

Gerhard Banse, Ernst-Otto Reher

## **Ambivalenzen von Technologien – Chancen erhöhen, Gefahren mindern, Missbräuche verhindern**

### **1. Vorbemerkung**

Die Menschheit hat sich daran gewöhnt, jährliche wirtschaftliche Zuwächse zu erleben. Die Jahresbücher und die Wirtschaftsnachrichten weisen diese Zuwächse aus. So werden jährlich 500 Mrd. t Materialien umgeschlagen – d.h. transportiert, verändert, gewandelt, verbraucht –, der fossile Primärenergieumsatz entspricht 125 PWh<sup>1</sup> (vgl. Pfennig 2007) und die Informationsdichte wird ebenfalls größer, und ein Ende der Zuwächse aus allen Technologiebereichen ist nicht zu sehen. So stehen heute noch 2,2 Fußballfelder Land pro Person zur Verfügung für Wohnen, Verkehr und Wirtschaft, davon 1 Fußballfeld für die Landwirtschaft. Durch das Bevölkerungswachstum auf der Welt (2050 ca. 9,19 Mrd. Menschen) werden nur noch ca. 1,5 Fußballfelder zur Verfügung stehen. Auch diese Ressource „Land“ wird knapper werden pro Person. Die Bewältigung obiger Anforderungen eines stetigen Bedürfniswachstums und -befriedigung, bei steigender Weltbevölkerung hat seinen Preis, so dass die Forderung nach Technologieeffizienz und Nachhaltigkeit eine durchaus aktuelle Forderung ist. Nicht nur Klimawandel, Minderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes, sondern auch die effektivere Nutzung unserer Böden und Meere sind wichtige Faktoren, die eine Nachhaltigkeit fordern. Die Abfallproduktion hat derzeit 530 kg/Jahr und Person zu bewältigen, um diese Materialien in den Stoff- und Energiekreislauf zurückzuführen.

Mit neuen Technologieentwicklungen sollen diesen Umständen zum Teil Rechnung getragen werden. Dieser Technologiefortschritt zur Bewältigung anstehender Weltprobleme birgt aber wiederum auch Ambivalenzen – Chancen, Gefahren und Missbrauch – in sich (siehe dazu Abbildung 1 in der „Einleitung“).

---

1 Zu Erklärung: 1 PWh (Petawattstunde) sind 1 Billion Kilowattstunden (kWh) bzw. 1 Billiarde Wattstunden (Wh).

Es werden mit den neuen Technologien Arbeitsplätze geschaffen, aber auch andere Arbeitsplätze vernichtet. Nur noch ca. 30% der arbeitsfähigen Bevölkerung in Deutschland findet in der Industrie und Landwirtschaft eine bezahlte Tätigkeit und der Trend zu 15% zeichnet sich ab. In den USA arbeiten nur noch 1% in der Landwirtschaft und 9% in der Industrie (vgl. Bootle 2004). Neue Technologien vernichten Traditionsberufe und schaffen neue, jedoch ist der resultierende Anteil stets geringer. Die Dienstleistungstechnologien (70%) sollen den Verlust an Arbeitsplätzen in den Produktionstechnologien kompensieren, um die Arbeitslosigkeit zu minimieren. Arbeitszeitverkürzung könnte eine Möglichkeit sein, sozialen Ausgleich zu schaffen.

Von modernen Technologien ausgehend soll versucht werden, verallgemeinerte Ambivalenzen im Rahmen der Allgemeinen Technologie aufzudecken, um Führungsgrößen abzuleiten für

- die Technologieentwicklung;
- den Technologiebetrieb;
- den Technologierückbau;
- die hervorgebrachten Erzeugnisse.

Im Weiteren sollen Betrachtungen zum Technologieumbau, zur Technologieentwicklung und zu Technologieambivalenzen aus verschiedenen Blickwinkeln abgeleitet und kritisch betrachtet werden. Maßnahmen zur Minimierung der Gefahren und des Missbrauchs werden erörtert, um Technik- und Technologieentwicklung „menschwürdiger“ entwickeln und nutzen zu können.

## 2. Begriffliches

„Ambivalenz“ leitet sich aus lat. „ambo“ („beide“, „beidseitig“) und „valere“ („gelten“, „wertig“) her und meint soviel wie Doppeldeutigkeit, Zwiespältigkeit, Doppelwertigkeit, bedeutet auch „sowohl / als auch“ bzw. „Bürde und Segen“. Bezogen auf Technik ist auch vom „Januskopf der Technik“ die Rede (nach Janus, dem altrömischen Gott des Anfangs und des Endes, der deshalb zweigesichtig, nach vorne und nach hinten blickend dargestellt wird).

Ambivalenz umfasst auch die Relativität der *Chancen* und *Gefahren* von Technologien bzw. technischen Sachsystemen, denn diese sind immer auf

- (a) ein Ziel bzw. einen Zweck („Ziel-Mittel-Relation“);
- (b) ein vorgängiges Wertesystem („Kriterien“)

bezogen.

Ein Beispiel soll das belegen. Während der Arbeit am Projekt „Analyse netzbasierter Kommunikation unter kulturellen Aspekten“, in dessen Zentrum die Suche nach einer Antwort auf die Frage „Wie sind die Möglichkeiten

und Auswirkungen des Internets hinsichtlich neuer Formen der Information, Kommunikation und Kooperation in der (Kultur und der) Politik einzuschätzen?“ stand (vgl. Grunwald et al. 2006), wurden unterschiedlichster Vorstellungen entwickelt hinsichtlich demokratischer (d.h. die Demokratie fördernde) Potenziale des Internets im Spannungsfeld von Visionen und Erwartungen einerseits sowie Befürchtungen andererseits (siehe Abbildung 1).

Visionen und Erwartungen	Befürchtungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• „Demokratisierung der Demokratie“</li> <li>• Zivilgesellschaftliche Erneuerung politischer Kommunikations- und Deliberationsformen</li> <li>• Cyberdemocracy: demokratische Selbstverwaltung „von unten“</li> <li>• Bildung einer virtuellen „Agora“</li> <li>• die Weltgesellschaft als virtuelles „globales Dorf“</li> <li>• Entstehung transnationaler demokratischer Öffentlichkeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aushöhlung der etablierten demokratischen Prozesse und Institutionen</li> <li>• Informationsüberflutung und Auswahlprobleme aufgrund fehlender Informationsfilter</li> <li>• unzureichende Medienkompetenz bei vielen Bürgern</li> <li>• Verstärkung bestehender Machtverhältnisse und Interessen (Verstärkungsthese)</li> <li>• Neue Ausgrenzungen (Zugangsprobleme, digital divide)</li> </ul>

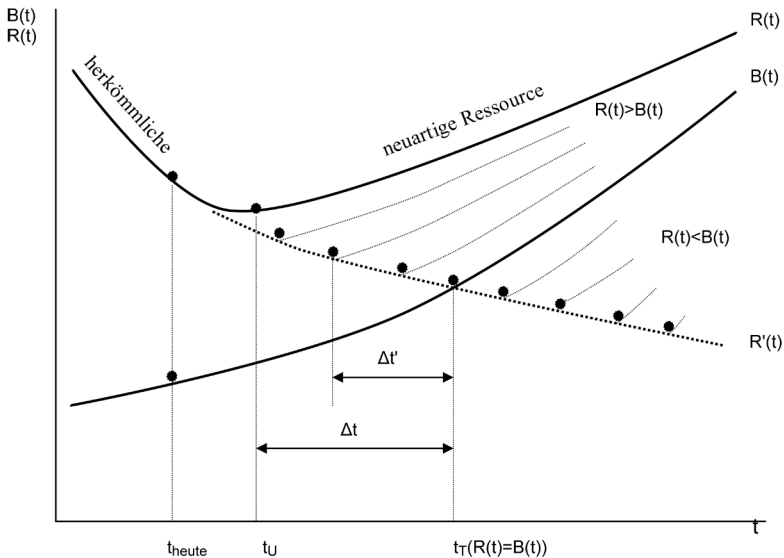
Abbildung 1: Erwartungen und Befürchtungen hinsichtlich netzbasierter Kommunikation  
 Quelle: nach Grunwald et al. 2006

Deutlich wird, dass die Zuordnung in die zwei Spalten nicht apriori erfolgen kann, sondern von vorgängigen Bewertungen (etwa hinsichtlich „gut“ oder „schlecht“) abhängig ist.

Als *Chance* sei die Möglichkeit genannt, dass das „Gewollte“, „Erstrebte“, d.h. das Ziel oder der Zweck erreicht wird (etwa als technische „Funktionserfüllung“). *Gefahr* hingegen meint nicht nur die Möglichkeit, dass das „Gewollte“ nicht erreicht wird, sondern (hier in einem umfassenderen Sinne) die Möglichkeit des Eintritts eines als negativ bewerteten (!! ) Ereignisses, die sich nur unter bestimmten räumlichen und zeitlichen Konstellationen verwirklicht. Eine Gefahr liegt vor, wenn eine Sachlage oder ein Verhalten bei ungehindertem Ablauf des objektiv zu erwartenden Geschehens in absehbarer Zeit und mit hinreichender Wahrscheinlichkeit einen Schaden an einem „Schutzgut“ (Technik, Individuum, Natur, Gesellschaft, ...) verursacht. *Missbrauch* von Technik ist der Gebrauch technischer Sachsysteme auf eine spezifische Weise: „die Anwendung einer Sache auf eine ihrem Zwecke und ihrer Bestimmung zuwider laufende Art“ (Encyclopädie 1773ff.).

### 3. Technologieumbau und Technologieentwicklung

Die Bedürfnisse des Menschen  $B(t)$  sind von Jahr zu Jahr gewachsen. Das betrifft Ernährung, Wohnen, Gesundheit, Kommunikation, Mobilität, Reisen u.a. Die Bedürfniskurve  $B(t)$  ist eine stets ansteigende Kurve, auch schon auf Grund des Wachstums der Weltbevölkerung, dagegen ist die Ressourcenkurve  $R(t)$  eine abfallende. Solange zwischen beiden Kurven kein Schnittpunkt erreicht ist, solange wird durch rasante Technologieentwicklungen weitergemacht wie bisher (siehe Abbildung 2).



- $t_U$  – Technologieumbaubeginn (technologieabhängig)
- $t_r$  – „Technologietod“ (Stillstand)
- $B(t)$  – wächst alleine schon durch Bevölkerungswachstum auf der Welt
- $R(t)$  – wächst wieder durch Technologieumbau unter Nutzung von Material-, Energie- und Informationswandel
- $\Delta t$  – Zeit zum Technologieumbau

Abbildung 2: „Bedürfniskurve“  
eigene Darstellung

Ein Technologieumbau wird, wie später gezeigt wird, erst als erforderlich erkannt, wenn beide Kurven sich annähern bzw. schneiden und somit eine Katastrophe sichtbar wird. Dieser Technologieumbau ist für unsere Zeit aber für viele Technologien erforderlich geworden und muss bei den Betrachtungen der Ambivalenzen von Technologien Beachtung finden.

Wichtig ist es, die minimale notwendige Technologieumbauzeit  $\Delta t$  rechtzeitig zu erkennen und Maßnahmen einzuleiten, die eine stetige Weiterentwicklung und Bedürfnisbefriedigung weiterhin sichert. Die Suche nach Auswegen, um  $R(t)$  zu beeinflussen und durch neuartige Ressourcen zum Ansteigen zu bringen, wird global und regional angestellt (siehe Tabelle 1).

<b>Industriezweig</b>	<b>R(t)-Umgestaltung von herkömmlichen zu neuartigen Ressourcenverbrauch und durch Ressourceneinsparung</b>
Lebensmittel-industrie	Haltbarkeitserhöhung der Lebensmittel, Verwendung bisher nicht beachteter Nahrungsgrundstoffe (z. B. Algen), Fischknappheit überwinden durch Aquakulturen, industrielle Herstellung von Fertigprodukten
Chemische Industrie und artverwandte Prozesstechnologien	Rohstoffgewinnung aus nachwachsenden Stoffen (Stroh, Holz, Laub), Einführung der Kreislaufwirtschaft, Recyclingverfahren, Veredlungs-verfahren für Öl und Gas zu Hightech-Produkten, Wiederbelebung der Kohleverflüssigung
Autoindustrie	Hybridantrieb, Elektroauto, Treibstoffverbrauch, -minimierung, kleine Autos, $C_W$ -Wert-Beeinflussung, Verbundwerkstoffeinsatz
Energie-technologie	Energiegewinnung aus erneuerbaren Ressourcen (Sonne, Wind, Wasser, Erdwärme), Energiereduzierung durch Isolierungen, Abwärmenutzung, Wirkungsgraderhöhung von Kraftwerken
Informations-technologie	Bauteilminimierungen, Si-Einsparungen, Speicherdichteerhöhung, Multifunktionalität von Informationsmitteln (z.B. Handy)
Landwirtschaft, Forstwirtschaft	Schädlingsresistente Pflanzen, Rohstofflieferant und Energielieferant, Öko-Kulturen, Bioprodukte
Bauwesen	Öko-Hausbau, optimiertes Straßennetz
Dienstleistungs-bereiche	Abfallminimierung, Transportoptimierung, optimierte Kundenwünsche befriedigen, Nutzung örtlicher Ressourcen

Tabelle 1: Beeinflussung der Ressourcen-Zeit-Kurve  $R(t)$   
eigene Darstellung

Beispiele sind:

- für Materialtechnologien: Kohlenstoffträger aus nachwachsenden Rohstoffen gewinnen, Kreislaufwirtschaft, Abfallverwertung, effektive Produktionsverfahren fördern und realisieren;
- für Energietechnologien: erneuerbare Energien (Wind, Wasser, Sonne, Erdwärme) statt Kernkrafttechnik nutzen,  $CO_2$ -reduzierte Kohlekraftwer-

ke betreiben;

- für die Informationstechnologien: Pressereduzierung, dafür mehr elektronische Medien (Internet, Fernsehen, Radio) stärker fördern und nutzen.
- Neben den allgemeinen Maßnahmen existiert eine Vielzahl von lokalen speziellen Möglichkeiten, die R(t)-Kurve zum Abknicken zu bringen, um die Bedürfnisbefriedigung zu sichern.

Zudem kann durch staatliche Maßnahmen zum Technologieumbau R(t) und B(t) im Einklang gehalten werden, etwa durch „Nachhaltigkeitswirtschaft“ den Material-, Energie- und Informationswandel zu fördern. Neue Technologieentwicklungen lassen sich daraus sehr oft ableiten, um auch die Technosphäre und nicht nur die Biosphäre zu fördern (vgl. Braungart/Mc Donough 2008).

Durch die Technologieschöpfer werden stets neue Artefakte, Sachsysteme (Technologien, Ausrüstungen, Produktionslinien) in die Welt gesetzt, betrieben, genutzt und auch wieder abgerüstet. Mit ihnen werden Produkte (Erzeugnisse) hervorgebracht, die in der Regel von den Menschen gebraucht werden und somit die Lebensqualität verbessern. Die Ergebnisse der Bionik werden genutzt, um Wirkprinzipien der Natur zu nutzen und neuartige optimierte Produkte hervorzubringen (vgl. Blüchel 2006; Cerman et al. 2005). Die Produktgestaltung betrifft die Oberfläche, die Form, die Struktur u.a. (siehe Tabelle 2).

Leider bringen die neuen Artefakte nicht nur Verbesserungen (Chancen), sondern auch neue Gefahren hervor und auch der Missbrauch kann nicht ausgeschlossen werden. In obiger Abbildung 1 sind nur einige wesentliche Chancen, Gefahren und Missbräuche dargestellt. Sie werden unter verschiedenen Blickwinkeln noch präzisiert.

Aus den (organisierten, mehr oder weniger systematischen) Wechselbeziehungen von Technologieschöpfern und Technologiebegleitern, wie sie auf den vorangegangenen Symposien behandelt wurden, können optimierte Artefakte und Produkte entstehen, die den gegenwärtigen Normen entsprechen, d.h., „Nebenwirkungen“ werden auf ein erträgliches Minimum reduziert. Eine differenzierte Betrachtung aus den verschiedenen Interessenlagen wird die Kompliziertheit dieses Prozesses verdeutlichen.

Technologie- Entwicklungsstufen	Bionik- Gestaltungen		Oberflächen- Gestaltung	Form- Gestaltung	Struktur- Gestaltung	Um- und Durchströmungs- Gestaltung	Sensoren- Gestaltung	Schwarm- Gestaltung	Konstruktions- Gestaltung
	↑	→							
Kognition (Forschung)	Lotusblume	Kletten Gecko-Füsse Haifisch	Koffer-Fisch Haifisch	Schnecken-Gehäuse Algen Spinne	Vögel, Fische, Autos Toms-Effekt	Fledermäuse Hunde Schlangen	Struktur Dynamik Vogelschar Fisch- schwärme	Bäume Pflanzen Knochen	
Invention (Entwicklung)	Mechanismus		Volumen Oberfläche → opt. C <sub>v</sub> -Werte	Schaltkreise Selbst- organisation Fädengestaltung	C <sub>v</sub> -Werte Tragflächen Turbulenz	Sensorik Ultraschall Infrarot Zucker	Modelle	Strukturerkundung Konstruktions- prinzipien	
Innovation (Firmen)	Fabrik für Farben BASF		Auto- Gestaltung	Elektronik Geräte Autofolien Fäden	Flugzeugbau Automobilbau Feuerwehr Pipeline	Gerätebau	Verkehrsfluss	Verbundwerkstoffe	
Diffusion (Markt)	Farben • Fassaden • Autos u. a.		Automarken	Handy Computer Autos Gewebe	Flugzeuge Autos Strömungs-apparate	Geräte	Straßenbau	Bauteile	
Optimierte Produkte aus den Technologien (Beispiele)	Farben Überzüge Beschichtungen Klebbänder Klettverschluss Stacheldraht		Autos Flugkörper Schiffe	Geräte Speicher Werkstoffe	Schiffe Fahrzeuge Flugkörper Pipeline Blättergestaltung Solarzellen	Messgeräte Funktions- bekleidung (Hemden, Schuhe) Hauserrüststation	Verkehrs- gestaltung	Flugzeugbau Apparate-Gerätebau usw. Bauteile Werkstoffe Prothesen Stacheldraht	

Tabelle 2: Bionik als Inspirator für neue Technologien und Produkte  
eigene Darstellung

#### 4. Ambivalenzen im Technologie-Lebenszyklus

In allen Phasen des Lebenszyklus von Technologien treten unterschiedliche und vielfältige Chancen, aber auch Gefahren auf, und der Missbrauch kann auch nicht ausgeschlossen werden. Ein differenziertes Bild des Technologie-Lebenszyklus ist in der folgenden Tabelle 3 zusammenfassend dargestellt.

<b>Technologie-</b>	<b>Chancen</b>	<b>Gefahren</b>	<b>Missbrauch</b>
-entwicklung	Zusammenwirken Natur- u. Technikwissenschaften Kognition, Invention	Spionage, Wirtschaftskriminalität, zu späte Mitwirkung der Geisteswissenschaften, Fehlentwicklungen (CO <sub>2</sub> )	Rüstungsziele anstreben, Vormachtstellung sichern, Abhängigkeiten durch Industrieförderung, Ergebnismissbrauch
	1.1.	1.2.	1.3.
-planung und -projektierung	optimale Lösung vorbereiten, Konsenssuche, Einbeziehung der Öffentlichkeit	Kostenreduzierung durch Auftraggeber gefordert, Nachbesserungen erforderlich, Fehlplanungen	Einsatz risikobehafteter Werkstoffe, unzureichende Sicherheitstechnik
	2.1.	2.2.	2.3.
-bau	Umsetzung neuer Ideen, Entwicklung neuer Industriezweige	Billiganbieter liefert schlechte Qualität, Ackerlandverluste	Einsatz billiger und schlechter Fertigungs- und Montagetechnik
	3.1.	3.2.	3.3.
-betrieb	Arbeitsplätze, Wohlstand, Ansiedlung weiterer Firmen, TGZ	Ressourcenabbau, Umweltbelastungen	Produktmissbrauch, Waffen, Gifte
	4.1.	4.2.	4.3.
-rückbau	Platz für Neues, Recycling	Versorgungslücke	Preistreiberei
	5.1.	5.2.	5.3.



-umbau	C-Trägereinsparung, Kreislaufwirtschaft, erneuerbare Energien	Ackerlandreduzierung, arme Länder – ärmer, reiche Länder – reicher	Hungersnöte weltweit, Nutzflächen der Ernährung, Preistreiber
	6.1.	6.2.	6.3.
-auslagerung	neue Technologiebereitstellung, neue Verfahren	Arbeitsplatzverluste, veraltete Technologie – Abgase, sog. Dreckschleudern	Abhängigkeit vom „Spender“ – Erpressung, Umweltverschmutzung im Ausland
	7.1.	7.2.	7.3.
-transfer	Niveausteigerung in bisher vernachlässigten Bereichen, Erfahrungstransfer (Hard- und Software)	ungenügende Anpassung, vorzeitige Übernahme, Einkommensverluste, Arbeitsplatzverluste	feindliche Übernahme
	8.1.	8.2.	8.3.
-innovation	Kreativitätsschub, Neuerung, Arbeitsplätze	Fehlinvestition, Crash, Insolvenz, unzureichende Erprobung	Fördermittelbetrug, falsche Bilanzen
	9.1.	9.2.	9.3.
-anwendung	Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen, Diffusion der Erzeugnisse	Verlust bewährter Gewohnheiten, Technologieabhängigkeit	zweckentfremdete Anwendung, militärische Produkte, Waffen, Gifte, Munition, Kunstdünger → Sprengstoff, Kanonen, Panzer, politische Erpressung
	10.1.	10.2.	10.3.

<b>Technologie-</b>	<b>Chancen</b>	<b>Gefahren</b>	<b>Missbrauch</b>
-geschichte	Muss noch erarbeitet werden, existiert nur fragmentartig, im Vordergrund steht die Technikgeschichte nur	Fälschungen, Fehlinterpretationen, Parallelentwicklungen in verschiedenen Staaten, Kulturkreisen	Ideologische Beeinflussung, Herrenmenschen, Rassismus fördernd, Propaganda
	11.1.	11.2.	11.3.
-kultur	Neue Lebensbereiche erschließen, materiell, energetisch, informell	Suchterscheinungen, Abhängigkeiten, „Gläserner Bürger“	Meinungsmanipulation der Medien, Überwachung
	12.1.	12.2.	12.3.
-visionen	Ansätze für neue Lösungen diskutieren, Öffentlichkeit einbeziehen	Realitätsverluste	Fehlorientierungen durch Manipulationen, Angst- und Schreckenerzeugung
	13.1.	13.2.	13.3.
-design	Bedienfreundlichkeit, formschöne Ausrüstungsanordnung, Ästhetik	Hohe Kosten, unästhetische Anordnungen, nutzlose Einrichtungen	Mittelverschwendungen, Funktionsverluste
	14.1.	14.2.	14.3.
-kopplung	IFA, neue Produkte, Funktionskopplungen (z.B. Fernseher und Kühlschrank), Hemden mit Chips, Transponder im Schuh u.v.m.	Überwachung, Verletzung der Selbstbestimmung, Lebensqualitätsverluste, komplizierte Trennverfahren	Preistreiberei, Bedürfnismisbrauch, Technikabhängigkeit gefördert, Informationsmissbrauch, „Gläserner Bürger“, Gewinner - Verlierer
	15.1.	15.2.	15.3.
-service	Kundenbetreuung, -gewinnung, Instandhaltung, Prioritätssicherung	Ausschaltung des Wettbewerbs	Knebelverträge, Alleinvertretungsanspruch, Diktate, Erpressung, Dumping
	16.1.	16.2.	16.3.

Tabelle 3: Ambivalenzen im Technologie-Lebenszyklus  
eigene Darstellung

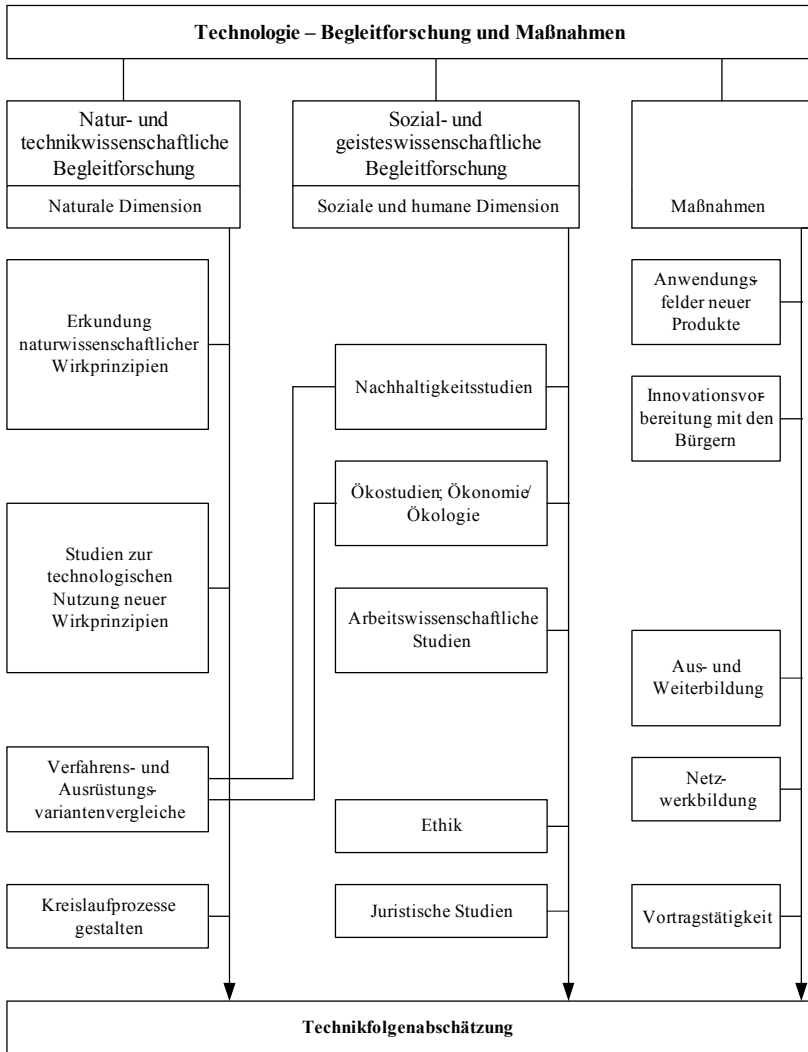


Abbildung 3: Begleitforschung und Maßnahmen eigene Darstellung

Einige vertiefende Ergänzungen aus der Übersicht werden beispielhaft erörtert, um die Wechselbeziehungen zwischen den Lebenszyklusetappen zu ver-

deutlichen. Deutlich wird, dass eine Ganzheitskonzeption über alle Lebensphasen erforderlich ist, um die Ambivalenzen der Technologie nachhaltig beeinflussen zu können. Diese Ganzheitskonzeption muss das Produkt vieler Wissenschaftsdisziplinen sein, die ihre Methoden, Erfahrungen, Konzepte usw. einbringen können. Diese Begleitforschung liefert Restriktionen, Bedingungen, Maßnahmen u.a., um die Technologiegestaltung optimal realisieren zu können (siehe Abbildung 3).

Einige beispielhafte Ergänzungen zur Tabelle 3 sind:

- *Position 2.2:* Falsche Dimensionierung durch falsche Voraussetzungen (z.B. Wasseraufbereitungsanlagen überdimensioniert, Bürger sparen Wasser; Rohrdimensionierungen im Hausbau – Materialeinsparungen führen zu hohen Wartungskosten, Verstopfungen); Überschätzung der Kapazitäten (z.B. Flusshafen der Saale in Halle hat zu wenig Schiffe, Flugplatz in Cochstedt findet keinen Betreiber trotz Modernisierung); jährlich werden Fehlplanungen und -investitionen aller Landesregierungen und der Bundesregierung nachgewiesen, der Katalog ist lang (vgl. etwa das „Schwarzbuch“ der Mittelvergeudung<sup>2</sup>).
- *Position 7.3:* Alte Industrien (z.B. Metallurgie) werden nach China geliefert, danach Kritik wegen Umweltverschmutzung – Auslagerung der „Dreckschleudern“ in Entwicklungsländer, Massenpolymerproduktion nach Asien ausgelagert – niedrigere Umweltstandard als in Europa, Schaffung von „Spender“-Abhängigkeit.
- *Position 10.3:* Militärischer Druck, Waffenexport, Kanonenboot-Politik, Embargodrohungen und -realisierungen, Falschinformationen (z.B. Irak-Krieg, Kaukasus-Krise).
- *Position 15.1:* Schweinemastanstalt und lokale Energieerzeugung mit Biogasanlagen, Elektroenergie- und Wärmekopplungsprozesse.

## 5. Ausgewählte Industriezweige und ihre Bemühungen zur Lösung von Technologieambivalenzen

Derzeit ist eine gesellschaftsrelevante Einstellung erreicht, um Nachhaltigkeitskonzepte in allen Bereichen zu entwickeln und anzuwenden. Ökobilanzen von der „Wiege bis zur Bahre“ oder von der Genese bis zum Rückbau werden als methodisches Konzept ebenso wie Technikfolgenabschätzungen zunehmend integriert. Um das jedoch umfassend hinsichtlich Bio- wie Technosphäre (die zunehmend „verschmelzen“) zu realisieren, bedarf weiterer

2 Vgl. <http://schwarzbuch10.steuerzahler.de/schwarzbuch-themen.php?idtopic=4>.

großer Anstrengungen. Aber nur so ist es möglich, den Wohlstand nachhaltig zu bewahren und weiter zu verbessern. Nachfolgend werden exemplarisch diesbezügliche Anstrengungen in ausgewählten Industriezweigen genannt.

Die *Chemische Industrie* leistet große Anstrengungen, um

- in der Ausbildung (Umweltchemie) Methoden zur Diagnostik und Methoden zur Verminderung von Emissionen zu erreichen;
- nachwachsende Rohstoffe zur Herstellung hochwertiger Chemieprodukte einzusetzen (neue Verfahren);
- die Katalyse als Wirkprinzip durch fundamentale Erkenntnisse in der Forschung vielseitig einzusetzen;
- Mikroausrüstungen für Prozesstechnologien zu verwenden, um mannigfaltige Spitzenprodukte für die Forschung und industrielle Anwendung zu erhalten;
- Polymerwerkstoffe und andere Chemikalien zu entwickeln und herzustellen, die nach ihrem Gebrauch nicht „downcycelt“ werden müssen, sondern „upcycelt“ werden können (vgl. Braungart/Mc Donough 2008) – auf diese Weise können Produkte im industriellen Kreislauf weiter zirkulieren;
- die Gefährlichkeit erzeugter Chemikalien für Mensch und Umwelt zu prüfen und bisher verwendete Stoffe im Kreislauf und in Erzeugnissen durch weniger gefährliche Stoffe zu ersetzen.

Die Chemische Industrie steht, wie kein anderer Industriezweig, unter öffentlicher und staatlicher Kontrolle und Aufsicht.

*Automobilindustrie:* Wenn auch vor wenigen Jahren der Elektro- oder Hybridantrieb in Deutschland noch abgelehnt wurde und als physikalisch unzweckmäßig verurteilt wurde, so bemühen sich jetzt deutsche Automobilhersteller darum, den Rückstand aufzuholen. Darüber hinaus werden kraftstoffsparende, umweltfreundlichere Autos entwickelt. Die umstrittene „Abwrackprämie“ hat sicher dazu beigetragen, dass, soweit vorhanden, asiatische kleinere Autos mit weniger Spritverbrauch in Deutschland auf den Straßen fahren. Der Katalysator hat ganz sicher auch dazu beigetragen, den Schadstoffausstoß zu vermindern.

*Energieerzeugende Industrie:* Der Wandel in der Energieerzeugung wird staatlich gefördert, um erneuerbare Ressourcen zu erschließen: Sonne, Wind, Wasser, Biomasse. Mit diesen Ressourcen können die Bedürfniskurve  $B(t)$  und die Ressourcenkurve  $R(t)$  (siehe Abbildung 3) zwar noch nicht grundlegend beeinflusst werden, aber es ist ein Schritt in die richtige Richtung. Auch der Bau von Kohlekraftwerken mit reduziertem  $\text{CO}_2$ - und  $\text{NO}_x$ -Ausstoß ist erforderlich, obgleich er den Strompreis erhöht, da der energetische Wir-

kungsgrad reduziert wird. Der Versuch, CO<sub>2</sub> zu verpressen und unterirdisch zu deponieren, ist lohnenswert. Die kurzfristige Abschaltung von Kernkraftwerken ist sicher nicht möglich, wenn derzeit überhaupt zweckmäßig. Für die gefahrlose Abfalldeponie von Brennstäben hat die Gesellschaft bislang zu wenig aufgewendet und die Auswirkungen bisher weitgehend ignoriert. Energieressourcen können auch durch höhere Energieeffizienz in der Anwendung (Gebäudeisolierungen u.a.) eingespart werden.

*Land- und Forstwirtschaft:* Die Umstellung auf Bioprodukte schreitet voran und wird vom Kunden angenommen. Leider findet oft auch Betrug statt. So wurde kürzlich bekannt, dass sogenannte Bioeier mit „0“ gekennzeichnet werden, die nach einer staatlichen Kontrolle diese Kennzeichnung nicht verdienen. Gentechnologisch modifizierte Produkte erfordern, weniger giftige Schädlingsbekämpfungsmittel anzuwenden (Giftstoffreduzierung). Die Antibiotikavermeidung in Tierzucht und Tierhaltung wird notwendig, da Antibiotika in den Biosphärenkreislauf treten und großen Schaden anrichten (Resistenzen gegen Medikamente). Land- und forstwirtschaftliche Abfälle stellen Rohstoff- und Energieressourcen dar (z.B. Biogas, Kohlenstoffressource; siehe Tabelle 6).

## 6. Thesen

- (1) *Jeder Fortschritt (Technologie, Technik, Erzeugnisse) erzeugt Ambivalenzen – Chancen, Gefahren, Missbrauch (siehe Abbildung 4)*
- (2) *Vordergründig sehen Natur- und Technikwissenschaften in ihrem Handeln die Chancen der Technologie; Sozial- und Geisteswissenschaften beachten stärker die Gefahren und den Missbrauch*

Im Zusammenwirken beider Kulturen entstehen Kompromisslösungen. Dieser Umstand resultiert letztlich schon aus den bisherigen Ausbildungen. Die Schlussfolgerung muss lauten: ein verändertes Ausbildungsprofil, das eine Brücke zwischen den Kulturen herstellt.

Als Beispiel sei auf folgende Einschätzung verwiesen: „Angehörige technischer Berufe neigen [...] dazu, nach ausschließlich technischen Lösungen der Energiefrage zu suchen und reagieren oftmals irritiert, wenn in der Öffentlichkeit eine stärkere Berücksichtigung der mit Energiesystemen verbundenen ethischen Probleme eingefordert wird. Umgekehrt hat sich die in den Sozial- und Geisteswissenschaften geführte Debatte um die Vertretbarkeit von Energiesystemen oftmals auf rein qualitative Aspekte der betrachteten Systeme konzentriert und dabei nur unzureichend die na-

turwissenschaftlich-technischen Rahmenbedingungen berücksichtigt“ (Streffler et al. 2005, S. 5).

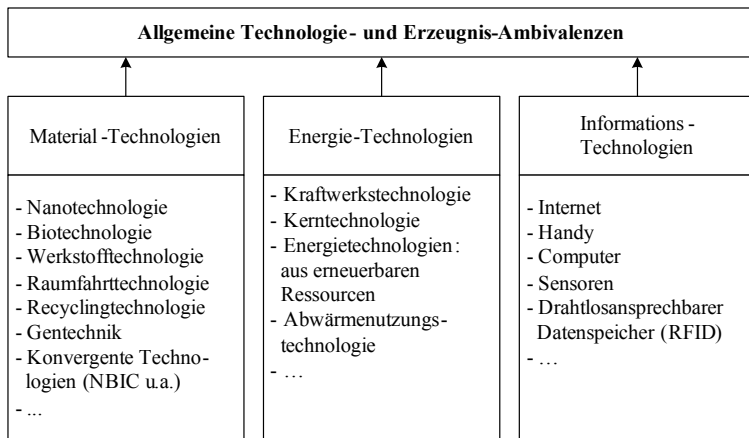


Abbildung 4: Ausgewählte Technologien, die unseren Lebensstandard mitbegründen und dennoch Fluch und Segen verkörpern eigene Darstellung

(3) *Mit den Methoden der Technikfolgenabschätzungen wurde ein Instrumentarium geschaffen, das optimierte Lösungen entwickeln lässt*

Damit den Technologieschöpfern kein zügelloses und unkontrolliertes Handeln erlaubt wird, haben die Technologiebegleiter mit den Technologiefolgenabschätzungen sich ein Instrumentarium geschaffen, das kritisch, beginnend über den gesamten Entstehungsprozess (Kognition, Invention, Innovation und Diffusion) bis zum Rückbau, Chancen, Gefahren und den Missbrauch bewerten und durch Maßnahmeneinleitung (Empfehlungen, Auflagen, Gesetze, Verbote u.a.) an der Optimierung der Artefakte und ihrer Produkte mitwirken kann (siehe vorne Tabelle 4).

Technikfolgenabschätzung umfasst 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 (vgl. Banse/Lorenz 2007; vgl. umfassend Grunwald 2002).

<p><i>Behörden, Ämter, Kommissionen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- TÜV, Ethikkommissionen, Verbraucherschutzeinrichtungen, Aufsichtsbehörden (Bergbau, Umwelt, Gesundheit, Bau u. a.), Inspektionen (Hygiene, Sicherheit), Kartellamt, nationale und internationale Normausschüsse (DIN, Euro), internationale Kommissionen (Atom-, Abrüstungs-, Umwelt- u. a.)</li> </ul> <p><i>Spezialisierte Institute</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Robert-Koch-Institut, Bundesinstitut für Risikoforschung, Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM), Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse</li> </ul> <p><i>Unabhängige Sachverständige</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- „Wirtschaftsweisen“, Wirtschafts- und Ökoinstitute</li> </ul> <p><i>Öffentlichkeit</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Medien (Presse, Fernsehen, Rundfunk), Runde Tische, Bürgerinitiativen, Vereine, Gesellschaften</li> </ul> <p>Alle diese Instanzen sind an optimierten Technologielösungen beteiligt</p>
---

*Tabelle 4: Einrichtungen zur Technologieüberwachung und –beeinflussung (Auswahl) eigene Darstellung*

In der VDI-Richtlinie 3780 „Technikbewertung. Begriffe und Grundlagen“ vom März 1991 werden folgende Werte als Bewertungskriterium und Anforderungsstrategie für technisches Handeln als entscheidend ausgewiesen (vgl. VDI 1991):

Funktionsfähigkeit;

– Sicherheit;

– Gesundheit;

– Umweltqualität;

– Wirtschaftlichkeit (einzelwirtschaftlich);

– Wohlstand (gesamtwirtschaftlich);

– Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität.<sup>3</sup>

Diese Kriterien sind mit Blick auf den jeweils zur Diskussion stehenden Technikbereich zu konkretisieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es

3 *Werte* sind mehrstellige Relationen, die die Bedeutung von Sachverhalten für den Menschen bestimmen. Sie kommen in Wertungen zum Ausdruck und sind bestimmend dafür, dass etwas anerkannt, geschätzt, verehrt oder erstrebt (bzw. abgelehnt, verachtet oder nicht erstrebt) wird; sie dienen somit zur Orientierung, Beurteilung oder Begründung bei der Auszeichnung von Handlungs- und Sachverhaltsarten, die es anzustreben, zu befürworten oder vorzuziehen (bzw. auszuschließen) gilt. Der Inhalt eines Wertes kann aus Bedürfnissen hervorgehen. Er konkretisiert sich insbesondere in Zielen, Kriterien und Normen. – Jeder dieser acht Werte kann weiter differenziert werden.



zwischen ihnen neben „Folgebeziehungen“ und „Gleichgerichtetheit“ vielfältige Konkurrenzbeziehungen gibt, die darauf verweisen, dass jeweils Abwägungen vorzunehmen sind, die subjektiv unterschiedlich gewertet werden (können).

Im Arbeitskreis Allgemeine Technologie der Leibniz-Sozietät wurde vor diesem Hintergrund der „technologische Trichter“ eingeführt, mit dem visualisiert wird, dass jede technische Entwicklung einen Bewertungs- und Selektionsprozess durchläuft, in dem sukzessive die komplexe Frage zu beantworten ist, ob das, was naturwissenschaftlich möglich, technisch-technologisch realisierbar und ökonomisch machbar ist, sich auch als gesellschaftlich wünschenswert und durchsetzbar, ökologisch sinnvoll sowie human vertretbar erweist (vgl. Banse/Reher 2004, S. 6f.).

Der technologische Trichter kann in zweifacher Weise interpretiert werden: *Erstens* im Sinne einer sukzessiven Einschränkung/Verkleinerung einer anfänglichen Schar von Lösungsmöglichkeiten durch die Berücksichtigung der unterschiedlichen Kriterien als Begrenzungen des technisch Realisierbaren. *Zweitens* im Sinne einer allmählichen Konkretisierung einer anfangs „unscharfen“, zunächst nur denkbaren Lösung durch die Beachtung der unterschiedlichen Kriterien als Anforderungen an ein tatsächliches Produkt.

- (4) *Nutzlose Technologien und Erzeugnisse verschwinden vom Markt (Angebot – Nachfrage), schadenbringende nicht (z.B. Waffen) (siehe Tabelle 5)*

<b>Jahr</b> <b>Land</b>	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
USA	15,30	11,40	11,50	5,80	4,90	5,50	6,60	6,80	7,40	7,90	6,20
RUS	2,00	4,00	4,30	5,80	5,60	5,20	6,40	5,50	6,20	4,60	6,00
D	1,80	1,70	1,60	0,80	0,90	1,70	1,00	1,90	2,40	3,30	2,80
F	3,30	1,80	1,10	1,30	1,30	1,30	2,20	1,60	1,50	2,60	1,60
UK	1,40	1,30	1,50	1,20	0,90	0,60	1,20	0,90	0,90	1,10	1,10
E	0,16	0,03	0,05	0,01	0,12	0,16	0,06	0,13	0,76	0,55	0,62
NL	0,60	0,32	0,26	0,19	0,24	0,34	0,21	0,58	1,22	1,24	0,55

Tabelle 5: Rüstungsausgaben (in Mrd. US\$)

Quelle: nach <http://de.wikipedia.org/wiki/R%C3%BCstungsindustrie>

- (5) *Nicht nur Technologien haben ambivalente Wirkungen, sondern auch ihre Erzeugnisse*

Auszugehen ist von unterschiedlichen „impacts“ von Technologien und

ihren Erzeugnissen auf Mensch, Natur, Gesellschaft, Kultur, Ökonomie, Politik usw., wie sie in Abbildung 5 dargestellt sind.

vorhersehbar	nichtvorhersehbar
intendiert	nichtintendiert

Abbildung 5: Arten von Wirkungen  
eigene Darstellung

Produkt	(angestrebte) Wirkung	Nebenwirkung
Pharmaka	Heilung	Beschwerden
Lebensmittel	Ernährung	Allergien, Konservierungsmittel
Transportmittel	Mobilität	Umweltbelastungen (Lärm, Abgase, Abrieb)
Handy	mobile Kommunikation	Elektrosmog
Verpackungsmittel	Hygiene, Transport	Abfall, Ressourcenmissbrauch
Produktionsstätte	Produkte, Arbeitsplätze	Landflächenverbrauch, Umweltbelastung
Chemikalien	vielseitiger Nutzen (Dünger, Kunststoffe)	Vergiftungen, Abfall, Nebenprodukte
Waffen	Schutz, Verteidigung	Krieg, Mord
Chipanbringung an Erzeugnissen	Identifikation	Überwachung, „Gläserner Mensch“
Häuser	Wohnen	Landflächenverbrauch
Internet	Informationen	Spielsucht, Spam, Pornographie, Datenmissbrauch

Tabelle 6: Produkt-Ambivalenzen  
eigene Darstellung

Aus diesem Grund müssen sich auch die Händler (Vertrieb) und die Verbraucher mit der Ambivalenz ihrer Erzeugnisse auseinandersetzen. Der Gesetzgeber überwacht die Kennzeichnung der Produkte und formuliert Vorgaben, die einzuhalten sind. Der Verbraucher kann den Absatz der Produkte beeinflussen (Bioprodukte, Plagiate, gesundheitsschädigendes Spielzeug, durch Kinderarbeit erzeugte Produkte, Produkte aus Waldvernichtung (Amazonas) u.a. (siehe Tabellen 6 und 7).

Artefakte	Nebenwirkungen ⇒ Minderung der Nebenwirkungen
Materialtechnologien	Rohstoff-Ressourcenverbrauch ⇒ Kreislaufwirtschaft / Abfallverwertung, Technosphäre gestalten
Ergietechnologien	Rohstoff-Ressourcenverbrauch ⇒ Alternative Ergietechnologien, rationelle Energieanwendung, Energieeffizienz, Koppelprozesse realisieren
Informationstechnologien	Schaffung von Informationsmüll, Suchtgefahr, Informationsmissbrauch, „gläserner Mensch“ ⇒ Virenschutzprogramme, Verbraucherschutz, medizinische Betreuung
Spezielle Technologien und Techniken: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nanotechnologie</li> <li>• Verkehrstechnik</li> <li>• Kunststofftechnologie</li> <li>• Lebensmitteltechnologie</li> <li>• Werkstofftechnologie</li> <li>• Chemische Technologie</li> </ul>	Angst vor „grauen Schleim“, unerwünschte Selbstorganismen, Zerstörung von Organismen (Mensch und Tier) ⇒ Geschlossene Apparaturen, Reinstraumbedingungen, Gasphasenprozesse in Flüssigphasenprozesse wandeln, Katalyse  Lärm, CO <sub>2</sub> , Abrieb (Reifen), Meere- und Flüsseverunreinigungen ⇒ Schadstoffarme Autos, Elektroauto, Hybridantriebe  recycelbare Abfallberge, Kohlenstoffträgerverbrauch, Autoreifenabfälle, giftige Inhaltsstoffe ⇒ biologisch abbaubare Kunststoffe, Abfallaufarbeitung für neue Anwendungen  Einsatz von Konservierungsmittel, Allergien, vergiftetes Fleisch, Gammelfleisch, BSE, Produktumetikettierungen ⇒ verstärkte Kontrollen, Hygienevorschriften (Beispiel: Fisch – Aquakulturen anlegen)  Hoher Energie- und Rohstoffverbrauch, Emissionen ⇒ Recyclingindustrie, Wiederverwertungstechnologie  Schadstoffhavarien, Schadstoffausbrüche, Brände, Explosionen ⇒ Warnung der Bevölkerung, Antihavarietraining, Evakuierungen
	⇒ Minderung der Nebenwirkungen Nutzen

Tabelle 7: Minderung von Nebenwirkungen  
eigene Darstellung

- (6) *Die regionalen und globalen Ambivalenzen von Technologie sind objektiv stets präsent, nur die Blickwinkel der Menschen – ob Unternehmer, Politiker, Arbeitnehmer, Umweltschützer, Greenpeace-Anhänger u.a. Gruppen – führen in der Bewertung der Chancen, der Gefahren und des Missbrauchs zu unterschiedlichen Urteilen*

Diese (Wert-)Urteile reichen von Ablehnungen bis Befürwortungen der Technologie, je nachdem wie die Zugehörigkeit der Menschen in der sozialen Gesellschaftsstruktur ist. Durch wissenschaftliche und wirtschaftliche Aufwendungen und sozialpolitische Maßnahmen kann das Verhältnis von Chancen und Gefahren grundsätzlich verbessert werden. Missbrauch kann in der Regel nur durch den Gesetzgeber und seine Kontrollorgane verhindert werden.

Alle wissenschaftlich-technischen und gesellschaftlichen Bestrebungen müssen auf das „Schwergewicht Chancen“ gerichtet sein.

## 7. Emergenz und Technologie

Die Wissenschaft ist mittlerweile vom Zeitalter des Reduktionismus in ein Zeitalter der Emergenz übergegangen, eine Ära, in der die Suche nach den letzten Ursachen der Dinge sich vom Verhalten der Teile auf das Verhalten des Kollektivs verlagert.

Der Widerstreit zwischen diesen beiden Konzeptionen des Ultimativen – dem Gesetz der Teile oder dem Gesetz des Kollektivs – ist nicht nur sehr alt, er ist auch aktuell. Für einen bestimmten Zeitraum der Geschichte mag einer der Pole stärker sein als der andere, doch dessen Vorherrschaft ist zeitlich begrenzt, weil das Wesen der Handlung der Widerstreit selbst ist (vgl. Laughlin 2009).

Die allgemeinen Feststellungen treffen auch für die Technikwissenschaften und somit auch für die Technologie zu. Johann Beckmann war mit seinem Konzept der „Allgemeinen Technologie“ (vgl. Beckmann 1806) sehr vorausschauend obigen Feststellungen vorausgeeilt. Trotzdem überwog anfangs der Reduktionismus auch in der Technologie und erst mit der Entwicklung der Computer konnten komplexere technologische Aufgabenstellungen quantitativ erfolgreich gelöst werden.

Es begann mit der Zerlegung komplexer technologischer Linien in Grundoperationen, die sich in einzelnen Maschinen (z.B. Zentrifugen) und Apparaten (z.B. Trockner, Filter, Mühle) abspielten. Dazu werden die Methoden der Ähnlichkeitstheorie zur Maßstabsübertragung entwickelt und angewendet.

Diese Methoden wurden schon früher in weniger komplexen Prozessen angewendet und entwickelt (z.B. Strömungsmechanik und Wärmelehre).

Mit der Entwicklung der Rechentechnik konnten die noch komplexen Prozesse der Grundoperationen weiter zu sogenannten Mikro- und Teilprozessen aufgelöst (reduziert) und berechnet werden. Gleichzeitig erfolgte die Synthese der Grundoperationen zu kybernetischen Systemen. Die Rechentechnik machte es möglich, quantitative Aussagen über die gesamte technologische Linie zu machen, die früher nur mühsam und unvollständig möglich waren. Aus verbalen Aussagen, wie z.B. über technologische Schaltungen, Strukturierungen des System, Dynamik, Stabilität, Zuverlässigkeit, Sicherheit usw., konnten nun quantifizierte Ergebnisse vorgelegt werden. Dabei existierte kein Widerspruch zwischen den Ansätzen, Elementerkenntnisse bzw. Kollektiverkenntnisse zu erarbeiten, sondern die Elemente gingen im Komplexen auf und erbrachten neue technologische Erkenntnisse und Fortschritte bei der Entwicklung, beim Betrieb, bei der Anwendung und beim Rückbau von Technologien, es kam zur Arbeitsteilung der Technologie-Ingenieure, die in der Ausbildung (Prozess- und Systemtechnik) und im Berufseinsatz wirksam wurde. Darüber hinaus wurden spezialisierte Ingenieure ausgebildet, z.B. Wirtschaftsingenieure, Vertriebsingenieure, Instandhaltungsingenieure, Sicherheitsingenieure, um den komplexen Charakter der Technologie (Einheit von Hard- und Software) abzusichern, in allen seinen Phasen des Reproduktionsprozesses.

Heute ist es möglich, auf Grund der reduktionistischen wie auch der emergenten Erkenntnisse über Technologien, ohne einen Prototyp zu bauen, eine optimal strukturierte Anlage zu entwerfen, zu berechnen und zu gestalten. Neben wissenschaftlich-technischem Wissen liegen heutzutage Erfahrungen der Ingenieur-Praxis vor, die diese Möglichkeit gestatten. Technologische Ordnungsprinzipien – gesammelt, gespeichert, abrufbar und verwendbar aufbereitet – sind über Generationen von Ingenieuren bereitgestellt worden. An ihrer weiteren Vervollständigung wird in beiden Richtungen, d.h. unter Anwendung reduktionistischer als auch emergenter Methoden geforscht und entwickelt (vgl. auch Banse 2011). Letztlich war dieser qualitative Sprung der Technologie nur durch die Entwicklung der Computertechnologie möglich, so dass heute mathematische Modelle und ihre Lösungen erst möglich und mathematische Modelle die Grundlage moderner Technologien wurden (vgl. Hartmann/Reher 2009) und beide Konzeptionen gleichberechtigt nebeneinander angewendet werden (vgl. Hartmann 2008; Reher/Banse 2008).

Prioritäten eines der Konzepte entstehen lediglich (und nur) aus der Aufgabenstellung heraus. Ein Widerstreit der Konzepte bei der Erforschung und Realisierung von Technologien gibt es nicht, sie ergänzen sich zur Erreichung der gestellten Zielfunktionen. Letztlich ist das technologische Paradigma eine Folge emergenter Entwicklungen in der Technologie.

Beckmanns allgemeine Technologie-Konzeption spiegelte den Dualismus von Reduktionismus und Emergenz schon wider, konnte aber erst jetzt aus der Phase der verbalen Darstellung über Modelle quantifizierbar gemacht werden, an der viele Wissenschaftsdisziplinen teilhaben (auch Sozial- und Geisteswissenschaften).

Mit der Behandlung der Ambivalenzen der Technologie in unserem 4. Symposium gehen wir einen weiteren Schritt bei der Ableitung technologischer Ordnungsprinzipien und damit emergenter Eigenschaften der Technologie. Sie betreffen die Mikro- und die Makroebenen der Technologie, beinhalten Einflüsse auf deren naturale, humane und soziale Aspekte.

Die vorstehenden Ausführungen können in bzw. mit der in der „Einleitung“ zu diesem Band enthaltenen Abbildung 1 zusammengefasst werden.

## Literatur

- Banse, G. (2011): „Nicht so exakt wie möglich, sondern so genau wie nötig!“ – Das Einfachheitsprinzip in den Technikwissenschaften. In: Sommerfeldt, E.; Hörz, H.; Krause, W. (Hg.): Einfachheit als Wirk-, Erkenntnis- und Gestaltungsprinzip. Berlin, S. 93-104 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 108)
- Banse, G.; Lorenz, C. (2007): Technikfolgenabschätzung und „Ubiquitous Computing“. Sensosysteme im Spannungsfeld zwischen technischem Fortschritt und gesellschaftlicher Entwicklung. In: Wangermann, G. (Hg.): Theoria cum praxi. Fünf Jahre Leibniz-Institut für interdisziplinäre Studien e. V. (LIFIS). Berlin, S. 237-256 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 90)
- Banse, G.; Reher, E.-O. (2004): Einleitung. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Fortschritte bei der Herausbildung der Allgemeinen Technologie. Berlin, S. 5-16 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 75)
- Beckmann, J. (1806): Entwurf der allgemeinen Technologie. In: Beckmann, J.: Vorrath kleiner Anmerkungen über mancherley gelehrte Gegenstände. Drittes Stück. Göttingen, S. 463-533
- Blüchel, K. G. (2006): Bionik. Wie wir die geheimen Baupläne der Natur nutzen können. 2. Aufl. München
- Bootle, R. (2004): Hoffnung auf Wohlstand. Chancen und Risiken der Weltwirtschaft. Hamburg

- Braungart, M.; McDonough, W. (2008): Einfach intelligent produzieren. 3. Aufl. Berlin
- Cerman, Z.; Barthlott, W.; Nieder, J. (2005): Bionik. Was wir von den Pflanzen und Tieren lernen können. Reinbek b. Hamburg
- Encyclopädie (1773ff.): Oeconomische Encyclopädie, oder allgemeines System der Land- Haus- und Staats-Wirthschaft, in alphabetischer Ordnung. Berlin. – URL: [http://www.kruenitz1.uni-trier.de/site/a\\_to\\_z.htm](http://www.kruenitz1.uni-trier.de/site/a_to_z.htm)
- Grunwald, A. (2002): Technikfolgenabschätzung. Eine Einführung. Berlin
- Grunwald, A.; Banse, G.; Coenen, Chr.; Hennen, L. (2006): Netzöffentlichkeit und digitale Demokratie. Tendenzen politischer Kommunikation im Internet. Berlin
- Hartmann, K. (2008): Verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen – Grundlage für die Analyse und Synthese modularer technologischer Systemmodelle. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Allgemeine Technologie – verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie. Berlin, S. 105-125 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 99)
- Hartmann, K.; Reher, E.-O. (2009): Mathematische Modelle – Grundlage für moderne Technologien. In: Banse, G.; Küttler, W.; März, R. (Hg.): Mathematik im System der Wissenschaften. Berlin, S. 131-145 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 24)
- Laughlin, R. B. (2009): Abschied von der Weltformel. Die Neuerfindung der Physik. München
- Pfennig, A. (2007): Globale Bilanzen als Wegweiser für nachhaltiges Wirtschaften. In: Chemie-Ingenieur Technik, Jg. 70, Nr. 12, S. 2009-2018
- Reher, E.-O.; Banse, G. (2008): Der Einfluss der naturalen, sozialen und humanen Dimensionen der Technologie auf den Prozess-Stufenmodul der Materialtechnik mit dem Ziel der Herausbildung einer allgemeinen Prozesstechnik. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Allgemeine Technologie – verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie. Berlin, S. 71-103 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 99)
- Streffler, Chr.; Gethmann, C. F.; Heinloth, K.; Witt, A.; Rumpff, K. (2005): Ethische Probleme einer langfristigen globalen Energieversorgung. Berlin/New York
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure (1991): VDI-Richtlinie 3780 „Technikbewertung. Begriffe und Grundlagen“. Düsseldorf, März