches und oft anzutreffendes Nichtwissensphänomen und wird in der Infografik als sich immer weiteres Auseinanderklaffen sinnbildlich gemacht.

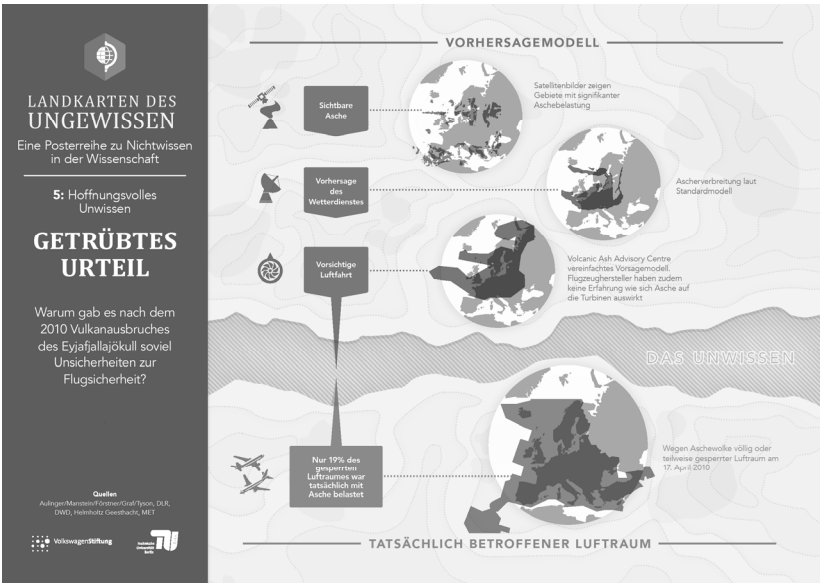



Abb. 5: Karte 5 – Der Ausbruch des Eyjafjallajökull und die Sperrung des Europäischen Luftraums[4]
Warum gab es nach dem Vulkanausbruch des Eyjafjallajökull 2010 soviel Unsicherheiten zur Flugsicherheit im Europäischen Luftraum?

Copyright: Hans-Liudger Dienel

**Thema:** Die Eruption des isländischen Vulkans Eyjafjallajökull im Frühjahr 2010 erzeugte eine Aschewolke, die zu den weitreichendsten europäischen Flugausfällen seit Ende des Zweiten Weltkriegs führte. Obwohl ein grundsätzliches Bewusstsein für das Sicherheitsrisiko „Vulkanasche & Luftfahrt" aufgrund vergangener Zwischenfälle vorhanden war, führte die Entscheidung weiträumiger Luftraumsperrungen zu heftiger Kritik durch Medien, Luftfahrtbetreiber und Branchenverbände. Das chaotisch und sprunghaft anmutende Krisenmanagement belastete jedoch auch das Vertrauen in die an der Risikoabschätzung beteiligten wissenschaftlichen Disziplinen.

4 Vielen Dank an Dr. Armin Aulinger (Helmholtz-Zentrum Geesthacht), Dr. Hermann Manstein (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt – DLR), Dr. Jochen Förstner (Deutscher Wetterdienst – DWD), Kaspar Graf (Deutscher Wetterdienst – DWD), Chris Tyson (Met Office) für Informationen und Beratung zum Kartenthema.

**Inhalt:** In der fünften Karte sind die Problematik des Wissenstransfers und der gesellschaftliche Umgang mit Ungewissheiten zentraler Inhalt. Das Wissen um die Ausbreitung vulkanischer Spurenstoffe war in den Fachdisziplinen (Messtechnik, Modellierung, Fernerkundung) bereits 2010 hoch entwickelt, doch die vorhandenen komplexen Informationen waren kaum auf die hoch standardisierten Kommunikationstechniken und Entscheidungsprozesse der Luftfahrtbranche übertragbar. Kontrollbehörden und Entscheidungsträger griffen stattdessen auf eine simplifizierte Form der Informationsgewinnung (und -kommunikation) zu Vulkanasche zurück, die lediglich grobe Polygone mit binärem Informationsgehalt vermittelten. So wurde aus den auf den Satellitenbildern erkennbaren kleinen Aschwolken eine Europaweite Luftsperrung.

Die Karte macht diese Zunahme an Nichtwissen von realen Daten bis hin zu groben Luftraumsperrungen durch die Überlagerung von (1) Echtzeit-Satellitenbild, (2) dem graphischen Output eines Dispersionsmodells, (3) der Daten der Volcanic Ash Advisory und (4) der Karte der Luftraumsperrungen anschaulich und prägnant.

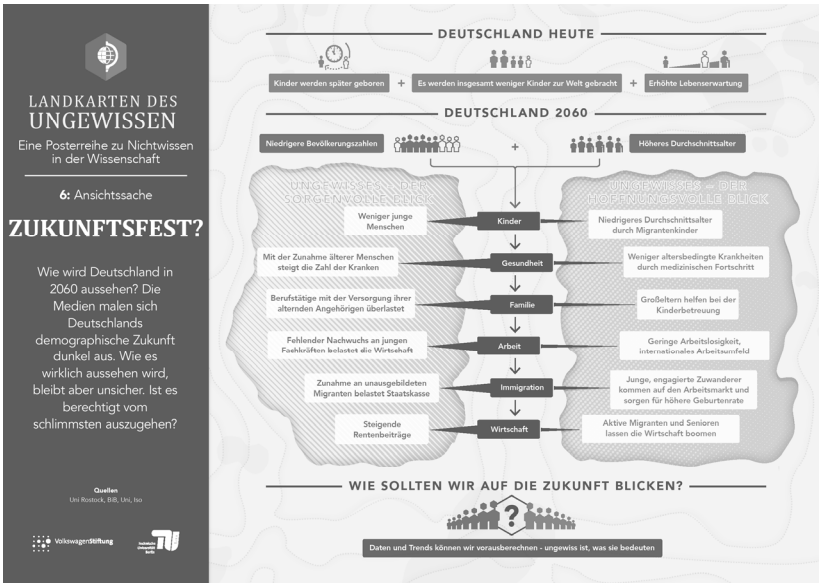



Abb. 6: Karte 6 – Der Demografische Wandel in Deutschland
Wie wird Deutschland in 2060 aussehen? Die Demografen malen Deutschlands Zukunft dunkel aus. Wie es wirklich aussehen wird, bleibt aber unsicher. Ist es berechtigt, vom Schlimmsten auszugehen?

Copyright: Hans-Liudger Dienel

**Das Beispiel:** Der Begriff Demografischer Wandel ist seit Jahren ein vielseitig diskutiertes Phänomen. Beinahe jede Wissenschaftsdisziplin beschäftigt sich in irgendeiner Weise damit, die Politik hat ihn auf verschiedenen Agenden stehen, für unternehmerische Probleme muss er einstehen, die Medien greifen ihn regelmäßig als Schwerpunktthema auf. Doch unterschiedliche Akteure haben verschiedene Interessen daran, was in den Augen der Bevölkerung zu „verwaschenen“ und nebulösen Diskussionen führt. Was ist der Demografische Wandel und welche Konsequenzen bringt er mit sich? In Anbetracht der relevanten Diskurse zu diesem Thema erscheint der Demografische Wandel weniger als ein Megatrend als eher ein Extremereignis mit Ankündigung.

**Das Thema:** Der Begriff des Demografischen Wandels meint vor allem die strukturelle und zahlenmäßige Veränderung der Zusammensetzung der Be-

völkerung. In Deutschland geht es dabei in erster Linie um eine sich ändernde Altersstruktur sowie Zu- und Wegzüge in und aus bestimmten Regionen innerhalb Deutschlands als auch dem Ausland. Prägend für den demografischen Wandel in Deutschland ist die Zunahme der Älteren (ab ca. 60 Jahren) im Gegensatz zu den unter 30-jährigen. Trotz einer höheren Sterberate als Geburtenrate hält dieses Phänomen an. Im Zuge der Weiterentwicklung und kontinuierlichen Verbesserung der Gesundheitsversorgung und anderen Lebensumständen steigt die Lebenserwartung stetig an.

Das mag sicher an den vielen Facetten und unterschiedlichen Akteursinteressen liegen. Regelmäßig ist der Begriff *Demografischer Wandel* in der Öffentlichkeit, als auch in Politik, Wissenschaft und Wirtschaft negativ konnotiert. Der demografische Wandel wird als Bedrohung und unbedingt aufzuhaltende Entwicklung angesehen.

Doch tatsächlich können über viele Folgen des demographischen Wandels noch gar keine Aussagen getroffen werden, denn bis zum heutigen Zeitpunkt gab es in der Menschheitsgeschichte eine Gesellschaft mit einem solchen demografischen Profil. Vielmehr sind die Wirkungen dieser Veränderungen auf die gesellschaftliche Wirklichkeit schlicht unbekannt und lassen auch alternative, positivere Deutungen zu. Diese nimmt die Karte 6 in den Blick und stellt sie am Beispiel der Themenfelder Kinder, Gesundheit, Familie; Arbeit, Migration Wirtschaft den üblichen Deutungen entgegen und schließt damit die Kartenserie über Katastrophen, Extremereignisse und Ungewisses mit einer positiven Note.

## 4 Rückblick auf die Arbeit an den Landkarten und Blick nach vorn

Bei der Arbeit an der Schnittstelle zwischen der Öffentlichkeit und ganz verschiedenen Fachdisziplinen, denen die Mitglieder der Forschungsgruppe selbst nicht unmittelbar entstammen, bleiben unerwartete Probleme, inhaltliche Abweichungen und organisatorische Hürden nicht aus, die das Projektteam zu einer Überarbeitung der ursprünglichen Planungen zwangen. Dabei erwiesen sich insbesondere zwei Aspekte als folgenschwer für den Ablauf des Projektes:

*Erstens* erwies sich der Aufwand für die Recherche als weit höher denn angenommen. Dies liegt darin begründet, dass in der Projektkonzeption die Erfassung der Themenfelder und Konzeption der Karteninhalte als partizipativer Prozess mit Experten geplant war, der eine geringere eigene Recherche vorsah. Allerdings stellte sich heraus, dass nicht nur für die Findung und Auswahl geeigneter Themen und für die inhaltliche Vorbereitung der Work-

shops und Interviews Vorstudien notwendig waren, sondern auch und gerade im Nachgang der Experteninputs noch aufwendige Recherchen und Abstimmungsarbeiten notwendig waren. Diese bestanden daraus, die von den Experten erarbeiteten Themen nachzurecherchieren sowie Zahlen- und Datenmaterial zu beschaffen und die Themen auszuarbeiten.

Darüber hinaus musste aus den in den Workshop erarbeiteten Themenfeldern des Nichtwissens eine Auswahl des Hauptthemas getroffen und dann in Hinsicht auf Visualisier- und Kommunizierbarkeit mit dem Grafikbüro abgestimmt werden. Daraus ergaben sich oft weitere notwendige Recherchen und Datenbeschaffungen, die nun wiederum für die Erstellung der Grafik für das gewünschte Themenfeld nötig waren. Dieses iterative Vorgehen bedeute unter anderem auch, dass ein Vielfaches an Beispielen für Nichtwissen und Ungewisses identifiziert, Themenfelder recherchiert und Datenmaterial zusammengetragen wurden, als später in den Grafiken Verwendung fand.

*Zweitens* stellte es sich dabei als besondere Herausforderung dar, dass das Projekt in Zusammenarbeit mit einem Londoner Grafikbüro (Information Is Beautiful) durchgeführt wurde. Diese Auswahl wurde aufgrund des innovativen Ansatzes schon im initialen Angebot und der besonderen Stellung, die das Studio und ihr Gründer im Bereich der Infografiken einnimmt getroffen und erwies sich hinsichtlich der Qualität der Grafiken und auch der inhaltlichen Inputs zur Zuspitzung als gut und richtig. Allerdings brachte dies auch aufwendigere Wege der Abstimmung mit sich. Dabei war die Sprachbarriere selbst das geringere Problem, sondern eher die damit verbundenen Verzögerungen, da sowohl Themen wie Workshopergebnisse und Konzeptpapiere erst übersetzt und dann die Grafiken wieder zurückübersetzt werden mussten. Diese Verzögerungen, gepaart damit, dass in einer solchen Interaktion bestimmte Nuancen verloren gingen, sorgten dafür, dass zwischen Themenfindung und Ausarbeitung sowie Finalisierung der Landkarten mehrere Monate lagen. Zuletzt machte die räumliche Entfernung eine niedrigschwellige Zusammenarbeit schwieriger und Arrangements wie die direkte Teilnahme der Grafiker an den Workshops nicht möglich. Nicht bedacht bei der Konzeption des Projektes war zudem, dass die angedachte schrittweise Erstellung und Veröffentlichung der Karten über den Projektzeitraum so nicht machbar war, da die Nichtwissensproblematik für ein konkretes Beispiel nicht im Vorhinein absehbar war, zugleich aber bestimmte Aspekte, Designs und Formelement der Grafiken sich erst in der Gesamtschau festlegen ließen. So konnte die Finalisierung der Karten nicht vor der Konzeptionierung aller Karten erfolgen. Das Zusammenspiel dieser

Faktoren führte aber auch dazu, dass das Projekt sowohl einen höheren Personalaufwand wie auch eine längere Laufzeit als ursprünglich angenommen erforderte – aber eben auch qualitativ sehr hochwertige Grafiken produzierte, die zudem zweisprachig in Englisch und Deutsch vorliegen.

**Herausforderung Format Infografik:** Eine zentrale Herausforderung des Projektes lag auch darin, die hohe Komplexität der Themen (die jeweiligen Extremereignisse) mit der angestrebten Einfachheit der Grafik zu verbinden. Dies lag vor allem darin begründet, dass jede Thematisierung und Darstellung der konkreten Nichtwissenssituation eine Erläuterung des Kontextes voraussetzt. So konkurrierte die Darstellung des Nichtwissensphänomens immer mit der des Extremereignisses selbst.

**Herausforderung Thema Extremereignis:** Auch wenn Extremereignisse sich wegen ihrer hohen Öffentlichkeitswirksamkeit auf den ersten Blick sehr gut für die Thematisierung von Nichtwissensphänomenen in der Wissenschaft eignen, so bringt diese Wahl doch auch Probleme mit sich. Dabei ist einerseits die oben schon erwähnte Notwendigkeit, das Ereignis selbst noch einmal darzustellen und zu erläutern, zu nennen. Darüber hinaus stellte sich bei den Recherchen bzw. in den Expertengesprächen oft heraus, dass die interessanteren Aspekte oft eher in den Konstellationen zu finden sind, die bestimmtes Nichtwissen bewusst erzeugen (Agnotology) bzw. im Umgang der Entscheidungsträger mit den wissenschaftlichen Aussagen liegen. Diese liefen allerdings dem Anspruch des Projektes (keine Schuldzuweisungen, Fokus auf Wissenschaft) entgegen.

Obgleich nicht von einem größeren, multidisziplinären Konsortium durchgeführt, war das Projekt *Landkarten des Ungewissen* schon von der Anlage her in höchstem Maße interdisziplinär. Dies spiegelt sich schon in den Themen der im Projekt erstellten Karten wider, die jeweils eine andere Disziplin in den Fokus nahmen und die Bereiche aus Meteorologie, Vulkanologie, Aviation, Wirtschaftswissenschaften, Politologie, Länderkunde und Demografie berührten und zum Thema hatten. Dies erfordert auch eine hohe interdisziplinäre Zusammenarbeit im Projektteam selbst als auch mit Vielzahl externer Experten und Partner ohne die das Projekt nicht durchzuführen gewesen wäre. Man könnte die Informationsgewinnung aus und zwischen den Disziplinen sogar als eine der definierenden Eigenschaften von LdU ansehen. Auffallend ist das durchweg positive Feedback – von allen angesprochenen Wissenschaftlern und unabhängig von der fachlichen Herkunft – zu Idee und Grundprämissen des Projektes. Die Thematisierung eigener Ungewissheit und Nichtwissens ist offenbar selbst ein interdisziplinäres Problem.

Die Ansätze, Erkenntnisse und Ergebnisse des Projektes haben eine hohe Anschlussfähigkeit, wie sich schon in den ausgesprochen positiven Reaktionen der befragten/teilnehmenden Experten während des Projektes zeigte. Die Notwendigkeit, die Grenzen des eigenen Wissens und Nicht-Expertenseins zu kommunizieren, besteht über alle Wissenschaften hinweg und hat gerade in sensiblen Bereichen auch eine kritische Bedeutung.

Das Projekt *Landkarten des Ungewissen* dient der Kommunikation aus der Forschung und Wissenschaft in die Öffentlichkeit. Die Aufklärung/Information der Bevölkerung über Grenzen und Ungewissheiten in den Wissenschaften dient letztlich der transparenten Darlegung wissenschaftlicher und methodischer Grenzen und trägt somit zur Legitimierung der Wissenschaft bei. Die Verknüpfung mit Extremereignissen aus der jüngeren Vergangenheit soll das Interesse aller wecken. Extremereignisse aus jüngerer Vergangenheit sind in den Köpfen der Bevölkerung noch frisch und ein Bezug und Interesse ist leicht herzustellen. Bei der Auswahl der Themen wurde darauf geachtet, für verschiedene Aspekte exemplarisch ein Thema aufzugreifen, welches beispielhaft für ein bestimmtes Problem steht.

## Literatur

Banse, Gerhard (2014): Unsicherheit und Ungewissheit als Normalität. Einige Gedanken nach dem nochmaligen Lesen von Günter Ropohls „Das Risiko im Prinzip Verantwortung“ (1994). In: Karafyllis, N. C. (Hg.): Das Leben führen? Lebensführung zwischen Technikphilosophie und Lebensphilosophie – Für Günter Ropohl zum 75. Geburtstag. Berlin, S. 221–237

Bastow, Simon; Patrick Dunleavy; Jane Tinkler (2014): The impact of the social sciences: how academics and their research make a difference. London

Bateman, Scott; Mandryk, Regan L.; Gutwin, Carl; Genest, Aaron; McDine, David; Brooks, Christopher (2010): Useful junk?: the effects of visual embellishment on comprehension and memorability of charts. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, S. 2573–2582 – DOI:10.1145/1753326.1753716

Beck, Ulrich (1992): Risk society: Towards a new modernity. London

Borkin, Michelle A.; Vo, Azalea A., Bylinskii, Zoya; Isola, Phillip; Sunkavalli, Shashank; Olivia, Aude; Pfister, Hanspeter (2013): What Makes a Visualization Memorable? IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics

Böschen, Stefan, Kastenhofer, Karen; Rust, Ina; Söntgen, Jens; Wehling, Peter (2008): Entscheidungen unter Bedingungen pluraler Nichtwissenskulturen. In: Mayntz, Renate; Neidhardt, Friedhelm; Weingart, Peter; Wengenroth, Ulrich (Hg.): Wissensproduktion und Wissenstransfer. Wissen im Spannungsfeld von Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit. Bielefeld, S. 197–220

Böschen, Stefan; Kastenhofer, Karen; Rust, Ina; Söntgen, Jens; Wehling, Peter (2010): Scientific Nonknowledge and Its Political Dynamics: The Cases of Agri-Biotechnology and Mobile Phoning. In: Science, Technology & Human Values, 35 (6), S. 783–811 – DOI:10.1177/0162243909357911

Böschen, Stefan; Kastenhofer, Luitgard Marschall, Karen; Rust, Ina; Söntgen, Jens; Wehling, Peter (2006): Scientific cultures of non-knowledge in the controversy over genetically modified organisms (GMO). In: The Cases of Molecular Biology and Ecology, 15 (4), S. 294–301

Brecht, Berthold (2004): Geschichten vom Herrn Keuner – Zürcher Fassung. Frankfurt/M.

Christensen, Jon (2008): Smoking out objectivity: journalistic gears in the agnogenesis machine. In: Proctor, Robert N.; Schiebinger, Londa (eds.): Agnotology: The making and unmaking of ignorance. Stanford, S. 266–282

Corbett, Julia B.; Durfee, Jessica L. (2004): Testing public (un)certainty of science media representations of global warming. In: Science Communication, 26 (2), S. 129–151 – DOI:10.1177/1075547004270234

De Marchi, Giada; Lucertini, Guilia; Tsoukiàs, Alexis (2016): From evidence-based policy making to policy analytics. In: Ann Oper Res, 236 (1), S. 15–38 – DOI:10.1007/s10479-014-1578-6

Dienel, Hans-Liudger; Meister, Martin (2006): Technik und Öffentlichkeit. Gemeinsame Jahrestagung der Gesellschaft für Technikgeschichte und der Gesellschaft für Wissenschafts- und Technikforschung. In: Technikgeschichte, 73, S. 121–130

Dienel, Hans-Liudger (2006): Schreiben, Zeichnen, Erinnern. Persönliches Wissensmanagement im Ingenieurberuf seit 1850. In: Rammert, Werner; Schubert, Cornelius (Hg.): Technografie. Zur Mikrosoziologie der Technik. Frankfurt/M. u.a.O., S. 397–425

Dienel, Hans-Liudger (2007): Anmerkungen zu einer Verfahrenswissenschaft für Realexperimente. In: Erwägen, Wissen, Ethik, 18, S. 363–366

Dienel, Hans-Liudger; Dierkes, Meinolf; Karlstetter, Elisabeth; Legewie, Heiner (2003): Von der Holschuld zur Bringschuld. Forschungswissen verfügbar machen durch das Forschungs-Informations-System Verkehr, Städtebau, Raumordnung und Wohnungswesen (FIS). In: Forum Qualitative Sozialforschung, 4 (Online Journal – http://qualitative-research.net/fqs-texte/1-03/1-03dieneletal-d.htm)

Dienel, Hans-Liudger; Sharan, Yair; Rapp, Christian; Ahituv, Niv (Hg.) (2010): Terrorism and the Internet. Threats, Target Groups, Deradicalisation Strategies. Amsterdam u.a.O.

Harrison, Lane; Reinecke, Katharina; Chang, Remco (2015) Infographic aesthetics: Designing for the first impression. Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, S. 1187–1190 – DOI:10.1145/2702123.2702545

Hyder, Adnan A., Corluka, Adriana; Winch, Peter J. El-Shinnawy, Azza Harith; Hossein, Ghassany; Malekafzali; Lim, Meng-Kin; Mfutso-Bengo, Joseph; Segura, Elsa; Ghaffar, Abdul (2011): National policy-makers speak out: are researchers giving them what they need? In: Health Policy and Planning, 26 (1), S. 73–82 – DOI: 10.1093/heapol/czq020

Jensen, Jakob D. (2008): Scientific uncertainty in news coverage of cancer research: Effects of hedging on scientists and journalists credibility. In: Human communication research, 34 (3), S. 347–369 – DOI: 10.1111/j.1468-2958.2008.00324.x

Knorr-Cetina, Karin (1999) Epistemic cultures: How the sciences make knowledge. Cambridge

Lehmkuhl, Markus; Peters, Hans Peter (2016): Constructing (un-)certainty: An exploration of journalistic decision-making in the reporting of neuroscience. Public Understanding of Science, published online before print April 28, 2016 – DOI: 10.1177/0963662516646047

Majcen, Špela (2016): Evidence based policy making in the European Union: the role of the scientific community. In: Environmental Science and Pollution Research international, http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11356-016-6247-7, S. 1–3 – DOI: 10.1007/s11356-016-6247-7

Merton, Robert. K. (1987): Three Fragments from a Sociologists Notebooks: Establishing the Phenomenon, Specified Ignorance Strategic Research Materials. In: Annual Review of Sociology, 13, S. 1–29

Oreskes, Naomi; Conway, Erik M.; Shindell, Matthew (2008): From Chicken Little to Dr. Pangloss: William Nierenberg, Global Warming und the Social Deconstruction of Scientific Knowledge. In: Historical Studies in the Natural Sciences, 38 (1), S. 109–152

Parascandola, Michael (2000): Health in the news: What happens when researchers and journalists collide. In: Research Practitioner, 1, S. 1–29

Pollack, Henry (2003): Uncertain Science ... Uncertain World. Cambridge

Poulos, Roslyn G.; Zwi, Anthony B. (2005): Letter to the Editor. Evidence-based policy making? In: Medical Journal of Australia, 182 (8), S. 429

Proctor, Robert N. (1995): Cancer Wars: How Politics Shapes What We Know and Don't Know about Cancer. New York

Proctor, Robert N. (2008) Agnotology: A missing term to describe the cultural production of ignorance (and its study). In: Proctor, Robert N.; Schiebinger, Londa (eds.): Agnotology. The making and unmaking of ignorance. Stanford, S. 1–33

Ravetz, Jerome R. (1987): Usable knowledge, usable ignorance: incomplete implications. In: Clark, William C.; Munn, Ralph E. (eds.): Sustainable development of the biosphere. Cambridge, S. 415–32

Schön, Susanne; Kruse, Sylvia; Meister, Martin; Nolting, Benjamin; Ohlhorst, Dorte (2007): Handbuch Konstellationsanalyse. Ein interdisziplinäres Brückenkonzept für die Nachhaltigkeits-, Technik- und Innovationsforschung. München

Simmerling, Anne; Nina Janich (2015): Rhetorical functions of a language ofuncertainty in the mass media. Public Understanding of Science, published online before print October 4, 2015 – DOI:10.1177/0963662515606681

Singer, Eleanor; Endreny, Phyllis M. (1994): Reporting on Risk. How the Mass Media Portray Accidents, Diseases, Disasters and Other Hazards. In: RISK: Issues in Health & Safetey, 5, S. 261–270

Smiciklas, Mark (2012): The Power of Infographics: Using Pictures to Communicate and Connect with Your Audience. Indianapolis

Smithson, Michael (1985): Toward a social theory of ignorance. In: Journal for the Theory of Social Behaviour, 15 (2), S. 151–72 – DOI:10.1111/j.1468-5914.1985.tb00049.x

Smithson, Michael (1989): Ignorance and uncertainty: Emerging paradigms. New York u.a.O.

Stilgoe, Jack (2007): The (co-)production of public uncertainty: UK scientific advice on mobile phone health risks. In: Public Understanding of Science, 16 (1), S. 45–61 – DOI: 10.1177/0963662506059262

Stocking, S. Holly; Holstein, Lisa W. (2008): Manufacturing doubt: journalists roles and the construction of ignorance in a scientific controversy. In: Public Understanding of Science, 18 (1), S. 23–42 – DOI:10.1177/0963662507079373

Tufte, Edward (1983): The Visual Display of Quantitative Information. Cheshire/Connecticut

Tufte, Edward (2001): The Visual Display of Quantitative Information (2nd ed.). Cheshire/ Connecticut

Wehling, Peter (2006): Im Schatten des Wissens? Perspektiven der Soziologie des Nichtwissens. Konstanz

Wehling, Peter (2009): Nichtwissen: Bestimmungen, Abgrenzungen, Bewertungen. In: Erwägen – Wissen – Ethik, 20 (1), S. 95–106

Wehling, Peter (2015): Vom Nutzen des Nichtwissens: Sozial- und kulturwissenschaftliche Perspektiven. Bielefeld

Wehling, Peter; Böschen, Stefan (2015): Nichtwissenskulturen und Nichtwissensdiskurse. Über den Umgang mit Nichtwissen in Wissenschaft und Öffentlichkeit. Baden-Baden

Wilson, Kris M. (2000): Drought, debate, and uncertainty: Measuring reporters knowledge and ignorance about climate change. In: Public Understanding of Science, 9 (1), S. 1–13 – DOI:10.1088/0963-6625/9/1/301

Zehr, Stephen C. (2000): Public representations of scientific uncertainty about global climate change. In: Public Understanding of Science 9 (2), S. 85–103 – DOI:10.1088/0963-6625/ 9/2/301.

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *131 (2017), 189–207*

Horst Kant

# Die Entdeckung der nuklearen Energie – Einige wissenschaftshistorische Betrachtungen*

**Abstract**

Die Entdeckung der Radioaktivität 1896 führte dazu, sich mit Aufbau und Eigenschaften der Atome intensiver zu befassen. Das Jahr 1932 wurde zu einem Schlüsseljahr in der Entwicklung der Kernphysik und die Frage der Umwandlung von Atomkernen rückte ins Blickfeld der Forschung. Zwar wurde von führenden Physikern die Möglichkeit der Energiegewinnung aus dem Atomkern noch verneint, doch kamen beide Möglichkeiten nuklearer Energiegewinnung Ende der 1930er Jahre schlagartig ins Blickfeld: 1937/38 wurde die Kernfusion als Quelle der Sternenergie erkannt, Ende 1938 entdeckten Hahn/Straßmann bei ihren radiochemischen Untersuchungen die Kernspaltung, deren physikalische Erklärung Meitner/Frisch kurz darauf lieferten. Die damalige politische Weltsituation führte dazu, dass beide Energiegewinnungs-Prozesse zuerst in Waffensystemen umgesetzt wurden. In der öffentlichen Diskussion stehen heute vor allem die Gefahren der Kernenergie im Vordergrund – ein Untersuchungsbereich auch für Technikfolgenabschätzung.

Seit Anfang des 20. Jahrhunderts beschäftigte man sich mit dem Aufbau der Atome und den Eigenschaften ihrer Bausteine. Die ersten Atommodelle entstanden um 1910. Das Jahr 1932 wurde zu einem Schlüsseljahr in der Entwicklung der Kernphysik und die Frage der Umwandlung von Atomkernen rückte ins Blickfeld der Forschung. Damit rückte auch die Frage nach der Nutzung der Kernenergie in den Fokus und man sah eine Chance, dass Energie in Zukunft in nahezu unbegrenzter Menge zum Nutzen der Gesellschaft zur Verfügung stehen könnte. Zwar hat Kernenergie – zumindest die Kernspaltungsenergie und zumindest in Deutschland – gegenwärtig aus verschiedenen Gründen keine gesellschaftliche Akzeptanz mehr, aber gerade deshalb erscheint es nützlich, einen Blick in die Geschichte der Entdeckung der nuklearen Energie zu werfen. Dabei macht man sich oft gar nicht mehr klar, dass die Physiker seinerzeit eigentlich gar nicht auf der Suche nach einer

* Gekürzte Fassung eines Vortrages vor der Klasse Natur- und Technikwissenschaften der Leibniz-Sozietät am 11. Juni 2015.

praktisch nutzbaren Energiequelle auf der Grundlage von Atomkernumwandlungen waren.

Zunächst ein stichwortartiger Überblick zur Vorgeschichte. Sie begann 1896 mit der Entdeckung der Radioaktivität durch Antoine-Henri Becquerel in Paris – kurz nach der Entdeckung der X-Strahlen durch Wilhelm Conrad Röntgen in Würzburg – als er die Phosphoreszenz von Uransalzen näher untersuchte. Die Radioaktivität entsprach keiner bekannten erregenden Ursache und stellte deshalb „eine ganz außergewöhnliche physikalische Erscheinung" dar (Curie 1904, S. 5). Zwar stand das Interesse an der Radioaktivität anfangs etwas im Schatten der Röntgenstrahlen, aber nachdem Marie Curie 1897/98 zunächst fand, dass auch Thorium diese Strahlung aussendet und kurz darauf mit Polonium und Radium zwei bisher unbekannte Elemente entdeckte, die diese Eigenschaft ebenfalls zeigten, wuchs das Interesse daran. Der gebürtige Neuseeländer Ernest Rutherford entdeckte 1899 in Montreal, dass die radioaktive Strahlung aus unterschiedlichen Anteilen besteht und arbeitete seit 1900 insbesondere mit Frederick Soddy an einer Theorie der Radioaktivität (vgl. zur Frühgeschichte der Radioaktivität u.a. Kant 1996a, b).

Nachdem Joseph J. Thomson, der Entdecker des Elektrons, bereits 1904 einen Vorschlag für ein Atommodell gemacht hatte, in dem negative Elektronen in einer diffusen Sphäre positiver Ladung verteilt waren wie Rosinen in einem Kuchen, stellte Rutherford (nunmehr in Manchester) 1911 ein erstes brauchbares Atommodell auf, das Niels Bohr zwei Jahre später mit Hilfe quantentheoretischer Überlegungen so weiterentwickeln konnte, dass es nach dem damaligen physikalischen Verständnis auch halbwegs funktionierte. In diesem Modell gab es einen Atomkern und um ihn herum bewegten sich Elektronen auf kreisförmigen bzw. ellipsenförmigen Bahnen ähnlich den Planetenbahnen. Über eine mögliche Strukturierung des Atomkerns hatte man noch keine plausiblen Vorstellungen.

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).[1] Für die Kernumwandlungs-Experimente wurde es

1 1925 konnte der Rutherford-Schüler Patrick S. Blackett diesen Vorgang auch mit Hilfe einer Wilson'schen Nebelkammer visualisieren und damit experimentell verifizieren.

nun notwendig, hochenergetische Elementarteilchen, insbesondere Protonen und Elektronen, zu verwenden (Rutherford hatte für seine Experimente noch natürliche $\alpha$-Strahler benutzt), und so regte Rutherford die Entwicklung von elektrischen Beschleunigungsanlagen an, was dann Anfang der 1930er Jahre gelang.[2]

Wissenschaftlich ergaben sich auf dem Gebiet der Radioaktivität um das Jahr 1932 – man spricht auch vom „annus mirabilis der Kernphysik" – einschneidende Veränderungen: zahlreiche Entdeckungen (u.a. die Elementarteilchen Neutron und Positron) und technische Entwicklungen (u.a. Zyklotron) führten dazu, dass sich aus diesem Forschungsgebiet die Kernphysik heraus entwickelte, die viele neue und interessante Forschungsfragen aufwarf. Insbesondere die Entdeckung des Neutrons hatte zu einer neuen Vorstellung vom Atomkern geführt; Werner Heisenberg in Leipzig und Dmitrij Ivanenko in Moskau hatten unabhängig voneinander ein Proton-Neutron-Konzept des Atomkerns entwickelt und ebenfalls noch 1932 publiziert.

Wie das bisher Dargestellte zeigt, ging es bei den radioaktiven Forschungen der ersten Dezennien vorwiegend um die Suche nach den Bausteinen der Materie – also im wahrsten Sinne des Goetheschen Faust-Anspruches „zu erkennen, was die Welt im Innersten zusammenhält". (Goethe, Faust I, Zeile 382–383). Dabei kamen auch die energetischen Beziehungen, soweit sie für den Zusammenhalt der verschiedenen Bausteine von Bedeutung sind, in Diskussion. Man erkannte, dass bezogen auf die beteiligten Stoffmengen enorme Energiemengen umgesetzt werden, mehrere Größenordnungen über den Reaktionswärmen chemischer Reaktionen. Aber es ging zunächst nicht vordergründig um die Gewinnung von Energie aus den Atomreaktionen.

Der Begriff „Atomenergie" geht auf die verdienstvollen Gymnasiallehrer Julius Elster und Hans Geitel zurück. In einem Vortrag am 19. Januar 1899 vor dem Verein für Naturwissenschaften in Braunschweig unter dem Titel „Bemühungen, die Energiequelle der Becquerelstrahlen zu finden" schlussfolgerten sie:

> „[...] 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." (Elster/Geitel 1899, S. 88; vgl. auch Fricke/Rudolph 1992, S. 116)

---

2 Da dieser Einführungsteil im Wesentlichen Lehrbuchwissen zusammenfasst, ist er hier nicht detailliert quellenmäßig belegt. Hingewiesen sei aber auf einen sehr lesenswerten Vortrag von 1946, der dieses Wissen aus persönlicher Sicht anregend zusammenfasst: Szilard, Leo: Creative Intelligenceand Society: The Case of Atomic Research, The Background in Fundamental Science.

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. Auch gab es erste Überlegungen zur Nutzung der Kernenergie schon relativ frühzeitig, doch wurden sie von der Mehrheit der Forschergemeinschaft nicht wirklich ernst genommen.

Der Rutherford-Schüler Frederick Soddy hielt im Jahre 1908 eine öffentliche Reihe von Experimentalvorlesungen, die unter dem Titel „Die Natur des Radiums" erschien (vgl. Soddy, 1909: The interpretation of radium; Soddy 2002: Die Natur des Radiums).

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.

Hinzuweisen ist an dieser Stelle auch auf Albert Einstein und seine 1905 formulierte Beziehung zwischen Masse und Energie im Rahmen seiner Speziellen Relativitätstheorie. Er leitete diese Beziehung für die elektromagnetische Strahlung her, schlussfolgerte aber, dass sie auch für alle anderen Formen von Energieumsätzen gelten müsse. Allerdings spielte diese Beziehung in den ersten Überlegungen zur Atomenergie noch keine Rolle. Erst in den 1920er Jahren gewann diese Beziehung in atomphysikalischen Überlegungen Relevanz (Massendefekt) und konnte erst 1932 experimentell bestätigt werden.

Die Darstellung Soddys regte den bekannten britischen utopischen Schriftsteller H. G. Wells zu seinem – zumindest 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" (Wells 1985, S. 7). 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" (ebd. S. 18). Wells verstand Menschheitsgeschichte hier als Energiegeschichte. Im Weiteren lässt er Soddy[3] 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. [...]"

3 Soddy entspricht die Romanfigur *Rufus*.

Wells lässt seinen Vortragenden eine Flasche mit Uranoxyd zeigen und fährt fort:

> „Und in dieser Flasche [...] schlummert fast ebenso viel 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. [...]“ (Ebd. S. 29f.)

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![4]

Francis W. Astonwar der nächste bedeutende Wissenschaftler, der die Möglichkeit einer Nutzung der Atomenergie ernst nahm. 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 [...].“ (Aston 1922, S. 20)

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 im Oktober 1933 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.“ (Zit. nach Eve 1939, S. 374)

---

4 Die englische Ausgabe enthält die Widmung – in der deutschen Fassung ist sie leider entfallen –: „To Frederick Soddy's ‚Interpretation of Radium'. This Story, which owes long passages to the eleventh chapter of that book, acknowledges and inscribes itself“.

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“ (zit. nach Szilard [Wikipedia]; auch Jenkin 2011).

Auch andere bedeutende Wissenschaftler wie Einstein oder Bohr waren dieser Meinung. Hier sei nur noch der bedeutende kroatisch-amerikanische Erfinder Nikola Tesla 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 (zit. nach http://www.nur-zitate.com/autor/Nikola_Tesla; auch Cheney 2005, S. 258f.).

Und Pjotr L. Kapiza 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 (vgl. Kapiza 1940).

Doch ein junger Physiker, der Ungar Leo Szilard, der 1921 aus Ungarn nach Deutschland emigriert war und dieses Land nun bei Machtübernahme der Nazis in Richtung England verließ und gerade H. G. Wells’ Roman gelesen hatte, las über diese Äußerung Rutherfords in der *Times* und fand die Sache gar nicht abwegig. Szilard entwickelte daraufhin die Idee der atomaren Kettenreaktion (die Wells in seiner Fiktion noch nicht haben konnte) (vgl. Szilard 1972, S. 183) und ließ sie sich ein Jahr später sogar in einem Geheimpatent der britischen Marine patentieren. Doch welche Elemente für einen solchen Prozess geeignet sein könnten, konnte auch Szilard noch nicht angeben.

Soviel zu den Visionen oder Fiktionen der Atomenergie, die es in den ersten Dezennien des 20. Jahrhunderts durchaus gab (vgl. auch Strub 2005). Aber, wie gesagt, die meisten „ernst zu nehmenden“ 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.[5]

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

5 Diese Aspekte können hier nicht vertieft werden; verwiesen sei lediglich aus der deutschsprachigen Literatur beispielsweise auf Hans Dominik und seinen Roman „Der Brand der Cheopspyramide“ (1925/26).

Leipzig. Weizsäcker promovierte im Sommer 1933 mit einer kernphysikalischen Arbeit in Leipzig, wo Heisenberg seit 1927 Physikordinarius war. 1936 habilitierte er sich dort mit einer Arbeit über Kernkräfte. Anschließend ging Weizsäcker nach Berlin an das neugegründete Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik, das unter der Leitung des ebenfalls zuvor in Leipzig wirkenden niederländischen Physikers Peter Debye stand. Da sich das KWI für Physik noch im Aufbau befand und erst im Frühjahr 1937 seine Arbeit 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 vertreten sollte (vgl. u.a. Kant 2002). Delbrück war damals sogenannter „Haustheoretiker" bei Lise Meitner und Otto Hahn, interessierte sich aber bereits mehr für die Biochemie. – Im Herbst 1936 erschien Weizsäckers Monographie zur Kernphysik „Die Atomkerne – Grundlagen und Anwendungen ihrer Theorie", die die neuesten Erkenntnisse der letzten Jahre zu bündeln versuchte.

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 (Delbrück 1937, S. 388).

Bemerkenswert für unsere Betrachtungen hier ist die Abbildung auf Seite 51, denn sie zeigt die Größe der Packungsanteile E / N+Z in Abhängigkeit von der Teilchenzahl (siehe Abb. 1).[6]

Aus der Kurve folgt, dass im Gebiet der leichten Kerne Nutzenergie durch Kernverschmelzung (Kernfusion) gewonnen werden kann, im Gebiet der schweren Kerne dagegen durch 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.[7]

---

6 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).

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

12. Quantitative Fassung des Tröpfchenmodells 51

Um durch (12.7) den Verlauf der Energiefläche möglichst gut darzustellen, fordert man etwa, daß $E$ für drei Kerne ($^{16}_{8}O$, $^{100}_{42}Mo$, $^{200}_{80}Hg$ den empirischen Wert haben solle, und außerdem, daß $\left(\frac{\partial E}{\partial (Z-N)}\right)_{Z+N}$, d. h. die beim $\beta$-Zerfall freiwerdende Energie an zwei Stellen (Mo und Hg) für die empirisch gegebene Stelle der Talsohle verschwinden solle. Es ergeben sich die Parameterwerte

$$\alpha = 2{,}886, \quad \beta = 16{,}02, \quad \gamma = 0{,}733, \quad \delta = 1{,}499, \quad r_0 = 0{,}51. \qquad (12.11)$$

Den Vergleich der aus (12.7) mit (12.11) folgenden Packungsanteile mit den beobachteten zeigt Fig. 9. In Fig. 10 ist ferner der aus dieser Formel folgende Verlauf der Talsohle eingetragen. Der mittlere Verlauf scheint befriedigend dargestellt, während natürlich die Schwankungen ohne Einführung einer Schalenvorstellung nicht wiedergegeben werden können. Für die Zerfallsenergien der $\alpha$-Strahler ergeben sich Werte zwischen 1 und 4 Mill. Volt, also erheblich weniger als die beobachteten Werte

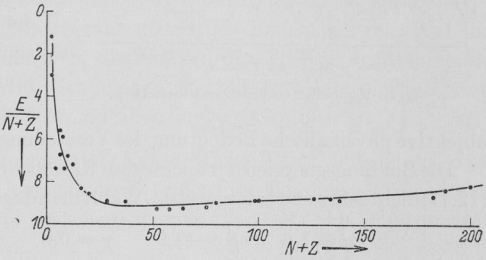



Fig. 9. Packungsanteile als Funktion der Teilchenzahl (Punkte experimentell, Kurve theoretisch).

Abb. 1: Größe der Packungsanteile in Abhängigkeit von der Teilchenzahl

Aus: Weizsäcker 1937, S. 51

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“.[8] Weizsäcker publizierte seine Überlegungen in der *Physikalischen Zeitschrift* und trug sie 1938 auch vor der Berliner Physikalischen Gesellschaft vor (Weizsäcker 1937, 1938).

8 Zu der Zeit hatte Weizsäcker auch 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.

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 vor, dass die Grundreaktion die Fusion von zwei Wasserstoffprotonen – also zwei Wasserstoffkernen – sein könnte:

$$H^1 + H^1 \rightarrow D^2 + e^+ + \nu$$

Dabei entsteht zwar nur wenig Energie, aber das Deuteron setzt eine Art Kettenreaktion in Gang, denn das schwere Wasserstoffisotop kann als Neutronenquelle dienen:

$$_1D^2 + {}_1D^2 \rightarrow {}_2He^3 + {}_0n^1 + \varepsilon$$

Schlussendlich entsteht aus Wasserstoff Helium unter Freisetzung großer Energiemengen.[9] 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.[10]

Ein anderer Wissenschaftler, der in diesem Zusammenhang zu nennen ist, ist Hans Bethe. 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 Machtergreifung durch die Nationalsozialisten, da seine Mutter jüdischer Abstammung war. 1935 bekam er eine Stelle an der Cornell-University in den USA.[11]

Auch Bethe kam eher zufällig zur Beschäftigung mit Problemen der Kernfusion. Der Ungar Edward Teller und der Russe George Gamow, 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.[12] Ziel der 4. Konferenz im März 1938 war es, möglichst viele Physiker mit den aktuellen astrophysikalischen Problemen vertraut zu machen, damit sie vielleicht etwas dazu beitragen könnten (vgl. dazu u.a. Bethe 1989, insbes. S. 13).

Zunächst hatte Bethe mit Charles Critchfield, einem Schüler von Gamow und Teller, unter Bezug auf Weizsäckers Artikel von 1937 die einfache Fu-

---

9 $H_1$ = Wasserstoffkern (= Proton), D = Deuteron (schwerer Wasserstoff), $_2He^3$ = Heliumisotop. $e^+$ = Positron, $\nu$ = Neutrino., $_0n^1$ = Neutron, $\varepsilon$ = Energiebetrag.

10 Auf weitere Details kann hier nicht eingegangen werden.

11 Bethe erhielt dort 1937 eine Professur, wurde 1941 US-Bürger und war am Manhattan-Projekt beteiligt, u.a. als Leiter der Abteilung für theoretische Physik.

12 Zufällig waren Bethe und Teller bei der Überfahrt nach USA auf dem gleichen Schiff gewesen (vgl. Hargittai 2010, S. 103).

sionsreaktion zwischen zwei Wasserstoffkernen durchgerechnet (vgl. Bethe/ Critchfield 1938). 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 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 Einstein'schen 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 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 (vgl. dazu Schaaf 2014).

Die Entdeckungen aus dem *annus mirabilis* 1932 waren dem jungen italienischen Physiker Enrico Fermi Anstoß gewesen, seiner gerade konstituierten Forschungsgruppe in Rom eine interessante Aufgabe zu stellen. Fermi hatte schnell erkannt, dass sich das von Chadwick 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 und Frédéric Joliot-Curie (vgl. dazu u.a. De Gregorio 2005). In den folgenden Jahren zeigte Fermis Gruppe, dass sich fast alle Elemente durch Beschießen mit Neutronen in radioaktive Elemente um-

wandeln 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, wobei ein β-Teilchen emittiert wird, und die Ordnungszahl des Elementes steigt um eine Einheit (vgl. Kant 2007).

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 zwangen Hahn und Meitner ab 1934 wieder zu einer engeren direkten Zusammenarbeit. 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 (vgl. Kant 2012).

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 (vgl. Hahn et al. 1937; Meitner et al. 1937). Die bei der Bestrahlung des Urans – und anderer Elemente – mit Neutronen entstehenden Reaktionsprodukte musste man zunächst chemisch abtrennen, um dann auf physikalischem Wege ihre Radioaktivität zu bestimmen. Da es sich um kleinste – nahezu „unwägbare“ 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;[13] 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.[14]

Dass tatsächlich Barium entstanden sein könnte, wie einige Analyseergebnisse nahelegten, lag damals außerhalb jeder sinnvoll annehmbaren Vermutung. Zwar hatte die Chemikerin Ida Noddack 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 aus den aufgestellten Theorien über den Kern, dass zwar Kernumwandlungen in benachbarte Elemente möglich seien, nicht aber ein „Zerplatzen" des Kernes.[15]

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 Analysemethode, 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. 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. Meitner schrieb sofort zurück, stellte Fragen und gab Hinweise. Mehrere Briefe gingen so hin und her.

---

13 Barium ist ein sogenanntes Homolog des Radiums, d.h. es steht im Periodensystem in der 2. Hauptgruppe unterhalb des Radiums.

14 Uran wurde damals in die 6. Nebengruppe der 7. Periode eingeordnet, heute findet es sich an 3. Stelle in der Aktinidenreihe.

15 Als wie abwegig Ida Noddacks Publikation seinerzeit von den Physikern aufgenommen worden war, zeigt eine Erinnerung Emilio Segres aus der Fermi-Gruppe (Segrè 1993, S. 91). – Auch Lise Meitner sah die Überlegungen Noddacks sehr kritisch (vgl. Krafft 1981, S. 318).

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 phantastische Erklärung vorschlagen. Wir wissen dabei selbst, dass es [das Uran – H. K.] eigentlich nicht in Ba zerplatzen kann." (Zit. nach Krafft 1981, S. 263f.)

Das war die berühmte 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, 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 Tröpfchenmodells[16] 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 dreißiger 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* (vgl. Meitner/Frisch 1939, S. 239f.).[17]

---

16 Zunächst von Gamow eingeführt, von anderen weiterentwickelt. Auch Weizsäckers Ausführungen in seinem Buch von 1936 beruhen darauf.

17 Frisch hatte nach seiner Rückkehr nach Kopenhagen die Kernspaltung nun auch physikalisch experimentell nachweisen können: wenn man von der Tatsache der Spaltung ausgeht

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, seit 1937 als Nachfolger von Delbrück der neue „Haustheoretiker" am KWI für Chemie, gemeinsam mit Meitners langjährigem Assistenten Gottfried von Droste, deren entsprechender Aufsatz am 22. Januar eingereicht wurde (erschienen Anfang März), also nur eine Woche nach Meitner/Frisch.[18] 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".[19]

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, informierte Bohr über die neuesten Erkenntnisse (vgl. Frisch 1979, S. 116; Röseberg 1985, S. 215). 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 unter dem Siegel der Verschwiegenheit die Neuigkeit mit, und wie das mit solchen vertraulichen Mitteilungen läuft, so verbreitete sich auch diese wie ein Lauffeuer.[20] So überraschend und unerwartet die Entdeckung gewesen war, nachdem sie bekannt geworden war, war jedem auf dem Gebiet der Atomforschung Täti-

---

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.

18 In Wien waren es Josef Schintlmeister und Werner Czulius, die im Jan/Febr. entsprechende Überlegungen anstellten und diese am 23. Februar 1939 der Wiener Akademie vorstellten (vgl. Nagel 2003, S. 24f.).

19 So vermerkte Flügge 1949 etwas süffisant: „Als wir Anfang Januar 1939 aus den Weihnachtsferien zurückkehrten, war bereits alles entschieden ..." (Flügge 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.

20 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, mit dem er während der Schiffspassage 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 1998, S. 219).

gen 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.[21] 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 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 (vgl. hierzu u.a. Kant 1985).

Otto Hahn erhielt im Herbst 1945 den Chemie-Nobelpreis für 1944 zugesprochen „für seine Entdeckung der Spaltung schwerer Kerne“; überreicht wurde er ihm zur Nobelfeier im Dezember 1946, da er 1945 im britischen Farm Hall mit anderen deutschen Atomforschern als geheimer Kriegsgefangener inhaftiert war. Meitner und Frisch einerseits und Straßmann andererseits gingen leer aus.[22] Doch 1966 erhielten dann Hahn, Meitner und Straß-

---

21 Interessanterweise wird auf der entsprechenden Gedenktafel in der George Washington University zwar auf Bohr's Ausführungen hingewiesen, jedoch werden die Namen Hahn, Straßmann und Meitner darauf nicht erwähnt (vgl. https://physics.columbian.gwu.edu/1939-fifth-washington-conference-theoretical-physics-low-temperature-physics-and-superconductivity).

22 Aber auch Fermi, der 1938 den Nobelpreis für die Forschungen bekommen hatte, die dieser Entdeckung vorausgingen, war ja eigentlich „nur“ der Leiter einer Gruppe gewesen – eines der berühmt-berüchtigten Probleme der Nobelpreis-Zuerkennungen. Außer Frage steht dabei, dass auch Meitner den Nobelpreis verdient hätte – bereits in den 1920er und

mann gemeinsam den inzwischen von der US-Atomenergiekommission gestifteten Enrico-Fermi-Preis für ihre Entdeckung und Deutung der Kernspaltung zuerkannt.

Hahn war sehr unglücklich, als er 1945 vom Atombombeneinsatz erfuhr und hat sich nach dem Kriege aktiv für eine friedliche Nutzung der Kernenergie eingesetzt (ohne allerdings auch hier entsprechende Gefahren zu erkennen);[23] Meitner und Straßmann äußerten sich ebenfalls in diesem Sinne.

*Fazit:* An der Erforschung der Grundlagen der Kernspaltung wie der Kernfusion hatten in Berlin tätige Wissenschaftler einen hohen Anteil. Dabei waren die Ausgangsfragestellungen bei beiden Prozessen zunächst nicht auf Energiegewinnung im engeren Sinne ausgerichtet, mögliche Folgen demzufolge auch nicht bedacht.

Und hier schließt sich ein Bogen zu einem der Hauptarbeitsgebiete von *Gerhard Banse* –Technikfolgenabschätzung. Max von Laue wird der auf 1941 datierte Satz zugeschrieben: „[...] eine Erfindung, die man nicht machen will, macht man auch nicht." (zit. nach Hoffmann 1993, S. 169). Wohlweislich sprach Laue hier von Erfindung und nicht Entdeckung. Bezüglich der Grundlagenforschung stellt sich die Frage der Folgenabschätzung wesentlich komplizierter und komplexer dar als für angewandte Forschung und für technische Entwicklungen (im vorliegenden Falle also bezüglich der friedlichen *Nutzung* der Atomenergie im Kern- wie auch im Fusionsreaktor oder eben für militärische Zwecke). Doch gerade mit Blick auf das Jahr 1945 stellt Meyer-Abich andererseits unmissverständlich 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." (Meyer-Abich 1988, S. 25f.)

---

1930er Jahren ist sie mehrfach – zum Teil gemeinsam mit Hahn – vorgeschlagen worden. Ein „offizieller" Hintergrund dieser Nichtzuerkennung liegt in Formalien der Nobelpreisvergabe begründet, inoffiziell spielten einige Querelen in der damaligen schwedischen Wissenschaftspolitik eine Rolle, in die auch Manne Siegbahn involviert war, der Lise Meitner einerseits Zuflucht an seinem Stockholmer Institut gewährt hatte, andererseits aber Forschungsrichtungen präferierte, die nicht mit denen Meitners in Übereinstimmung waren (vgl. hierzu u.a. Kant 2001).

23 Über Hahns Eintreten für die friedliche Nutzung der Atomenergie (vgl. u.a. Kant 2012).

## Literatur

Aston, Francis W. (1966): Mass spectra and sotopes. Nobel lecture 1922. In: Nobel Lectures Chemistry 1922–1941. Amsterdam

Atomnoj Proekt SSSR, Bd.1, Teil I. Izd. Nauka, Moskva 1998, S. 93–94

Bethe, Hans A. (1989): Energy on Earth and in the Stars. In: Salam, Abdus; Bethe, Hans A.; Dirac, Paul; Heisenberg, Werner; Wigner, Eugene; Klein, Oscar; Lifshitz, Eugen: From a life of physics, S. 1–18

Bethe, Hans A.; Critchfield, Charles L. (1938): The Formation of Deuterons by Proton Combination. Physical Review 54 (1938) 4, S. 248–254

Cheney, Margaret (2005): Nikola Tesla – Erfinder, Magier, Prophet. Aachen

Curie, Mme. M. (1904): Untersuchungen über die radioaktiven Substanzen. Braunschweig

De Gregorio, Alberto (2005): Neutron physics in the early 1930s. Historical Studies in the Physical and Biological Sciences 35 (2005) 2, S. 293–340

Delbrück, Max (1937): C. F. von Weizsäcker. Die Atomkerne. Physikalische Zeitschrift 38 (1937)

Elster, Julius; Geitel, Hans (1899): Weitere Versuche an Bequerelstrahlen. Annalen der Physik N. F. 69 (1899) 1, S. 83–90 (der ganzen Folge 305. Bd. [Teil 9/1899])

Eve, Arthur S. (1939): Rutherford – Being the life and letters of the Rt. Hon. Lord Rutherford, O.M. Cambridge

Flügge, Siegfried (1949): Zur Entdeckung der Uranspaltung vor zehn Jahren. Zeitschrift für Naturforschung 4a (1949), S. 82–84

Fricke, Rudolph (1992): J. Elster & H. Geitel. Braunschweig

Frisch, Otto Robert (1979): What little I remember. Cambridge

Goethe, Johann Wolfgang: Faust I, Zeile 382–383

Hahn, Otto; Meitner, Lise; Straßmann, Fritz (1937): Über die Transurane und ihr chemisches Verhalten. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 70 (1937) S. 1374–1391

Hargittai, Istvan (2010): Judging Edward Teller. New York

Hoffmann, Klaus (1993): Schuld und Verantwortung: Otto Hahn. Konflikte eines Wissenschaftlers. Berlin u.a.O.

Jenkin, John G. (2011): Atomic Energy is „Moonshine“: What did Rutherford Really Mean? Physics in Perspective 13 (2011) 2, S. 128–145

Kant, Horst (1985): J. Robert Oppenheimer. (= Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, Bd.83). Leipzig

Kant, Horst (1996a): Betrachtungen zur Frühgeschichte der Kernphysik – Vor hundert Jahren wurde die Radioaktivität entdeckt. Physikalische Blätter 52 (1996) 3, S. 233–236

Kant, Horst (1996b): Rutherford und die ersten Dezennien der Erforschung der Radioaktivität. Physik in der Schule 34 (1996)10, S. 366–371

Kant, Horst (2001): „... der Menschheit den größten Nutzen geleistet ...“!? 100 Jahre Nobelpreis, eine kritische Würdigung aus historischer Perspektive. In: Physikalische Blätter 57 (2001) 11, S. 75–79

Kant, Horst (2002): 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

Kant, Horst (2007): 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 Meier, Franziska; Italien-Zentrum der Universität Innsbruck. Innsbruck, S. 171–186

Kant, Horst (2012a): Die radioaktive Forschung am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie von den Anfängen bis zum deutschen Uranprojekt. In: Kant, Horst; Reinhardt, Carsten (Hg.): 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, S. 53–98

Kant, Horst (2012b): 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 Flach, Günter; Fuchs-Kittowski, Klaus). Berlin, S. 183–197

Kapiza; Pjotr L. (1940): Interview für die Kinderzeitschrift „Detskaja Literatura“ 1940, Nr. 4, S. 18–23

Krafft, Fritz (1981): Im Schatten der Sensation. Leben und Wirken von Fritz Straßmann. Weinheim u.a.O.

Meitner, Lise; Hahn, Otto; Straßmann, Fritz (1937): Über die Umwandlungsreihen des Urans, die durch Neutronenbestrahlung erzeugt werden. Zeitschrift für Physik 106, 3/4, S. 249–270

Meitner, Lise; Frisch, Otto Robert (1939): Disintegration of Uranium by Neutrons: a New Type of Nuclear Reaction. Nature 143 (1939, Febr 11) 3615, S. 239–240

Meyer-Abich, Klaus Michael (1988): Die Idee der Universität im öffentlichen Interesse. In: Eigen, Manfred; Gadamer, Hans-Georg; Habermas, Jürgen; Lepenies, Wolf; Lübbe, Hermann; Meyer-Abich, Klaus Michael (Hg.): Die Idee der Universität: Versuch einer Standortbestimmung. Berlin u.a.O., S. 23–39

Nagel, Günter (20003): Atomversuche in Deutschland. Zella-Mehlis

Röseberg, Ulrich (1985): Niels Bohr. Leben und Werk eines Atomphysikers. Berlin

Schaaf, Michael (2014): Weizsäcker, Bethe und der Nobelpreis. In: Hentschel, Klaus; Hoffmann, Dieter (Hg.) Carl Friedrich Weizsäcker: Physik – Philosophie – Friedensforschung. Stuttgart, S. 145–156

Segrè, Emilio (1993): A Mind always in Motion. The Autobiography of Emilio Segrè. Berkeley u.a.O.

Soddy, Frederick (1909): The interpretation of radium. New York

Soddy, Frederick (2002): Die Natur des Radiums. In: Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Bd. 289. Frankfurt/M.

Strub, Erik (2005): Soddy, Wells und die Atombombe. Physik Journal 4 (2005) 7, S. 47–51

Leo Szilard. Wikipedia-Artikel, Version dtsch. und engl. (retrieved 6.10.2016), aus: The Times, Sept. 12, 1933

Szilard, Leo (1972): 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

Weizsäcker, Carl Friedrich (1937): Die Atomkerne – Grundlagen und Anwendungen ihrer Theorie. (= Physik und Chemie und ihre Anwendungen in Einzeldarstellungen Bd. 11). Leipzig

Weizsäcker, Carl Friedrich (1937, 1938): Über Elementumwandlungen im Innern der Sterne. In: Physikalische Zeitschrift 38 (1937) 6 S. 176–191 und 39 (1938) 16, S. 633–646

Wells, Herbert G. (1985): Befreite Welt. Wien u.a.O.

Wheeler, John A. (1998): Geons, Black Holes & Quantum Foam. A Life in Physics. New York u.a.O., Kapitel 1

http://www.nur-zitate.com/autor/Nikola_Tesla (retrieved 6.10.2016) – Sinngemäß in: Tesla, 75, Predicts New Power Source. New York Times vom 5. Juli 1931

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *131 (2017), 209–221*

Viktor Jakupec

# Foreign Aid: Cultural Values and Norms

**Abstract**

This contribution focusses on some basic issues concerning the dichotomy between the cultural, and economic values and norms, respectively, of the foreign aid in form of Ordinary Development Assistance. It takes a critical view of the dominant economic values and norms embedded in the Washington Consensus and the neoliberal agenda, by drawing on the works of *Gerhard Banse* and his colleagues, acknowledging the different context in which they presented their deliberations. The concept of 'Wertidee' is introduced as a catalyst for cultural values and norms showing a potential for a sustainable culturally based values and norms systems in foreign aid.

## Introduction

The dominant theory and practice concerning foreign aid in the form of Official Development Assistance (ODA) as defined by OECD (2015) are to a large extent based on economic, political and socio-political values, norms and sustainability notions. To be more precise, the ideological underpinnings of these prevailing values, norms, and sustainability notions are firmly couched in the neo-liberal agenda of the Washington Consensus as embraced by the various International Financial Institution (IFI)[1] and bilateral aid agency[2] (henceforth aid agencies). For a better understanding, let me define the two basic notions, namely the Washington Consensus and ODA.

The Washington Consensus is defined as a portrait of mostly neoliberal economic ideologies articulated by economists such as Hayek (1945, 1979) and Friedman (1980) embraces by IFIs and other aid agencies and interna-

1 IFIs include the World Bank (WB), the European Bank for Reconstruction and Development (EBRD), the African Development Bank (AfDB), the Asian Development Bank (ADB) and the Inter-American Development Bank (IDB), at al.

2 Bilateral aid agencies include the United States Agency for International Development (USAID), Australian Agency for International Development (AusAID), Japan International Cooperation Agency (JICA), Canadian International Development Agency (CIDA) and Swedish International Development Cooperation (SIDA), etc.

tional organisations. Being in danger of oversimplification, the Washington Consensus promotes free trade, macroeconomic stability, floating exchange rates, and free market philosophy.

*ODA* is defined as:

> „...flows to developing countries and multilateral institutions provided by the official agencies, including state and local governments, or by their executive agencies, each transaction of which meets the following test: a) is administered with the promotion of the economic development and welfare of developing countries as its main objective, and b) is concessional in character and contains a grant element of at least 25% (calculated at a rate of discount of 10%).“ (OECD 2015, n.p.)

However, with reference to ODA, a cautionary note is in place here, namely ODA excludes humanitarian and military aid. But this may change in the future. That is, ODA will most likely include peace and security-related costs, including spending on counteracting extremism and will provide greater incentives for donors to apply non-grant financial instruments with the purpose to advance ‘private sector development in the least developed countries’ (Anders 2016, n.p.). From this perspective, it may be reasonable to suggest that by including military aid, values and norms notions of ODA will change.

Setting aside the proposed changes to the focus of ODA, it may be appropriate to propose my first theses, namely that an apparent lack of embedment of cultural values and norms into the theoretical and practical framework of ODA, a sustainability of aid effectiveness is highly questionable. For the purpose of sustaining my theses, this discussion will proceed from a critical outline of the Washington Consensus and the neoliberal Agenda.

## A critical analysis of the Washington Consensus

The Washington Consensus is based on the following ideological stances: (i) Privatization of state enterprises; (ii) Liberalisation of inflowing foreign direct investment; (iii) Tax reform by implementing moderate marginal tax rates and extending the tax base; (iv) Deregulation: elimination of regulations that encumber free market entry or restrict constrict competition, except for a discerning oversight of financial institutions, and regulations warranted for reasons of safety and protection of the environmental and consumers; (v) Low government borrowing, thus maintaining a low fiscal deficits relative to GDP; (vi) Market determined and positive and moderate interest rates; (vii) Competitive exchange rates; (viii) Trade liberalization of

imports, with a specific emphasis on elimination of quantitative restrictions and low and relatively uniform tariffs; (ix) Public spending shifts from indiscriminate subsidies toward broad-based provision of strategic pro-poor and pro-growth, services (i.e. primary education, primary health care and infrastructure investment); (x) Legal security for property rights (Williamson, 1990, n.p.).

For our discussion, it may be opportune here to note that the Washington Consensus was important for determining policy towards purely economic development through ODA in South America, Asia, Middle East and North Africa, and other countries. Two points emerge here. Firstly, the ODA based development did not provide for inclusion of cultural values and norms, beyond the economic and socio-political values and norms embedded in the neoliberal ideology. Secondly, within a framework of the above stated ideological stances the Washington Consensus brought to the fore the following implications for the ODA: (i) Support of the free trade agreements through, for example, the World Trade Organisation (WTO) or North Atlantic Free Trade Association (NAFTA) through reduction of tariff barriers; (ii) ODA loans and grants have a tendency to require that the recipient governments implement free market reforms as a conditionality; (iii) Emphasis on free trade suggesting that developing countries should specialise in goods and/or/services where they have a comparative advantage meaning that developing economies need to stay within the realm of primary industry (Jakupec 2015; Jakupec/Kelly 2015a, 2016).

The shortcomings of the Washington Consensus agenda and ideology have become increasingly evident in the foreign aid arena. (i) As far as the support of the free trade agreements is concerned, it could be argued that free trade is not necessarily and always in the best interest of the ODA recipient developing economies. An austere implementation of free trade and comparative advantage may leave, as history in South America has shown, developing economies delivering volatile priced primary products in conjunction with low-income growth. If, however, developing economies promote new industries on the basis of the concept of modernisation, they may require not only selective tariffs on cheap imports but also government subsidies to become successful in modernisation of the industry, which goes beyond mere primary production (cf. Banse 1998, p. 9ff.) or akin to 'shallow modernisation' (cf. Zacher 2000, p. 55). (ii) Low government borrowing, in order to maintain a low fiscal deficit about GDP, may not produce the desired results. That is, if the government cuts spending at inappropriate timing by implementing of fiscal rules, it can cause unnecessary economic hardship. To explain, post Global

Financial Crisis (GFC) fiscal consolidation has caused low growth rates, and a failure to reduce debt to GDP ratios not only in many developing but also developed economies. If ODA recipient governments are pressured to cut spending, this in turn can also have the side effect of causing diminishing support for welfare programmes, thus increasing poverty. Of course, in the long term, it could be argued that to reduce structural borrowing to manageable levels is beneficial. (iii) Although privatisation under certain conditions may increase efficiency and thereby improve the effectiveness of products and services, it may not do so for key public sector industries and services. With reference to many key public sector enterprises, privatisation can lead to the situation where the private enterprises may ignore the wider social responsibilities, and cultural values and norms. Furthermore, a redirection of public spending towards public sector initiatives such as compulsory education, primary health care and infrastructure investment does not feature prominently in the Washington Consensus oriented ODA, for the former is firmly couched in the neoliberal agenda focussing on market-oriented policies arguing for reduced government interventions. Two points may illustrate the failure of the market-oriented policies. Firstly, the micro-economic crisis of South America in the 1980s and the South-East Asian crisis in the 1990s which were to be overcome through the IMF imposed austerity measures and free market economic structures have shown mixed results and were unpopular in the affected countries. Secondly, the GFC brought to the fore the instability of the free market economy. Beginning in 2007, the GFC has demonstrated the potential for free market ideology to create a continuing economic instability illustrated through high unemployment and low economic growth. In short, financial deregulation has created grounding for continuing financial instability.

In order to produce a balanced view, it may be appropriate to bring to the fore a sympathetic critic of the Washington Consensus. Considering the above stated ten Washington Consensus principles, it could be argued that these may have economic validity. For example, broadening the tax base, implementing sustainable government borrowing, acceptance of flexible exchange rates, investment in education and heaths services, may improve economic welfare. Depending on conditions, increased competition and privatization may have potential benefits. This would depend on the economic and socio-political values and norms that guide the notions of privatization. The post-GFC and the subsequent EU monetary crisis may be ascribed to the difficulties of managing a single currency, and to a lesser extent to the principles of the Washington Consensus.

The problem with the Washington Consensus broad set economic principles is that it subsequently depends on when, how and under which conditions these are implemented. For example, free trade may be beneficial under the condition of valid and desirable economic and socio-political values and norms. This means that from an economics point of view some developing economies may benefit from limited trade protectionism to develop new industries, which in turn depends on how it is implemented.

To conclude, the Washington Consensus has since the advent of the GFC deviated from its original ideology and a post-Washington Consensus is emerging within the ODA arena (Rodrik 2006; Lopes 2012). Irrespective of the failings of the free market, as demonstrated by the GFC, there is perhaps an advantage in considering each of the 10 Washington Consensus principles. However, it is important to make sure that these principles are subjected to enhanced discrimination and less unmitigated 'one-size-fits-all' implementation.

As it stands, the Washington Consensus is partly linked to the potency of the US economy. However, the US economy is likely to decline in relative terms vis-à-vis the Chinese and Indian economies. As far as ODA is concerned, the China-led Asian Infrastructure Investment Bank and the New Bank led by Brazil, Russia, India, China and South Africa (aka BRICS Bank) are forging a new 'consensus' (Jakupec/Kelly 2015b, p. 34). It could be argued that with the advent of the BRICS bank is creating a new consensus replacing the free market neoliberal ideology embedded in the Washington Consensus with a state-led economic growth based on a 'socialist-oriented market economy' which is fostered by a strong development bank (Jakupec/Kelly 2015b, p. 39).

## The Neoliberal Agenda

As we will see neoliberalism and the Washington Consensus are two sides of the same coin. In order to set the scene for the discussion, let us define, however simplistically and briefly the concept called 'neoliberalism.'

Neoliberalism can be defined as a collection of economic policies maintained by an ideology that argues for the diminution of state-intervention in the economy and an advancement of laissez-faire capitalism to support personal freedom and human well-being through economic efficiency (Harvey 2005; Kotz 2000). Neoliberalism has its roots in the school of thoughts, as advanced by such as the Chicago School, the Austrian School, and the Mont Pélérin Society (Davidson 2004/05).

In accord with the Washington Consensus, development aid policies following this line of thought include a reduction or elimination of (i) capital controls and trade barriers, along with abolition of deficit spending, eradication of redistributive taxation, cessation of controls on international exchange, termination of economic regulation, reduction of public goods and service provisions, and minimization of active fiscal and monetary policies (Munck 2005; Nawroth 1961).

So what is the neoliberal agenda about foreign aid? The main point is that neoliberalism has been imposed on developing countries by Brenton Woods institutions like the World Bank, the International Monitory Fund (IMF) the proposed International Trade Organisation (ITO) which emerged later as the World Trade Organisation (WTO) (Woods 2009). Other institutions, such as such as the European Bank for Reconstruction and Development (EBRD), the African Development Bank (AfDB), the Asian Development Bank (ADB) and the Inter-American Development Bank (IDB), followed the same principles. In effect, much criticism leveled at the World Bank and the International Monetary Fund is that they wield tremendous power and influence in the allocation of development funding, but exclude the voices of developing countries most adversely affected by the Washington Consensus financial and trade policies.

To be sure, in theory, neoliberalism is principally about allowing trade between nations to be free of governance impediment. It should assure free movement of goods, services, resources and enterprises in an effort to continuously find resources at reduced costs with the aim to maximize profits and efficiency. Thus tariffs, regulations and specific standards, laws, legislation and regulatory measures, as well as capital flows and investment restrictions, are seen as barriers to free trade. In other words, the aim is to be able to permit the free market to naturally balance itself based on forces of market demands, which is crucial to successful market-based economies.

It is not necessary here to rehearse the whole political agenda of neoliberalism as much has been covered above under the heading of the Washington Consensus. It should suffice to state that the underlying assumption governing the notions of neoliberalism and the Washington Consensus then is that the free markets are a good thing. This may well be the case, but regrettably, reality differs from theory.

From a foreign aid or ODA perspective, neoliberal policies can be seen as positives and negatives. As far as the former is concerned, there were many pioneering results as far as foreign aid is concerned. Progress, economic growths, for some economies were significant on both the donor and

recipient side. However, many people in developing countries experiences increased poverty because the modernization, innovation and economic growth which was to be achieved through neoliberal policies and the reliance on the doctrine of the Washington Consensus did not eventuate, at least as far as their immediate needs are concerned. One of the reasons is that neither the Washington Consensus ideology nor the neoliberal economic agenda has articulated sufficiently the need for cultural values and norms that go beyond the free market theory.

## Towards cultural values and norms in development aid

Given the absence of values and norms for the development aid, especially ODA, which go beyond the simplistic 'one-size-fits-all' free market agenda governed by the Washington Consensus and neoliberal economic agendas, it is necessary to draw on the wider relevant literature. The discussion here is focused on cultural values and norms. To be sure, as it was pointed out above, the ODA landscape shows the existence of economic and socio-political values and norms. However, the important missing concept is the notion of cultural values and notions that govern the perception of the cultural life-world of the 'community' of beneficiaries.

Still, the very concept called 'culture' is difficult to define. According to Hauser and Banse (2011), there are multiple difficulties 'when dealing with the concept of culture' (p. 31). According to Hauser and Banse (2011), there are three 'conflicting characteristics of culture which cause difficulties' (p. 32), namely: (i) Continuity and change denoted as a concept called culture. On the one hand there is the cultural tradition (i.e. continuation of the existing cultural values and norms), and on the other hand, the new cultural forms emerge in parallel to the existing ones (i.e. existing cultural values and norms change, replace existing ones). (ii) Standardisation and differentiation, referring to culture as a proclivity of value standardisation including behaviour patterns which on the one hand act as uniform notions, and on the other hand as variations according to individual, subcultural and minute culture values and norms. (iii) Openness and boundaries, referring to national cultures. In terms of openness, national cultures are open to influences from other cultures and their values and norms, and on the other hand, national cultures denote boundaries of communities and community-based cultural values and norms. To put it differently, communities recognise specific behaviours, cultural values and norms as their own and these determine the communal world view (Hauser/Banse 2011). Hauser (2011) referring to cultural diversity in terms of values and norms elucidates:

> Cultural communities develop over time as behavioural and communicative groups in a common geographic space and on the basis of specific norms and values that have been formed through the interaction of the community with and within a specific „environment" socially and naturally, which represents a frame of reference" (p. 160).

In this context, cultural values and norms are historically based, which have developed over time within a parameter of the lived environment. These cultural values and norms are the bases for the social systems and their actualisation, commanding a distinctive social, economic, political and technical structures and developments (cf. Banse/Metzner-Szigeth 2005; Hauser 2011). In addition, we may also view norms and values from macro, meso, and micro levels. To put it in a context of development aid donors and recipients it could be argued that values and norms based on the above mentioned Washington Consensus and neoliberal ideology are within the realm of macro level, those espoused by the ODA recipient government as meso level and the recipient aid communities as micro level values and norms (cf. Szlavik/Füle 2011).

However, the additional question here is how to interpret the macro-level values and norms governing IFIs which are grounded in the Washington Consensus and neoliberal ideology? It may be argued that traditional cultural norms such as norms of customs, norms of conventions and norms of law are derived not from value systems but 'Wertideen' (value ideas) (cf. Kant 1968; Weber 1922).

In essence, the ODA donor agencies and recipient country have as their 'Wertidee' the as a sustainable development of the society leading a collective poverty reduction by increasing the societal participation in the economic growth and thus economic benefits. This is from cultural values and norms perspective a simplistic proposition, especially since the economic paradigm is not the sole concept embedded in cultural norms and values. The question is how far, if at all, can specific cultural values and norms be reconciled with the 'Wertideen' of a different culture. Here we have identified two concepts which need our attention. One is the sustainability of cultural values and norms, and the other is the sustainability of the economic development required for poverty reduction.

## Sustainable Development, 'Wertideen' and Cultural Values and Norms

From the development aid perspective, the concept of sustainable development is seen as recognising that

> „...growth must be both inclusive and environmentally sound to reduce poverty and build shared prosperity for today's population and to continue to meet the needs of future generations. It is efficient with resources and carefully planned to deliver both immediate and long-term benefits for people, planet, and prosperity... [based on] ... three pillars of sustainable development – economic growth, environmental stewardship and social inclusion." (World Bank, n.d.; n.p).

However, it is obvious that the question is the value and norm basis. As a 'Wertidee' the World Bank view of sustainable development may be seen as useful, but how it is to be realised within given meso level and micro level cultural values and norms? The response to this question may well be that there is a need to recognise or reconcile differences between 'Wertideen' and the inherent cultural values and norms at macro, meso, and micro levels – of donor agencies, recipient governments, and beneficiary communities. However, a cautionary note is required, namely to point out that in the ODA arena 'Wertideen' are not only socio-politically, but more so from a socio-economical vantage point needed.

Taking into account that ODA is set in a global context, the three levels of cultural values and norms, but especially the organisational (macro level) of the donor agency, is subject to competition with others, namely with other communities, societies, and cultures, whose values and norms differ from each other. The very notion of cultural diversity within and amongst ODA donors has not reached any significant level of attention in the discourse of sustainable development. However, the concept of sustainable development through ODA is a 'Wertidee' rather than a universal value such as 'justice' or 'freedom' (cf. Jonas 1984). At the same time, universal value produces certain 'Wertideen' that produce meanings in a specific context.

For example, 'justice' or socio-economic equity, in the form of socio-economic values is, in essence, a 'Wertidee' because it refers to and is based on normative settings, which are not negotiable or can be called into question. But how can such 'Wertideen' put into practice, for the underpinning values are as already stated, neither subject to negotiations, nor questionable? To put this in an ODA context

As a value notion of sustainable economic development, the 'Wertideen' of the donor agencies and the recipient governments are often competing (cf. Krugman/Wells 2004; Stiglitz 2005; Easterly 2006). To illustrate the point: As stated above, the major aid agencies pursue the 'Wertideen' of the Washington Consensus, which is based on neoliberal values. Against this many developing countries such as PR China and Vietnam pursue the 'Wert-

ideen' of the aforesaid 'socialist-oriented market economy' which is based on neo-Marxist values. To put this in a global context of development aid, the current model of sustainable development is in itself an illustration of a 'Wertidee' and thus culturally delineated. Thus the 'Wertideen' of the 'socialist-oriented market economy' are in a direct competition with the 'Wertideen' of the neoliberal Washington Consensus, and thus in completion with other societies' socio-economic values. However, the ODA literature is to a large extend mute on the cultural and socio-economic differences between the donor organisations and the recipient countries, which can be traced back to the respective values and norms in different socio-cultural settings.

As a notion of value, 'sustainable development' in developing countries can be canvassed within an array of normative settings, which are not called into doubt by neither the donor agency (as far as they 'Wertidee' is concerned) nor by the recipient governments (concerning their own 'Wertideen'). The latter for example may refer to issues of social justice based on the inherent values and norms of the society, whereas the former may refer to the issues concerning the 'principle of responsibility' or 'accountability' according to the aid agency's organisational culture, values and norms and imposed on the recipient governments and societies. Thus, potentially we recipient societies values and norms pitched against the donors' 'principle of responsibility' or 'accountability' imposed on the recipients.

## Conclusion

It is arguably evident that the values and norms of the aid agencies, whose 'Wertideen' are firmly couched in the neoliberal ideology articulated through the Washington Consensus are mono-dimensional, disallowing other ideologies, 'Wertideen' and values and norms. To sum up, the predominance of the neoliberal economic values militates against the social and socio-economic values of many developing countries with diverse cultural foundations. While there is a general agreement amongst aid agencies that economy plays a vital role in ODA, there is little evidence that the neoliberal agenda has been embraced by developing countries. Even in the developed world, the mood is turning against the neoliberalism with its open markets. There is much evidence showing that the population in many Western nations are turning against the free market ideology (Stiglitz 2005; Jakupec/ Kelly 2015a; Skipper 2016).

This phenomenon will have an impact on the ODA agenda, potentially leading to changes in value and norms shifting from economic to cultural

emphases. However, this should not be construed as a pure dichotomy. There is a 'third way,' namely to reconstruct the dominant economic paradigm as to become socio-economic allowing for a diverse cultural genus. In short, there is a need to bring cultural values and norms back into the socio-economic agendas of aid agencies. Only, if we have such a shift, sustainable outcomes of ODA may eventuate.

The differing values and norms that exist between the aid agencies and the recipient countries' cultures are seldom being subjected to a scholarly discourse. This, of course, may account for much misunderstanding about a value laden effectiveness of foreign aid. My concluding argument is that the economy-culture dichotomy that exists presently in the ODA arena depict two different global efforts which need to reach consensus on essential values and norms, in order to advance future sustainable development amongst aid recipient nations. This of course requires an open, culturally and socially inclusive and global dialogue about which values and norms are acceptable, both from the ODA donors' and the recipients' perspectives.

Such a dialogue, necessarily, contain some implicit as well as explicit coordination of balancing and selecting different, at times, competing values and norms, ranging from the cultural imperatives to economic choices on how to reduce poverty in developing countries through ODA. Such a dialogue and subsequent decisions are presently made difficult because the general trend amongst the Washington Consensus aid agencies and their followers consider their values and norms absolute and perceive any attempt to negotiate as inadmissible. Thus, most debates regarding values and norms which diverge from the economic agenda and try to pursue a sustainable culturally based values and norms (cf. Tauscher 2011) are presented as fundamental disagreements over the relevant of particular 'Wertideen'.

Yet, the proposition to open up a dialogue on the diversity of valued and norms ranging from the economic to the social to the cultural, is not a utopian idea. It may support the achievement of sustainable ODA with mutually acceptable culturally sensitive in the form of culture and culturality (Hauser/Banse 2011) and economically effective outcomes. Perhaps the basis for achieving such success lies in the cognition that ODA does not have a final stage, but is continuously evolving in which cultural values and norms denote lessons learned.

## References

Anders, Molly (2016): ODA redefined: What you need to know, in DEVEX (23rd February 2016) – URL: https://www.devex.com/news/oda-redefined-what-you-need-to-know-87776 (Retrieved on 15th October 2016)

Banse, Gerhard (ed.) (1998): Technikfolgenbeurteilung in Ländern Mittel- und Osteuropas. Bad Neunahr-Ahrweiler

Banse, Gerhard (2000): The Genesis of the Project „TA-Eastern Europe'. In: Banse, Gerhard; Langenbach, Christian J.; Machleid, Petr (eds.): Towards the Information Society: The Case of Central and Eastern European Countries. Heidelberg, pp. 9–19

Banse, Gerhard; Metzner-Szigeth, Andreas (2005): Veränderungen im Quadrat Computervermittelte Kommunikation und moderne Gesellschaft – Überlegungen zum Design des europäischen Forschungs-Netzwerks. In: Banse, Gerhard (Hg.): Neue Kultur(en) durch Neue Medien? Berlin, pp. 21–41

Davidson, Paul (2004/05): A Post Keynesian View of the Washington Consensus. In Journal of Post Keynesian Economics, 27 (2), pp. 207–230

Easterly, William (2006): The White Man's Burden: Why the West's Efforts to Aid the Rest Have Done So Much Ill and So Little Good. New York

Elliott, Joel (2012): Why the World Bank has no real intentions of reducing poverty. In: Global Post (March 22, 2012), – URL: http://www.pri.org/stories/2012-03-22/why-world-bank-has-no-real-intentions-reducing-poverty (Retrieved on 16th October 2016)

Friedman, Milton (1980): Free to Choose. New York

Harvey, David (2005): A Brief History of Neoliberalism. New York

Hauser, Robert (2011): Implicit Normative Settings in Concepts of Sustainability and Cultural Diversity – Solving the Antagonism. In: Banse, Gerhard; Nelson, Gordon L.; Parodi, Oliver (eds.): Sustainable Development – The Cultural Perspective: Concepts – Aspects – Examples. Berlin, pp. 159–166

Hauser, Robert; Banse, Gerhard (2011): Culture and Culturality: Approaching a Multi-faceted Concept. In: Banse, Gerhard; Nelson, Gordon L.; Parodi, Oliver (eds.): Sustainable Development – The Cultural Perspective: Concepts – Aspects – Examples. Berlin, S. 33–51

Hayek, Friedrich A. (1945) The Road to Serfdom. Chicago

Hayek Friedrich A. (1979). Law, Legislation and Liberty: A new Statement of the Liberal Principles and Political Economy. Volume III: The Political Order of a Free People. London

Jakupec, Viktor (2015): Aid for Trade: A critical analysis. In: Jakupec, Viktor; Kelly, Max (eds.): Assessing the Impact of Foreign Aid: Value for Money and Aid for Trade. San Diego, Oxford, pp. 45–59

Jakupec, Viktor; Kelly, Max (2015a): Financialisation of Official Development Assistance'. In: Journal of Economics Commerce and Management', Vol. III, Issue 2 (Feb.), pp. 1–18

Jakupec, Viktor; Kelly, Max (2015b): The Relevance of Asian Development Bank: Existing in the Shadow of the Asian Infrastructure Investment Bank'. In: Journal of Regional Socio-Economic Issues (JRSEI), Volume 5, Issue 3, pp. 31–46

Jakupec, Viktor; Kelly, Max (2016): Development aid: Regulatory Impact – DOI: 10.1080/14615517.2016.1228339

Jonas, Hans (1984): The Imperative of Responsibility: In Search of an Ethics for the Technological Age. Chicago

Kant, Immanuel (1968): Kritik der reinen Vernunft (Vol. III). Berlin

Kotz, David M. (2000): Globalization and Neoliberalism. In: Rethinking Marxism: A Journal of Economics, Culture and Society', 14 (2), pp. 64–79

Krugman, Paul; Wells, Robin, (2004): Microeconomics. New York

Lopes, Carlos (2012): Economic Growth and Inequality: The New Post-Washington Consensus. In: RCCS Annual Review, 4 – URL: https://rccsar.revues.org/426 (Retrieved on 23rd September 2015)

Munck, Ronaldo (2005): Neoliberalism and Politics, and the Politics of Neoliberalism. In: Saad-Filho, Alfredo; Johnston, Deborah (eds.): Neoliberalism – A Critical Reader. London, pp. 60–69

Nawroth, Egon E. (1961): Die Sozial- und Wirtschaftsphilosophie des Neoliberalismus. Heidelberg

OECD (2015): Official development assistance – definitions and coverage – http://www.oecd.org/dac/stats/officialdevelopmentassistancedefinitionandcoverage.htm (Retrieved 28th July 2015)

Rodrik, Dani (2006): Goodbye Washington Consensus, hello Washington confusion? A review of the World Bank's Economic Growth in the 1990s: Learning from a Decade of Reform. In: Journal of Economic Literature, 45 (December 2006) , pp. 973–987

Skipper, Samuel (2016): Assessing the Role of Globalisation and the Rise of the New Right Attitudes in Germany and Italy. Hamburg

Stiglitz, Joseph E. (2005): Development Policies in a World of Globalization. In: Gallagher, Kevin P. (ed.): Putting Development First: The Importance of Policy Space in the WTO and International Financial Institutions. New York, pp. 15–32

Szlavik, János; Füle, Miklós (2011): The role of the Cultural Heritage at the Local Sustainable Development Programs. In: Banse, Gerhard; Nelson, Gordon L.; Parodi, Oliver (eds.): Sustainable Development – The Cultural Perspective: Concepts – Aspects – Examples. Berlin, pp. 167–176

Tauscher, Gabriele (2011): Cultural Sustainability: Anthropological Perspectives. In: Banse, Gerhard; Nelson, Gordon L.; Parodi, Oliver (eds.): Sustainable Development – The Cultural Perspective: Concepts – Aspects – Examples. Berlin, pp. 117–124

Weber, Max (1922): Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre. Tübingen

Williamson, John (1990): 'What Washington Means by Policy Reform'. In: Williamson, John (ed.): Latin American Adjustment: How much has happened? Washington, pp. 5–20

Woods, Ngaire (2009): Bretton Woods Institutions. In: Daws, Sam; Weiss, Thomas G. (eds): The Oxford Handbook of the United Nations. Oxford – DOI: 10.1093/ oxfordhb/9780199560103.003.0013

World Bank (n.d.). Sustainable Development. Washington: The World Bank – http://www.worldbank.org/en/topic/sustainabledevelopment/overview (Retrieved 22 October 2016)

Zacher, Lech, W. (2000): The Way Towards a Knowledge Society. Some Barriers not only for Countries in Transition. In: Banse, Gerhard; Langenbach, Christian J.; Machleid, Petr (eds.): Towards the Information Society: The Case of Central and Eastern European Countries. Heidelberg, pp. 53–59

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *131 (2017), 223–233*

Benjamin Apelojg, Majken Bieniok

# Eine Kurzvorstellung der Felix-App und deren Einsatz im PSI-Projekt der Qualitätsoffensive Lehrerbildung

**Abstract**

Der folgende Beitrag gibt einen kurzen Überblick über den Hintergrund, die Entwicklung und Funktionsweise der *Felix-App* sowie über den angestrebten Evaluationsprozess. Ein wichtiges Ziel der *Felix-App* ist, emotionale und motivationale Aspekte in Lehrveranstaltungen der Schule oder Universität in Echtzeit zu erfassen und für alle Beteiligten zugänglich zu machen. Des Weiteren bietet die *Felix-App* auch die Möglichkeit, Lehrveranstaltungen nach selbstgewählten Kriterien zu evaluieren. Weitere Anwendungsmöglichkeiten werden nachfolgend diskutiert.

## Hintergrund

Die aktuellen Möglichkeiten zum Einsatz digitaler Medien sind sehr vielfältig: so existiert für Smartphones und Tablets schon eine sehr große Menge an Lernsoftware. Die Geräte lassen sich sowohl als Recherchetool als auch zur Darbietung eigener Lernprodukte (Lernvideos/Präsentationen) nutzen. Außerdem bieten Smartphones und Tablets die Möglichkeit zum kollaborativen Lernen und eignen sich als Feedback- und Evaluations-Tool (vgl. z.B. edkimo.com).

Im Rahmen der durch das BMBF geförderten „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“* stehen Maßnahmen zur Professionalisierung von Lehrkräften und strukturelle Maßnahmen, welche die Qualität der Lehrerbildung erhöhen sollen, im Fokus. Die Universität Potsdam hat sich mit dem Forschungsprojekt „Professionalisierung – Schulpraktische Studien – Inklusion: Potsdamer Modell der Lehrerbildung (PSI-Potsdam)“ am Zentrum für Lehrerbildung und Bildungsforschung (ZeLB) das Ziel gestellt, maßgeblich zur Verbesserung

* Das diesem Artikel zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1516 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

der Lehrerbildung beizutragen. Im vorliegenden Beitrag wird ein Einblick in das im PSI angesiedelte Teilprojekt „verbesserte Kohärenz fachdidaktischer und fachwissenschaftlicher Ausbildungsanteile“ gegeben. In dem Teilprojekt entwickeln die Fachdidaktiken Biologie, Physik und WAT gemeinsam neue Lehrveranstaltungsformate, welche explizit versuchen fachwissenschaftliche Ausbildungsanteile mit fachdidaktischen Inhalten zu verknüpfen (vgl. http://www.uni-potsdam.de/zelb/qualitaetsoffensive/projekt/sp-1-professionalisierung.html).

Die neuen Lehrveranstaltungsformate werden sowohl formativ als auch summativ unter verschiedenen Aspekten evaluiert. Im Fokus der Evaluation steht weniger die Analyse von Wirkungszusammenhängen, als vielmehr Fragen der Motivation und Einstellung von Studierenden gegenüber dem eigenen Lehramtsstudium und den neuen Lehrveranstaltungsformaten. Zur Evaluation der Lehrveranstaltungen wurde von Benjamin Apelojg gemeinsam mit der Firma Dr. Lanka und Partner eine App (*Felix-App*) entwickelt, welche es unter anderem ermöglicht, Lehrveranstaltungen in Echtzeit zu evaluieren und Studierenden und Lehrenden ein direktes Feedback zu geben. Die App birgt darüber hinaus das Potenzial als „Tool“ zur Selbstreflexion und Selbstwirksamkeit von Lehrkräften und Lernenden eingesetzt zu werden. Hierzu werden momentan erste Erhebungen durchgeführt.

In diesem Artikel werden grundlegende technische sowie anwendungsbezogene Aspekte der App beleuchtet. Abschließend wird ein kleiner Ausblick auf mögliche weiterführende Erhebungen gegeben.

## Die erste Idee

Die Idee für die *Felix-App* entstand im Rahmen einer Diskussion über was „gute Schule“ auszeichnet. Der Name *Felix* wurde wegen seiner Denotation gewählt und mit der Hoffnung, dass diesem Motiv entsprochen werden kann. *Felix* oder auch *felicis* bedeutet im Lateinischen „vom Glück begünstigt“, „glücklich“ oder auch „erfolgreich“.

Um die Qualität von Schule und Unterricht sichtbar zu machen und zu fördern, kam Benjamin Apelojg die Idee, Emotions-Situationskontexte und deren subjektive Bewertung durch die Lehrkräfte und Schüler zu erfassen. Welche Emotionen sind in bestimmten Lernkontexten vorhanden und werden die Emotions-Situationskontexte von Lehrenden und Lernenden als wirksam angesehen oder nicht (vgl. Apelojg 2015, S. 77f.). Fragen, die man sich selbst in diesem Zusammenhang stellen könnte, wären z.B.: Was fühle ich gerade? Nützt es mir, wenn ich wütend auf meine Schüler bin, mich auf eine Diskussion über die Disziplin in der Klasse einzulassen? Kann ich gut zuhören, wenn ich wegen einer anstehenden Klassenarbeit aufgeregt bin?

Die *Felix-App* könnte solche oder ähnliche Fragen übernehmen und als ein neuartiges digitales Werkzeug zur Evaluation und Verbesserung von Unterricht entwickelt und eingesetzt werden.

## Test-Prototyp und Funktionen der *Felix-App*

Ein erster Test-Prototyp der *Felix-App* wurde aus eigenen Mitteln finanziert und bot die Möglichkeit, auf Android Handys eine vorher festgelegte Umfrage zu frei wählbaren Zeitpunkten aufs Handy zu schicken. Der erste Testlauf fand in einer privaten Berufsschule für Fachkräfte im Gastgewerbe statt. Mit der Test-Prototypen-App wurden sogenannte *academic emotions* (vgl. Pekrun et al. 2002, S. 95), die angewandte Sozialform sowie die Schüler- und Lehrertätigkeiten (z.B. bearbeite eine Aufgabe im Buch/höre zu/ diskutiere/bin abgelenkt oder halte einen Vortrag) erfasst.

Um den subjektiv wahrgenommenen Einfluss von Gefühlen auf das aktuelle Verhalten zu erfassen, wurde unter Anwendung einer siebenstufigen Likert-Skala folgende Frage dargeboten: „Wie helfen dir die Gefühle bei dem was du gerade getan hast?“

Während dieses Testlaufes wurden Schüler und Lehrkräfte über eine Woche hinweg sechsmal pro Tag aufgefordert die App-Anwendung auszufüllen. Ergebnisse des Testlaufes (Apelojg, bisher unveröffentlicht) stützen bereits bekannte Forschungsergebnisse zur Aktivität und Lernleistung von Schülern zu unterschiedlichen Tageszeiten. So konnte beispielsweise mit dieser App-Anwendung festgestellt werden, dass die befragten Schüler und Schülerinnen am frühen Morgen sich selbst als weniger wirksam wahrnehmen und gegen die Mittagszeit verstärkt von Ermüdung berichteten. Als besonders selbstwirksam haben sich die Schüler in der Zeit zwischen 10.00 und 12.00 Uhr eingeschätzt. Hervorzuheben ist das Ergebnis bezüglich der Frage, während welcher Sozialform die Schüler sich als besonders selbstwirksam erlebt haben. Hier konnte der Testlauf zeigen, dass Partnerarbeit als tendenziell wirksamer empfunden wird als Einzel- oder Gruppenarbeit. Während der Gruppen- und Einzelarbeit gab es deutliche Unterschiede bezüglich der erlebten Emotionen. Während einige Schüler durchweg positive Emotionen hatten, waren diese bei anderen Schülern negativ. Während der Partnerarbeit traten nur positive Emotionen auf. Als Erklärung zu diesen Ergebnissen kann herangezogen werden, dass Gruppenarbeit grundsätzlich häufig als konfliktbeladen und problematisch seitens der Gruppenmitglieder erlebt wird. Bezüglich der Einzelarbeit könnten die Ergebnisse auf die unterschiedliche Lösungskompetenz zurückgeführt werden. Die vorliegenden Ergebnisse sind aber aufgrund der kleinen Stichprobe nur unter Vorbehalt zu betrachten.

Im Rahmen des PSI Projektes wurde die *Felix-App* um verschiedene Funktionalitäten erweitert. Über einen Editor können nun beliebige Umfragen generiert werden, welche über die *Felix-App* sowohl auf Windows-, Apple- und Android Geräten abgerufen werden können. Jeder Teilnehmer erhält eine persönliche ID. Die Daten werden anonymisiert, können aber über die ID mit weiteren Prä- und Posttests verknüpft werden. Eine Besonderheit der App ist die Möglichkeit physiologische Daten zu erfassen. So können mit der *Felix-App* und ergänzenden technischen Applikationen Blutdruck, Puls und Schritte erfasst werden. Momentan wird daran gearbeitet, auch die Erfassung von Daten zur Hautleitfähigkeit zu ermöglichen. Die physiologischen Daten können vor, nach oder während bestimmter Befragungen erfasst werden.

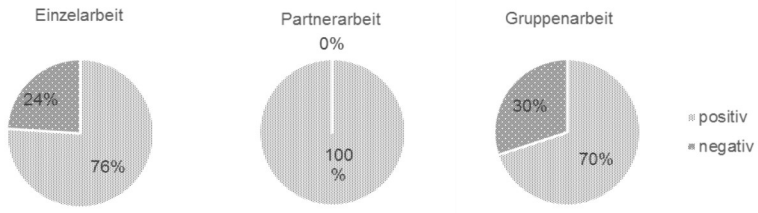



Abb. 1: Emotionen und subjektive Wirksamkeit von unterschiedlichen Sozialformen (Einzelarbeit, Gruppenarbeit, Partnerarbeit)

Quelle: Auswertung von exemplarischen Daten der *Felix-App*

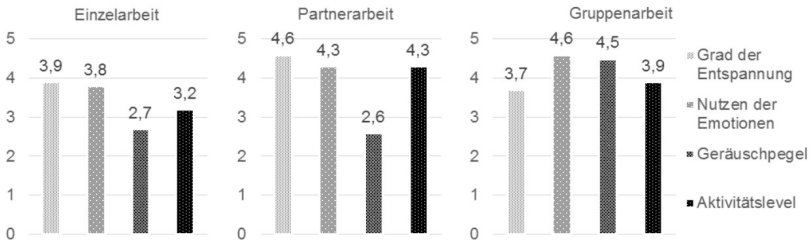



Abb. 2: Weitere Angaben zur Gefühlslage (Einzelarbeit, Gruppenarbeit, Partnerarbeit)

Quelle: Auswertung von exemplarischen Daten der *Felix-App*

Auch die Teilnehmer haben die Möglichkeit, nach eigenen individuellen und selbstgewählten Zeitplänen, an unterschiedlichen Befragungen teilzunehmen. Das Ausfüllen der unterschiedlichen Umfragen kann z.B. in den Kontexten Schule oder Universität vor, während und nach der Lehrveranstaltung oder des Unterrichts stattfinden. Die *Felix-App* bietet dem Nutzer Auswertungsgrafiken auf dem Handydisplay zu den persönlich getätigten Eingaben. Hierbei handelt es sich um Auswertungen in Form von kumulierten Angaben und Daten, die während der Woche erfasst wurden. Die Wochenauswertung kann in unterschiedlichen Formaten dargeboten werden. Zur Verfügung stehen Balkendiagramme, Tabellen, Wochencharts und Kreisdiagramme. Zu welchen Fragen der Nutzer welche Art von Auswertungsdiagramm erhält, ist im Editor für die jeweilige Umfrage flexibel festlegbar.

Mit der *Felix-App* können sowohl geschlossene (per Einladung mit Code zugänglich) als auch offene Umfragen (mit Installation der App-Software aus den App-Stores – Play Store und App Store – auf dem Handy für jeden zugänglich) generiert werden. Bei geschlossenen Umfragen kann der, einer spezifischen Personengruppe bereitgestellte, Code in der *Felix-App*-Anwendung, in einem dafür vorgesehenen Eingabefeld eingefügt werden. Unmittelbar danach steht die Anwendung oder Umfrage diesen Personen zur Verfügung. Der für eine Umfrage Verantwortliche (beispielsweise ein Dozent oder Lehrer) kann im Editor die Ergebnisse des ganzen Kurses einsehen und diese beispielsweise als Grundlage für eine „Feedbackrunde“ zur Diskussion stellen.

Im Folgenden wird beispielhaft gezeigt, wie solche Ergebnisdarstellungen als Diskussionsgrundlage aussehen können (siehe Abb. 3–5).

In diesem Beispiel einer frei zugänglichen Umfrage wurden die persönlichen Bedürfnisse während bestimmter Arbeits- und Lernkontexte abgefragt und im Editor als Ergebnis dargestellt. In dem vorliegenden Beispiel (Abb. 3) ist zu erkennen, dass physiologische Bedürfnisse bei der Befragten Person prominenter als andere Bedürfnisse erscheinen.

Ein wichtiges Ziel der Untersuchungen mit der *Felix-App* ist es, herauszufinden, inwieweit das Ausfüllen der *Felix-App*-Anwendung zu positiven oder negativen Effekten führt. In dem vorliegenden Beispiel (Abb. 4) kann man erkennen, dass bei der befragten Person bei beispielsweise negativen Gefühlen das Ausfüllen der App zu keinen oder positiven Veränderungen geführt hat.

Die *Felix-App* bietet auch die Möglichkeit, den Grad der Aktivierung in Form eines Wochencharts darzustellen (Abb. 5). Hier ist z.B. am Mittwoch eine hohe Schwankungsbreite bezüglich der Aktivierung zu erkennen.

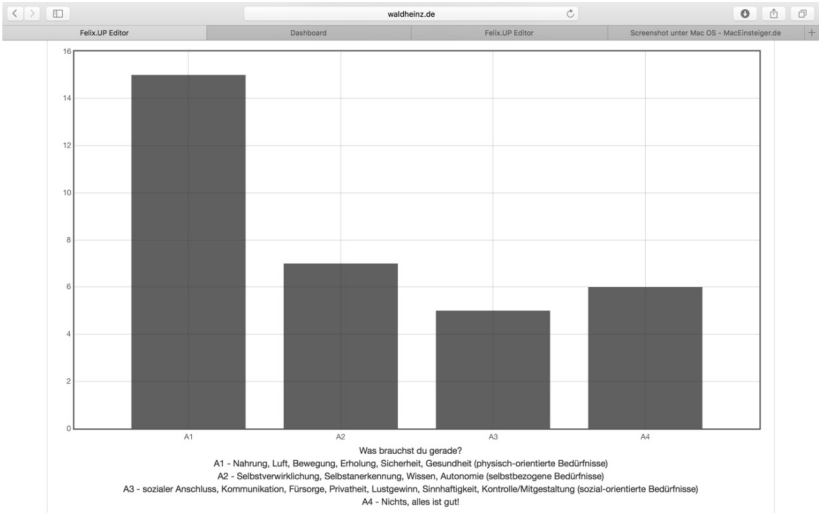



Abb. 3: Persönliche Bedürfnisse

Quelle: Auswertung der *Felix-App* im Editor

| | zum POSITIVEN verändert | es hat sich nichts verändert | zum NEGATIVEN verändert |
|---|---|---|---|
| 1 | | 2 | |
| 2 | 2 | | |
| 3 | 1 | 2 | |
| 4 | 5 | 4 | |
| 5 | 2 | 4 | 1 |
| 6 | 2 | 5 | |
| 7 | | 2 | |

Nach unten: Wie fühlst du dich gerade? 1 = negativ, … , 7 = positiv
Nach rechts: Hat sich durch das Ausfüllen der App etwas verändert?

Abb. 4: Wirkung der App

Quelle: Auswertung der *Felix-App* im Editor

Bei der Entwicklung der App sowie ihrer Anwendungen stehen die Nutzerinteressen besonders im Fokus. So ist zum momentanen Zeitpunkt noch nicht absehbar, in welchen weiteren Kontexten die App zum Einsatz kommen kann und welche einflussnehmenden Effekte die App bietet. In jedem Fall sollte das Produkt den Nutzungsanforderungen genügen und wird daher in Anlehnung an den Human-Centered-Design-Prozess der DIN EN ISO 9241-210 – (2010) entwickelt und evaluiert.

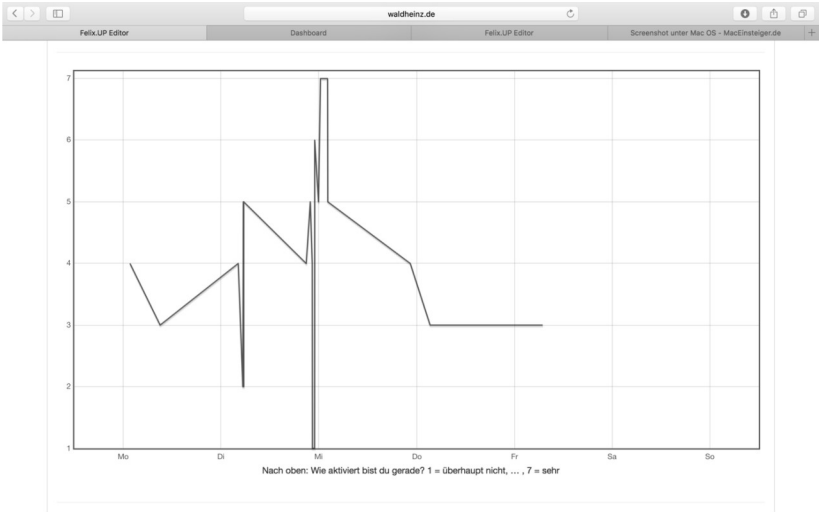



Abb. 5: Wochenchart über den persönlichen Grad der Aktivierung

Quelle: Auswertung der *Felix-App* im Editor

## Evaluation der *Felix-App*

Der User-Centered-Design-(UCD-)Prozess (oder auch Human-Centered-Design-Prozess) stellt die Gebrauchstauglichkeit von Neuentwicklungen in den Mittelpunkt. Generell hat der UCD-Evaluationsprozess vier Phasen

1.) Analyse,
2.) Anforderungsdefinition,
3.) Entwurf und
4.) Evaluation.

Die Planungsphase ist dem UCD-Prozess vorgelagert. Der Prozess entsprechend der DIN EN ISO 9241-210 – (2010, S. 15) beinhaltet folgende Schritte:

1) Planen des menschzentrierten Gestaltungsprozesses,
2) Verstehen und Festlegen des Nutzungskontextes,
3) Festlegen der Nutzungsanforderungen,
4) Erarbeiten von Gestaltungslösungen zur Erfüllung der Nutzungsanforderungen,
5) Evaluieren der Gestaltungslösungen anhand der Anforderungen,
6) Im Falle der Erfüllung aller Nutzungsanforderungen stoppt der Prozess an dieser Stelle, ansonsten wird in einem iterativ Verfahren auf eine frühere, den Ergebnissen entsprechende, Prozessstufe zurückgegangen. Die-

ser Vorgang wiederholt sich, bis die Nutzungsanforderungen erfüllt werden können.

Ganz ähnlich beschreibt Meier (2013, S. 67) den Ablauf einer technisch konstruktiven Tätigkeit – design – bestehend aus den fünf Stufen: Planen, Konzipieren, Entwerfen, Ausarbeiten und Realisieren. Allerdings wird der Nutzer hier nicht extra in den Fokus gerückt.

Generell werden alle Evaluations- und Zwischen-Ergebnisse in Bezug zur Anforderungsanalyse gesetzt, so wird deutlich, in welchem Maße die Anforderungen durch das neue „Produkt", die *Felix-App*, erfüllt werden. Dies bedeutet folglich, dass Ergebnisse der formativen Evaluation in den Entwicklungsprozess der App einfließen und zu einem Re-Design der Prototypen führen. Folgende Fragen sind hier zu beantworten: In welchem Kontext soll die App eingesetzt werden? Welchen Nutzungsanforderungen soll die App genügen?

Eine summative Evaluation soll nachfolgend stattfinden und legt den Fokus auf ergänzende Aspekte der App-Nutzung. Folgende Fragestellungen der abschließenden Evaluation sind denkbar: Wie gut misst die einzelne *Felix-App*-Anwendung die abhängigen Variablen im Vergleich zu etablierten Fragebögen/Skalen? Gibt es einen Mehrwert an Informationen durch die *Felix-App*-Anwendung? Besitzt die *Felix-App*-Anwendung Qualitäten einer Intervention (Effekte in den Bereichen Selbstwirksamkeit, Selbstregulation, Selbstwahrnehmung, Motivation...)? Hier sollen vor und nach dem Einsatz der *Felix-App*-Anwendung in der Lehrveranstaltung Fragebögen mit etablierten Skalen zur Erfassung von bspw. allgemeinen Personenvariablen, Lernstrategien, Motivation, Interessen und Emotionsregulation zum Einsatz kommen.

Die anhand der Anforderungen zu entwickelnde App-Inhalte könnten z.B. Fragen zu unterschiedlichen Themen wie Gedanken, Emotionen, Überzeugungen, unterschiedlichen Kontexten sowie Situationen und Anregungen zu Selbstreflexion sein (vgl. z.B. auch Damasio 2000; Decy/Ryan 2000; Kiper et al. 2002; Krathwoh 2002; Patall et al. 2016; Schwarzer/Jerusalem 1999). Nachfolgend werden einige vorläufige Ideen zu Inhalten der Fragen der App vorgestellt:

**Wie aktiviert bist du gerade?**

- Antwort Ratingskala: 1 – überhaupt nicht – 7 – sehr

**Wie fühlst du dich gerade?**

- Antwort Ratingskala: 1 – negativ – 7 – positiv

**Bitte wähle aus den folgenden Emotionen aus**

- Antworten zum Auswählen: Freude; Hoffnung; Stolz; Erleichterung; Langeweile; Ärger/Wut; Angst; Hoffnungslosigkeit; Beschämung

**Wie motiviert bist du gerade?**

- Antwort Ratingskala: 1 – überhaupt nicht – 7 – sehr

**Wie schwierig ist deine soeben ausgeführte Aktivität/Betätigung?**

- Antwort Ratingskala: 1 – sehr leicht – 7 – sehr schwer

**Was hast du vorwiegend mit den gerade erhaltenen Informationen getan, als die App sich gemeldet hat?**

- Antworten zum Auswählen: Erinnern; Verstehen; Anwenden; Analysieren; Bewerten; Kreieren

**Wie helfen dir die Gefühle bei dem was du gerade getan hast?**

- Antwort Ratingskala: 1 – überhaupt nicht – 7 – sehr

...

Bevor die endgültige Auswahl der Fragen für den ersten App-Prototypen festgelegt werden können, müssen entsprechend des geplanten Evaluationsansatzes die Bedürfnisse der Nutzer spezifiziert werden. Im weiteren Verlauf, d.h. nach der Entwicklung eines ersten Prototyps und dessen Testung sowie Evaluation wird gegebenenfalls eine den gegebenen Nutzeransprüchen entsprechend verbesserte Variante (Prototyp 2) entwickelt und getestet werden. Der Prozess ist iterativ angelegt und wird, wie beschrieben, solange fortgeführt, bis die Nutzeranforderungen so gut wie möglich bedient werden können (siehe dazu auch DIN EN ISO 9241-210). Hierfür ist eine regelmäßige Erfassung und Abstimmung der Anforderungen und der Nutzungskontexte mit dem App-Design nötig und in den weiteren Forschungsprozess eingeplant. Diese Vorgehensweise ermöglicht es auch, die Nutzerakzeptanz so hoch wie möglich zu gestalten. Laut Banse (2009, S. 8) lässt sich die Akzeptanz beispielsweise aus dem konkret wahrgenommenen Nutzen des Produktes sowie des Vertrauens in dieses ableiten. Dies heißt, dass es zu einer Abwägung zwischen dem subjektiv gewichteten und angestrebten Nutzen und den möglichen Gefahren oder negativen Folgen der technischen Handlung oder technologischen Lösung kommt, wobei diese Abwägung rational und emotional geleitet sein kann (vgl. Banse 2008, S. 173f.; 2009, S. 8).

Weitere zu bedenkende und die Akzeptanz erhöhende Faktoren sind laut Banse (2009, S. 7)

a) die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Hard- und Software,
b) die Datensicherheit und deren Integrität sowie Autorisierungen,

c) die Nicht-Gefährdung kritischer Infrastrukturen, bspw. von Organisationen und Einrichtungen des Gemeinwesens bezogen auf Versorgung und Sicherheit, sowie
d) der gegebene Schutz der Privatsphäre und der Selbstbestimmung.

### Ausblick

Mit einem Testlauf einer möglichen *Felix-App*-Anwendung in verschiedenen Lehrveranstaltungen der Universität Potsdam wird der Einsatz und die Nützlichkeit der *Felix-App* umfangreich getestet. Wir versprechen uns, neben neuen Einblicken über die in Lehrkontexten auftretenden Emotionen und Bedürfnisse, auch neue Erkenntnisse darüber, inwieweit die *Felix-App* positive Aspekte auf die Selbstregulation in Lernkontexten liefert. Langfristig soll ein neues Instrument zur Evaluation von Arbeits- und Lerneffektivität etabliert werden, welches den Teilnehmenden gleichzeitig ermöglicht, über problematische und besonders wirksame Arbeits- und Lernkontexte ins Gespräch zu kommen. So kann der Bedeutung von Emotionen und Bedürfnissen in Verbindung mit einer sinnvollen Selbstregulation insbesondere auch in dem Bereich Schule mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden. Ergänzend könnte eine weitere App-Anwendung mit den entsprechenden inhaltlichen Fragen auch als ein reines Evaluationsinstrument eingesetzt werden, welches Lehrveranstaltungen oder unterschiedliche angewendete didaktische Formate in Echtzeit evaluieren kann. Unter Anwendung von ergänzenden physiologischen Parametern in Kombination mit entsprechenden Frageinhalten könnten die Belastung und Beanspruchung in der Situation spezifisch erhoben werden. Hier eröffnen sich auch weitere Anwendungsfelder der unterschiedlichen App-Anwendungen in anderen Kontexten. So wären Einsätze unterschiedlicher App-Anwendungen nicht nur in Schulen oder Universitäten, sondern auch in Betrieben oder in der Freizeit denkbar.

## Literatur

Apelojg, Benjamin (2015): Wirtschaftsunterricht hautnah: Echtzeitmessung von kognitiven Aktivierungsprozessen und Lernerfolg im Wirtschaftsunterricht mittels einer APP. In: Arndt, Holger (Hg.): Kognitive Aktivierung in der ökonomischen Bildung. Schwalbach/ Ts., S. 75–87

Banse, Gerhard (2009): Der gläserne Mensch. –RFID in der Diskussion. In: LIFS ONLINE [www.leibniz-institut.de], ISSN 1864-6972

Banse, Gerhard (2008): Akzeptanz – Akzeptabilität – Emotionalität. In: Ganthaler, Heinrich; Neumaier, Otto; Zecha, Gerhard (Hg.): Rationalität und Emotionalität. Forschung und Wissenschaft – Philosophie. Wien, S. 173–185

Damasio, Antonio R. (2000): Ich fühle also bin ich. Die Entschlüsselung des Bewusstseins. Berlin

Deci, Edward L.; Ryan, Richard M. (2000): The „What“ and „Why“ of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior. In: Psychological Inquiry, Vol. 11, No. 4, S. 227–268

DIN EN ISO 9241-210. (2010). Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems (ISO 9241-210:2010). Berlin

Kiper, Hanna; Meyer, Hilbert; Topsch, Wilhelm (2002): Einführung in die Schulpädagogik. Berlin

Krathwohl, David R. (2002): A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. In: THEORY INTO PRACTICE, Vol. 41, Number 4 (Autumn 2002), pp. 212–218

Meier, Bernd (2013): Wirtschaft und Technik unterrichten lernen. Didaktik für den Fachbereich Arbeit, Wirtschaft, Technik. München

Patal, Erika A.; Vasquez, Ariana C.; Steingut, Rebecca R.; Trimble, Scott S.; Pituch, Keenan A. (2016): Daily interest, engagement, and autonomy support in the high school science classroom. In: Contemporary Educational Psychology, Vol. 46, S. 180–194

Pekrun, Reinhard; Goetz, Thomas; Titz, Wolfram (2002): Academic Emotions in Students' Self-Regulated Learning and Achievement: A Program of Qualitative and Quantitative Research. In: Quantitative Research EDUCATIONAL PSYCHOLOGIST, Vol. 37 (2), S. 91–105

Schwarzer, Ralf; Jerusalem, Matthias (Hg.) (1999): Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen. Berlin

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *131 (2017), 235–240*

Gerhard Banse

# Dankesworte

Meine sehr verehrten Damen und Herren,

nachdem so viel Richtiges und Gewichtiges über mich oder mit Bezug zu mir vorgetragen wurde, fällt es mir schwer, passende Worte zum Abschluss dieser ebenso beeindruckenden wie interessanten Veranstaltung zu finden. Zu allererst bedanke ich mich bei all jenen, die mit der Vorbereitung und Durchführung dieses Kolloquiums befasst waren: den Moderatoren *Armin Jähne* und *Lutz-Günther Fleischer*, dem Laudator *Herbert Hörz*, den Vortragenden *Lutz-Günther Fleischer, Bernd Meier, Horst Klinkmann* und *Peter Hübner, Hans-Otto Dill,* den „Catering-Verantwortlichen" *Heinz-Jürgen Rothe* und *Benjamin Apelojg* sowie *Uta Ernst* alias *Amanda Minkewitz* von der Gratulationsabordnung. Das von *Uta Ernst* Vorgetragene veranlasst mich zu der Anregung, dass wir in der Leibniz-Sozietät nicht umhin kommen werden, der Thematik „Technik in der Literatur" intensiver und detaillierter nachzuspüren. – Mein Dank gilt sodann allen Gekommenen und deren Glückwünschen.

Aus meiner Sicht war die heutige Würdigung dreifach adressiert: an den Präsidenten, an den Technikphilosophen und an den Menschen (wohl wissend, dass sich das realiter nicht voneinander trennen lässt).

## (1) Dank als Präsident der LS

Die Ehrung mit der höchsten Auszeichnung der Leibniz-Sozietät, der Urkunde in lateinischer Sprache, ist für mich als Präsident zugleich Anerkennung für Geleistetes als auch Ansporn für Weiteres. Dass das Präsidium diesen Beschluss vor mir verheimlichen konnte, lässt mich indes nachdenklich darüber machen, was im Präsidium hinter meinem Rücken so alles möglich ist. Vielleicht kann man aber auch erklärend auf den Titel eines Buches verweisen, das ich in den 1980er Jahren als eine Einführung in Selbstorganisationsprozesse gelesen hatte: „Das Orchester spielt ohne Dirigenten" (vgl. Warshavsky/Pospelov 1984).

Das gilt zumindest für gute Orchester – und wohl auch für gute Präsidien...

Nach meiner Wahl zum Präsidenten im Januar 2012 hatte ich u.a. ausgeführt:

> „Für viele der mit dem Wirken unserer Gelehrtengesellschaft im Zusammenhang stehenden Probleme wurden in der zurückliegenden Zeit sinnvolle Lösungen gefunden, für weitere sind Lösungsansätze in greifbarer Nähe gerückt bzw. noch in der Diskussion. Neue Probleme werden indes hinzukommen. Sicherlich wird es nicht für alle Lösungen geben, zumindest nicht solche, die bei allen Mitgliedern und Freunden auf ungeteilte Zustimmung stoßen werden. Damit ist klar, dass es auch für den neuen Präsidenten keine langweilige oder eintönige Arbeit geben wird. Als ‚primus inter pares' kann er nur bestehen, wenn wir gemeinsam sowohl realistische Entwicklungsziele ableiten als auch angemessene Mittel für ihr Erreichen finden und nutzen." (Banse 2012, S. 4)

Das scheint mir – wie der Verlauf des Kolloquiums sichtbar gemacht hat – gelungen zu sein. Ich will mich hier nicht über mögliche Differenzen zwischen Fremdwahrnehmung und Selbstwahrnehmung auslassen („Ich mache doch nur meine Arbeit!"), aber es sei mir gestattet, aus einem der sehr zahlreichen Glückwunsch-Schreiben zu meinem Geburtstag am 28. Juli zu zitieren. Es heißt dort:

> „Nicht jeder, der Ehre verdient, wird geehrt;
> nicht jeder, der geehrt wird, verdient die Ehre.
> Aber in Deinem Fall, lieber Gerhard, stimmen Verdienst und Ehrung überein!"
> (*Roswitha März & Hermann Klenner*)

Dann wird es wohl so sein...

Zwei weitergehende Anmerkungen aus der Sicht des Präsidenten sind mir wichtig:

*Erstens:* Die Arbeit in der Leibniz-Sozietät ist vorrangig durch die *Ehrenamtlichkeit* der Arbeit charakterisiert. Das schließt einerseits ein, dass kein administrativer Zwang möglich ist (eher wohl nur ein moralischer), und bedeutet andererseits, dass die notwendigen Arbeiten erledigt werden müssen, aber möglichst fair auf viele Mitglieder verteilt.

*Zweitens:* Schon *Plato* wusste, dass Fehler den Menschen begleiten, d.h. *Fehler* sind normal. Das muss auch in der und für die Leibniz-Sozietät gelten. Ich plädiere deshalb dafür, zur „Fehlerfreundlichkeit", besser noch zur „Fehlerverzeihlichkeit" zu kommen – ansonsten machen wir uns das Zusammenwirken unnötig schwer.

## (2) Dank als Technikphilosoph

*Lutz-Günther Fleischer* hat mich mit Technologie, *Bernd Meier* mit technischer Bildung und *Herbert Hörz* mit Technikphilosophie in Verbindung gebracht. Alle drei Bezüge haben weit zurückreichende Wurzeln:

– *Technologie:* In den späten 1960er Jahren war ich während meines Studiums studentische Hilfskraft im Lehrgebiet „Chemische Technologie" der Pädagogischen Hochschule Potsdam (Leiter: *Werner Schade*). Dort habe ich auch meine Diplomarbeit „Untersuchung zur Extrahierbarkeit von Indium und Gallium aus salzsaurer Lösung mit organischen Lösungsmitteln" angefertigt. *Werner Schade* hatte 1974 zwar eine „Einführung in die chemische Technologie" publiziert (vgl. Schade 1974), sah aber „weitergehende Verallgemeinerungen" im Sinne einer Allgemeinen Technologie im Gegensatz zu mir als nicht möglich bzw. nicht sinnvoll.
– *Technische Bildung:* In den Jahren 1969 bis 1971 war ich als Lehrer an einer Dorfschule tätig. Zu den von mir zu unterrichtenden Fächern gehörten entsprechend meiner Ausbildung Chemie und Biologie, aber auch Sport und Englisch sowie: EsP – Einführung in die sozialistische Produktion, im Sinne von Technikkunde, allerdings – eingeschränkt – auf Produktionstechnik bezogen.

Beides führte in der Kombination zu Überlegungen für mein Promotionsvorhaben „Philosophische Bezüge der Chemischen Technologie" (als Beitrag zum „aufklärenden" Denken). Dafür gab es aber – wie ich rasch feststellen musste – kaum techniktheoretische Grundlagen. Das entsprach einer Feststellung von *Günter Ropohl* aus dem Jahr 1973, die für mich zunehmend forschungsleitend wurde:

> „Wenn technologische Aufklärung im Speziellen das Allgemeine hervortreten lassen, wenn sie die innere Einheit technischer Problemstellungen und Lösungen verständlich machen soll, so *muß* sie sich auf eine »systematisch geordnete Menge von Aussagen« über den Bereich des Technischen schlechthin stützen können: Technologische Aufklärung *bedarf* einer systematisierenden und generalisierenden, allgemeinen Techniktheorie als fachdidaktische Basis." (Ropohl 1970, S. 227f. – H.d.V.; G.B.)

So kam es im Verlauf der Erarbeitung meiner Dissertation zu einem (von meinem Doktorvater *Hermann Ley* akzeptierten) „Abdriften" in allgemeinere technikphilosophische Überlegungen (vgl. Banse 1974).

– *Technikphilosophie:* Seit der mit *Siegfried Wollgast* verfassten Monografie „Philosophie und Technik“ (vgl. Wollgast/Banse 1979) hat sich mein Interesse einem breiten Spektrum technikphilosophischer Problemstellungen zugewandt, historische und aktuelle, kognitive und normative, methodologische und begriffliche, Technik, Technikwissenschaften, technisches Handeln und Technikfolgenabschätzung bzw. Technikbewertung betreffend. Dazu gab es in der „Laudatio“ entsprechende Ausführungen. Aktuell geht es mir einerseits um die *kulturelle* Dimension des Technischen (bis hin zu Sicherheitskulturen und kultureller Nachhaltigkeit), anderseits um Technik (vor allem Informations- und Kommunikationstechnik) im *Alltag*, um „Nutzungssituationen“, -praxen und -muster (etwa im Rahmen des internationalen Netzwerks „Cultural Diversity and New Media“).

## (3) Dank als „Mensch GB“

An dieser Stelle gilt mein Dank vor allem meiner Frau *Bärbel*, denn unser Weg ist seit mehr als 45 Jahren ein gemeinsamer, mit Höhen und Tiefen. Um mindestens ein gut gemeistertes Konfliktpotenzial anzudeuten sei nur darauf verwiesen, dass mehr als zwei Drittel dieser Zeit durch eine oftmals sehr große räumliche Trennung von unserem Lebensort (Gutengermendorf bzw. Berlin) und meinen Arbeitsorten (Berlin, Cottbus, Potsdam, Bad Neuenahr-Ahrweiler und Karlsruhe) charakterisiert war.

Sodann gilt mein Dank den Herausgebern wie den Autoren der mir gewidmeten, sehr informativen Publikation „Zeiten & Spuren“ (vgl. Banse/Jähne 2016). Dieses Buch veranlasste mich u.a. zu einem „Rückwärts-Blick“ auf meine Geschichte, die sich auch als Folge glücklicher Fügungen und geglückter Entscheidungen beschreiben lässt – im Unterschied etwa zum ständigen Fragen: „Was wäre, wenn...?“

In diesem Zusammenhang zitiere ich aus einer E-Mail *Günter Ropohls* vom 14. August, die er *Bärbel* und mir nach der Lektüre des „Spuren-Bandes“ zugesandt hatte:

> „Was da sachlich und gelassen dargestellt wird, spiegelt ein reiches und erfülltes Leben wider, reich an Erfolgen, reich aber auch an Wechselfällen, die vor allem den politischen Umständen geschuldet sind. Eindrucksvoll ist, was man eher zwischen den Zeilen liest: wie Gerhard letzten Endes alle Schwierigkeiten teils durch freundschaftliche Unterstützung, grossenteils aber auch mit eigener Zuversicht und Kraft bewältigt hat. Wenn im Artikel ein par mal mein Name fällt, bekomme ich richtig rote Ohren. Gemessen an dem vielen Hin und Her, das

> Gerhard erleben musste, ist mein Berufsweg eher ein friedlicher Spaziergang gewesen. Ich weiss das wohl, und umso grösser ist meine Anerkennung für den zeitweilig weniger privilegierten Kollegen."

Meine sehr verehrten Damen und Herren,

abschließen will ich meinen Dank mit einer Aussage aus dem Text von *Armin Jähne* im „Spuren-Band":

> „Noch unter Joachim Herrmann, dem damaligen Sekretar der Klasse Sozial- und Geisteswissenschaften, zu dessen Stellvertreter gewählt, gehörte ich dem erweiterten Präsidium an. Dort traf ich direkt auf den agilen, scheinbar durch nichts zu erschütterten Jubilar, was sich später als Irrtum erweisen sollte. [...] 2012 wurde Gerhard Banse zum Präsidenten der Leibniz-Sozietät gewählt und ich – wider meinem Willen und mehr einem leichten äußeren Zwang nachgebend – zum Vizepräsidenten. [...]
>
> Ich hatte eingangs geschrieben, dass sich Gerhard Banse nicht so leicht aus der Ruhe bringen lasse. Und doch, was er überhaupt nicht leiden kann, ist das unsägliche Zerreden von Problemen, die dadurch erst richtig zu Problemen werden, und das Zerfasern von Lösungsansätzen, was nur behindert und nicht nach vorn führt." (Jähne 2016, S. 219, 222)

So will und werde ich es auch zukünftig halten und hoffe dafür weiterhin auf Ihre Unterstützung.

Ich bedanke mich für die Aufmerksamkeit.

*Gerhard Banse*

## Literatur

Banse, Bärbel; Jähne, Armin (Hg.) (2016): Zeiten & Spuren. Wege. Begegnungen. Rückblicke. Gerhard Banse zum 70. Geburtstag (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 43). Berlin

Banse, Gerhard (1974): Zur philosophischen Analyse der Herausbildung des wissenschaftlichen Technikverständnisses. Dissertation (A). Berlin (Humboldt-Universität zu Berlin, Gesellschaftswissenschaftliche Fakultät)

Banse, Gerhard (2012): Antrittsworte von Gerhard Banse. In: Leibniz intern, Nr. 54, S. 3–4 – URL: http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2012/10/LI-541.pdf

Jähne, Armin (2016): Wie soll ich es benennen... In: Banse, Bärbel; Jähne, Armin (Hg.): Zeiten & Spuren. Begegnungen. Rückblicke. Gerhard Banse zum 70. Geburtstag (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 43). Berlin, S. 219–223

Ropohl, Günter (1970): Gesellschaftliche Perspektiven und theoretische Voraussetzungen einer technologischen Aufklärung. In: Lenk, Hans (Hg.): Technokratie als Ideologie. Stuttgart u.a.O., S. 223–233

Schade, Werner (1974): Einführung in die chemische Technologie. Berlin

Warshavsky, W. I.; Pospelov, D. A. (1984): Das Orchester spielt ohne Dirigenten. Betrachtungen über die Entwicklung einiger technischer Systeme und ihrer Steuerung. Moskau (russ.)

Wollgast, Siegfried; Banse, Gerhard (1979): Philosophie und Technik. Zur Geschichte und Kritik, zu den Voraussetzungen und Funktionen bürgerlicher „Technikphilosophie“. Berlin

## Autoren

*Apelojg, Benjamin*; Dr. rer. pol.; Mitglied der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; Universität Potsdam, Lehreinheit Wirtschaft-Arbeit-Technik, Professur für Technologie und berufliche Orientierung, Karl-Liebknecht-Straße 24–25, 14476 Potsdam, OT Golm; apelojg@uni-potsdam.de

*Banse, Gerhard*; Professor Dr. sc. phil. Professor e.h.; Präsident der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin;Theodorstraße 13, 12623 Berlin; gerhard.banse@partner.kit.edu

*Bieniok, Majken*; Dr. rer. nat.;Universität Potsdam, Lehreinheit Wirtschaft-Arbeit-Technik, Professur für Technologie und berufliche Orientierung, Karl-Liebknecht-Straße 24–25, 14476 Potsdam, OT Golm; majken.bieniok@uni-potsdam.de

*Dienel, Hans-Liudger*; Professor Dr. phil.; Mitglied der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; Technische Universität Berlin, Fachgebiet Arbeitslehre,Technik und Partizipation, Marchstraße 23, 10587 Berlin; hans-liudger.dienel@tu-berlin.de

*Dill, Hans-Otto*; Professor em. Dr. phil. habil.; Sekretar der Klasse für Sozial- und Geisteswissenschaften der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; Pillauer Straße 5, 10243 Berlin; ho.dill@leibnizsozietaet.de

*Fleischer, Lutz-Günther*; Professor Dr.-Ing. habil.; Sekretar der Klasse für Naturwissenschaften und Technikwissenschaften der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; Paul-Junius-Straße 68, 10369 Berlin; fleischer-privat@gmx.de

*Hartmann, Klaus*; Professor Dr.-Ing. habil. Professor h.c. Dr. h.c.; Mitglied der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin;Winterbergstraße 24, 01277 Dresden; gesip@t-online.de

*Henseler, Christoph*; Dipl.-Ing., M.A.; Technische Universität Berlin, Fachgebiet Arbeitslehre, Technik und Partizipation, Marchstraße 23, 10587 Berlin; christoph.henseler@tu-berlin.de

*Hörz, Herbert*; Professor Dr. phil. habil. Dr. h.c.; Ehrenpräsident der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; Hirtschulzstraße 13, 12621 Berlin; herbert.hoerz@t-online.de

*Jähne, Armin*; Professor Dr. phil. habil.; Althistoriker, Geschichte Ost- und Südosteuropas; Vizepräsident der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; Hans-Sachs-Straße 21, 16321 Bernau, OT Schönow; suajaehne@web.de

*Jakupec, Viktor*; Professor Dr. phil.; Mitglied der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; Universität Potsdam, Lehreinheit Wirtschaft-Arbeit-Technik, Professur für Technologie und berufliche Orientierung, Karl-Liebknecht-Straße 24–25, 14476 Potsdam, OT Golm & Deakin University, Faculty of Arts and Education, 1 Piper Pl. Warrnambool, VIC. 3280, Australia; vjakupec@uni-potsdam.de

*Kant, Horst*; Dr. rer. pol.; Stellvertretender Sekretar der Klasse für Naturwissenschaften und Technikwissenschaften der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; Kaiserdamm 102, 14057 Berlin; horst-kant@freenet.de

*Klinkmann, Horst*; Professor Dr. med. habil. Dr. h.c. (mult.); Mitglied der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin, Vorsitzender des Kuratoriums der Stiftung der Freunde der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften; Rostock; hokliro@compuserve.com

*Meier, Bernd*; Professor Dr. paed. habil.; Vizepräsident der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; Universität Potsdam, Lehreinheit Wirtschaft-Arbeit-Technik, Professur für Technologie und berufliche Orientierung, Karl-Liebknecht-Straße 24–25, 14476 Potsdam,OT Golm; meierbe@uni-potsdam.de

*Mertzsch, Norbert*; Dr. rer. nat.; Vorsitzender des VBIW – Verein Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler e.V.; Menzer Straße 39, 16831 Rheinsberg; mertzsch@t-online.de