

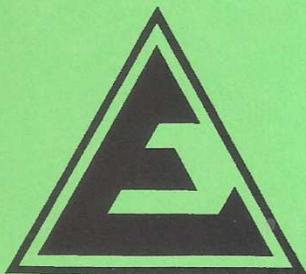
MITTEILUNGEN

der Wilhelm - Ostwald - Gesellschaft zu Großbothen e.V.

9. Jg. SONDERHEFT 18 2004

Nachhaltigkeit – Technik – Energetik

Vorträge zum 150. Geburtstages von Wilhelm Ostwald



**Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen
e.V.**

9. Jg. 2004, Sonderheft 18
ISSN 1433-3910

Nachhaltigkeit – Technik – Energetik

Vorträge zu dem Symposium anlässlich
des 150. Geburtstages von Wilhelm Ostwald
am 16. September 2003 in Großbothen

herausgegeben
von
Wolfgang Fratzscher



© Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V. 2004, 9. Jg.

Herausgeber der „Mitteilungen“ ist der Vorstand der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V., verantwortlich:

Dr.-Ing. K. Hansel, Grimmaer Str. 25, 04668 Großbothen,

Tel. (03 43 84) 7 12 83, Fax (03 43 84) 7 26 91

Konto: Raiffeisenbank Grimma e.G. BLZ 860 654 83, Kontonr. 308 000 567

E-Mail-Adresse: ostwald.energie@t-online.de

Internet-Adresse: www.wilhelm-ostwald.de

Der Nachdruck ist nur mit Genehmigung der Redaktion gestattet.

Namentlich gezeichnete Beiträge stimmen nicht in jedem Fall mit dem Standpunkt der Redaktion überein, sie werden von den Autoren selbst verantwortet.

Für Beiträge können z. Z. noch keine Honorare gezahlt werden.

Einzelpreis pro Heft € 5,-. Dieser Beitrag trägt den Charakter einer Spende und enthält keine Mehrwertsteuer. Für die Mitglieder der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft ist das Heft kostenfrei.

Der Vorstand der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V. dankt dem
Arbeitsamt Oschatz für die freundliche Unterstützung bei der
Herausgabe der „Mitteilungen“.

Inhalt

Das Symposium „Nachhaltigkeit – Technik – Energetik“ anlässlich des 150. Geburtstages Wilhelm Ostwalds <i>Wolfgang Fratzscher</i>	4
Zur Stellung und Struktur der Technikwissenschaften <i>Wolfgang Fratzscher</i>	8
Ostwalds Ideen zum Energiefluss in der Biosphäre <i>Hermann Berg</i>	32
Nachhaltige Entwicklung: Die Rolle der Wissenschaft bei der Gratwan- derung zwischen Globalisierung, Standortsicherung und Umweltschutz <i>Ortwin Renn</i>	42
Thermodynamik, Reduktionismus und Holismus <i>Klaus Wetzel</i>	65
Der Visionär Wilhelm Ostwald - ein Vordenker im Zwiespalt von gewünschtem Handeln und rationalem Begründen <i>Jan-Peter Domschke</i>	75

Das Symposium „Nachhaltigkeit – Technik – Energetik“ anlässlich des 150. Geburtstages Wilhelm Ostwalds

Wolfgang Fratzscher

Die Spuren, die OSTWALD in den Natur- und Geisteswissenschaften hinterlassen hat, sind schon vielfach aufgezeigt worden und nach wie vor immer wieder einer Diskussion wert. Seltsamerweise ist die Bedeutung ostwaldscher Überlegungen für technikwissenschaftliche Zusammenhänge bisher nicht näher untersucht worden. Das mag daran liegen, dass OSTWALD mit technikwissenschaftlichen Institutionen, die damals an den nicht voll anerkannten Technischen Hochschulen angesiedelt waren, keinen direkten und unmittelbaren Kontakt hatte. Allerdings unterhielt er Verbindungen zum VDI, der Standesorganisation der Ingenieure, und Moritz SCHRÖTER z.B., ein Schüler von Gustav ZEUNER aus dessen Züricher Zeit, hat in seiner Eigenschaft als Vorsitzender des Bayrischen Bezirksvereins des VDI OSTWALDS Bestrebungen um Mitwirkung in der Weltsprachebewegung aktiv gefördert.

Ein Ausgangspunkt für unsere Diskussionen lässt sich etwa durch das bekannte Zitat von Aurel STODOLA kennzeichnen:

Der Naturwissenschaftler begnügt sich mit der Aufstellung der Differentialgleichung, aber der Ingenieur haftet für den Integraleffekt.

Dahinter steht die unterschiedliche Modellierungsstrategie in den beiden Bereichen. In der Naturwissenschaft ist es möglich und oft sogar notwendig „künstliche“ Systeme zu definieren, wie die bekannten isolierten, abgeschlossenen oder adiabaten Systeme, die eine Reihe von Wechselwirkungen des Untersuchungsobjektes mit der Umgebung unterbinden oder sie häufig nur auf eine bestimmte Wechselwirkung reduzieren. So kann z.B. die Energie für abgeschlossene Systeme als eine Größe definiert werden, die, unabhängig von den beteiligten Feldern und Bewegungszuständen, für das System konstant bleibt. Mit dieser Definition lassen sich alle naturwissenschaftlich relevanten Konsequenzen aus dem Energiebegriff, d.h. die Aussagen des Energieprinzips, vollständig aufzeigen.

Die Technik hat demgegenüber die Aufgabe, „künstliche“ funktionierende Systeme in der realen Welt, d.h. unter Einbeziehung aller Wechselwirkungen mit der vorhandenen Umgebung oder besser den Umgebungen zu schaffen. Diese künstlichen Systeme existieren in der angestrebten Form nicht in der Natur. Für die Realisierung der Aufgabe haftet der Ingenieur, und die Technikwissenschaften müssen ihm die Mittel und Methoden zur Verfügung stellen, dass er diese Haftung nach theoretischer Erkenntnis und praktischer Erfahrung übernehmen kann. Dazu müssen zunächst alle für das zu schaffende und zu betreibende System relevanten

Wechselwirkungen mit Hilfe der Naturgesetze qualitativ erfasst und quantitativ bestimmt werden.

Ansatzpunkte sind in dieser Richtung in der Energetik von OSTWALD zu finden. Da ist zunächst seine Formulierung des II. Hauptsatzes der Thermodynamik als die Unmöglichkeit der Schaffung eines perpetuum mobiles II. Art. Diese Formulierung ist in die Lehrbücher der Thermodynamik auf der ganzen Welt eingegangen, gleichberechtigt neben die Formulierungen von CLAUSIUS und Max PLANCK. Sie ist so selbstverständlich geworden, dass häufig der Autorenname nicht mehr genannt wird. In dieser Formulierung ist aber auch eine Definition des Umgebungsbegriffes gegeben, die weiter neben dem allgemeinen physikalischen Begriff der Energie zu dem der „nutzbaren Energie“ führt. Das ist der Teil der Energie, der unter den gegebenen Bedingungen in geordnete Energie, das ist z.B. Arbeit, umgewandelt werden kann. Das ist aber nichts anderes, was heute als Exergie bezeichnet wird.

OSTWALD hat diese Überlegungen im Qualitativen stehen gelassen und nach weiteren Anwendungsmöglichkeiten, z.B. auch im sozialen Umfeld, gesucht. Max PLANCK hatte OSTWALD aufgefordert, quantitative Zusammenhänge aufzuzeigen. Mit dem heutigen Wissenstand ist das leicht möglich. Der Energieaustausch durch Strahlung im Weltraum bietet ein anschauliches Beispiel. Das Spektrum der Sonnenstrahlung ist durch die Oberflächentemperatur der Sonne von 5 bis 6000 K geprägt. Da auf der Erde eine Umgebungstemperatur von etwa 300 K herrscht, kann die Sonnenstrahlung eine nutzbare Energie von ca. 1 kW/m^2 leisten. Der der Sonne abgewandten Oberfläche der Erde steht der Nachthimmel gegenüber, in dem die Hintergrundstrahlung mit einem Temperaturniveau von knapp 3 K vorhanden ist. Die Ausnutzung dieses Strahlungsniveaus ist theoretisch auf der Erde ohne weiteres möglich und würde eine nutzbare Energie von ca. 150 W/m^2 zu leisten vermögen, unter der Voraussetzung, dass auf der Erde eben 300 K als Umgebungstemperatur gegeben sind. Es ist bezeichnend, dass diese Möglichkeit, obwohl sie doch ungefähr 15% der Sonnenstrahlung darstellt, bisher noch nicht diskutiert worden ist, trotz der Tatsache, dass es sich hierbei im derzeitigen üblichen Sprachgebrauch gleichfalls um eine regenerative Energie handelt. Allerdings ist der Zugriff auf die Hintergrundstrahlung technisch ein ungelöstes Problem. Tritt ein Satellit in den Erdschatten ein, könnte dieser die von der Erde abgestrahlte Energie nutzen. Da auf dem Satelliten theoretisch ein Umgebungsniveau von 3 K zur Verfügung steht, kann auf ihm aus der Erdstrahlung eine nutzbare Energie von ca. 450 W/m^2 gewonnen werden, also rund das Dreifache der Nutzung in der umgekehrten Richtung. Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass die Nutzung der Sonnenenergie auf einem Satelliten auf der Sonnenseite eine nutzbare Leistung im MW-Bereich ermöglichen würde.

Mit den Begriffen „nutzbare Energie“ und „Umgebung“ hat OSTWALD eine Grundlage geschaffen für Zusammenhänge, die heute mit dem Konzept der

Exergie erschlossen werden können. In diesem Sinn völlig richtig wird von der Exergie als dem Energiebegriff der Technik oder des Ingenieurs gesprochen. Es ist reizvoll und sicher nicht zufällig, dass die energetische Größe der durch Nichtumkehrbarkeiten verursachten Verluste mit einer Gleichung beschrieben wird, die auch heute noch nach GOUY-STODOLA benannt wird. Sie enthält als Proportionalitätsfaktor zwischen Entropiezunahme und Energieverlust die Umgebungstemperatur entsprechend

$$\Delta E_v = T_U \Delta S_{irr}$$

STODOLA hat diese Beziehung als einer der Ersten im Anhang seines Buches über Dampf- und Gasmaschinen abgeleitet.

Wenn an dieser Stelle unter den physikalisch zu erfassenden Wechselwirkungen dem energetischen Aspekt zunächst eine zentrale Bedeutung eingeräumt wurde, so ist dies nicht allein und nicht einmal vordergründig dem Jubilar OSTWALD zuzurechnen sondern der Tatsache, dass die Probleme der Energiebereitstellung und Energieversorgung in vielerlei Hinsicht quantitativ den größten Umfang in der industriellen Auseinandersetzung der menschlichen Gesellschaft mit der Natur in Anspruch nehmen.

Das angeführte Beispiel betrifft den Energieaustausch durch Strahlung. Es ist aber ohne weiteres auch möglich, diese Überlegungen auf andere Energien und Energieträger und vor allem auch auf Stoffe, d.h. z.B. Vorkommen und Gewinnungstechnologien, auszudehnen. Auch dazu können aus dem Exergiebegriff zumindest erste Ansätze abgeleitet werden. Auf dem so abgesteckten Spannungsfeld beruhen weiter alle technischen Aufgaben, die mit der Ausnutzung und Anwendung der jeweiligen Energie zusammenhängen.

Nach dem Energieerhaltungssatz muss letzten Endes alle Energie, die zu irgendwelchen Aufgaben erforderlich war, wieder in der Umgebung landen. Das kann als Energie, z.B. als Abwärme, oder auch als Stoff, der in seinem Zustand von dem der Umgebung abweicht, d.h. als Abfall, erfolgen. Damit ist auf diese Weise auch die Bedeutung der natürlichen Umgebung und ihre eventuelle Veränderung energetisch, d.h. naturwissenschaftlich, erfassbar. Das macht die zu verfolgenden Überlegungen in einer weiteren Sicht bedeutsam.

Die Haftung des Ingenieurs für sein Objekt bezieht sich aber nicht nur auf die naturwissenschaftliche Seite, sondern auch auf die Wechselwirkungen, die sein Objekt mit der menschlichen Gesellschaft entstehen lässt, d.h. letzten Endes auf die sozialen Bezüge. Zu ihrer Erfassung müssen die Sozialgesetze im weitesten Sinn berücksichtigt werden. Das beginnt mit konkreten Sicherheitserwägungen, geht über die Definition zulässiger Grenzwerte bis hin zur Ökologie und Moral. Dazu ist natürlich der Umgebungsbegriff über den Rahmen der energetischen Definition

hinaus auszudehnen. Das bedeutet die Einbeziehung biologischer und sozialer Zusammenhänge.

Die Etablierung so aufgefasster Technikwissenschaften bedeutet ein Feld abzustecken, in dem das Missverständnis zwischen den beiden Kulturen nach SNOW, d.h. zwischen den Natur- und Geisteswissenschaften, aufgelöst und zu einer Einheit geführt werden kann. Das lässt es geboten erscheinen, von dieser Warte aus über die Stellung der Technik und der Technikwissenschaften nachzudenken. Die gleichberechtigte Anerkennung der Technikwissenschaften neben den beiden anderen Bereichen könnte so einen Beitrag zu der angeschnittenen und häufig genug recht diffus diskutierten Frage liefern.

In diesen Überlegungen muss die Energie und damit die Energetik eine wichtige Rolle spielen und so auch die Thermodynamik als deren naturwissenschaftliche Grundlage. Die naturwissenschaftlichen, aber auch die sozialen Bezüge erfordern darüber hinaus eine Auseinandersetzung mit dem Umgebungsbegriff. Über dessen Verallgemeinerung gelangt man schnell zu ökologischen Fragestellungen. Damit haben wir so etwa den Rahmen abgesteckt, den wir uns mit dieser Veranstaltung gegeben haben. Wir hoffen damit auch im Geiste OSTWALDS einige aktuelle Probleme anzugehen.

Und so ist es auch angebracht, die Einführung zu schließen und die Vortragsveranstaltung zu eröffnen mit einem GOETHE-Wort, das ähnliche Tendenzen wie das von STODOLA zum Ausdruck bringt und so die Aussage aus der Sicht der Technik ergänzt durch die aus der Kunst im Sinne der Einheit der beiden Kulturen

Natürlichem genügt das Weltall kaum.

Was künstlich ist, verlangt geschlossenen Raum.

Der Herausgeber dankt den Mitarbeiterinnen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V., Frau U. Köckritz und Frau I. Ebert, für die Unterstützung bei der Gestaltung des Heftes.

Halle, im Januar 2004

W. Fratzscher

Zur Stellung und Struktur der Technikwissenschaften

Wolfgang Fratzscher

Vorbemerkung:

Die folgenden Überlegungen sind nicht das Ergebnis einer umfassenden Literaturstudie, sondern beziehen sich vordergründig auf deutsche Verhältnisse und sind Abhebungen und Erfahrungen aus dem Hochschulwesen der DDR. Insofern vermitteln die Darstellungen einen subjektiven Standpunkt. Er erscheint mir aber trotzdem der Mitteilung wert, weil Meinungsäußerungen zu dem zu behandelnden Thema aus der Sicht von Ingenieuren noch nicht sehr häufig sind. Die meisten Äußerungen zu diesem Sachverhalt findet man aus der Sicht von Disziplinen, die die Technik nicht unmittelbar zum Arbeitsgegenstand haben. Das ermöglicht sicher die Einordnung in weitere Disziplinen und, bedingt durch den Abstand, einen größeren Überblick. Ob aber das für die Technik selbst Wesentliche erfasst und getroffen wird, kann aus einer solchen Sicht nicht unmittelbar beurteilt werden. Das einzuschätzen muss „Insidern“ vorbehalten bleiben.

1. Institutionelle Entwicklung der Technikwissenschaften

Die Geschichte der Technikwissenschaften und die Suche nach ihrer Stellung im System der Wissenschaften generell und damit auch nach ihrer Stellung in der Gesellschaft beginnt eigentlich erst mit der Entwicklung der technischen Bildungseinrichtungen. Vorläufer waren in diesem Sinn die Bergakademien Freiberg und Clausthal-Zellerfeld, deren Einfluss auf die industrielle und geistig-kulturelle Entwicklung insbesondere Mitteldeutschlands kaum zu unterschätzen ist. Auf breiterer Front vollzog sich dann diese Entwicklung mit den verschiedenen technischen Schulen in den einzelnen Ländern. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts hatte diese Entwicklung mit der Etablierung der Technischen Hochschulen, der Einführung von Rektoratsverfassungen und schließlich mit der Verleihung des Promotionsrechtes ein Niveau erreicht, das die technischen Wissenschaften zunächst formal den an den Universitäten vertretenen Disziplinen gleichstellte. Die in dieser Zeit vorhandene Technikgläubigkeit und -euphorie ließ dann den Gedanken aufkommen, die Technikwissenschaften auch auf der Ebene von Akademien anzusiedeln. Es wurden sogar Vorschläge zur Gründung von entsprechenden eigenständigen Einrichtungen gemacht. Der etablierten Wissenschaft gelang es aber, Extrema zu verhindern. So wurden an der Preußischen Akademie in Berlin auf einen Erlass des Kaisers hin lediglich 3 Stellen für ordentliche Mitglieder aus dem Bereich der Technik eingerichtet und die Möglichkeit geschaffen, korrespondierende Mitglieder zu benen-

nen.¹ Diese Situation blieb auch im Wesentlichen bis nach dem II. Weltkrieg erhalten. In der DDR wurde schon in der ersten Hälfte der fünfziger Jahre die Entwicklung der Technikwissenschaften außerordentlich forciert, da sie als eine der wesentlichen Produktivkräfte für den industriellen Aufbau des Landes angesehen wurden. So kam es zur Gründung einer Anzahl von Spezialhochschulen für bestimmte technische Gebiete, wie Verkehr, Maschinenbau, Chemie, Schwermaschinenbau, Elektrotechnik, Bauwesen u.a., weiter zur Gründung von technischen Fakultäten an Universitäten (Beispiel Schiffbau in Rostock), denen die volle universitäre Gleichberechtigung mit allen Rechten und Pflichten von Anfang an übertragen wurde. Auch an der Berliner Akademie der Wissenschaften war vorgesehen, eine Klasse Technikwissenschaften zu gründen. Diese Gründung kam nicht zustande, möglicherweise aus den gleichen Gründen wie fünfzig Jahre zuvor. Die zugewählten Technikwissenschaftler, deren Anzahl in dieser Zeit rasch zunahm, wurden der Klasse Mathematik, Physik und Technik zugeordnet. Es wurde aber dann 1954 eine Sektion für Maschinenbau als eine Untergliederung dieser Klasse gegründet, die daraufhin 10 Jahre erfolgreich in Dresden arbeitete. Der Tagungsort wurde gewählt, da die meisten Akademiemitglieder und die interessierten Fachkollegen ohnehin an der TH Dresden tätig waren.² Mit den Akademiereformen nach 1968 wurde diese Sektion aufgelöst und die Technikmitglieder den einzelnen Klassen der Akademie zugeordnet, so die Mechanik und Elektrotechnik der Klasse Physik, die Verfahrenstechnik der Klasse Chemie. Darüber hinaus gab es noch eine Klasse Werkstoffwissenschaften, an der natürlich gleichfalls ein Reihe von Technikmitgliedern wirkte.

Erst gegen Ende der achtziger Jahre kam es wieder zur Gründung einer Klasse Technikwissenschaften.³ Das war im Bereich der deutschen Akademien zu dieser Zeit völlig ungewöhnlich, keine andere Akademie besaß damals eine entsprechende Einrichtung. Mit dem Ende der DDR kamen auch die Akademie und ihre Organe zur Auflösung.

Mit der Neugründung der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften im Jahre 1993 wurde eine Klasse Technikwissenschaften vorgesehen.⁴ Zu diesem Zeitpunkt gab es an anderen deutschen Akademien keine entsprechende Einrichtung.

Im Zusammenhang mit dem Bemühen um die Gründung einer nationalen Ebene für die Vertretung der Technikwissenschaften, die insbesondere aus der Sicht internationaler Verbindlichkeiten erforderlich schien, kam es zu Klassengründungen an den Akademien von Nordrhein-Westfalen und Sachsen und kürzlich

¹ KÖNIG, W.: Die Akademie und die Technikwissenschaften. In: Die Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften zu Berlin im Kaiserreich. Berlin : Akademie Verlag, 1999, S. 381 ff.

² FRATZSCHER, W.: Die Sektion für Maschinenbau an der Deutschen Akademie der Wissenschaften. In: Ber. u. Abh. der BBAW. Bd. 5. Berlin : Akademie Verlag, 1998, S. 255-256.

³ Akademie der Wissenschaften der DDR : Jahrbuch 1989. Berlin : Akademie Verlag, 1990, S. 20 , 220.

⁴ Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften : Jahrbuch 1992/93. Berlin : Akademie Verl., 1994, u.a. S. 319.

sogar an der Leopoldina. Auf dieser Basis konnte nach langen Anstrengungen schließlich der Konvent der Technikwissenschaften der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften e.V. ins Leben gerufen werden, der eine akademische Vertretung der Technik auf nationaler Ebene repräsentiert. Zur Zeit gehören dem Konvent etwa 170 Mitglieder an. Dieser Konvent soll Verantwortung übernehmen als eine Art technikwissenschaftliches Gewissen der Nation und in dieser Richtung auch der Beratung der Politik zur Verfügung stehen. In vielen anderen Ländern gibt es bereits vergleichbare Institutionen mit ähnlichen Aufgabenstellungen. Mit dieser Gründung erscheint die institutionelle Entwicklung der Technikwissenschaften zunächst eine den anderen Disziplinen vergleichbare Position in der Gesellschaft erreicht zu haben.

Demgegenüber muß man einschätzen, dass das gesellschaftliche Gewicht der Technikwissenschaften quantitativ relativ gering ausgeprägt ist, wenn es z. B. an der Mitgliedschaft von Ingenieuren in den verschiedensten gesellschaftlichen Institutionen gemessen wird. Im qualitativen Empfinden der Gesellschaft unterlag die Technik starken Schwankungen. Zur Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts kann von einer Technikgläubigkeit gesprochen werden. In der zweiten Hälfte dagegen im zunehmenden Maße von einer Skepsis bis zu Tendenzen der Technikfeindlichkeit, die wohl z.Z. im wesentlichen nur noch den Großprojekten gelten. In der dem Einzelnen zugängigen Technik, z.B. der Informationstechnik aber auch der Medizintechnik, herrscht offensichtlich Aufgeschlossenheit bis zur Unbekümmertheit.

2. Bemerkungen zur Entwicklung der Technologie in Deutschland

Technik und Technologie haben in Deutschland unterschiedliche Entwicklungswege durchlaufen. Das ist vielleicht eine der Ursachen, dass es hierzulande schwierig ist, mit diesen Begriffen umzugehen und der Prozess der Institutionalisierung, im Vergleich zu anderen Ländern, außerordentlich quälend verlaufen ist und auch noch verläuft.

Im allgemeinen wird der Begriff Technik an die Arbeitsmittel gebunden mit denen, wie MARX sich ausdrückt, die menschliche Gesellschaft ihren Stoffwechsel mit der Natur vollzieht.⁵ Das Niveau der Arbeitsmittel war nach MARX kennzeichnend für die Entwicklungshöhe der Gesellschaft. Die Auseinandersetzung mit der „Maschinerie“ nahm deshalb in den marxschen Werken eine zentrale Position ein. Eine solche Auffassung wird zunächst unterstützt durch die Entwicklung der Technikwissenschaften an den technischen Bildungseinrichtungen im Verlaufe des 19. Jahrhunderts. Die Ausbildung und die wissenschaftliche Arbeit waren eindeutig auf die Entwicklung und den Bau signifikanter Arbeitsmittel der unterschiedlichsten industriellen Bereiche orientiert. Das lässt sich noch an den Fachrichtungsbezeichnungen der Fakultäten für Maschinenwesen aus den fünfziger Jah-

⁵ MARX, K.: Das Kapital. In: Ausgewählte Werke in sechs Bänden. Bd. 3. Berlin : Dietz Verl., 1972.

ren des vergangenen Jahrhunderts ablesen.⁶ Sie waren eindeutig an jeweils konkreten Maschinen orientiert bis auf eine Ausnahme – die Fachrichtung Wärmetechnik. Leitbild des Ingenieurs war für viele Jahrzehnte ein Mann wie Andreas SCHUBERT⁷, der die erste Lokomotive für die Eisenbahnverbindung von Dresden nach Leipzig und den ersten Schaufelraddampfer für die Elbeschiffahrt entwickelte. Außerdem ist dessen Name auch mit den Bahnviadukten über das Göltzschtal und das Elstertal verbunden. Zielstellung einer solchen Orientierung war die Entwicklung immer besserer Konstruktionen und Maschinen, gekennzeichnet durch eine höhere Effektivität.

Auch in der Fachrichtung Wärmetechnik stand zunächst der Dampfkessel als Arbeitsmittel im Kern der Ausbildung, aber es musste in diesem Zusammenhang natürlich das Kraftwerk als Ganzes betrachtet werden. Zu berücksichtigen ist dabei, dass es für die Dampfmaschine und Dampfturbine spezielle Fachrichtungen gab. Die Orientierung innerhalb der Fachrichtung Wärmetechnik führte deshalb zu der Notwendigkeit, sich intensiver mit dem Energiefluss, dem Brennstoff und dem Rauchgas sowie vor allem mit dem Wasserdampf auseinander zu setzen. Aus der Sicht der Politischen Ökonomie sind dies aber alles Arbeitsgegenstände, sodass neben der aus der Entwicklung stammenden Arbeitsmittelorientierung eine Orientierung am Prozess, wenn man so will eine technologische Orientierung entstand, da hinter diesen Aufgaben entsprechende Ausbildungsdisziplinen und Forschungsgegenstände standen. Speziell durch das Gebiet der Wärmewirtschaft, das sich in den zwanziger Jahren herausgebildet hatte und das zu den Kerngebieten dieser Fachrichtung gehörte, wurde eine solche Entwicklung maßgebend unterstützt. Naturwissenschaftlich-technische Grundlage der Fachrichtung Wärmetechnik war die Technische Thermodynamik, die in Dresden durch die ZEUNER-Schule vertreten war. Zu den zentralen Aussagen der Wärmewirtschaft gehörte die Erkenntnis, dass die Effektivität einer technischen Anlage, energetisch gesprochen der Wirkungsgrad, nicht allein maßgebend für ihre Auswahl und ihren Einsatz sein kann. Es war deutlich geworden, dass der Wirkungsgrad faktisch beliebig erhöht werden kann, wenn ein entsprechender apparativer Mehraufwand oder auch kompliziertere Anlagenkonfigurationen zugrunde gelegt werden. Das bedeutet aber stets eine Erhöhung des einmaligen Aufwandes.

Dieser Mehraufwand muß der damit zu erreichenden Einsparung durch die Wirkungsgraderhöhung, die sich als ein laufender Aufwand darstellt, gegenüber gestellt werden. Das gelingt durch die Benutzung der Jahreskosten als Summe der einmaligen oder fixen Kosten und der laufenden oder Betriebskosten. Damit ist, ökonomisch gesprochen, eine gleichberechtigte Orientierung in der Betrachtung von Arbeitsmittel und Arbeitsgegenstand erreicht. So ist innerhalb der technischen Disziplinen die vordergründige Orientierung am Arbeitsmittel und von der Metho-

⁶ FRATZSCHER, W.: 40 Jahre Verfahrenstechnik in Merseburg. Festschrift d. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Merseburg, 1998, S. 19-31.

⁷ WEICHOLD, A.: Johann Andreas Schubert. Dresden : Technische Universität, 1968.

de her an der Konstruktion eingeschränkt zugunsten einer solchen zusätzlich am Prozess, d.h. letzten Endes an der Technologie.

Ein weiteres instruktives Beispiel liefert die Verfolgung der Entwicklung des Fachgebietes Heizung, Lüftung und Klimatisierung oder, wie später gesagt wurde, Technische Gebäudeausrüstung. Dieses Gebiet bildete sich heraus mit dem Bau von Kaminen, Wärmeverteilungsnetzen in den Wänden und Decken und den dazu erforderlichen Schornsteinen. Als Arbeitsmittel gehörten diese mit dem Werkstoff zum Bauwerk in die Verantwortung des Bauingenieurs. So ist es nur logisch, dass bis in unsere Zeit hinein an den Fakultäten für Bauingenieurwesen entsprechende Lehrstühle und Institute vertreten waren. Mit der zunehmenden wissenschaftlichen Durchdringung der Prozesse der Verbrennung und Wärmetübertragung konnten für die zur Heizung erforderlichen Arbeitsmittel andere Werkstoffe wie Metalle, vor allem Eisen und Stahl, später auch Kunststoffe, eingesetzt werden. Damit war eine vom Bauwerk unabhängige Entwicklung und Realisierung der Heizungs- und Lüftungseinrichtungen möglich. Aufgrund des Werkstoffes und der Berechnungsmethoden war in jeder Beziehung nunmehr eine enge Bindung an den Maschinenbau und hier insbesondere an die Wärmetechnik gegeben, was dann auch zur Gründung entsprechender Lehrstühle und Institute an den Maschinenbauakademien führte. Eine große Technische Hochschule verfügte deshalb stets über zwei derartige Einrichtungen an verschiedenen Abteilungen oder Fakultäten. So kommt es, dass aus der Sicht der Bauklimatik und Haustechnik heute geklagt wird, dass die Ingenieure zu wenig wissen von der Thermodynamik und Strömungsmechanik. Die von der Technischen Gebäudeausrüstung her sich entwickelnde Versorgungstechnik dagegen orientiert sich an prozesstechnischen und technologischen Fragestellungen, sodass gleichfalls klagend festgestellt wird, dass für die zwingende Integration mit dem Bauwerk oftmals Kenntnisse über die Arbeit des Architekten fehlen.

Es ist diese Entwicklung ein schönes Beispiel, wie durch den Werkstoff und dem Niveau der wissenschaftlichen Durchdringung des Arbeitsprozesses, d. h. letzten Endes der technologischen Erkenntnisse, die Disziplinorientierung verändert werden kann, bzw. auch gleichberechtigte unterschiedliche Betrachtungsweisen erforderlich sein können.

In ähnlicher Weise haben sich Entwicklungsprozesse im Wasserbau vollzogen. Zunächst war dieser Komplex eindeutig eine Domäne der Bauingenieure, da der Werkstoff aller Wasserbauten Stein oder Beton war. Mit der Entwicklung der Strömungsmechanik und der Mechanischen Verfahrenstechnik rückten die Prozesse z.B. der Wasserreinigung bei Kläranlagen gegenüber dem Bauwerk stärker in den Vordergrund, wendete man sich deutlicher dem Arbeitsgegenstand und damit technologischen Fragestellungen zu. Das führte dazu, dass Wasserbauer und Verfah-

renstechniker⁸ schon über gemeinsame Ausbildungsziele nachgedacht haben. Wohl wegen des Gewichtes der Tradition ist es aber zu einer institutionellen Lösung nicht gekommen.

Doch um diese Zusammenhänge zu verdeutlichen, ist zunächst ein kurzer Blick auf die Entwicklung der Technologie als Disziplin zu werfen. Im allgemeinen wird BECKMANN als der Begründer einer Allgemeinen Technologie auf der Ebene einer universitären Disziplin angesehen. Er konstituierte sie damals innerhalb der sog. Kameralwissenschaften, d.h. letzten Endes innerhalb der Ökonomie. Ihr Ziel war die möglichst vollständige Erfassung und Darstellung aller bekannten Produktionsprozesse. Ein solches Unterfangen musste eine erheblich Breite annehmen, da keine wissenschaftlichen Methoden zur Aggregation vorhanden waren und deshalb nur eine verbale Beschreibung gegeben war. So klassifizierte BECKMANN 324 Handwerke in 51 Gruppen. Das erschwerte auf jedem Fall die akademische Anerkennung und machte weitere Differenzierungsentwicklungen notwendig. So entstanden die Chemische und die Mechanische Technologie. Zu den Begründern der Chemischen Technologie wird KNAPP⁹ gerechnet, die Verselbstständigung der Mechanischen Technologie geht auf KARMARSCH¹⁰ zurück. Erstere orientierte sich an Produktionsprozessen, deren Arbeitsgegenstände im weitesten Sinn als fluid angesehen werden können, die letzte an Produktionsprozessen, die vordergründig die festen Arbeitsgegenstände in eine bestimmte Makrogeometrie zu überführen hatten. So hat dort der feste Zustand eine zentrale Position. Man kann auch sagen, bei den Prozessen der Chemischen Technologie spielt die Stoffumwandlung, bei denen der Mechanischen Technologie die Stoffformung die zentrale Rolle. Solche Differenzierung sind nur als Schwerpunktsetzung zu sehen und keine festen Abgrenzungen. Es bestehen vielmehr beliebig viele und bedeutende Übergänge. Interessant ist die Verfolgung der weiteren Entwicklung dieser beiden Disziplinen. Die Chemische Technologie wurde rasch von der Chemie anerkannt, was die Einrichtung entsprechender Lehrstühle und Institute an allen chemischen Fakultäten beweist. Offensichtlich vollzog sich diese Entwicklung sowohl an Universitäten wie an den Technischen Hochschulen gleichermaßen. Gravierende Unterschiede zwischen beiden Bereichen müssen nicht bestanden haben, da die Chemiefakultäten in der Diskussion um das Promotionsrecht der Technischen Hochschulen zeitweilig eine bedeutende Rolle spielen sollten. In der Benennung dieses Gebietes traten bald neben dem Begriff Chemische Technologie auch die Bezeichnungen Chemische Technik und im zunehmenden Maße in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts Technische Chemie auf. Verbunden mit diesem Bezeichnungswechsel war die stärkere Betonung methodischer Aspekte der unterschiedlichsten Art.

⁸ GRUHN, G. u.a.: Einführung in die Verfahrenstechnik. 4. Aufl. Leipzig : Dt. Verl. für Grundstoffind., 1986.

⁹ KNAPP, F.: Lehrbuch der chemischen Technologie. Braunschweig : Vieweg, 1847.

¹⁰ KARMARSCH, K.: Grundriß der mechanischen Technologie. 2 Bde. Hannover : Helwing'sche Hofbuchhandlung, 1851.

Auch die Lehrbuchliteratur auf dem Gebiete der Chemischen Technologie macht die Anerkennung innerhalb der Chemie deutlich. Das zeigt einmal die hohe Auflagenzahl einiger einschlägiger Titel (z.B. HENGLEIN 16 Auflagen) und zum anderen die Entwicklung zur Enzyklopädie, wie beim WINNACKER/KÜCHLER, der in der 5. Auflage in 7 Bänden mit über 5.000 Seiten erscheinen soll.

Die Akzeptanz der Chemischen Technologie von der Chemie zeigt sich bei der Gründung und später auch in der Arbeit der DECHEMA,¹¹ die den mit diesem Begriff verbundenen Positionen stets aufgeschlossen war und ist und Arbeitskreise initiierte, die zum Gedankengut dieser Disziplin zugerechnet werden konnten. Im Gegensatz zu den Ingenieurkreisen, wie dem VDI, die sich damit außerordentlich schwer taten und sich, einen Bruch mit den Technologen in Kauf nehmend, zunächst nur auf die physikalischen Grundoperationen einigen konnten.

Aus der Sicht Ostdeutschlands und später der DDR kam die weitere Entwicklung erst nach dem II. Weltkrieg in Gang. In dieser Zeit kam es unter dem Einfluss von H. H. FRANCK¹², einem charakteristischen Vertreter der Chemischen Technologie, zur Gründung der Fachgruppe „Chemische Technik“ in der KdT, die insbesondere mit ihrem Publikationsorgan, der Zeitschrift „Chemische Technik“¹³, stets unter starkem Einfluss der Chemie stand. Das führte dann auch hin und wieder zu Komplikationen in der Zusammenarbeit und Abgrenzung mit den entsprechenden Arbeitsgruppen der GDCh.

In den ersten Profilvorstellungen zur Gründung der TH für Chemie in Merseburg machte sich der Einfluss der Chemischen Technologie außerordentlich deutlich bemerkbar. Zu den Persönlichkeiten, die wesentlichen Einfluss auf das Profil der zu gründenden Hochschule nahmen, gehörten neben H. H. FRANCK vor allem E. LEIBNITZ, gleichfalls ein Chemietechnologe aus Berlin, und später der Franckschüler W. SCHIRMER. Bemerkenswert ist unter diesem Aspekt die Tatsache, dass diese Neugründung als einzige unter den vergleichbaren Gründungen zwischen 1952 und 1954 von vorn herein als Technische Hochschule benannt worden ist.¹⁴ Weiter sollte die entsprechende Fakultät nicht Chemie sondern Stoffwirtschaft heißen und die Absolventen sollten den Titel Diplom-Ingenieur tragen. Außerdem sollte es nicht nur einen Lehrstuhl und ein Institut für Chemische Technologie, der zunächst auch noch mit der Verfahrenstechnik gleichgesetzt wurde, geben, sondern eine Anzahl technologischer Einrichtungen. Sie sollten sich auf bestimmte Stoffgruppen und Technologien beziehen wie Petrolchemie, Hochpolymere, Chemiemetalle und Mineralsalze.¹⁵ Es kam zwar zur Besetzung der entsprechenden Lehrstühle und Gründung der Institute, die Entwicklung mündete aber dann später in den

¹¹ FRATZSCHER, W. (Hrsg.): Verfahrenstechnik und Wiedervereinigung. Berlin : Akademie Verl., 1997.

¹² Siehe Fußnote 6.

¹³ FRATZSCHER, W.: Entwicklungstendenzen der Verfahrenstechnik. In: Chem. Tech. 51 (1999), Nr. 1, S. 5-12.

¹⁴ GRAICHEN, D. [u.a.]: 25 Jahre Technische Hochschule „Carl Schorlemmer“ Leuna- Merseburg. In: Wiss. Zeitschr. TH Leuna-Merseburg 21 (1979) , Nr. 3/4, S. 37-118.

¹⁵ Ebenda.

allgemein üblichen Strukturen, so wie das auch schon vorher mit der Benennung der Fakultät und dem Ausbildungsziel geschehen war.

Mit der Einführung der Sektionen 1968 wurde nochmals ein Versuch unternommen, problemorientierte Strukturen, wie eine Sektion Hochpolymere, zu etablieren. Die Übermacht der Disziplinentorientierung im Hochschulwesen und die daraus folgenden Konsequenzen in der Bürokratie und Verwaltung führten aber dazu, dass derartige Gründungen keinen langen Bestand hatten.

Von diesen Ereignissen unbeeindruckt gab es stets ein breites Spektrum in der Lehrbuchliteratur. Neben dem Begriff Chemische Technologie taucht, wie schon ausgeführt, zunehmend die Bezeichnung Technische Chemie¹⁶ auf, die wohl eine deutlichere Stofforientierung zum Ausdruck bringen sollte. Außerdem wurden stärkere methodische Orientierungen aufgenommen, die vordergründig die Reaktionstechnik und auch die Grundoperationen betrafen. Insbesondere die Reaktionstechnik prägte geradezu manche Titel.¹⁷ Obwohl in der Darstellung an der stofflich orientierten Verfahrensbehandlung festgehalten wurde, ist doch die angedeutete Entwicklung verständlich. Das ermöglichte eine quantitative und analytische Behandlung einzelner Verfahren gegenüber der nur qualitativen und verbalen in den älteren Darstellungen. Auch in den Forschungsgegenständen griffen die für diese Gebiete Verantwortlichen auf Methoden der Reaktionstechnik und Thermodynamik zurück, mit denen sie entsprechende Probleme aus ihrer jeweiligen Stoffgruppe oder Technologie behandelten.

Die Geschichte der Mechanischen Technologie ist gegenüber der ihrer Schwesterdisziplin eher traurig. Sie führte über lange Jahrzehnte ein Schattendasein an den Maschinenbauakademien der Technischen Hochschulen. Ihr wurde im allgemeinen eine Einführungsvorlesung im 1. Semester gewährt. Es gab einige wenige Lehrbücher,¹⁸ die zur Unterstützung der Vorlesungen immer wieder aufgelegt worden sind. Auch als nach dem II. Weltkrieg z.B. an der TH Dresden eine Fakultät für Technologie gegründet wurde,¹⁹ änderte sich die Position der klassischen Maschinenbaudisziplinen der Technologie gegenüber nur marginal. In der Fakultät für Technologie wurden neben der Mechanischen Technologie die Qualitätssicherung und Normung, die Werkstofftechnik und einige Spezialtechnologien wie Papier-, Textil-, Holz- und Faserstofftechnik zusammengefasst. Die Benennung der letzteren ist typisch für den damaligen Entwicklungsstand.

Ein gewisser Wandel in der Auffassung zur Technologie wurde in der DDR mit der Verselbstständigung des Verfahreningenieurwesens als eine Grund-

¹⁶ FEDTKE, M. [u.a.]: Lehrbuch der Technischen Chemie. 6. Aufl. Stuttgart : Dt. Verl. für Grundstoffind., 1996.

¹⁷ FITZER, E. [u.a.]: Technische Chemie : Einführung in die Chemische Reaktionstechnik. 4. Aufl. Berlin : Springer, 1995.

¹⁸ SCHIMPKE, P.: Mechanische Technologie. 1. Aufl. Leipzig : Hirzel, 1912.

¹⁹ Autorenkollektiv: Geschichte der Technischen Universität Dresden. Berlin : Dt. Verl. der Wiss., 1978.

studienrichtung vollzogen. Diese verstand sich von Anfang an als eine technologisch orientierte Ingenieurdisziplin für die der Prozess gegenüber dem Apparat das Primat einnahm.²⁰ Daraus ergab sich, dass im Grundstudium der Technischen Strömungsmechanik und der Technischen Thermodynamik ein größeres Gewicht als der Technischen Mechanik eingeräumt wurde. Letztere besaß in den klassischen, konstruktiv orientierten Fachrichtungen von alters her das Hauptgewicht. Die angedeutete Entwicklung wurde zunächst von der Thermischen Verfahrenstechnik getragen als dem seinerzeit am weitesten entwickelten Teilgebiet der Verfahrenstechnik. Sie wurde noch bestärkt durch ihre Wurzeln, die bis in die Wärmetechnik hinein ragten.²¹

Die technologische Orientierung des Verfahreningenieurwesens wurde noch deutlicher ausgeprägt durch die Klassifikation in Prozess- und Systemverfahrenstechnik. Die Prozessverfahrenstechnik sah ihren Gegenstand in den Grundoperationen oder allgemeiner, nach BENEDEK/LASZLO,²² unter Einbeziehung der Reaktionstechnik in der Prozesseinheit. Die Systemverfahrenstechnik behandelte dagegen vordergründig die Zusammenfassung von Prozesseinheiten zu einem Verfahren. Als neuer Gesichtspunkt kam neben den Prozesseinheiten dazu die Struktur, technisch gesehen die Schaltung der Anlage. Damit war der Gegenstand der Systemverfahrenstechnik gegeben durch die Technologie zur Herstellung des betrachteten Produktes. So war aber nicht neben der konstruktiven Orientierung die technologische gestellt, sondern die erstere in der letzteren im dialektischen Sinne aufgehoben. Die konstruktive Orientierung wurde nicht negiert, sondern in der technologischen integriert. Damit war augenfällig die Einordnung in die Technologie und auf Grund der Bedeutung des fluiden Zustandes für die Verfahrenstechnik in die Chemische Technologie gegeben. Ein weiterer zentraler Begriff der Systemverfahrenstechnik war der der Hierarchie. Damit waren nicht nur entsprechende Subsysteme zu definieren sondern auch Einordnungen in übergeordnete Systeme, die natürlich zu Wechselwirkungen mit anderen Bereichen wie der Ökonomie und der Ökologie führten.

Gegenüber der klassischen Auffassung im Maschinenbau stellte eine solche Position einen Paradigmenwechsel dar. Damit war aber, gleichfalls im Gegensatz zu den alten Auffassungen, keinesfalls ein Niveauunterschied zu den konstruktiv orientierten Fachrichtungen verbunden, da mit der Entwicklung der Systemtechnik und Rechentechnik auch auf der Ebene der Technologie eine quantitative und methodisch orientierte Behandlung und Darstellung möglich wurde. Damit war der Zustand der nur beschreibenden Darstellung überwunden. Mit der Konzeption der Systemverfahrenstechnik in dieser Art und Weise war ein Bei-

²⁰ Vgl. Fußnote 8.

²¹ FRATZSCHER, W.: Gedanken zum Wirken von Hans Faltin. In: Ber. u. Abh. d. BBAW. Berlin : Akademie Verl. 5 (1998) , S. 257-266.

²² BENEDEK, P. [u.a.]: Grundlagen des Chemieingenieurwesens. Leipzig : Dt. Verl. f. Grundstoffind., 1965.

trag zur Herausbildung einer allgemeinen Technologie erbracht worden, nicht neben der Konstruktion sondern unter deren Einbeziehung.

Eine Differenzierung in Prozess- und Systemverfahrenstechnik setzt aber ein entsprechendes Niveau der Zustandsbeschreibung des zu verarbeitenden Stoffes voraus. Auf der Grundlage empirischer Beschreibungen ist häufig eine prozessunabhängige Zustandserfassung nicht möglich. Das ist z.B. bei Technologien der Lebensmittel-, Papier-, Textil-, Leder- und Holz- und Faserverarbeitung der Fall. Dann erscheint es richtiger, an der Darstellung der speziellen Technologien festzuhalten und auf methodische Verallgemeinerungen zu verzichten. Mit den sog. nichtnewtonschen und nichthookeschen Zustandsbeschreibungen gelingen im zunehmenden Maße auch in solchen Bereichen Verallgemeinerungen, die, zumindest bei der Kunststoffverarbeitung, methodische Konzepte anzuwenden gestatten. Auf dieser Grundlage ist der Vorschlag einer Verarbeitungstechnik entstanden,²³ die dann auch sinnvoll zwischen Prozess- und Systemverarbeitungstechnik zu differenzieren erlaubt. Auch letztere kann als ein Beitrag zur Herausbildung einer allgemeinen Technologie angesehen werden.

Der Vollständigkeit halber soll noch auf einen letzten Versuch hingewiesen werden, der aus der Sicht der Möglichkeiten, die die Datenverarbeitung für die komplexe Automatisierung zu eröffnen schien, breit angedachte technologische Fragestellungen zu formulieren und anzuarbeiten anging. Wenn in den zwanziger Jahren die Wärmewirtschaft und das Problem der Energieeinsparung Anlass für die Aufbereitung und Entwicklung der Technologie waren, so war es diesmal die Automatisierung im allgemeinsten Sinn auf der Basis entsprechender Hard- und Software, die Triebkräfte zur Hebung des Niveaus der Technologie freisetzen sollte. Da von vorn herein in den Denkansätzen die erforderlichen sozialen und politischen Dimensionen einbezogen werden sollten, wurde von der Sozialistischen Komplexen Automatisierung gesprochen. Auf der anderen Seite sollte die Gestaltung z.B. der chemisch-technologischen Verfahren schon vom naturwissenschaftlichen Ansatz her die Einheit von Stoffwandlung und Automatisierung realisieren, was P. A. THIESSEN mit dem Schlagwort vom „Elektron als Operator und Informator“ kennzeichnete.

Der Verfahrenstechnik bescherte diese Entwicklung das ESAV – das Einheitssystem der automatisierten Verfahrenstechnik. Mangels materieller Voraussetzung in Gestalt der Rechentechnik und unzureichenden Vorstellungen über den Umfang der geistigen Vorbereitung eines solchen Konzeptes, sind alle diese Überlegungen zunächst einer politischen Wende zum Opfer gefallen. In der üblichen tag-täglichen Arbeit sind dann nach und nach viele der angedachten Problem- und Fragestellungen weiter verfolgt und zum Teil auch gelöst worden, wenn man sich natürlich auch bescheidenere Zielstellungen vorgab.

²³ Autorenkollektiv: Verarbeitungstechnik. Leipzig : Dt. Verl. f. Grundstoffind., 1978.

Offensichtlich ähnliche Entwicklungen haben sich in dem Bereich der Fertigungstechnik vollzogen. Im Gegensatz und zur Abgrenzung zur Verfahrenstechnik spielt in der Fertigungstechnik der feste Zustand eine zentrale Rolle, da hier das Produktionsziel die Herstellung von Erzeugnissen mit einer bestimmten Makrogeometrie darstellt. Unter dem Einfluss der Systemtechnik und der Rechentechik hat sich in diesem Bereich das Konzept des CIM-Betriebes herausgebildet. Dies geschah zu einem Zeitpunkt, als die materiellen Voraussetzungen wesentlich besser und damit auch bessere Erfolgsaussichten gegeben waren im Gegensatz zu dem vorigen Beispiel. Als Einheit werden hier u.a. die Technologie und Management gesehen.²⁴ In seinen methodischen Grundlagen kann auch dieses Konzept als ein Beitrag zur Herausbildung einer allgemeinen Technologie angesehen werden, wenn auch in den hiervon betroffenen Technikdisziplinen die o.a. Terminologie nicht angewandt worden ist.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass sich auch in den Bereichen der Energietechnik und der Informationstechnik ähnliche Entwicklungstendenzen aufzeigen lassen.

3. Konzeptionelle Überlegungen zu einer Einheit der Technikwissenschaften

In der Politischen Ökonomie wird ein Arbeitsprozess durch den Verbrauch von Arbeitsmitteln, von Arbeitsgegenständen und von Arbeitskraft gekennzeichnet. Für den vorliegenden Zusammenhang kann ein Arbeitsprozess auch als eine Technologie verstanden werden. Es lässt sich dann als Tripel schreiben

$$T = (M, G, K)$$

was sich lesen lässt: eine Technologie setzt sich aus den Teilmengen Arbeitsmittel (M), Arbeitsgegenstand (G) und Arbeitskraft (K) zusammen.

Auf den Begriff der so definierten Technologie sowie den Teilmengen M, G und K lässt sich der Systembegriff in der Art und Weise anwenden, wie dies von ROPOHL²⁵ gezeigt worden ist. Wesentlich dabei ist, dass es sich bei der Beschreibung immer nur um jeweils unterschiedliche Modelle des betrachteten Gegenstandes handelt, auf deren Grundlage eine Klassifikation – der Modelle und nicht der Gegenstände selbst – erfolgt. Ein gegenständliches, materielles oder auch technologisches System kann demnach durch die unterschiedlichsten Modelle beschrieben und so auch in die verschiedensten Disziplinen eingeordnet werden.

Dieser Unterschied ist streng zu beachten, wenn über Technik und Technikwissenschaften gesprochen wird. Zum Beispiel umfasst eine Geschichte der Technik natürlich die materiellen Objekte, d.h. letzten Endes die Arbeitsmittel, die im Verlaufe der Entwicklung geschaffen worden sind. Eine Geschichte der Technikwissenschaften setzt sich dagegen mit der Entwicklung der Berechnungs- und

²⁴ SPUR, G.: Technologie und Management. München : Hanser, 1998.

²⁵ ROPOHL, G.: Eine Systemtheorie der Technik. München : Hanser, 1979.

Gestaltungsmethoden auseinander, umfasst also vordergründig den Umfang der theoretisch-naturwissenschaftlichen und der empirisch-technischen Durchdringung der Produktionsprozesse. Zentraler Gegenstand der Technikwissenschaften ist demnach das Modell. In der Schule um SONNEMANN und BUCHHEIM ist dieser Gedanke verfolgt worden, was sich durch eine Reihe von Publikationen belegen läßt.²⁶

Es ist bezeichnend, dass eine umfangreiche Literatur über die Bedeutung der Modelle und der Modellierung existiert, die sich aber vordergründig auf der Basis naturwissenschaftlicher auch häufig medizinischer Fragestellungen mit der Methodologie der Modelle und deren philosophische Bedeutung beschäftigt. Die Bedeutung der Modelle für technische Fragestellungen und Probleme sind kaum angesprochen und fast überhaupt nicht untersucht worden.²⁷ Lediglich erste Ansätze findet man aus dem Bereich der Kybernetik, die über die Rechentechnik in Richtung der Automatisierung vorliegen.

Nun zeigt schon ein Blick aus dieser Sicht auf das technische Geschehen, dass der Ingenieur mit allen denkbaren Arten von Modellen arbeiten muss und auch will bis hin zur Identität mit dem technischen Gegenstand selbst. So wird die letzte Phase der Forschung an PKW-Motoren an diesen selbst und unmittelbar realisiert.

Früher wurde vereinfachend gesagt und damit zu einem Klischee ausgebildet: die Sprache des Ingenieurs ist die technische Zeichnung. Damit sollte ein Wesenszug technischer Modelle charakterisiert werden. Einer meiner Lehrer legte ausdrücklich Wert darauf, dass in seinem Arbeitszimmer, das er in einem Neubau Anfang der fünfziger Jahre bezog, unbedingt eine große Zeichenmaschine aufgestellt werden konnte und auch wurde. Nach meiner Erinnerung hat sie dort auch mehrere Jahre gestanden und ist dann spurlos verschwunden. Das deutet darauf hin, dass eben in der Zwischenzeit bereits andere Modellarten ein zunehmendes Gewicht erhalten hatten.

Eine systematische Auseinandersetzung mit der Modellmethode als ein Mittel der Modellierung wäre für die weitere Ausprägung der Technikwissenschaften von grundsätzlicher Bedeutung. Steht doch das Modell in einer dreistelligen Relation zu dem Objekt (wovon) und dem Subjekt (wofür). Die Beziehungen in dieser Relation sind informationeller Natur. Insbesondere durch die Einbeziehung des Subjektes wird für die Modellierung die Zielsetzung explizit angesprochen, die im konkreten Fall die jeweilige technische Aufgabe beinhaltet. Damit lässt sich auch die Bewertung und so auch die Optimierung als zentrales technisches Problem verdeutlichen. Das technische Modell wird immer zweckbestimmt geschaffen. Jedes technische Objekt kann und muss deshalb durch eine Vielzahl von Modellen beschrieben werden, die sich durch den zu betrachtenden physikalischen Charakter (Stoff, Energie, Information) und den Zustand (Plan, Betrieb) un-

²⁶ BUCHHEIM, G. (Hrsg.) [u.a.]: Geschichte der Technikwissenschaften. Basel : Birkhäuser, 1990 ; SONNEMANN, R.: Geschichte der Technik. 2., durchges. Aufl. Köln : Aulis-Verl. Deubner, 1987.

²⁷ KLAUS, G. (Hrsg.): Wörterbuch der Kybernetik. Berlin : Dietz, 1968.

terscheiden können. Es gibt sicher noch viele andere Gesichtspunkte, die zu weiteren Klassifizierungen führen können. Für die Technik bedeutsam ist die Unterscheidung nach Funktions-, Struktur- und Verhaltensmodellen. Funktionsmodelle können übliche technische Modelle sein, Strukturmodelle spielen bei systemtechnischen Überlegungen durch den Aufbau entsprechender Hierarchien eine wichtige Rolle. Verhaltensmodelle ermöglichen die Beschreibung zeitlicher Verläufe und so auch die Erfassung des dynamischen Verhaltens.

Weiter kann aus dieser Sicht die Organisation der Entwurfsarbeit als eine Methode zur Herstellung von Kopien nach Modellen angesehen und so mit Arbeitsmethoden aus anderen Bereichen verglichen werden.

Schließlich sei erinnert, dass die Ähnlichkeitstheorie, die gerade im Bereich der Verfahrenstechnik so wertvolle Erkenntnisse und wichtige Einsichten erbracht hat, auch nichts anderes als eine spezielle Modellmethode ist. Erste Beiträge zur ihrer allgemeinen Einschätzung in dieser Hinsicht hat MEINICKE vorgelegt.²⁸

Und schließlich muß unbedingt auf die Möglichkeiten hingewiesen werden, die durch die Rechentechnik durch den Aufbau komplexer Programmsysteme gegeben sind. De facto ist auf diese Art und Weise eine vollständige Beschreibung technologischer Gesamtheiten möglich, die nahezu alle denkbaren Fragestellungen zu beantworten vermag. Auf diese Weise bedeutet die Benutzung von technischen Modellen für die Beantwortung auch allgemeiner Fragestellungen nicht ein einfacher Reduktionismus, wie das der Fall sein könnte bei der Benutzung von naturwissenschaftlichen Modellen. Durch die Einbeziehung der durch das Subjekt gegebenen Zweckbestimmung ist zumindest implizit Bezug auf höhere Bewegungsformen der Materie genommen.²⁹

In Verallgemeinerung der angesprochenen Probleme kann man sogar soweit gehen, dass sich nach der Art der Modelle Klassifizierungsvorschläge für die verschiedenen Disziplinen und Wissenschaften ableiten lassen.

Ein System und damit auch ein Modellsystem ist funktional durch die Attribute oder Eigenschaften, strukturell durch die Subsysteme und deren Relationen und hierarchisch durch die Einordnung in jeweils andere Systeme charakterisiert. Wichtig ist darüber hinaus noch die Möglichkeit der Definition einer Umgebung, die eine Einordnung in zunächst äußere Systeme oder auch eine Strukturierung im Inneren des Systems zum Ausdruck bringen kann .

Wenden wir uns zunächst dem funktionalen Aspekt zu. Mit dieser Auffassung lassen sich verschiedene Grenzfälle für die Modelle bzw. Modellsysteme diskutieren:

²⁸ MEINICKE, K.: Der Theorienbildungsprozess in der Herausbildungsphase der Verfahrenstechnik. Dresden, TU, Diss. (B), 1989.

²⁹ LIEBSCHER, H.: Wissenschaftliche Modellbegriffe. In: HÖRZ, H. (Hrsg): Experiment, Modell, Theorie. Berlin : Dt. Verl. d. Wiss., 1982, S. 167-179.

a) $M \gg G, K$

Die Bedeutung oder das Gewicht der Arbeitsmittel überwiegt die der Arbeitsgegenstände und der Arbeitskraft. Danach können diese entweder gänzlich vernachlässigt oder in die Umgebung delegiert werden. Diese Auffassung ist charakteristisch für die institutionelle Entwicklung im 19. Jahrhundert und führt zunächst zu den konstruktiven Technikwissenschaften. Eine erste Klassifikation der Technikwissenschaften aus dieser Sicht lässt sich z.B. aus den Fachrichtungen des Maschineningenieurwesens der fünfziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts ableiten. Das Fazit: der Konstrukteur ist der König der Produktion. Da die Konstruktion und so das Arbeitsmittel als ein Synonym für die Technik aufgefasst wurde, führt eine Verallgemeinerung dieser Position zu einer Verengung des Begriffes Technologie oder annulliert sie gänzlich.

Bei der Einschätzung dieser Position ist zu berücksichtigen, dass hierunter auch der gesamte Komplex der Herstellung der Arbeitsmittel fällt. Industriell steht in Deutschland damit der gesamte Bereich der Betriebe dahinter, die im VDMA zusammengefasst sind.³⁰ Die Bedeutung dieses Bereiches für die Volkswirtschaft ist kaum zu überschätzen.

Für die Ausführung der Konstruktion ist der Werkstoff und seine Eigenschaften von ausschlaggebender Bedeutung. Danach lässt sich zunächst grob die Unterscheidung in das Bauingenieurwesen und den Maschinenbau ableiten. So entwickelten sich in Verbindung zur Konstruktion die Werkstoffwissenschaften, die durch ihre signifikanten Aufgaben – die Beschreibung der Zustände und die Herstellungsverfahren der Werkstoffe sowie die Werkstoffprüfung – bald zu eigenständigen Disziplinen wurden. Die Herstellungsverfahren der Werkstoffe stellten ihrem Wesen nach zutiefst technologische Fragestellungen. Deshalb war es nur folgerichtig, wenn bei der Gründung der Fakultät Technologie in Dresden seinerzeit das Institut für Werkstofftechnik dieser zugeordnet wurde.

b) $G \gg M, K$

Bei dieser Betrachtung liegt das Hauptgewicht auf den Arbeitsgegenständen, die Systembeschreibung folgt dann aus dieser Sicht. Charakteristisch hierfür sind zunächst Probleme, die sich aus dem Transport von Stoff, Energie und Information ergeben, die demnach bei makroskopischer Betrachtung die Verkehrstechnik, die Netz- und Rohrleitungstechnik u.ä. betreffen.

Im allgemeinen Sinn bedeutet diese Betrachtungsweise aber eine Orientierung an den Prozess des Arbeitsgegenstandes, der im System, in der Technologie, mit Hilfe des Arbeitsmittels vollzogen wird. Deshalb lassen sich solche Disziplinen als Prozesstechniken bezeichnen. Nach dem Aggregatzustand des Stoffes als Arbeitsgegenstand können zwanglos die Verfahrenstechnik, vordergründig für

³⁰ VDMA: Maschinen- und Anlagenbau im Zentrum des Fortschrittes. Frankfurt : Maschinenbau Verl., 1995.

den Bereich der fluiden Zustände, die Verarbeitungstechnik für Übergangszustände, wie die nichtnewtonschen und nichthookeschen Stoffe, und schließlich die Fertigungstechnik als für den festen Zustand verantwortlich unterschieden werden. Wird als Arbeitsgegenstand die Energie betrachtet, so leitet sich hieraus die Energietechnik ab. Die verschiedenen Erscheinungsformen der Energie lassen eine weitere Differenzierung zu: z.B. vordergründig die Wärmetechnik und die Elektrotechnik, vordergründig als Starkstromtechnik. Aber auch solche Disziplinen wie die Dampftechnik, die Druckluft- und die Vakuumtechnik, auch die Gas-technik und verschiedene Brennstofftechniken lassen sich zwanglos so einordnen. Die Betrachtung der Information als Arbeitsgegenstand führt zunächst zur Mess- und Regelungstechnik und dann über die Automatisierungstechnik und Prozessleit-technik zur Informations- und Datenverarbeitungstechnik allgemein. Aus dem Bereich des „kalten“ Maschinenbaus heraus entwickelte sich zunächst die Fertigungs-technik, die unter Einbeziehung der Betriebsorganisation als die theoretische Grundlage des CIM-Betriebes zu einer überragenden Bedeutung gelangt ist.

c) $K \gg M, G$

Da der Schwerpunkt bei einer solchen Orientierung auf der Arbeitskraft liegt, führt eine Modellierung auf dieser Basis im weitesten Sinn zu den Arbeitswissenschaften. Hierunter fallen dann ergonomische Probleme und vor allem solche des Arbeitsschutzes und der Sicherheitstechnik, die nun wiederum spezielle und spezifische technische und technologische Systeme erfordern können.

Einen interessanten Aspekt lässt in diesem Zusammenhang das Beispiel der Getreideernte erkennen. Obwohl in diesem Fall der Arbeitsgegenstand über alle historischen Formationen hinweg stets der gleiche blieb – das Getreide – und auch die Arbeitsprozesse sich nicht veränderten – das Abschneiden des Getreides, das Trocknen und das Ausdreschen – hat sich die Technologie grundlegend verändert durch die sich wandelnde Stellung der Arbeitskraft innerhalb des Arbeitsprozesses. In der Frühzeit der Menschheit galt die angegebene Bedingung 3. Es musste der Mensch das Getreide eigenhändig hauen, abraffen, Garben binden, diese zu Puppen aufstellen, dann später die Getreidegarben in die Scheunen verbringen, sie lagern und schließlich, gewöhnlich erst im Winter, das Getreide dreschen, zunächst mit dem Dreschflegel. Durch die fortschreitende Mechanisierung wurde Schritt für Schritt der Mensch aus dem Arbeitsprozess herausgenommen, bis er lediglich noch als Mähdrescherfahrer fungiert. Dieser kann auch noch über eine Fernsteuerung überflüssig gemacht werden. Geändert hat sich der Charakter des Arbeitsmittels, sodass die moderne Situation durch den Fall 1 zu kennzeichnen ist.

d) Es gibt auch konstruktive und technologische Elemente, die aus einer Vereinigung der Eigenschaften von Arbeitsmittel und Arbeitsgegenstand entstehen.

$T = M \cup G \gg K$

Charakteristisch hierfür sind die Brennelemente von Kernreaktoren, die einerseits Konstruktionselemente der Brennstoffkassette und andererseits Träger des Abbrandes, des Brennstoffverbrauches sind. In diesem Zusammenhang unterliegen sie dem Umladezyklus und damit dem Brennstoffkreislauf und tragen so auch die Eigenschaften des Arbeitsgegenstandes. Ein anderes Beispiel sind die Katalysatoren in Chemiereaktoren. Als Schüttung kennzeichnen sie maßgebend die konstruktiven Eigenschaften des Reaktors, über Alterungsprozesse und den Verbrauch haben sie Einfluss auf die Stoffumsetzung bei der Reaktion und tragen so auch den Charakter eines Arbeitsgegenstandes.

Dem Doppelcharakter derartig konstruktiv-technologischer Elemente müsste eigentlich bei der Modellierung, insbesondere aber bei der ökonomischen, Rechnung getragen werden. Gewöhnlich werden sie mit jeweils einer Eigenschaft in die Modellierung eines Aspektes einbezogen.

e) Eine spezifische Modellierungsstrategie hat sich im Bereich der Energie- und Wärmewirtschaft herausgebildet, die später auch von anderen Disziplinen wie der Verfahrenstechnik übernommen worden ist. Aus der Erkenntnis, dass Wirkungsgrad- und Ausbeutesteigerung immer durch einen erhöhten Apparate- und Anlagenaufwand zu erreichen ist, ist die Fragestellung abgeleitet worden, für die Ermittlung der optimalen Lösung Einsparungen an laufenden Aufwendungen dem dazu erforderlichen Mehraufwand an einmaligem Aufwand gegenüber zu stellen.

Das gelingt aus der folgenden Relation

$$(G > M) \gg K$$

da der Aufwand für die Arbeitskraft gegenüber denen für die Arbeitsgegenstände, d.h. für Stoffe und Energien, und denen für die Apparate und Anlagen zu vernachlässigen ist oder in einfachen Zuschlägen erfasst werden kann. Außerdem ist bei technischen Systemen aus dem Bereich der Energie- und Verfahrenstechnik der spezifische Aufwand für die Arbeitsgegenstände gewöhnlich größer als der für die Arbeitsmittel. So ist als Modell der zweigliedrige Kostenansatz entstanden, der später unter der Bezeichnung thermoökonomische Bewertung eine Verallgemeinerung erlaubte.³¹

Wenn auch die vorliegenden Betrachtungen zunächst für Ebenen angestellt worden sind, für die im engeren Sinn technisch-technologische Sachverhalte und damit die Funktionalität im Vordergrund standen, so lassen sie sich entsprechend dem Charakter der Modellsysteme auch in verschiedenen hierarchisch über- und untergeordneten Ebenen durchführen. Folgen wir ROPOHL³², läßt sich als Hierarchie für unsere Annahmen schreiben

³¹ FRATZSCHER, W.: Bedeutung der thermoökonomischen Modellierung zur Lösung energie- und verfahrenstechnischer Aufgaben. In: Energieanwendung. 22 (1973), Nr. 8, S. 143-146.

³² Vgl. ROHPOHL, Fußnote 25.

$$H = (\dots T'', T', T_i, T^+, T^{++}, \dots)$$

Mit T' gilt für $i - 1$ und T^+ gilt für $i + 1$ kann der Rang der Hierarchie festgelegt werden. Gilt für das zu betrachtende System

$$T = (M, G, K)$$

und für das Teilsystem

$$T' = (M', G', K')$$

so ist natürlich

$$T' \subseteq T$$

und die Differenz beider dann die Umgebung

$$U = T \setminus T'$$

Damit können für die Modellierung von Teilsystemen und Umgebung unterschiedliche Strategien zugrundegelegt werden. So lässt sich zweckmäßig z.B. alles das, was im Verlaufe des Prozesses näherungsweise als konstant angesehen oder als geeignet definierter Mittelwert erfasst werden kann, als Umgebung definieren. Aus diesen Festlegungen heraus können nun auch die Elemente definiert werden. Das sind Modelle von Gegenständen, die nicht weiter untersetzt werden. Vom Blickwinkel der Verfahrenstechnik her sind das für bestimmte Betrachtungen z.B. die Prozesseinheiten oder die Mikroprozesse. Man schreibt dann

$$E_i \in T.$$

Ein Beispiel für den Aufbau einer Hierarchie für Subsysteme aus dem Bereich der Verfahrenstechnik zeigt Bild 1.

Das Problem der Untergliederung auf der untersten Ebene ist damit noch nicht gelöst. Während Konduktion und Konvektion deutlich abgegrenzt werden können, steht hinter der Auseinandersetzung mit den Wechselwirkungen eine

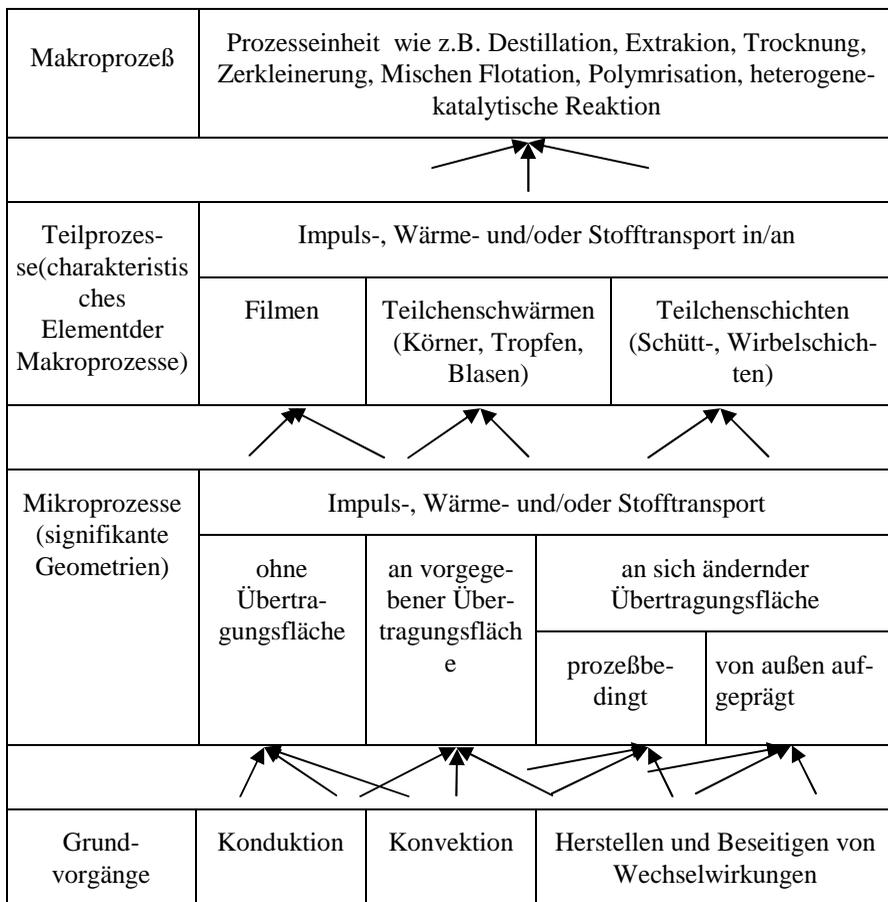


Bild 1 Beispiel für eine verfahrenstechnische Hierarchie

Vielzahl möglicher Prozesse und damit auch Disziplinen. Wie man erkennt, ist die Festlegung der Elemente natürlich relativ und auf allen Hierarchieebenen anwendbar. So ist z.B. auch ein Verfahren oder ein komplexes technisches System mit geeignet aggregierten Kennzahlen wie ein Element zu behandeln. Solche Kennzahlen sind z.B. Wirkungsgrade, also Effektivitätszahlen, oder für ökonomische Modelle spezifische Preise.

Der Versuch für die derzeitigen Erkenntnisse eine möglichst umfassende Hierarchie anzugeben, ist nach heuristischen Vorstellungen im Bild 2 dargestellt.

LEVELS OF PHYSICAL PLANNING

The planning of any system or combination of things working together is basically similar. Projects differ primarily in magnitude, scope, and external conditions, as well as details, input data, and time-cost limitations.

<u>MACRO</u> Level of the Master Planner	20. Universe 19. Solar System 18. World (planet or satellite) 17. Continent or continental plans 16. Near continent (less than continent)	Within man's <u>flight</u>
<u>MAXI</u> Level of the Re- gional or City Planner	15. Multiple regions or territory 14. Region or megalopolis 13. City or large community 12. Small community, town, or section of city 11. Neighborhood or zone (industrial district or park)	Within man's <u>drive</u>
Level of the Building of Fac- tory Planner	10. Site, lot, or parcel of land (multi- building location) 9. House, factory, or single building plant 8. Department (floor of house or factory) 7. Work area (room or group of work places) 6. Workplace (man, machines, plus...)	Within man's <u>walk</u>
<u>MINI</u> Level of the De- sign Engineer of Scientist	5. Machine (or man or animal) 4. Mechanism or assembly (2 or more things) 3. Piece, part, or thing—its design or form 2. Particle arrangement (granular struc- ture of the particles in the piece or thing)	Within man's <u>grasp</u>
<u>MICRO</u>	1. Microscopic or molecular arrange- ment within each particle or granule	

Bild 2 Beispiel für eine allgemeine Hierarchie

Interessant hierbei ist, dass so soziale Einflussfaktoren auf wenige Hierarchieebenen beschränkt sind. Andererseits beginnt und endet dieser Versuch einer Gesamtsicht in der Physik.

Wie die beiden Beispiele zeigen, lassen sich je nach dem Betrachtungszweck und damit der Zielvorgabe die unterschiedlichsten Hierarchiestämme entwickeln. Für verfahrenstechnische Aufgaben könnten solche Ebenen z.B. sein:

	Volkswirtschaft	Land
	Industriezweig	Region
	Industrieverband (Trust)	
T ⁺⁺	Betrieb	Kommune
T ⁺	Betriebsteil (Betriebsführung, Instandhaltung, Ver- und Entsorgung)	
T	Verfahren	
T'	Prozessgruppe	
T''	Prozesseinheit	
	Apparat	Stoff

Im allgemeinen werden die gleichen Gegenstände auf den unterschiedlichen Ebenen durch jeweils verschiedene Modelle abgebildet. Auf den oberen Ebenen sind das Modelle ökonomischer Kategorien, wie z.B. Bruttosozialprodukt, dann Gewinn, Verlust, Steuern und Subventionen. Charakteristisch für die technisch-technologischen Modelle sind die unteren Ebenen, bei denen Stoff- und Energiebilanzen für die Prozessmodelle und auch für die Mess- und Regelungstechnik von zentraler Bedeutung sind. Diese hierarchische Struktur lässt sich natürlich auch nach unten weiter fortsetzen mit der Unterscheidung von Makro- und Mikroprozessen, wie weiter oben gezeigt worden ist. Wie daraus sofort deutlich wird, sind für die unteren Ebenen im zunehmenden Maße rein naturwissenschaftliche Modelle charakteristisch. Auf ihnen sind Stoff- und Energietransportprozesse durch Konvektion und Konduktion und bei instationären oder periodischen Prozessen auch die Speicherung wichtige Teilprozesse von allgemeiner Bedeutung. Von bestimmendem Gewicht ist aber die Stoff- und/oder Energiewandlung, deren Klassifikation auf die verschiedenen Bereiche führt, die letztendlich den Produktionscharakter einzelner Industriebereiche prägen.

Neben den Funktions- und Strukturmodellen haben natürlich auch Verhaltensmodelle für technische Systeme eine große Bedeutung für die Modellierung des jeweiligen Zeithorizontes. So verfügt jedes technische System über eine Le-

benszeit, die sich, grob gesprochen, aus der Planungszeit P und der Betriebszeit B zusammensetzt

$$L = P + B$$

Langlebige technische Systeme sind durch die Bedingung $L \gg P$ gekennzeichnet, für Großprojekte können die beiden charakteristischen Zeiten in der gleichen Größenordnung liegen.

Für eine ganze Reihe von technischen Fragestellungen ist eine weitere Untersetzung von Interesse, die sich aus der Einordnung der gleichen technologischen Gegenstände in die verschiedenen Phasen des Reproduktionsprozesses ergibt. Dazu finden im allgemeinen auch unterschiedliche Modellierungsstrategien Verwendung. Die wichtigsten Phasen des Reproduktionsprozesses sind:

Entwurf	(Einordnung)
Projekt	(Quantifizierung)
Montage	(Realisierung)
Betrieb	(Produktion)
Abbau u. Entsorgung	(Beseitigung).

Da sich die Adressaten der einzelnen Phasen unterscheiden und dabei jeweils mit unterschiedlichen Gewerken und so mit unterschiedlichen Disziplinen zusammengearbeitet werden muss, sind auch Modelle in jeweils verschiedenen Sprachen erforderlich. Für den Entwurf können u.a. ökonomische, ökologische und auch ästhetische Gesichtspunkte maßgebend sein. In der Phase des Projektes spielen neben der Vielzahl von Rechnungsmodellen auch graphische Darstellungen eine wichtige Rolle. Der Bauablauf erfordert eine zeitliche Planung und die Baustellenorganisation mit den spezifischen Anforderungen an die jeweiligen Gewerke und die entsprechende Baustellenversorgung, bekannt geworden ist die Netzwerkplanung. Im Betrieb ist die Zusammenarbeit mit den vor- und nachgelagerten Prozessen und Technologien, sowie mit den sog. Nebenanlagen und Versorgungseinrichtungen und vor allem mit dem Territorium zu organisieren. Von eigenständiger Bedeutung ist die Betriebsführung, die den Umgang mit dynamischen Modellen, die auf der Grundlage der Integration der Differenzialgleichungssysteme abzuleiten sind, die aus den Stoff-, Impuls-, Energiebilanzen, den Materialgleichungen und der Kinetik bestehen, erfordert und z.B. letztendlich zum Einsatz von Leitrechnern führen. Außerdem spielen die Probleme des Arbeitsschutzes und der Sicherheit eine wichtige Rolle und vor allem die Einbeziehung des Betriebspersonals in die technologische Betrachtung. Ganz anders gelagert sind wieder die Probleme des Rück- und Abbaues und der endgültigen Entsorgung, insbesondere wenn das Ziel der damit verbundenen Aktionen die „grüne Wiese“ sein soll.

Dieser Versuch sollte die Vielzahl und Breite der technischen Aufgabenstellungen andeuten und durch die Bezugnahme auf konkrete technische Systeme, vordergründig auf der Grundlage der eigenen Erfahrung aus dem Bereich der Verfahrenstechnik, auch konkrete gegenständliche Vorstellungen erwecken. Diese fehlen gewöhnlich, wenn Überlegungen ausschließlich auf allgemeinen methodischen und methodologischen Grundlagen angestellt werden. Aus dem entworfenen Bild lassen sich nun Klassifizierungsvorschläge für die technischen Wissenschaften ableiten, die aus der Sicht eines Technikers in sich logisch und auch vollständig sind. Aus dem Technologietripel heraus bieten sich zunächst die Konstruktions-, die Technologie- und die Arbeitswissenschaften an. Die konstruktiven Disziplinen können nach dem Werkstoff, die technologischen zunächst nach Stoff, Energie und Information und dann nach dem Zustand des Arbeitsgegenstandes, der Energieform und der Art der Information unterteilt werden. Für die Arbeitswissenschaften sind Klassifizierungsvorschläge nach ergonomischen Gesichtspunkten, aus der Sicht der Betriebssicherheit und der Umweltbedingungen bis hin zu bestimmten juristischen Fragestellungen denkbar.

Natürlich sind auch Klassifizierungsvorschläge aus den Bereichen der Struktur- und Verhaltensmodellierung ableitbar. So sind in den höheren Hierarchieebenen im zunehmenden Maße ökonomische Gesichtspunkte in die Optimierungs- und Bewertungsstrategien aufzunehmen. In den unteren Hierarchieebenen sind dagegen im stärkeren Maße naturwissenschaftliche Kategorien zu berücksichtigen. Unter diesem Gesichtspunkt sind z.B. die Disziplinen Technische Mechanik, Strömungsmechanik und Thermodynamik als Teilgebiete der Technikwissenschaften verständlich.

Aus der Gruppe der Verhaltensmodelle sind Gesichtspunkte, die durch die Operationsforschung und das Management hereingetragen werden, von zentraler Bedeutung und können zu entsprechenden Disziplinen führen. Von besonderer Bedeutung ist auch in diesem Zusammenhang das instationäre Verhalten der Prozesse und Anlagen, das in der Automatisierungstechnik, bei der Wärme- und Stoffübertragung und in der Reaktionstechnik zu selbstständigen Teildisziplinen geführt hat. Im weiteren Sinn gehören hierzu auch die Probleme der Entsorgung und des Abbaus, die zu neuartigen technischen Fragestellungen und sich zu gänzlich neuen Gebieten wie der Ver- und Entsorgungstechnik entwickelt haben.

Zusammenfassend gilt festzuhalten, dass die aufgezeigten Ansatzpunkte nur als Beispiele aufzufassen sind und der Gesamtbereich der Technikwissenschaften nicht durch eine für alle möglichen Fragestellungen feststehenden Ordnung und Klassifizierung zu beschreiben ist. Vielmehr muss das jeweilige Ordnungsschema sich stets den sich ändernden Anforderungen und Einsichten anpassen können. So unterscheidet sich der Blick des Konstrukteurs von dem des Technologen und beide von dem des Arbeitswissenschaftlers. Und das ist notwendig und gut so. Zu organisieren ist das Zusammenspiel aller zur Erreichung irgendwie formulierter gearteter Optima.

4. Erste allgemeinere Schlußfolgerungen

Für den besprochenen Gegenstand scheint es mir geboten zu sein, ganz allgemein von Technikwissenschaften zu sprechen. Diese stehen dann den Natur- und Geisteswissenschaften gegenüber und stellen in dieser Position eine Grundlage dar, die Lücke zwischen beiden, die manchmal als Vertreter zweier Kulturen bezeichnet werden, zu schließen. Die Technikwissenschaften können das, denn die Einordnung technischer Sachverhalte erfordert sowohl die Kenntnis naturwissenschaftlicher Aussagen als auch die über sozial- und geisteswissenschaftliche Zusammenhänge. Wenn bestimmte Seiten der technischen Sachverhalte in den Vordergrund gerückt werden sollen, ist es zweckmäßig zwischen konstruktiv und technologisch orientierten Disziplinen zu unterscheiden. Eine absolute Trennung zwischen beiden Bereichen erscheint mir nicht richtig zu sein, da für beide im Sinn STODOLAS das einheitliche technische Objekt zu betrachten und zu verantworten ist, lediglich aus einer unterschiedlichen Gewichtung der zu berücksichtigenden Teilprobleme heraus. Die konstruktiv orientierten Disziplinen charakterisieren die klassischen Gebiete des Maschinenbaus und des Bauingenieurwesens, die technologisch orientierten die Prozesstechniken, die sich aber in der Vergangenheit kaum so nannten. Daneben kann es sinnvoll sein, wie schon angesprochen, ein Arbeitsingenieurwesen einzuführen, wie dies an einigen Ausbildungsstätten schon realisiert worden ist.

Da für alle Gegenstände geeignete Hierarchien aufgestellt werden können, ist es möglich, unter Benutzung kybernetischer und systemtechnischer Aussagen Aggregationen vorzunehmen, die in der wissenschaftlichen Darstellung als allgemeinere Disziplinen bezeichnet werden können. So lässt sich eine allgemeine Konstruktionswissenschaft wie auch eine allgemeine Technologie definieren, die aber beide zu den Technikwissenschaften zuzurechnen sind.

Welche Konsequenzen könnten sich aus einer solchen Position für die Gestaltung der Ausbildung ableiten lassen? Wenn eine Universität die Gesamtheit der universitas litterarum vertreten will, müssen zunächst einmal geeignete technische Disziplinen an dieser Einrichtung vorhanden sein. Ohne sie könnte man im modernen Sinn nicht von einer Volluniversität sprechen.

Für die zweifellos notwendige breitere Information über sozial- und geisteswissenschaftliche Sachverhalte sind nicht unbedingt weitere zusätzliche Lehrveranstaltungen im Studium aufzunehmen, da das Ingenieurstudium wegen des integrativen Charakters ohnehin schon viel unterschiedliche Vorlesungen und Übungen enthält. Vielmehr sollten die Vortragenden qualifiziert werden, in den vorhandenen Lehrveranstaltungen auf derartige Zusammenhänge einzugehen. Nach amerikanischen Vorbildern könnten den jeweiligen Vortragenden entsprechende

Unterlagen zur Verfügung gestellt werden.³³ Mit einem solchen Vorgehen sollen recht gute Ergebnisse erzielt worden sein. Auch eine iterativ gestaltete Projektarbeit über einen großen Teil des Studiums ist denkbar.³⁴

Gedankengänge dieser Art über die Technik und die Technikwissenschaften sind auch in die allgemeinbildenden Schulen hinein zu tragen. Verschiedentlich ist gefordert worden, Technik als Lehrfach in die Schulausbildung aufzunehmen. Ich halte auch hier eine entsprechende Qualifizierung der vorhandenen Fächer für einen zunächst besseren Weg. Da kommen in erster Linie natürlich die naturwissenschaftlichen Fächer in Frage. Aber auch bei Sozialkunde und Fächern mit stärkerem historischen Hintergrund, und vorrangig in der Geschichte selbst, sind technische Zusammenhänge in die allgemeinen Darlegungen einzubeziehen. Auch ein solches Vorgehen verlangt natürlich eine entsprechende Qualifizierung der Lehrer.

Technik und Technikwissenschaften tragen nach dem hier Entwickelten vorwiegend integrierenden Charakter. Das gilt auch für viele Teilbereiche. Aber auch in diesem Sinn ist keine einheitliche Position für alle Bereiche zutreffend. Es gibt auch Bereiche und Disziplinen mit stärker spezialisiertem Charakter. Das trifft zu für solche Disziplinen, die ausschließlich mit naturwissenschaftlichen Methoden arbeiten, wie die schon angesprochenen Fächer Technische Mechanik, Strömungsmechanik und Thermodynamik. Von den Naturwissenschaften unterscheiden sie sich durch den Gegenstand und die Art der Durchdringung, die aus dem technischen Umfeld folgt. Das kann sowohl eine tiefere und weitergehende Behandlung erfordern, wie z.B. bei der Zustandsbeschreibung des Wasserdampfes, als auch eine breitere, da bei der Modellierung der Gegenstände häufig Systemcharakter zu berücksichtigen ist. Also auch in diesem Zusammenhang bedeuten vor-schnelle Verallgemeinerungen eine nur einseitige Darstellung.

³³ PRAUSNITZ J. M.: Engineering and the other humanities : broadening educaion in the applied sciences. Konferenz "Sprachlosigkeit zwischen den Wissenschaftskulturen". Berlin : BBAW, 2002.

³⁴ FRATZSCHER, W.: Technologie und Ingenieurausbildung. In: Sitzungsber. der Leibniz-Sozietät 50 (2001), Nr. 7, S. 207-217.

Ostwalds Ideen zum Energiefluss in der Biosphäre

Hermann Berg

1. Die freie Energie der Sonnenstrahlung als "Mühle des Lebens".

Die physikalisch-chemische Grundlage des Lebens sieht Ostwald in der Umsetzung der freien Energie ΔG der Sonnenstrahlung durch die Photosynthese mit CO_2 der Pflanze und den Metabolismus von Mensch und Tier unter Freisetzung von CO_2 . Dieser ewige Kreisprozess¹ funktioniert seitdem Sauerstoff in der Erdatmosphäre vorhanden ist. Seit alters her galt die Frage nach dem Leben und seiner Entstehung für irrelevant und wurde im 19. Jahrhundert zu den ewigen Welträtseln gerechnet. Noch im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts glaubte H. DRIESCH in den Regenerationsprozessen zur Erreichung von Ganzheit und optimaler Gestalt eindeutige Beweise für das Wirken einer nichtphysikalischen Lebenskraft oder seelenartigen Entelechie zu haben. Wegen der Komplexität der Lebensprozesse sind vor W. OSTWALD kaum materialistische Vorstellungen geäußert worden. Ausnahme war der Physiker Johann Wilhelm RITTER (1776-1810), der auf Grund seiner bioelektrochemischen Experimente und Selbstversuche 1798 zu der Schlussfolgerung gekommen war, dass *...ein ständiger Galvanismus die Lebensprozesse im Tierreich begleite², ja sogar durch Zufuhr von Elektrizität eine Wiederbelebung u.U. möglich wäre.*

Anlässlich der Einweihung des biologischen Laboratoriums der kalifornischen Universität zu Berkeley 1903 äußerte W. OSTWALD erstmals: *...Da alle physischen Änderungen sich als räumliche und zeitliche Verschiebungen der verschiedenen Arten der Energie darstellen lassen, so sind also die Lebewesen dadurch gekennzeichnet, dass sie ihren Energiebestand nach Art und Menge annähernd konstant halten, während ein dauernder Strom der verschiedenen Energien sich durch ihren Körper ergießt. Dies kann nach den allgemeinen Gesetzen der Energetik nur in solcher Gestalt stattfinden, dass die Lebewesen Energie höheren Potentials aufnehmen und sie bei niederem Potential abgeben. Inzwischen hat sie zu den Transformationen gedient, aus denen die verschiedenen Lebensbestätigungen (Bewegung, Wärmeerzeugung, Fortpflanzung usw.) des Wesens bestehen³.* An gleicher Stelle präzisiert er: *...Eine chemische Erklärung des Lebens liegt bereits vor; wir zweifeln alle nicht daran, dass Leben ohne chemische Vorgänge, bei welchen freie Energie verfügbar wird, nicht denkbar ist. Woran es fehlt, ist die vollständige Analyse der einzelnen derartigen chemischen Prozesse, welche in lebenden Wesen*

¹ OSTWALD, W.: Biologie und Chemie. In: Ann. Naturphilos. 3 (1904), S. 302-314

² RITTER, J. W.: Beweis, dass ein beständiger Galvanismus den Lebensprozess in dem Tierreich begleite. Weimar, 1798. Zitiert in: Entdeckungen zur Elektrochemie, Bioelektrochemie und Photochemie / J. W. RITTER. Leipzig : Akad.Verlagsges., 1986. (Ostwalds Klassiker 271).

³ Vgl. Fußnote 1.

stattfinden. In seiner populärwissenschaftlichen Darstellung: „Die Mühle des Lebens“⁴ sagt er ebenso wie in seiner bionischen Studie 1929⁵: ...*Die freie Energie, von der alles Leben abhängt ist die Sonnenstrahlung*. Durch die Photosynthese werden energiereiche Stoffe gebildet, welche die Fließgleichgewichte im Lebewesen aufrecht erhalten, in dem sie von außen freie Energie ΔG_e in die Zelle einbringen. Ohne W. OSTWALDS Überlegungen zu kennen, stellt 1975 E. BRODA den gleichen Gedanken in den Mittelpunkt seiner Monographie: *The Evolution of the Bioenergetic Process*⁶. Weiterhin macht W. OSTWALD auf Probleme der Steuerung größerer Mengen umwandlungsbereiter freier Energie aufmerksam, wobei der menschliche Verstand die maßgebliche Rolle spielt: *Hieraus ergibt sich der Schluss, dass alles Steuern Energie beansprucht. Die Mengen sind oft sehr klein, doch handelt es sich um besonders hochwertige Energien, die nur in besonders dazu befähigten Organen gebildet werden, die wegen der erforderlichen Hochzüchtung leicht geschädigt werden können, insbesondere durch übertriebene Beanspruchung. Dies gilt in erster Linie für die steuernden Organe ausgezeichneter menschlicher Gehirne*.

Im abgeschlossenen chemischen System, das Gleichgewicht



enthaltend mit der Gleichgewichtskonstante

$$K = \frac{\bar{C}_B}{\bar{C}_A} \quad (1)$$

gilt unter Standardbedingungen

$$\Delta G_0 = - R T \ln K = - n F E_0 \quad (2)$$

mit R-Gaskonstante, n-Elektronenanzahl, E_0 - Normalpotential, F- Faraday-Konstante.

2. Das Fließgleichgewicht

Dagegen sind Lebewesen offene Systeme und daher spricht W. OSTWALD schon 1903 davon: ...*Lebewesen sind zunächst nicht stabile, sondern stationäre Gebilde*⁷. 1926 prägte er dafür den Begriff vom fließenden Gleichgewicht bei Le-

⁴ OSTWALD, W.: Die Mühle des Lebens : physikalisch-chemische Grundlagen der Lebensvorgänge. Leipzig : Thomas, 1911.

⁵ OSTWALD, W.: Der biologische Faktor in der Technik. In: Z. VDI. 73 (1929) , 33, S. 1149-1150
Auch in: Gedanken zur Biosphäre: sechs Essays / hrsg. von D. Goetz. - Leipzig : Akad. Verlagsges., 1978. (Ostwalds Klassiker 257). - S. 67-73.

⁶ BRODA, E.: The evolution of the bioenergetic process. Oxford, 1975.

⁷ Vgl. Fußnote 1.

bewesen, dessen Bedeutung jedoch erst später erkannt wurde. In „Das Wesen des Lebens“, 1931⁸ formulierte er: ...*Die Energetik machte deutlich, dass es sich bei Lebewesen nicht um ruhende, sondern um fließende Gleichgewichte handelt, bei denen das Gebilde unter Beibehaltung der Gestalt von einem dauernden Strom von Stoffen oder vielmehr Energien durchflossen wird. Aber die Flamme, der Wasserfall und viele andere unbelebte Gebilde haben die gleiche Eigenschaft; es liegt also nicht ein eigenes Kennzeichen des Lebens vor.*

Damit ist Gl.(1) um Zu- und Abfluss von Substanz (Energieträger) zu erweitern:



Nach L. von BERTALANFFY⁹, der ab 1940 diese Überlegungen ausgebaut hat, hängen die Konzentrationsänderungen von A und B in Gl.(3) nicht nur von k und k' ab, sondern auch von den Konstanten κ_A und κ_B für Zu- und Abfluss. Wenn die Konzentration c_{A_e} als Quelle und die von c_{B_e} als Senke für konstant angesehen werden, folgt für die stationären Konzentrationen im Fließgewicht (steady state):

$$\bar{c}_A = \frac{k'(\kappa_A c_{A_e} + \kappa_B c_{B_e}) + \kappa_A \kappa_B c_{A_e}}{\kappa_A \kappa_B + \kappa_A k' + \kappa_B k} \quad (4)$$

$$\bar{c}_B = \frac{k(\kappa_A c_{A_e} + \kappa_B c_{B_e}) + \kappa_A \kappa_B c_{B_e}}{\kappa_A \kappa_B + \kappa_A k' + \kappa_B k} \quad (5)$$

Die gleichen stationären Konzentrationen stellen sich unabhängig von den Ausgangskonzentrationen c_A und c_B ein, welche Eigenschaft L. v. BERTALANFFY als äquifinal bezeichnet und dafür als Beispiel die von DRIESCH an Seeigeleiern studierte embryonale Regulation nennt. Da das amputierte Ei sich regeneriert, um eine lebensfähige Larve zu werden, stellt diese Äquifinalität eine künstlich hervorgerufene finale Entwicklung dar. Wie W. OSTWALD feststellte, laufen im Organismus diese Reaktionen in räumlicher und zeitlicher Ordnung koordiniert ab, wobei nicht nur die Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit k, k' sondern auch die Änderung von c_A und c_B , wie Gl.(4) und (5) erkennen lassen, durch Katalysatoren oder Enzyme erfolgt. Neben der stofflichen Bilanz nach Gl.(3), (4), (5) unterscheidet sich

⁸ OSTWALD, W.: Das Wesen des Lebens. In: Gedanken zur Biosphäre : sechs Essays / hrsg. v. D. Goetz.. Leipzig : Akad. Verlagsanst., 1978. (Ostwalds Klassiker 257) , S. 39.

⁹ BERTALANFFY, L. v.: Biophysik des Fließgleichgewichts. Braunschweig : Vieweg, 1953.

auch die energetische des fließenden Gleichgewichtes von der des ruhenden. Im ostwaldschen Sinne wird jetzt die innere freie Energie ΔG_i gesteigert, da ständig externer Nachschub ΔG_e aus der Quelle A_e erfolgt. Ihre Summe beträgt

$$(\Delta G_e + \Delta G_i) < 0 \quad (6)$$

was die „Mühle des Lebens“ antreibt. Dabei nimmt die Entropie (Ordnungszustand) der Umgebung A_e ab, während sie im Lebewesen zunimmt.

3. Unterschiede zwischen Lebewesen und Automat.

Seit seinem 50. Lebensjahr machte sich OSTWALD Gedanken, wie für einen unvoreingenommenen Beobachter ein Lebewesen von einem Kristall oder auch von einem Automaten zu unterscheiden sei. Dafür sind aber die augenfälligen Kriterien wie Fortbewegung, Fortpflanzung und Wachstum (Reproduktion nach einem Bauplan) nicht hinreichend, da auch die Kristalle nach einem Bauplan wachsen und ein denkbarer Automat die anderen Funktionen bewältigen könnte: *...Die Maschine müsste also, um sich oder ihresgleichen dauernd zu erhalten, im ersten Falle irgendwohin gehen können, wo sie neues Benzin findet, im zweiten müsste sie entweder die zugrunde gehenden Teile selbständig ersetzen oder sie müsste vor dem Eintreten des Bruches selbsttätig eine neue Maschine herstellen können, welche an ihrer Stelle die Arbeit übernimmt. Wenn es eine solche Maschine gäbe, müssten wir sie ein lebendes Wesen nennen*¹⁰. Daraus wird deutlich, dass weitere Kriterien herangezogen werden müssen. Zunächst lässt sich zeigen, dass beim Kristall und beim Automaten makroskopisch rein kausale Prozesse ablaufen. Somit gilt, dass Unbelebtes nur durch seine Vorgeschichte bestimmt ist, d.h. die Kausalketten reichen aus der Vergangenheit in die Gegenwart und können die Zukunft gesetzmäßig bestimmen.

Die Reaktionen eines Lebewesens dagegen sind weitgehend darauf abgestellt, dass es oder seine Nachkommen zukünftig weiterexistieren können. Das bedeutet: *...jede Eigenschaft, welche für die Erhaltung des Lebens notwendig ist, findet sich bei jedem Lebewesen vor*¹¹. Diese Eigenschaften werden zweckdienlich genutzt für Ernährung, Fortpflanzung, Brutpflege usw. *...Dem Stein, dem Fluss, dem Erdball ist es einerlei, was im nächsten Augenblicke mit ihm geschieht, er bewegt sich um kein Haar anders, ob ihm Ruhe oder Untergang bevorsteht. Ein Lebewesen dagegen beschäftigt sich unaufhörlich damit, seine Zukunft im Sinne der Erhaltung und Förderung zu gestalten*¹². Am stärksten findet sich der Zukunftseinfluss auf die gegenwärtigen Zweckhandlungen beim zivilisierten Menschen, der in hohem Maße seine Vorhaben plant. *...Von der primitivsten Form, wie sie sich in der Amöbe als Antwort (Reaktion) äußert, über die zuweilen schon äü-*

¹⁰ Vgl. Fußnote 1.

¹¹ Vgl. Fußnote 8.

¹² Ebenda.

ßerst verwickelten Instinkthandlungen, namentlich bei der Sicherung der Nachkommenschaft bis zu den bewussten wissenschaftlichen Leistungen vorgeschrittester Menschen besteht eine stetige Reihe solcher Voraussetzungen künftiger Vorgänge, die immer weiter reichen und eine immer stärkere Beeinflussung künftiger Geschehnisse ermöglichen. Darum ist der Mensch der Beherrscher der Erde geworden, weil er weiter und sicherer in die Zukunft schauen und sie gestalten kann, als irgend ein anderes Lebewesen neben ihm. Und innerhalb der Menschenwelt gilt das gleiche (finale) Gesetz¹³. Auf molekularbiologischem Kenntnisstand befasst sich J. MONOD¹⁴ 40 Jahre später, wobei er den Proteinen teleonomische (finale) und katalytische Eigenschaften zuordnet, während eine DNA¹⁵ die grundlegende Invariante repräsentiert. Zu dieser Zeit entwickeln M. EIGEN und P. SCHUSTER Ideen zur Entstehung des Lebens und die katalytisch beschleunigte Evolution¹⁶

4. Die Überheilung (overshoot)

Gemäß der Terminologie von H. SELYE¹⁷ ist jedes Lebewesen den vielfältigsten heteronomen Reizen aus seiner Umwelt, d.h. einem ständigen Stress ausgesetzt, der lebensnotwendig ist und den stationären Zustand des Organismus nur reversibel verändert. Hält Stress pausenlos an und überschreitet er das gewohnte Maß, so können langdauernde oder irreparable Schädigungen zurückbleiben. Diesen irreversiblen Fall bezeichnet H. SELYE als Distress. Dem ist der Mensch heutzutage immer stärker ausgesetzt. Auf der Suche nach einem entscheidenden Unterschied zwischen lebender und toter Materie fand W. OSTWALD die Reizreaktionen als Störungen von Fließgleichgewichten charakteristisch genug. Zwar gab es Vorarbeiten dazu damals von E. HERING, A. PÜTTER, sowie von E. WEBER und G. FECHNER, deren Gesetz eine Beziehung zwischen Intensität der Empfindung E und der Reizstärke R herstellt:

$$E = \text{const.} \log R \quad (7)$$

W. OSTWALD erkannte bereits 1927 intuitiv ein generelles Prinzip der Reizantwort, was er als „Überheilung“ bezeichnete.

¹³ Ebenda.

¹⁴ MONOD, J.: Zufall und Notwendigkeit. München : Piper, 1971.

¹⁵ BERG, H.: Der Formenwandel einer DNA-Doppelhelix in Lösung, an der Elektrode u. seine molekularbiologische Bedeutung. In: Abhandl. Sächs. Akad. Wiss. (Leipzig) 54 (1981), Nr. 4.

¹⁶ EIGEN, M. ; SCHUSTER, P.: The Hypercycle. In: Naturwissenschaften. 65 (1978), S. 341-369.

¹⁷ SELYE, H.: Stress without distress. Toronto : Mc Chelland and Steward, 1974.

Überheilung

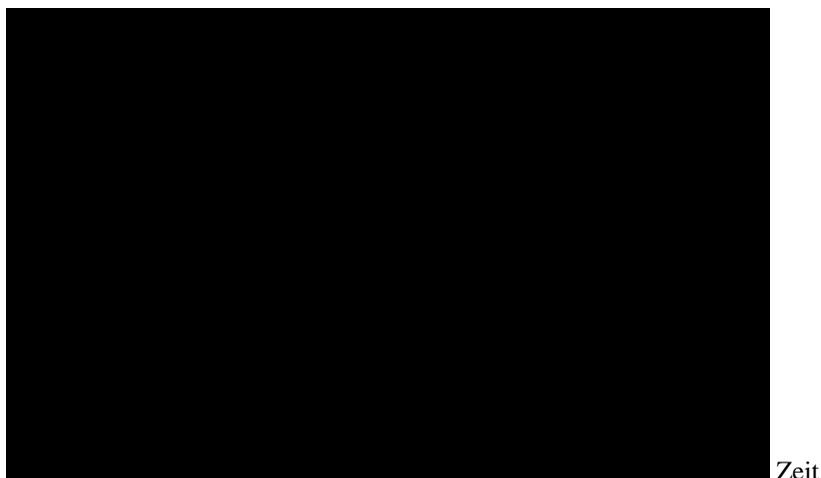


Abb. 1. Zeitlich verschiedenartige Störung von Gleichgewichten und ihre Wiedereinstellungen:

———— ruhendes Gleichgewicht

———— Fließgleichgewicht

- - - - - verzögerte Verläufe bei Überheilung (irreversibel)

Danach antwortet der Organismus auf Beanspruchungen aller Art, die zur Verminderung an Substanz oder Energie führen, mit einem „Überschuss der Gegenwirkung“. Aus Erhaltungsbestreben, d.h. teleonomischen Gründen, kann der Organismus nicht darunter bleiben; den alten Zustand unmittelbar wiederherzustellen, wäre regeltechnisch zu aufwendig. In OSTWALDS Begriffsbildung ist nicht nur der „overshoot“ bei reversiblen Störungen eines Fließgleichgewichtes enthalten, sondern auch der irreversible Respons mit Langzeitveränderungen (Abb. 1). Hierfür erörtert W. OSTWALD eine Reihe von Beispielen, die in der nachfolgenden Tabelle angedeutet sind.

Angesichts dieser für das Leben wesentlichen Vorgänge kann W. OSTWALD nicht umhin, die Überheilung als ein biologisches Urphänomen zu deklarieren. Im Anorganischen kennt man zwar Abnutzung und sogar bei selbstreparierenden und lernenden Automaten die identische Reparatur oder Adaptation, aber keine derartigen nichtlinearen Regelungen und Koordinationsvorgänge.

	Beispiele für Überheilungen	
Reiz	Reizantwort	Überheilung
1. Katabolismus	Anabolismus	Wachstum (Keim - Organismus)
2. Erlebnisse	Gedächtnisausprägung	Lernvorrat
3. Training (körperlich)	Leistungsanstieg	Konstitutionsverbesserung
4. Stimulierungen (medikamentös.)	Höchstleistung	Spitzenleistungen (körperlich und geistig)
5. Verletzungen	Wundheilungen	Gewebeverstärkung
6. Antigene	Antikörper	Immunsierung
7. Gifte/Heilmittel	Entgiftung/Rezeption	Gewöhnung/Heilung

Damit dürfte außer der Teleonomie (Finalität) als zweites Unterscheidungskriterium die Überheilung zu gelten haben; hierin ist die Biologie „autonom“. Bei der Heilung durch Arzneimittel spielt die passende Dosis eine wesentliche Rolle, was OSTWALD durch einen Vergleich verdeutlichte: *Was den Bauern kuriert, bringt den Schneider um.*

5. Ostwalds Energetik damals

Durch seinen Lehrer A. v. OETTINGEN wurde OSTWALD mit dem Begriff der Energie bekannt gemacht¹⁸ und seine Beschäftigung mit dem 2. Hauptsatz der Wärmelehre, wonach in der Natur irreversible Vorgänge schließlich zu einem stabilen Gleichgewicht führen mit

$$\Delta G = 0 \quad (8)$$

und daher ein perpetuum mobile 2. Art, wofür sich OSTWALD interessierte, unmöglich ist.¹⁹ Im weiteren Verlauf erweiterte OSTWALD den für Physiker geläufigen Energiebegriff generell durch zwei Postulate:

¹⁸ OSTWALD, W.: Die Energie und ihre Wandlungen : Antrittsvorlesung an der Univ. Leipzig. In Abhandlungen und Vorträge allgemeinen Inhalts : 1887-1983. Leipzig : Veit, 1904, S. 185ff

¹⁹ OSTWALD, W.: Lebenslinien : eine Selbstbiographie. Bd. 2. Leipzig : Klasing, 1927, S. 175. ; Neuauf. Stuttgart , Hirzel, 2003.

- (a) Die Energie allein hat „primäre Existenz“ und die Materie ist ... *nur ein sekundäres Erzeugnis der Energie, ein durch bestimmte Ursachen zusammengehaltener Komplex verschiedener Energien.*²⁰ *Es gibt nur eine Größe, welche allen Gebieten voll gemeinsam ist, und dies ist weder Raum, noch Zeit, noch Masse, sondern die Energie.*²¹
- (b) Geist und Körper lassen sich beide unter dem Oberbegriff Energie einordnen und müssen *daher natürlich und grundsätzlich miteinander eng verbunden sein*²². *Sämtliche geistigen Vorgänge dürfen wir als unlösbar mit materiellen, insbesondere chemischen verbunden betrachten, und der Verlauf der ersteren wird durch dieselben Ursachen beeinflusst werden, welche auf die letzteren wirken.*²³

W. OSTWALD prophezeit daher: ... fände man einen chemischen Katalysator, könnten diese *geistigen Vorgänge nach Umständen zu beschleunigen* sein. In seiner Rede vor der 67. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte 1895 in Lübeck²⁴ fand seine „Energetik“ ablehnende Stimmen, darunter von L. BOLTZMANN und M. PLANCK, die beide einige mathematisch-physikalische Vorstellungen OSTWALDS kritisierten.²⁵ Die größte Gegnerschaft entstand ihm bei den Fach-Philosophen und der Kirchenobrigkeit (OSTWALD war antiklerikal eingestellt und vertrat mit E. HAECKEL, Jena, den Monismus). 1910 formulierte OSTWALD folgende Definition des Atoms: *Atome sind ... kleinste Raumgebilde, in denen die Energie andere Beschaffenheit hat, als in ihrer Umgebung*²⁶. Unterstützung erhielt OSTWALD zu seinem Postulat a) von A. EINSTEIN: *Wir können daher Materie als den Bereich des Raumes betrachten, in dem das Feld extrem dicht ist.... In dieser neuen Physik ist kein Platz für beides, Feld und Materie, denn das Feld ist die einzige Realität.*²⁷

6. Ostwalds „Energetik“ heute

In den 70 Jahren nach OSTWALDS Tod tendieren viele Naturwissenschaftler zu ostwaldschen Erkenntnissen. Hierfür seien einige Beispiele erwähnt.

²⁰ Ebenda, S. 155.

²¹ Ebenda, S. 173.

²² Ebenda, S. 186.

²³ OSTWALD, W.: Chemische Theorie der Willensfreiheit. In: Ber. über die Verhandl. d. Sächs. Kgl. Ges. d. Wiss. Leipzig. 46 (1894), S. 334-343; siehe auch: Vorlesungen über Naturphilosophie. Leipzig: Veit, 1902.

²⁴ OSTWALD, W.: Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus. In Verh. Ges. Dt. Naturforsch. u. Ärzte. (1895) T. 1, S. 155-168.

²⁵ Ebenda.

²⁶ OSTWALD, W.: Die Forderung des Tages. 2., verb. Aufl. Leipzig: Akad. Verlagsges., 1911, S. 201.

²⁷ Zitat in CAPEK, M.: The philosophical impact of contemporary physics. Princeton: Nostrand, 1961, S. 319.

Zu Postulat a): H. WEYL spricht von wandernden Energieknoten für Maseteilchen.²⁸ W. HEISENBERG argumentiert: *...alle Elementarteilchen sind sozusagen aus derselben Substanz gemacht und man mag diese Substanz nun Energie oder Materie nennen und auch sagen, die Energie wird zur Materie, wenn sie sich in die Form des Elementarteilchen begibt.*²⁹

Zu Postulat b): E. HAECKEL, A. OPARIN, E. SCHRÖDINGER (Negentropie), S. FOX³⁰ entwickelten Hypothesen zu chemischen Reaktionen von Aminosäuren und Proteinen in der Erdgeschichte. M. EIGEN erdachte den katalytischen Hyperzyklus³¹, basierend auf dem Chemismus in der präbiotischen Phase! Dennoch musste er das neue Prinzip der Selbstreproduktion einführen, um „die Mühle des Hyperzyklus“ am Laufen zu erhalten. Damit ergab sich die Stufenleiter der Evolution unter Einbeziehung von Mutation und Selektion. Stets ist freie Energie ΔG als Antrieb erforderlich! Neuere Theorien von J. SCHMIDT und E. SZATHMARY³² oder S. KAUFMAN³³ stellen entsprechende Überlegungen mit der genetisch und enzymatisch aktiven RNA an oder setzen auf autokatalytische Prozesse, die sich mittels der Graphentheorie beschreiben lassen.

Schließlich spielen elektromagnetische Felder, entstanden aus Molekülschwingungen, - nach H. FRÖHLICH³⁴ und I. JERMAN³⁵ - bei der Entstehung des Lebens eine Rolle, indem sie als kohärente Oszillationen dem Informationsaustausch in der Zelle und ihren Vorstufen (Koazervaten) dienen. Durch Selektion solcher Feld-Molekülkomplexe wurde auch das Stadium der Selbstorganisation erreicht. Späterhin sind Felder auch an der Morphogenese beteiligt.³⁶ Die experimentelle Verifizierung dieses Modells benötigt nach JERMAN³⁷ eine Koazervatsuspension, ein schwaches kohärentes Feld und eine konstante Zufuhr von freier Energie ΔG .

Das Gehirn könnte nicht Signale zwischen Nervenzellen übertragen (Neurotransmitter an Synapsen und Rezeptoren), wenn diese Arbeit nicht durch freie Energie geleistet würde. Andererseits kann ein Bindungsgleichgewicht von Morphinum oder Endorphinen mit Rezeptoren das Gefühlsleben (Depression, Hunger,

²⁸ WEYL, H.: Philosophy of mathematics and natural science. Princeton, 1949, S. 171.

²⁹ HEISENBERG, W.: Philosophische Probleme in der Theorie der Elementarteilchen : Vortrag in der öffentl. Sitzung d. Sächs. Akad. Wiss. Leipzig, 25.11.1967. In: Werner Heisenberg in Leipzig : 1927-1942 / hrsg. von Ch. Kleint ; G. Wiemers. Berlin : Akademie Verl., 1993, S. 241-251.

³⁰ JERMAN, I.: Electromagnetic origin of life. In: Electro- Magnetobiology 17 (1998), S. 401-413.

³¹ EIGEN, M.: Stufen zum Leben : Die Entstehung des Lebens aus molekularbiologischer Sicht. In: Zeugen des Wissens / Ed. H. Maier-Leibnitz. Mainz : Hase u. Koehler, 1987, S. 341-377.

³² SMITH, S. ; SZATHMARY, E.: The major transitions of evolution. Oxford : Freeman Publ., 1995.

³³ KAUFMAN, S.: The origins of order. Oxford : Univ. Press, 1993, S. 287-341.

³⁴ FRÖHLICH, H.: Theoretical physics and biology. In Biological coherence and response to external stimuli / Ed. H. Fröhlich. Berlin : Springer, 1988, S. 1-24.

³⁵ Vgl. Fußnote 30.

³⁶ LIBOFF, A.: Evolution and the change of electromagnetic state. In: Electro-Magnetobiology 15 (1996) , S. 245-252.

³⁷ Vgl. Fußnote 30.

Gedächtnis) beeinflussen.³⁸ Kürzlich gelang es in Tübingen, durch Reizung einer Nervenzelle die Synthese eines „Reporterproteins (GFP)“ in ihrer elektrisch aktiven Synapse nachzuweisen,³⁹ wodurch eine erste molekulare Basis des „Lernens und Gedächtnisses“ entdeckt wurde! Darüber hinaus macht man Hypothesen,⁴⁰ wie entsteht das Ich- oder Selbstgefühl:

- Darstellung von Ereignissen im eigenen Körper,
- Steuerung des inneren chemischen Gleichgewichtes (im Hirnstamm lokalisiert)
- Abbildung der Außenwelt (im Thalamus) durch Reaktionen der Sinnesorgane.

Von A. DAMASIO (San Diego) wird prophezeit⁴¹: *Es scheint sicher, dass sich bis 2050 so viel Wissen über biologische Phänomene ansammeln wird, dass die überkommenen dualistischen Trennungen zwischen Körper und Geist, Körper und Seele, Gehirn und Geist verschwinden werden,* (Monismus!) jedoch bei Endlichkeit der Gehirnfunktionen.⁴²

Aus diesen jüngsten Beispielen zur Aktion von Rezeptor-Reaktionen, Komplexgleichgewichten, Synthesen und elektromagnetischen Feldern durch freie Energien ΔG wird deutlich, dass OSTWALDs Energetik nicht nur Bestand hat, sondern seine Prophezeiungen zur Energieverwertung durch Sonnenbatterien und Brennstoffzellen realisiert wurden. Aber nicht nur auf dem Gebiet alternativer Energiegewinnung, sondern auch bei der Umsetzung von Gehirnenergie in „Geist“ hat OSTWALD späte Rechtfertigung durch eine genaue Analyse der zeitlichen Beziehungen zwischen geistigen Zuständen und Gehirnprozessen erfahren.⁴³ Danach bringen unbewusste Hirnprozesse kausal bewusste geistige Zustände hervor! Hierzu gehört auch die „Finalität“, die OSTWALD den Lebewesen zuerkannt hatte. Das bedeutet: das Gehirn steuert das Bewusstsein mit dem höchsten Energieverbrauch von allen Organen.

³⁸ CHANGEUX, J.: Die Revolution in der Gehirnforschung. In: Spektrum d.Wiss. (2003) , S. 22-27.

³⁹ MACCHI, P. ; HEMRAY, I. ; GOETZE, B. u.a.: A GFP-based system to uncouple mRNA transport from translation in a single living neuron. In: Molecular biology of the cell 14 (2003) , S. 1570-1582.

⁴⁰ DAMASIO, A.: Wie das Gehirn Geist erzeugt. In: Spektrum d. Wiss. Digest 2 (2001) , S. 6-11.

⁴¹ Ebenda.

⁴² BECKERT, H.: Zur Erkenntnis des Unendlichen. In: Abh. Sächs. Akad. Wiss. Leipzig 59 (2001), Nr. 3.

⁴³ ROTH, G.: Die Zukunft von Geist und Gehirn. In: An den Fronten der Forschung / hrsg. v. R. Emmermann u.a. Stuttgart : Hirzel, 2003. (Verh. Ges. Dt. Naturforsch. u. Ärzte 2002), S. 213-223.

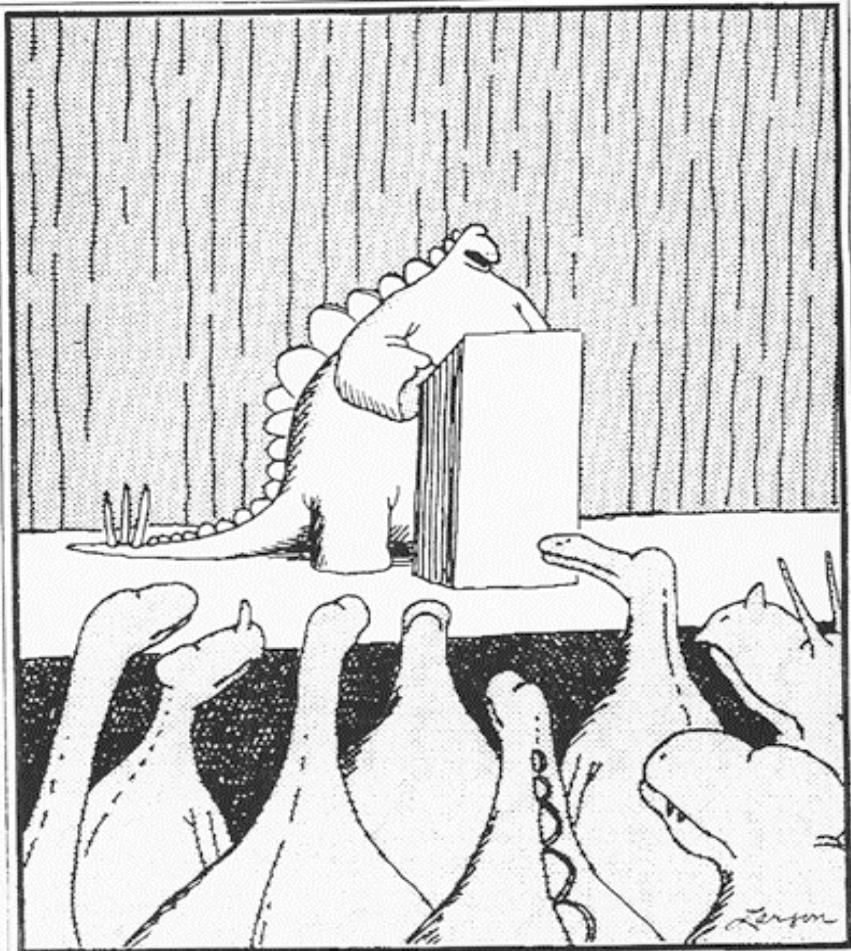
Nachhaltige Entwicklung: die Rolle der Wissenschaft bei der Gratwanderung zwischen Globalisierung, Standortsicherung und Umweltschutz

Ortwin Renn

JUL -17 2000 MON) 18:05 P&G MVL 1N106

5196271402

P.002



"The picture's pretty bleak, gentlemen. ... The world's climates are changing, the mammals are taking over, and we all have a brain about the size of a walnut."

1. Einleitung

Eine Nachhaltigkeitsdebatte, wie wir sie heute führen, hat es schon einmal vor rund 45 Mio. Jahren gegeben. Diese Debatte ist in dem beigegefügteten Cartoon bildhaft dargestellt. Man erkennt unschwer einen Kongress der Dinosaurier. Die Dinosaurier sind besorgt, denn sie befinden sich in einer ernsten Lage. Der Obersaurier führt aus: *Das globale Klima änderte sich, die ersten Säugetiere treten ihren Siegeszug an und wir haben einfach nicht die Gehirnleistung, um mit dieser Situation fertig zu werden.* Recht hatte er, der Obersaurier: Die Dinosaurier sind damals ausgestorben. Wir hoffen dagegen, dass wir Menschen heute bei ähnlicher globaler Gefährdungslage die erforderliche Gehirnleistung aufbringen können, um dem Schicksal der Dinosaurier zu entgehen.

Das Schlüsselwort, um dem Schicksal der Dinosaurier zu entgehen, heißt Nachhaltigkeit. Der Begriff der Nachhaltigkeit stammt ursprünglich aus der Forstwirtschaft und bedeutet, dass nur soviel Holz geerntet werden darf, wie in dem jeweiligen Anbaugelände nachwächst. Die Idee hat die sog. BRUNDTLAND-Kommission übernommen. Mit dem Begriff „Sustainability“ hat sie eine Entwicklung gekennzeichnet, bei der die folgende Generation die gleichen Chancen zur wirtschaftlichen Entfaltung besitzen müsse wie die heute lebende Generation. Bei der internationalen Umweltkonferenz in Rio ist das Konzept dann global zu einem Leitbild für zukünftige wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung geworden. Dieses Leitbild betrifft das Erbe, das wir der kommenden Generation hinterlassen. Unseren Nachfahren soll es nicht schlechter gehen als es uns heute geht, das ist die einfache Botschaft der Nachhaltigkeit. Ehe ich auf diesen Begriff aber näher eingehe, ist eine Analyse der heutigen Situation erforderlich.

Ist eine nachhaltige Entwicklung überhaupt notwendig? Stellt sie sich nicht von selber ein? Welchen Rahmenbedingungen sind wir in unseren Handlungen ausgesetzt und wie können wir diese langfristig beeinflussen? Lassen sich mich die Bestandsaufnahme in zwei Blöcken vornehmen: zunächst eine kurze Beschreibung der globalen Ausgangslage von Wirtschaft und Gesellschaft und dann die Darstellung der wichtigsten ökologischen Gefährdungen, denen wir ausgesetzt sind.

2. Globale Situation

Beim globalen Denken ist es wichtig, die Begleitumstände der globalen Entwicklung vor Augen zu haben. Was kennzeichnet unsere heutige Situation? Unter welchen Voraussetzungen steht unser heutiges Leben? Dazu einige Stichworte:

2.1. Bevölkerungsentwicklung und Siedlungsdichte

Die Bevölkerung wächst ständig. Jedes Jahr wächst die Bevölkerung um rund 85 Millionen Erdenbürger: Das sind mehr Menschen als die Gesamtbevölkerung der Bundesrepublik Deutschland. Heute sind es bereits rund sechs Milliarden, die unsere Erde bevölkern. Die Vereinten Nationen rechnen mit über neun Milliarden Menschen im Jahre 2050, von denen aller Voraussicht nach über die Hälfte in Großstädten leben werden¹. Die Spezies Mensch hat inzwischen eine Siedlungsdichte erzielt, die um den Faktor tausend bis zehntausend mal größer ist, als das, was uns die Natur freiwillig geben würde: die Kultur der Jäger und Sammler. Diese Kultur haben wir in der neolithischen Revolution vor ca. 40-tausend Jahren zugunsten einer neuen Wirtschaftsweise verlassen. Seit dieser Zeit verändert der Mensch planmäßig Natur und Umwelt, z.B. durch die Landwirtschaft und Viehzucht. Mit der Züchtung von Pflanzen und Tieren haben wir ganz massiv in den Naturhaushalt eingegriffen.

Seit diesem Zeitpunkt, der sogenannten neolithischen Revolution, erleben wir aus dem Blickwinkel der Populationsbiologie eine einzigartige Erfolgsgeschichte der Spezies Mensch. Es gibt so gut wie kein Biotop, in dem der Mensch sich nicht häuslich eingerichtet hat – und gleich in großer Zahl. Die Ökologen bezeichnen die maximale Dichte einer Population in einem Raum als Tragekapazität. In den Begriff der Tragekapazität fließen zwei Größen ein: zum einen die Quantität der für die eigenen Interessen benutzten Naturreserven, d.h. der Anteil an der Nettoprimärproduktion, zum anderen aber auch die Qualität, d.h. die Intensität der Nutzung pro Einheit Naturverbrauch. Für Tiere und Pflanzen stellt diese Qualität und damit die Tragekapazität insgesamt eine biologisch vorgegebene Größe dar und bleibt unbeeinflussbar. Dem Menschen dagegen gelingt es, durch die Umwandlung von Natur in Kulturflächen, die Tragekapazität zu beeinflussen. Der Einfluss des Menschen führte im Laufe der Menschheitsgeschichte zu einer gewaltigen Steigerung der globalen Tragekapazität für den Menschen (Tabelle 1).

¹ Vgl. World Resources Institute/United Nations Environment Programme/United Nations Development Programme/World Bank): World resources 1996/97 : A guide to the global environment. Oxford., 1996, S. 3 u. S. 174.

Tabelle 1: Maximale Tragekapazität für den Menschen bei unterschiedlichen Produktionsweisen²

Produktionsbedingungen	Tragekapazität pro km ² (Menschen)
Jäger und Sammler	0,0007bis 0,6
Hirtenvölker	0,9-1,6
Frühe Agrikultur	2-100
Technisch verbesserte Agrikultur	8-120
Frühindustrialisierung	90-145
Moderne Industriegesellschaft	140-300
Postindustrielle Gesellschaft	?

Haben wir mit dieser enormen Steigerung die Grenzen der Tragfähigkeit bereits erreicht oder sogar schon überschritten? Der Umweltsoziologe und Ökologe William CATTON argumentiert in seinem Buch "Overshoot" eindrucksvoll, dass wir in der Tat die Grenze der Tragfähigkeit überschritten haben und unsere heutige Bevölkerungsdichte nur dadurch aufrecht erhalten können, dass wir uns Kapital von der Nachwelt leihen, ohne dieses Kapital jemals zurückzahlen zu können.³ Der Umweltökonom Julian R. SIMON ist dagegen der Überzeugung, dass wir noch lange nicht die Grenze des Möglichen erreicht haben und wir die Tragekapazität im post-industriellen Zeitalter noch einmal wesentlich steigern könnten.⁴ Unumstritten ist aber, dass eine ausreichende Versorgung von sechs oder mehr Milliarden Menschen nicht nach den Rezepten der Jäger- und Sammlerkultur mehr möglich sein wird. Ein „Zurück zur Natur“ kann es für den Menschen nicht mehr geben. So sehr man von der Natur noch lernen kann, so sehr brauchen wir neue Technologien und Verfahren, die weiterhin eine große Tragekapazität sicherstellen, ohne die natürlichen Grundlagen, auf der die Existenzfähigkeit der Menschen beruht, zu zerstören.

2.2. Globalisierte Märkte

Wir leben in einer Welt der globalisierten Märkte. Im Austausch von Waren und Dienstleistungen, hat derjenige die Nase vorne, der die bessere Qualität zum günstigeren Preis anbietet. Dabei spielt das „wo?“ keine Rolle. Kauft man sich ein deutsches Auto mit dem Markenzeichen „Made in Germany“, kann man nicht davon ausgehen, dass alle Bestandteile des Fahrzeugs aus Deutschland stammen.

² RENN, O.: Ökologisch denken - sozial handeln : Die Realisierbarkeit einer nachhaltigen Entwicklung und die Rolle der Sozial- und Kulturwissenschaften. In: KASTENHOLZ, H. G. ; ERDMANN, K.-H. ; WOLFF, M. (Hrsg.): Nachhaltige Entwicklung : Zukunftschancen für Mensch und Umwelt. Berlin ; Heidelberg, 1996, S. 86.

³ Vgl. CATTON, W. R.: Overshoot : the ecological basis of revolutionary change. Urbana : Univ. of. Ill. Pr., 1980.

⁴ Vgl. SIMON, J. L.: There is no environmental, population, or resource crisis. In: TYLER-MILLER, G.: Living in the environment. Belmont, 1992, S. 29-30.

Im Gegenteil, die Bauteile werden aus vielen verschiedenen Ländern geliefert. Genau genommen müsste deshalb auf dem Auto das Etikett „Made in Everywhere“ kleben. Dies gilt für die meisten komplexen Industrieprodukte unseres Landes. Wir leben in einer globalen und vernetzten Welt mit allen ihren Vorzügen und all ihren Problemen und Zwängen. All das, was wir hier im Land tun, hat globale Auswirkungen, all das, was global passiert, hat Auswirkungen auf uns.

Im Aktienmarkt ist dies besonders deutlich zu merken. Wenn irgendetwas in Indonesien, in den USA oder anderswo passiert, spüren wir die Auswirkungen bei den heimischen Märkten. Kleinere Schwächen bei einem weit entfernten Markt schlägt sich in wenigen Minuten auf die Aktienkurse im Lande aus. Alleingänge in Baden-Württemberg - seien sie auch noch so gut gemeint - werden keine Wirksamkeit entfalten können, wenn sie mit den Trends der Globalisierung nicht kompatibel sind. Wohlgemerkt: es gibt Handlungsspielräume im Rahmen der Globalisierung, die zu nutzen nicht nur wünschenswert, sondern in vielen Fällen auch ökonomisch klug sind. Aber wer den Rahmen der Globalisierung überschreitet, den bestraft das Leben.

Die Bevölkerung in Deutschland sieht der Globalisierung mit gesunder Skepsis entgegen. Zwar glauben nach einer Umfrage im Jahre 2000 58% der deutschen Bevölkerung, dass mit der Globalisierung die Produkte preiswerter und sogar 69%, dass sich die Exportchancen für deutsche Produkte als Folge der Globalisierung verbessern, aber jeder vierte ist der Meinung, dass die Globalisierung eher Nachteile mit sich bringen würde und weitere 37% sieht in der Globalisierung eine ambivalente Entwicklung mit ebenso vielen Vorzügen wie Nachteilen⁵. Diese durchaus realistische Einschätzung der neuen globalen Trends hilft sicher, Illusionen über die Möglichkeiten und Chancen der Globalisierung in Grenzen zu halten und die oft beschworenen Schreckensvisionen als wenig realistische Schwarzmalereien abzustempeln. Es gilt, im Rahmen der globalen Ökonomie den noch verbleibenden Handlungsspielraum kreativ und effektiv zu nutzen.

2.3. Zunehmende Wissensorientierung

Alles systematisch zusammengetragene Wissen, das seit Beginn der Aufzeichnung von Wissen angesammelt worden ist, hat sich in den letzten Jahrzehnten rein quantitativ immer schneller vermehrt. Innovationszyklen verlaufen immer schneller, zahlreiche neue Produkte und Dienstleistungen überschwemmen die Märkte und parallel dazu kommen und gehen Moden und Konsumstile. Pro Jahr stellt die chemische Industrie allein in der Europäischen Union zwischen 500 und 1000 neue Stoffe her, außerdem finden Wissenschaftler in Abgasen und Abfällen ständig neue Substanzen.⁶ Dazu kommen ständig neue Verfahren und Produkte, die

⁵ Einstellungen zu Globalisierung. In: Interesse, Wirtschaft und Politik in Daten und Zusammenhängen, Nr. 11 (2000), S.1f.

⁶ Vgl. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): Chemikalien in der Umwelt. : Toxikologie, Prüfungen, gesetzliche Regelungen. München, 1996, S. 9.

auf den Markt gebracht werden. Allein in Deutschland werden pro Jahr fast 17.000 neue Patente erteilt.⁷ So wünschenswert diese Entwicklung im Hinblick auf Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit auch sein mag, die Geschwindigkeit dieser Veränderungen wirkt sich natürlich auch auf die natürliche Umwelt des Menschen aus. Das Diktat der Zeit verändert unsere natürliche Umwelt schneller, als wir Verfahren haben, diese Auswirkungen im voraus abzuschätzen.

Dazu kommt noch, dass sich die Halbwertszeit des Wissens ständig verringert. Mit Halbwertszeit ist die Zeitspanne gemeint, in der sich das einmal gelernte Wissen als überholt erweist. Heutzutage veraltet nichts so schnell wie das einmal gelernte Wissen. Wissen hat man immer gebraucht. Das Leben ist ohne Wissen nicht zu bewältigen. Jedoch wird die zeitliche Gültigkeit des erworbenen Wissens immer kürzer. Mein Onkel hat mir früher als Schüler immer angeraten: *Junge, geh' einmal zur Post. Dann hast Du für Dein Leben ausgesorgt und Du brauchst nichts Neues mehr zu lernen.* Dieser wohlgemeinte Ratschlag (offensichtlich habe ich ihn nicht beherzigt) ist in der heutigen Wissensgesellschaft geradezu leichtsinnig. Ohne ständige Erneuerung des eigenen Wissens ist die wirtschaftliche Zukunft weder individuell noch in der Gesellschaft als ganzes zu meistern. Wissen muß ständig aufgebessert und erneuert werden. Daraus folgt, dass wir für eine langfristige Sicherung unserer wirtschaftlichen und sozialen Leistungsfähigkeit zunehmend Investitionen in Bildung und Wissen benötigen. Die kostbarste Ressource in unserem Lande ist weder Wasser, noch Gold oder Platin, es ist das Wissen, das in den Gehirnen der Menschen und in Datenbanken wie Büchern und Computern gespeichert ist.

2.4. Ungleiche Verteilung im Zugang und im Verbrauch von Ressourcen

Ungleichheit bedeutet, dass der Zugriff auf die Ressourcen in dieser Welt sehr ungleich verteilt ist. Die armen Länder dieser Welt verbrauchen nur einen Bruchteil der Ressourcen, die wir als Bewohner eines Industrielandes wie selbstverständlich in Anspruch nehmen. Wäre es aber physisch überhaupt möglich, den Lebensstil der Industrienationen auf alle Regionen dieser Welt zu übertragen? Wäre es beispielsweise physisch machbar, dass die Chinesen ebenso viele Kraftfahrzeuge pro 100 Einwohner aufweisen würden wie die Deutschen? Gäbe es überhaupt genug Erdöl auf der Welt, um den durchschnittlichen Benzinverbrauch eines Amerikaners als Norm für alle 6 Milliarden Menschen zu verankern?

Jedem wird sofort einleuchten, dass eine Verallgemeinerung des Lebensstils der reichsten Erdenbürger auf alle Menschen dieser Welt die Ressourcenbasis innerhalb von wenigen Jahrzehnten aufbrauchen würde. Schon einige wenige Gegenüberstellungen von Zahlen über den Verbrauch von natürlichen Gütern in

⁷ Vgl. Statistisches Bundesamt: Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland. Wiesbaden, 1997, S. 370.

Industrieländern und Entwicklungsländern sprechen hier eine deutliche Sprache (Tabelle 2).

Tabelle 2: Verbrauch von natürlichen Ressourcen in den USA und Indien (1991)⁸

Natürliche Ressource	USA	Indien	pro-Kopf-Verhältnis USA/Indien
Aluminium (in 1000 t)	4.137	420	33,7
Kupfer (in 1000 t)	2.057	157	44,8
Rohstahl (in 1000 t)	93.325	20.300	15,7
Kohle (in 1000 t)	672.036	184.992	12,4
Erdöl (in 1000 t)	666.032	53.294	42,7
Erdgas (in 1000 t)	21.387.719	387.250	183,9
Ganzholz (in 1000cm ³)	468.003	281.045	5,7
Faserholz (in 1000cm ³)	136.377	1.208	385,7

Selbst wenn es möglich wäre, die heutigen Lebensumstände der reichen Industrienationen einzufrieren, also kein Wohlstandszuwachs mehr zugelassen würde, wäre zumindest kurz- und mittelfristig eine Verallgemeinerung dieser Lebensumstände auf ärmere Völker aus Gründen der Erschöpfbarkeit von Ressourcen unmöglich. Hält man an der Forderung nach einer Gleichverteilung der Güter unter allen Menschen fest, dann führt kein Weg daran vorbei, dass die reicheren Länder von ihren Privilegien etwas abgeben. Umverteilung von den „Reichen“ zu den „Armen“ ist hier das Stichwort. Es geht dann nicht mehr nur darum, festzulegen, in welchem Umfang Natur und Umwelt zugunsten der Nachwelt genutzt werden dürfen, sondern auch um die Verteilung der Nutzungsmöglichkeiten zwischen den heute lebenden Bürgern dieser Welt. Dies wird als intragenerationale Gerechtigkeit bezeichnet.

Eine gerechte Verteilung der Güter der Erde ist geradezu die Voraussetzung für die gerechte Überlassung von Chancen für die kommenden Generationen, wie es der Begriff der Nachhaltigkeit nahelegt. Aus ethischen Gesichtspunkten wäre es auch schwer zu begründen, wenn man zugunsten der Verteilungsgerechtigkeit für kommende Generationen ungerechte Verteilungsmuster innerhalb der heutigen Generation tolerieren würde.

2.5. Individualisierung der Lebensansprüche bei gleichzeitiger Universalisierung von Teilkulturen

Wir leben in einer Welt, die zunehmend Wert auf individuelle Lebensplanung und eigene Entfaltung legt. Jeder möchte nach eigener Fassung nicht nur selig sondern auch glücklich werden. Die moderne Industrie- und Dienstleistungsgesell-

⁸ World Resources Institute: World resources 1996/97. New York: Oxford Univ. Press, 1996.

schaft hat die Möglichkeiten der Individualisierung geschaffen mit ihren unbestreitbaren Vorteilen, aber auch ihren Problemen. Pluralisierung von Werten und Normen sowie Säkularisierung der Weltbilder sind dabei wichtige Eigenschaften gegenwärtiger Gesellschaften. Das erste führt zu einer Verbreiterung auswählbarer Lebensentwürfe, zu einer nie vorher vorhandenen Vielfalt an Lebensstilen und Orientierungsmustern. Die Kehrseite besteht aber aus Orientierungslosigkeit und situationsgebundener Zersplitterung von Verhaltensweisen. Das zweite befreit den einzelnen von seiner kulturellen Unmündigkeit und schafft gleichzeitig seelische Leere und Mangel an Geborgenheit. Individualisierung, Pluralisierung und Säkularisierung zusammen potenzieren die Fülle menschlicher Entfaltungsmöglichkeiten, eröffnen zusätzliche Handlungsoptionen und vermehren die materiellen und ideellen Lebensgrundlagen. Doch all dies hat seinen Preis: Die natürlichen Grundlagen unserer Überlebensfähigkeit sind gefährdet, die Effizienz der Produktion wird durch häufig sinnentleerte und entfremdete Arbeitsbedingungen erkaufte und die integrale Persönlichkeit durch Rollenverhalten je nach segmentiertem Funktionsbereich (Arbeit, Heim, Freizeit) ersetzt. Individualismus und authentisches Leben werden zwar großgeschrieben, aber gleichzeitig besteht ein großes Bedürfnis nach kollektiver oder sozialer Geborgenheit. Dies äußert sich darin, dass sich zunehmend Gruppen mit kollektiven Normen und Verhaltensweisen herausbilden, die jenseits von Volkszugehörigkeit oder Nation eine eigene Identität entwickeln – und dies oft weltweit.

Die Akademie für Technikfolgenabschätzung hat gemeinsam mit der Universität von Melbourne (Australien) einen Sammelband zum Thema Wahrnehmungen von Technik, Risiken und Einstellungen in sehr unterschiedlichen Ländern und Kulturen zusammengestellt.⁹ Es wurden Einzelgruppen weltweit in Australien, Südamerika, Europa und Kanada befragt. Dabei stellte sich heraus, dass jede der befragten Einzelgruppen von Krankenschwestern bis hin zu Obdachlosen mehr miteinander gemein hatten, gleichgültig aus welchem Lande oder welcher Kultur sie stammten, als Personen aus unterschiedlichen Gruppen innerhalb eines Landes. Um es kurz zu sagen: Die Banker dieser Welt verstehen sich wesentlich besser untereinander, als jeder einzelne Banker mit seinen eigenen Kindern. Das ist eine neue Entwicklung. Alte Bindungskräfte etwa des nationalen Zusammengehörigkeitsgefühls schwinden zugunsten von neuen Lebensentwürfen, die über die Grenzen der eigenen Nation hinaus wirksam werden, weil sich Gleichgesinnte dank Internet und anderen globalen Medien weltweit zusammenfinden. Nationale Integration setzt dabei immer weniger Bindungskraft frei. Politik muß sich auf diese Aufweichung nationaler Bindungskräfte zugunsten einer Aufsplitterung in subkulturelle, aber weltweit agierende Sinngruppen einstellen.

⁹ RENN, O. ; ROHRMANN, B.: Cross-cultural risk perception. Dordrecht ; Boston, 2000.

3. Globale Umweltprobleme

Was bedeuten diese Begleitumstände der heutigen Entwicklung für die Frage der Umweltwahrung und der Nachhaltigkeit? Können wir unter den Bedingungen der Globalisierung, Individualisierung, Wissensorientierung und Verteilung Ungerechtigkeiten überhaupt noch nachhaltig wirtschaften? Wenn Nachhaltigkeit bedeutet, das wertvolle Erbe der Menschheit für die kommenden Generationen zu sichern, was also müssen wir tun, um unter den geltenden Bedingungen diesem Ziel näher zu kommen?

Um diese Fragen zu beantworten, ist zunächst ein Blick auf die globalen Umweltgefahren angebracht. Wenn auch der Begriff der Nachhaltigkeit heute auf die drei Komponenten „Wahrung der natürlichen Lebensgrundlagen des Menschen“, „Erhalt der Leistungsfähigkeit der Wirtschaft“ und „Sicherung der sozialen und politischen Verträglichkeit mit den Grundwerten eines humanen Lebens“ bezogen wird, so ist es dennoch angebracht, beim Konzept der Nachhaltigkeit von den ökologischen Lebensbedingungen auszugehen. Denn Wirtschaft und soziale Errungenschaften sind zwangsläufig darauf angewiesen, dass die natürlichen Lebensgrundlagen nicht gefährdet sind. Ohne Atemluft sind wir Menschen in wenigen Minuten erledigt; ohne Trinkwasser innerhalb weniger Tage und ohne Nahrungsmittel in wenigen Wochen.

3.1. Erstmalige Gefährdung globaler Stoffkreisläufe

Die Menschheit verändert seit 40 Tausend Jahren die Umwelt und hat damit Tausende von Umweltkatastrophen verursacht. Als Beispiel möchte ich die Rodung des Waldes auf der Insel Ägäis in Griechenland 300 vor CHRISTUS nennen. Dieser Umweltfrevler ist bis heute noch nicht wieder gut gemacht und auch in historischen Zeiträumen nicht umkehrbar. Viele Initiativen zur Wiederaufforstung sind eingeleitet worden, aber fast immer ohne Erfolg, die Bodenerosion ist zu weit fortgeschritten. Nach über 2400 Jahren ist es der Natur also immer noch nicht gelungen, diesen Eingriff der Menschheit in die Umwelt auszugleichen. Es ist eine Illusion zu glauben, die Natur würde alles wieder neu richten, was der Mensch ihr antut. Zwar geht die Evolution auch dann weiter, wenn schwere Umweltbeeinträchtigungen erfolgt sind. Doch die Evolution braucht ihre Zeit, und es ist keineswegs gesichert, dass die natürliche Sukzession etwas Ähnliches zustande bringt wie die ursprüngliche Vegetation, zumal sich die Rahmenbedingungen geändert haben.

Ein weiteres Beispiel für den Zusammenhang von Umwelt und gesellschaftlicher Wirklichkeit ist das Schicksal der Stadt Brügge. Diese Stadt erleben wir heute wie ein Museum spätmittelalterlicher Kunst und Architektur. Brügge durchlief im 17. Jahrhundert eine Umweltkrise: Man hatte zwar neue Kanäle gebaut, um frisches Wasser für die Leder- und Textilindustrie herbeizuführen. Doch innerhalb weniger Jahrzehnte war das Wasser so verschmutzt, dass die gesamte Industrie zusammenbrach. Aus der reichsten Stadt Europas wurde binnen kurzer Zeit ein Armenhaus, so arm, dass die Bewohner keine neuen Häuser mehr bauen

konnten. Die Ironie der Geschichte ist dabei, dass die plötzliche Armut von Brügge heute ihre Attraktivität und ihren touristischen Reichtum darstellt.

Die vielen kleinen und mittleren Umweltfrevler der Menschen sind also keinesfalls spurlos an uns vorbeigegangen, sie waren jedoch lokal begrenzt. Griechen und Iren konnten in die neue Welt auswandern und die Bewohner von Brügge fanden in anderen Städten Zuflucht. Diese Situation hat sich heute grundlegend geändert. Erstmals in der Geschichte der Menschheit sind wir aufgrund unseres technischen Könnens in der Lage, die globalen Umweltbedingungen zu verändern und damit den Globus als ganzes zum Experimentierfeld menschlicher Eingriffe zu machen. Anders als in den vergangenen Jahrhunderten können wir uns ein Versuch- und Irrtum-Verfahren nicht mehr leisten. Seit ca. 50 Jahren beeinflussen wir nämlich erstmals die globalen geo- und biochemischen Kreisläufe der Erde.¹⁰ Die Emissionen von Industrie und Landwirtschaft haben in solchen Ausmaßen zugenommen, dass wir in signifikanter Weise, d.h. im Prozentbereich, die globalen Stoffkreisläufe verändern. Dies gilt beispielsweise für den Kohlenstoffkreislauf. Seit Beginn der Industrialisierung stieg der Gehalt an Kohlendioxid in der Atmosphäre durch den vom Menschen verursachten Kohlenstoffeintrag (durch Verbrennung fossiler Brennstoffe, Waldrodung und veränderte Bodennutzung) um ca. 30%. Viele Experten rechnen mit einer Verdoppelung der Kohlendioxidkonzentration ab Mitte des nächsten Jahrhundert.¹¹ Auch wenn bis heute nicht restlos geklärt ist, welche klimatischen Auswirkungen mit diesem Anstieg an Konzentration verbunden ist, so besteht jedoch kein Zweifel daran, dass wir damit ein Großexperiment mit der gesamten Erde durchführen, aus dem es für niemanden ein Entrinnen mehr gibt.

In ähnlicher Weise werden auch andere Kreisläufe des Globus durch menschliche Aktivitäten beeinflusst. Zu nennen sind hier Stickoxide, Methan, Phosphor, Wasserdampf und andere mehr. Die genauen Auswirkungen dieser massiven Emissionen sind bis heute ungeklärt. Wenn sie sich aber als schlimmer herausstellen als heute erwartet, können wir nicht mehr den alten amerikanischen Wahlspruch „If you don't like it, go west“ in die Tat umsetzen. Westlich vom Globus gibt es nichts mehr, wo wir hinziehen könnten.

3.2. Dramatischer Verlust der Biodiversität

¹⁰ SCHULZE, E. D.: Der Einfluss des Menschen auf die biogeochemischen Kreisläufe der Erde. Sonderdruck des Festvortrages auf der 51. MPG-Jahresversammlung. Aus: Max Planck Forschung: Das Wissenschaftsmagazin der Max-Planck-Gesellschaft. (2000), Jahresversammlung, S. 77-89.

¹¹ Vgl. RIEBESELL, U. ; WOLF-GLADROW, D.: Das Kohlenstoffrätsel. In: Biologie unserer Zeit. 23 (1993), Nr. 2, S. 97-101, hier S. 97; Weinheim und Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages: Mehr Zukunft für die Erde : Nachhaltige Energiepolitik für dauerhaften Klimaschutz. Bonn, 1995, S. 24.

Wir erleben, so das jüngste Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU), *derzeit mit der 6. Auslöschung der Gen- und Artenvielfalt eine tiefe Krise der Biosphäre*.¹² Der WBGU geht davon aus, dass rund 130 Arten pro Tag aussterben. Dies ist vergleichbar mit der großen Aussterbewelle vor rund 45 Millionen Jahren, auf die das Eingangs-Cartoon mit den Dinosauriern schon eindringlich hinwies. In der Tat befinden wir uns in einer sehr ähnlichen Lage wie die Dinosaurier zur ihrer Zeit. Viele Paläontologen sind der Meinung, dass sich damals das Artensterben in ähnlichen Größenordnungen bewegt habe wie heute. Nur im Rückblick erscheint uns das „plötzliche“ Artensterben so zeitpunktartig; in Wirklichkeit hat es mehrere tausend Jahre angehalten., ein Augenblick nur, wenn man es mit dem geologischen Zeitmaß vergleicht, eine Ewigkeit allerdings, wenn man die Schnelllebigkeit der modernen Welt als Maßstab heranzieht.

Die Heilung einer stark geschädigten Biosphäre wird nach wie vor langsam verlaufen. Nach der Aussterbewelle vor rund 45 Millionen Jahren hat es mehr als zwei Millionen Jahre gedauert, bis sich die Natur wieder erholt hat. Wollen wir diesmal wieder so lange warten? Oder wäre es nicht sinnvoller, bereits jetzt Gegenmaßnahmen zu ergreifen, damit der dramatische Schwund der Arten schnellstmöglich aufgehalten wird.? Wir haben uns auf ein Experiment eingelassen, dessen Ausgang wir nicht kennen und im negativen Fall haben wir für Tausende von Generationen etwas hinterlassen, was keiner möchte.

3.3. Übernutzung der Umwelt als Rohstofflager und Senke

Seit der Entstehung der Landwirtschaft im Neolithikum vor ca. 12000 Jahren erwächst die Basis des menschlichen Lebens nicht mehr aus der weitgehend unberührten Natur, sondern aus deren Transformation in kultivierte Natur und künstliche, menschengemachte Systeme.¹³ Die Menschen nutzen seit dieser Zeit die natürlichen und von Menschen veränderten Ökosysteme als Ausgangspunkte für vielfältige Produktions- und Umwandlungsprozesse. Zum einen stellen Bestandteile der Natur Rohstoffe dar, die als Material für Herstellungsprozesse bestimmter Güter und Dienstleistungen gebraucht werden. Man spricht hier von der Quellenfunktion der natürlichen Umwelt. Beispiele dafür sind die Verwendung von Rohstoffen wie Eisen, Erdöl und Holz. Andererseits dient die natürliche Umwelt als Auffangbecken für Abfälle. Dies wird als Senkenfunktion bezeichnet. Hier wird die Fähigkeit bestimmter natürlicher Systeme zur Aufnahme und zum Abbau einzelner, begrenzt zugeführter Stoffe ausgenutzt. So können sich zum Beispiel viele Stoffe - auch Schadstoffe - im Laufe der Zeit in naturnahe Substanzen abbauen. Gewässer zum Beispiel besitzen ein Selbstreinigungspotenzial für viele organische Stoffe.

¹² WBGU: Welt im Wandel : Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Biosphäre. Jahresgutachten 1999. Berlin, 2000.

¹³ Vgl. Mohr, H.: Qualitatives Wachstum. Stuttgart, 1995, S. 31ff.

Ökosysteme wirken aber nicht nur als Reiniger und Filter, sondern übernehmen auch wichtige Stabilisierungsfunktionen. Eine Pflanzendecke kann Wasser zurückhalten oder Schutz vor Bodenerosion bieten. Die stratosphärische Ozonschicht schirmt die kosmische Strahlung ab, die in größerer Intensität beim Menschen gesundheitliche Gefährdungen, wie Hautkrebs, hervorrufen kann. Über die Produktions- und Umwandlungsprozesse hinaus spielt die Umwelt, ob sie nun naturbelassen oder menschenbeeinflusst in Form von Kulturland ist, für uns Menschen eine große Rolle als Quelle der Erholung, Inspiration und Regeneration. Auch das Verbringen von Zeit in der „freien Natur“ am Meer, im Wald und in anderen, von uns als schön empfundenen Landschaften stellt eine Form der Nutzung von Natur und Umwelt dar.

Ökologen versuchen den Grad der Beeinflussung von Ökosystemen durch den Menschen möglichst genau zu erfassen. Eine besonders aussagekräftige populationsökologische Methode einer derartigen Messung besteht darin, die Inanspruchnahme der sogenannten Nettoprimärproduktion durch den Menschen zu kalkulieren. Die jährliche Nettoprimärproduktion (NPP) wird definiert als der Betrag an Sonnenenergie, der innerhalb eines Jahres durch pflanzliche Photosynthese in biochemische Energie umgewandelt wird und den die Pflanzen nicht für ihre eigenen Lebensprozesse benötigen.¹⁴ Sie stellt diejenige Biomasse dar, die für den Menschen und alle anderen Lebewesen zur Verfügung steht und repräsentiert damit die grundlegende Nahrungsquelle allen Lebens.¹⁵ Der amerikanische Biologe VITOUSEK und seine Kollegen veröffentlichten 1986 eine Studie, in der sie berechneten, dass die Menschen durch ihre Aktivitäten bereits ca. 40 Prozent der verfügbaren Nettoprimärproduktion der Erde beanspruchen. Diese Zahl schließt direkte Nutzungen - wie den Konsum von Nahrungsmitteln und den Abbau von Holz - und indirekte Nutzungen - wie die Aufrechterhaltung der Landwirtschaft einschließlich Viehhaltung - ein. Sie berücksichtigt auch die Zerstörung von Anbauflächen durch Überweidung, Erosion und Bebauung.¹⁶

Die aktuelle 40%ige globale Beanspruchung der Nettoprimärproduktion durch den Menschen schätzen VITOUSEK et al. als erdgeschichtliche Neuheit ein.¹⁷ Die Berechnungen dieser Wissenschaftler zeigen deutlich, dass menschliche Eingriffe in Natur und Umwelt heute globale Ausmaße angenommen haben. Ginge man davon aus, dass die Nutzungsansprüche an die natürliche Umwelt durch den Menschen parallel zur Bevölkerungsentwicklung verlaufen würden, so ergäbe sich innerhalb der nächsten 60 Jahre eine Verdoppelung im Verbrauch der Nettoprimärproduktion durch den Menschen.¹⁸ Schon die heutige Inanspruchnahme von 40 Prozent ist ein deutliches Zeichen dafür, dass der Mensch einen „ungebührlich“

¹⁴ Ebenda, S. 57.

¹⁵ Vgl. Van Dieren, W.: Mit der Natur rechnen : Der neue Club-of-Rome-Bericht ; Vom Bruttosozialprodukt zum Ökosozialprodukt. Basel, Boston ; Berlin, 1995 , S. 67.

¹⁶ Vgl. VITOUSEK, P. M. ; EHRLICH, A. H. ; MATSON, P. H.: Human appropriation of the products of photosynthesis. In: Bio science. (1986), Nr. 34, S. 368-373.

¹⁷ Ebenda.

¹⁸ Vgl. Fußnote 15.

großen Anteil an der Nettoprimärproduktion für die eigenen Zwecke vereinnahmt. Dieser Anteil ist sicherlich noch zu vergrößern, allerdings muss man davon ausgehen, dass wir bisher jene 40 Prozent nutzen bzw. teilweise schon zerstört haben, die verhältnismäßig leicht zugänglich sind. Aber selbst, wenn man alle Winkel dieser Erde landwirtschaftlich nutzen könnte und wollte, wäre eine Erhöhung auf 60 bis 80 Prozent wohl die äußerste Grenze des physisch Machbaren.

Diese ökologischen Berechnungen zeigen also, dass wir bei allem Erfolg, die Tragkapazität des Menschen durch weitere Innovationen und Veränderungen der Produktionsbedingungen zu erweitern, an absolute Grenzen stoßen. Wir haben fast diese Grenze der Aufnahmefähigkeit des Globus für menschliche Aktivitäten erreicht. Bedenkt man darüber hinaus, dass eine Erhöhung der Nettoprimärproduktion nur noch auf Kosten der Biodiversität gehen kann, so ist eine weitere Ausweitung von Flächen für wirtschaftliche Aktivitäten kaum noch zu verantworten. Es gilt also, die Eingriffstiefe des Menschen in Natur und Umwelt einzudämmen oder zumindest konstant zu halten, aber sie darf unter keinen Umständen ausgedehnt werden. Wie dies bei einer wachsenden Bevölkerung und weiter wachsenden individuellen Ansprüchen umzusetzen ist, ist allerdings noch eine offene Frage. Mit dem Leitbegriff der Nachhaltigkeit ist damit zumindest ein ernsthafter Versuch unternommen worden.

3.4. Die Süßwasserkrise

Neben Atemluft ist die Verfügbarkeit von Wasser die wichtigste Grundlage für die Existenz von Leben. Ähnlich wie der Mensch bereits den Löwenanteil an der Nettoprimärproduktion für eigene Zwecke beansprucht, so sieht es inzwischen auch bei der Nutzung von Süßwasser aus. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Mengen an Wasser, die von den Menschen pro Jahr für unterschiedliche Zwecke eingesetzt werden.

Tabelle 3: Wassernutzung nach Einsatzfeldern (1987)¹⁹

Einsatzfeld	Verbrauch in	
	km ³	% der Gesamtnutzung
Landwirtschaft	2.235	69%
Industrie	745	23%
Haushalte	259	8%

Seit 1987 sind die Nutzungszahlen weiter in die Höhe geklettert. So ist die Wassernutzung durch die Landwirtschaft inzwischen auf rund 3.106 Kubikkilome-

¹⁹ WBGU: Welt im Wandel : Wege zu einem nachhaltigen Umgang mit Süßwasser. Jahresgutachten 1997. Berlin, 1998, S. 73.

ter angestiegen. Rund 40% der Nahrungsmittel, die weltweit hergestellt werden, werden auf bewässerten Böden angebaut.²⁰ Die künstlich bewässerten Flächen haben sich in den letzten 100 Jahren verfünffacht, von ca. 50 Mio. ha (1900) auf 95 Mio. ha (1950) und heute auf rund 270 Mio. ha (2000). Jetzt ist aber langsam das Ende der Fahnenstange erreicht: Zum einen fehlt es einfach an entsprechenden Wassermengen, die noch für die Bewässerung verfügbar sind, zum zweiten kommen zunehmend marginale Böden zum Einsatz, die auch bei Bewässerung wenig ertragreich sind, und zum dritten ist die Bewässerung mit einer Reihe ökologischer Nachteile versehen, wie etwa die Versalzung von Böden, die eine Ausweitung der Bewässerungswirtschaft kaum mehr zulassen. Kommt es zudem noch zu dem prognostizierten Klimawandel, dann wird sich die Krise des Süßwasserangebots noch verstärken.

Zu dem Mangel an Wasserquantität kommt das Problem mangelnder Wasserqualität. Die Qualität der verfügbaren Wasservorkommen wird durch menschliche Nutzungsansprüche bestimmt. In den Ländern oder Regionen der Welt, wo Wasser, insbesondere die für die Trinkwasserversorgung nutzbaren Ressourcen, ein knappes Gut darstellen, ist die Erhaltung von Qualitätsstandards besonders wichtig. Hierbei handelt es sich vor allem um die Entwicklungsländer, in denen nach wie vor für ungefähr eine Milliarde Menschen, davon leben rund 850 Millionen in ländlichen Regionen, kein Zugang zu einer ausreichenden und hygienisch unbedenklichen Trinkwasserversorgung gewährleistet ist. Von akutem Wassermangel (erneuerbare Süßwasserressourcen von pro Kopf und Jahr von 1000 m³ und weniger) sind Mitte der neunziger Jahre circa 130 Millionen Menschen betroffen. Die überwiegende Mehrheit dieser Menschen leben in den Ländern Nordafrikas, der Subsahara Afrikas, dem Nahen Osten und Westasiens.²¹ In diesen Ländern ist nicht nur das Trinkwasser knapp geworden, es ist auch meist von einer schlechten Qualität, die schwere Gesundheitsrisiken mit sich bringt. Die WHO geht davon aus, dass über 1 Millionen Menschen weltweit pro Jahr an wasserbedingten Krankheiten sterben. Jeder zweite Mensch, so die WHO weiter, leidet zur Zeit an Krankheiten, die über das Wasser und an Wasser gebundene Erreger übertragen wurden.²²

Ein dritter Aspekt, der mit Süßwasser verbunden ist, betrifft den Hochwasserschutz. Die großen volkswirtschaftlichen Schäden, die weltweit durch Überschwemmungen verursacht werden, sind nicht allein durch Launen der Natur wie die meteorologischen Verhältnisse oder die lokalen Abflussmöglichkeiten bedingt. Sieht man von einer unmittelbaren Mitverursachung, etwa durch gewässerbauliche Maßnahmen oder durch die Versiegelung von Flächen, einmal ab, so wird das Schadensausmaß vielmehr (wie bei anderen „Naturkatastrophen“ auch) wesentlich

²⁰ Ebenda, S. 75f.

²¹ Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (Hrsg.): Sektorkonzept Siedlungswasserwirtschaft ; Entwicklungspolitik aktuell. Bonn, 1996, S. 2.

²² Vgl. Fußnote 19, S. 7.

mitbestimmt durch das Verhalten der betroffenen Menschen vor, während und nach Hochwasserereignissen. Menschen siedeln in überschwemmungsgefährdeten Gebieten, sie unterlassen vorbeugende Maßnahmen, leisten trotz akuter Gefahr Widerstand gegen eine Evakuierung etc. Vor allem sind hier die Siedlungsgewohnheiten zu nennen. Historisch haben sich viele Städte an Flüssen und Ufern von Seen und Meeren angesiedelt, zum Teil wegen des fruchtbaren Landes, zum Teil wegen der Nutzung von Wasserwegen als Transportmittel. Mit der zunehmenden Urbanisierung und Verdichtung von Lebensräumen wächst die Bevölkerung aus diesem Grund gerade an den Gebieten in der Welt, die besonders für Hochwasser und andere Naturkatastrophen anfällig sind. Dieser Trend hat sich bereits finanziell bemerkbar gemacht. Die Versicherungen haben zum Beispiel im Jahrzehnt zwischen 1990 und 2000 mehr als 16 mal so viel an Schadenssumme zum Ausgleich für Naturschäden bezahlt wie von 1960 bis 1970.²³ Je mehr die Städte wachsen und je mehr Menschen in exponierten Gebieten leben, desto größer ist der Gesamtschaden, wenn es zu einer Überschwemmung oder einem extremen Sturmereignis kommt.

Die Situation beim Süßwasser ist also durch mehrere Krisenfaktoren gekennzeichnet. Die Menge an verfügbarem Wasser hält der Nachfrage in vielen Regionen nicht mehr stand. Die Ernährungssicherheit ist aufgrund dieses Wassermangels gefährdet. Die Wasserqualität ist ein großes Problem für viele Länder in Asien, Lateinamerika und Afrika und bedroht die Gesundheit von Millionen Menschen. Schließlich setzt sich der Mensch zunehmend den Gefahren des Wassers, durch Überschwemmungen aber auch durch Dammbüche, aus. Für all diese Krisenerscheinungen muss das Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung Ansätze für eine Lösung bereitstellen.

4. Leitbild: Nachhaltigkeit

Wenn wir uns die globalen Umweltprobleme noch einmal Revue passieren lassen, wird deutlich, dass wir ein neues Leitbild für die globale Entwicklung brauchen. Ein solches Leitbild muss eine Umkehr mit einschließen, die es uns erlaubt, den großen Herausforderungen durch die Begleitumstände der wirtschaftlichen Globalisierung und der globalen Umweltprobleme zu begegnen. In dieser Situation ist nichts schlimmer als Illusionen anzuhängen. Die Lösung kann weder „Zurück zur Natur“ noch „Weiter so wie bisher“ lauten.

4.1. Nachhaltige Entwicklung: Die drei Komponenten

Was bedeutet „Nachhaltigkeit“ als Leitbild? Nachhaltigkeit ist kein wissenschaftliches Konzept, sondern eine ethische Forderung, um unseren Kindern

²³ Münchener Rückversicherung: Topics 2000 : Naturkatastrophen – Stand der Dinge. München, 2000.

eine Erbschaft zu hinterlassen, die nicht wesentlich schlechter ist, als das, was wir selbst vorgefunden haben. Die Fragestellung, ob man seinen Kindern etwas hinterlassen kann, auf das man stolz ist, ist zutiefst menschlich. Was aber gehört zu dieser Erbschaft?

Vielfach wird der Begriff der Nachhaltigkeit nur auf die Menge der natürlichen Ressourcen bezogen, die, von den heutigen Menschen genutzt, folgenden Generationen nicht mehr vollständig zur Verfügung stünden. Darüber wird leicht vergessen, dass zur Erbschaft auch die wirtschaftlichen Errungenschaften einer Volkswirtschaft gehören, die mit Hilfe von Kapital, Arbeit und Natureinsatz geschaffen worden sind. Darüber hinaus sind auch die sozialen Institutionen einer Gesellschaft, wie demokratische Willensbildung, friedliche Konfliktregelung, und Einlösung von sozialer Verteilungsgerechtigkeit als Errungenschaften der zivilisatorisch-kulturellen Entwicklung erhaltungswürdig. So einleuchtend es ist, zum Erbe an die künftigen Generationen auch das wirtschaftliche und soziale Erbe zu zählen, so problematisch ist aber auch eine zu breite Definition von Nachhaltigkeit, weil dann alles, was als „edel, hilfreich und gut“ angesehen werden kann, unter dem Oberbegriff Nachhaltigkeit subsumiert werden kann. Dann verliert der Begriff aber an Trennschärfe und wird zu einer beliebig austauschbaren Floskel.

Aus dieser Problematik heraus hat die Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg ein Konzept zur Nachhaltigkeit vorgelegt, das sich eng an die Definition des BRUNDLAND-Berichtes anschließt, aber gleichzeitig die beiden Komponenten „Nachhaltigkeit“ (als Form des Bewahrens) und Entwicklung (als Form des Wandels und der Dynamik) umfasst. Ausgangspunkt der Überlegungen ist die Sicherstellung von intergenerationaler Gerechtigkeit. Kommenden Generationen soll es im Schnitt nicht schlechter gehen als der heutigen Generation. Aufgrund der breiten Streubreite von Lebensstandards und Lebensbedingungen in der Welt kann der Maßstab für Nachhaltigkeit nicht aus dem gegenwärtigen Standard in den Industrieländern oder den sich entwickelnden Ländern abgeleitet werden. Vielmehr ist an ein Lebensniveau zu denken, das Grundbedürfnisse sicherstellt und Entwicklungsmöglichkeiten für den einzelnen Menschen wie für Gesellschaften offen hält. Der Maßstab der erhaltenswerten Lebensbedingungen ist daher aus den Anforderungen eines humanen und menschenwürdigen Lebens in einer den Bedürfnissen und Wünschen der Menschen angepassten kulturellen und natürlichen Umwelt abzuleiten.

Zentraler Begriff dabei ist die Ultra-Stabilität. Es geht nicht um Stillstand oder um Konservierung, sondern um Wandel und Dynamik in einem Rahmen, der die oben genannten Grundziele nicht aus den Angeln hebt. Die Bedingungen für Ultra-Stabilität lassen sich im wesentlichen aus den Funktionen der verschiedenen Umwelten für den Menschen ableiten. Was bedeutet das für die drei Komponenten der Nachhaltigkeit?

- Im Rahmen der natürlichen Umwelt geht es zunächst um die Erhaltung der lebensbedingenden Faktoren, wie Luft und Wasser. Zum zweiten geht es um

Risikobegrenzung bei Interventionen, die gesundheitliche, ökologische oder klimatologische Auswirkungen haben. Zum dritten geht es um die Nutzung der Umwelt als Reservoir für Rohstoffe und Abfallbecken (Sinks). Hier ist zumindest die mögliche Nutzungsrate (unter Einschluss von Substitutionsprozessen) konstant zu halten. Schließlich geht es auch um kulturelle und ästhetische Werte, die mit bestimmten Naturphänomenen verbunden werden.

- Im Rahmen der Wirtschaftsordnung geht es um die Aufrechterhaltung und Organisation von Produktion und Reproduktion. Das oberste Ziel ist hier die Schaffung einer Wirtschaftsordnung, die mit den begrenzten Ressourcen dieser Welt effizient umzugehen versteht. Darunter sind weiterhin zu nennen: ausreichende und effiziente Versorgung der Menschen mit den Gütern, die zur Aufrechterhaltung eines humanen Lebens notwendig sind. Solche Güter können privater und öffentlicher Natur sein. Zum zweiten geht es darum, die über die Grundbedürfnisse hinausgehenden Güter und Dienstleistungen so anzubieten, dass ihre möglichen externen Kosten für Umwelt und andere Personen minimiert oder im Preis reflektiert werden. Schließlich muss Innovationsfähigkeit sichergestellt sein, weil ohne Wandel der Produktionsprozesse die Begrenztheit der Ressourcen zwangsläufig zu einer Belastung künftiger Generationen führen müsste. Dazu muss auf der einen Seite ein flexibler Ordnungsrahmen gesichert und auf der anderen Seite ausreichend Know-How im Sinne von Kapital und Humanressourcen vorhanden sein.
- Im sozialen und kulturellen Bereich geht es vor allem um die Wahrung der menschlichen Identität in Rahmen von Gemeinschaften und Gesellschaft. Auch in Zukunft müssen Menschen Gelegenheit haben, Beziehungen aufzubauen, sich selbst als Teil einer breiteren Kultur zu verstehen und im Rahmen von Ordnungssystemen Orientierungssicherheit zu finden sowie institutionelle Möglichkeiten für eine friedliche Lösung von Konflikten vorzufinden. Zu den Funktionen von Sozialsystemen gehören Motivation durch gerechte Verteilungsschlüssel, Solidarität mit anderen Menschen, kulturelle Identitätsbildung und Sinnstiftung sowie die Sicherstellung von verhaltensregulierenden Normen und Gesetzen.

4.2. Strategien der Nachhaltigkeit

Alle drei Komponenten sind als gleichrangig und gleichwertig einzustufen. Es macht aber Sinn, die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen als Grundmuster für die nachhaltige Entwicklung zu betrachten, da sie eine Grundbedingung zur Aufrechterhaltung von wirtschaftlicher Prosperität und sozialer Entfaltung darstellen. Eine gesellschaftliche Entwicklung hin zur Nachhaltigkeit kann an vier Enden ansetzen: der Erhöhung der Umwelteffizienz, der Schließung von Stoffkreisläufen, der Förderung von ressourcen- und umweltschonenden Innovationen und der

Anpassung von Lebensstilen an eine nachhaltige Wirtschaftsweise. Auf diese vier wichtigen Strategien soll im folgenden kurz eingegangen werden:

- *Erhöhung der Umwelteffizienz*: Effizienz bedeutet, mit einem gegebenen Mitteleinsatz möglichst viel an Dienstleistung zu erzeugen oder aber eine gewünschte Dienstleistung mit dem geringsten Mitteleinsatz zu befriedigen. Diesen Grundgedanken aus der Ökonomie kann man auch auf die Nutzung von Naturgütern übertragen. Eine gewünschte Dienstleistung soll mit dem geringsten Verbrauch an natürlichen Rohstoffen und an Nutzung der Natur als Senke (für Abfälle und Emissionen) erstellt werden. Viele Vertreter der Nachhaltigkeit sind davon überzeugt, dass wir die heutigen Produkte und Dienstleistungen mit nur 25% oder sogar nur 10% des heutigen „Naturverbrauchs“ erwirtschaften können.²⁴ Eine solche Reduktion um den Faktor 4-10 würde in der Tat die Nutzung der Biosphäre, die bereits heute an der Grenze des Möglichen liegt, wesentlich entlasten. Ein Beispiel für eine umwelteffiziente Nutzung ist die ressourcenarme Produktion im Automobilbau: In den modernen Fertigungsanlagen fallen heute pro Fahrzeug rund 20 Prozent weniger feste und flüssige Abfallstoffe an als noch vor 15 Jahren. Diese Leistung erfolgte durch den Einsatz neuer Materialien und Logistikkonzepten, vor allem aber durch Prozessinnovationen. In der Regel ist die Verbesserung der Umwelteffizienz mit Kosteneinsparungen verbunden. Aus diesem Grunde ist auch nicht mit einer Verschlechterung der Wettbewerbssituation zu rechnen. Maßnahmen der Effizienz sind also mit den globalen Rahmenbedingungen weitgehend vereinbar.
- *Schließung von Stoffkreisläufen* : Hinter der Kreislaufidee steckt der Gedanke, die durch Umwandlungen und Produktionsverfahren entstandenen Stoffe in möglichst naturunschädliche Stoffe zurückzuführen bzw. den Anfall schädlicher Stoffe zu minimieren, etwa durch das Recycling von Materialien. Recycelt werden können zum einen bestimmte Produkte nach dem Endverbrauch. Zum anderen finden aber auch Wiederverwendung und wiederholter Einsatz innerhalb geschlossener Produktionsprozesse statt. Beispiel für eine praktikable und erfolgreiche Schließung von Kreisläufen sind Einsparungen beim industriellen Wasserverbrauch durch den Mehrfacheinsatz von Kühl- oder Abwässern oder neue Verfahren bei der Lackierung. Die Schließung von Kreisläufen ist häufig mit Kosten verbunden, die zum Teil die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen beeinträchtigen können. Um dies zu verhindern, ist es eine Aufgabe der Politik, international bindende Minimalstandards zu vereinbaren.

²⁴ Vgl. BUND/Misereor (Hrsg.): Zukunftsfähiges Deutschland : ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung. Basel, 1996 sowie VON WEIZSÄCKER, E. U.; LOVINS, A. B. ; LOVINS, L. H.: Faktor Vier : doppelter Wohlstand, halbiertes Naturverbrauchs ; Der neue Bericht an den Club of Rome. München, 1995.

- *Ressourcen- und umweltschonende Innovationen:* Weit über die unternehmerische Verantwortung im Hinblick auf die Produktionsprozesse hinaus geht das Konzept einer nachhaltigen Innovationsförderung. Neue Technologien sind gefragt, die von vornherein produktions- und anwendungsbedingte Nebenwirkungen für Umwelt und Natur auf ein Minimum beschränken. Die Ziele der Ressourcen- und Umweltschonung kommen bei der Wahl der Materialien, der Produktionsverfahren und der Abfallvermeidung zum Zuge. Beispiele dafür sind neue regenerative Energieträger für Haushalt und Industrie oder Antriebsstoffe wie Wasserstoff oder Biodiesel. Darüber hinaus werden Langlebigkeit, lange Nutzungsdauer und der vielseitige Einsatz von Produkten und Produktkomponenten angestrebt. Haltbarkeit, Reparaturfreudigkeit und Nachrüstbarkeit sind dabei wichtige Kriterien einer umweltbezogenen Produktpalette. Die Erfahrung lehrt, dass mit einer aktiven Innovationspolitik auch die internationale Wettbewerbsfähigkeit in der Regel gestärkt wird. Neue umweltangepasste Verfahren sind häufig insgesamt effizienter und vermeiden zudem Kosten für Abfallentsorgung und Ressourcennutzung. Diese Strategie ist also ebenfalls mit der Globalisierung vereinbar, sofern der Staat eine aktive Förderung von Forschung und Innovation betreibt.
- * *Umweltbewusster Lebensstil:* Unter dem Stichwort „Suffizienzstrategie“ wird heute ein Ansatz diskutiert, der auf die Verringerung des materiellen Konsums zur Erreichung von Nachhaltigkeit abzielt. Viele Forderungen, die mit einem Übergang zu einem nachhaltigen Lebensstil verbunden sind, lassen sich letztlich nur über die Substitution von Material und Energie durch Information verwirklichen, sofern es nicht zu reinen Verzichtslösungen kommen soll. Daneben kommen Dienstleistungsangebote infrage, die ein bestimmtes Bedürfnis, etwa nach Mobilität, Komfort oder Zerstreuung, im virtuellen Erlebnisfeld von Internet und anderen Datennetzwerken verorten können. Es bleibt allerdings abzuwarten, ob sich die hohen Erwartungen in diese virtuellen Welten erfüllen werden. Darüber hinaus wird kein Weg daran vorbeiführen, den eigenen Lebensstil auf den Prüfstand zu stellen. Wiewohl es sicher sinnvoll ist, eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Lebensweise als eine alternative Form eines beglückenden Lebens darzustellen, so läuft man schnell in die Irre, wenn Nachhaltigkeit als ein Element einer Spaß- und Erlebnisgesellschaft eingeordnet wird. Natürlich kann auch bewusster Verzicht Spaß machen, aber man darf sich auch nichts vorlügen: Wenn wir den Auftrag ernst nehmen, unseren Mitmenschen und unseren Nachkommen ein ähnlich gutes Leben zu gönnen, wie es uns selber vergönnt war, dann wird es ohne ein Überdenken unserer Konsumgewohnheiten nicht gehen. Die Gerechtigkeitslücke ist allein durch Effizienz, Schließung von Stoffkreisläufen und Innovation nicht zu schließen. Die Statistik lehrt uns, dass bis heute alle Effizienzgewinne, die zum Teil schon jetzt erheblich gewesen sind, durch unseren zunehmenden Konsumhunger mehr als wettgemacht worden sind. Der Verbrauch an Naturgütern pro Kopf

der Bevölkerung steigt, obwohl jedes einzelne Produkt umweltfreundlicher geworden ist. Bei den anfangs aufgezeigten Herausforderungen der globalen Umweltpolitik führt kein Weg daran vorbei, diesen Trend in Zukunft umzukehren.

4.3. Aufgaben für die Wissenschaft

Wie lassen sich diese vier Strategien zur Nachhaltigkeit wissenschaftlich unterfüttern? Zunächst zum Thema Ökoeffizienz: Offenkundig liegt es im Interesse eines jeden Unternehmens, kostensparende Maßnahmen einzuführen, um mit weniger Energie, Material oder Abfall auszukommen. Effiziente Produktion und Dienstleistung sind Ziele, die im Rahmen von marktwirtschaftlichen Systemen aus Kosten- und Wettbewerbsgründen ständig angestrebt werden. Die meisten Branchen haben in den letzten Jahren einen zunehmenden Rationalitätsdruck nicht nur in Richtung auf höhere Arbeitsproduktivität, sondern auch in Richtung Naturproduktivität erlebt. Gleichwohl verbleibt auch bei der Einlösung der Forderung nach mehr Ökoeffizienz noch viel Spielraum. Trotz elektronischer Vernetzung und Informationsübertragung sind die Transporte von Material und Produkten in den letzten Jahren nicht gesunken, sondern gestiegen. Trotz erheblicher Aufwendungen zum aktiven Umweltschutz spielt die end-of-the-pipe Technologie immer noch die Hauptrolle in der verarbeitenden Industrie. Integrierter Umweltschutz, bei dem die Langfristfolgen bereits bei der Wahl der Ausgangsmaterialien und der Produktionsweise mit eingeplant und berücksichtigt werden, lässt sich weiter fördern und ausbauen. Schließlich belastet der Gebrauch von Lösungsmitteln und anderen Chemikalien die Umwelt: Ersatzstoffe sind zumindest für einige Anwendungsbereiche entwickelt worden.

Die zweite Strategie: Schließung von Stoffkreisläufen ist eng mit der Ökoeffizienz verbunden. Die Wissenschaft kann und sollte neue Lösungen entwickeln, damit die aus dem Unternehmen entlassenen Stoffe entweder in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt oder aber in naturverträgliche Abfallstoffe umgewandelt werden. Naturverträglich sind solche Stoffe, die in der Natur abgebaut werden können. Die Emission von naturverträglichen Stoffen ist in der Regel unproblematisch, es sei denn sie werden in so großen Mengen freigesetzt, dass sie klima-beeinflussend wirken (etwa Kohlendioxid). Dabei ist darauf zu achten, dass bereits mit der Wahl der Ausgangsstoffe und der Verarbeitungsmethode Weichenstellungen für den Abfallanfall und die Emissionen in Luft, Boden und Wasser vorgenommen werden. Hier sind oft kreative Lösungen gefragt.

Dennoch hieße es, Eulen nach Athen tragen, wenn ich als Soziologe wohlfeile Ratschläge zur Verbesserung der Ökoeffizienz und zur Schließung von Stoffkreisläufen an die naturwissenschaftlich geschulten Mitglieder der OST-WALD-Gesellschaft geben würde. Interessanter erscheint mir von daher die dritte Strategie, nämlich die Verbesserung der Innovationskraft. Die deutsche Wirtschaft hat einen dramatischen Technologie- und Strukturwandel durchgemacht. Ganze

Berufszweige sind inzwischen aufgrund des technischen Fortschritts obsolet geworden. Die Frage ist zu stellen, ob diese Innovationskraft auch im Sinne der Nachhaltigkeit wirksam geworden ist. Schlagworte sind hier die Entwicklung des 3-Liter-Autos, Wärmedämmung in Gebäuden, energiesparende Geräte und Schließung von Stoffkreisläufen bei den Materialien. In Richtung Nachhaltigkeit geht sicherlich auch das Bestreben, den Austausch von Information zu „entmaterialisieren“. Informationen, die über elektronische Datennetze ausgetauscht werden, sind zwar an die Existenz von Hardware gebunden, diese kann aber im Gegensatz zu den herkömmlichen Datenträgern Papier oder Buch als nahezu beliebig oft nutzbares Übertragungs- oder Speichermedium von Informationen dienen. Der Materialaufwand pro Wort Speicherung ist auf dem langen Weg vom Papyrus, über das Buch, über den Mikrofilm bis hin zu Diskette, CD oder optischen Speicher um mindestens den Faktor 10.000 gesunken. Wenn auch die Vision vom papierlosen Büro Illusion geblieben ist (und auch in Zukunft bleiben wird), so lässt sich über Datentransfer und elektronische Ablage der Papierausstoß zumindest verringern.

Bereits heute zeichnen sich ein Reihe weiterer innovativer Entwicklungen in Richtung Nachhaltigkeit ab. Zum einen werden zunehmend Dienstleistungspakete anstelle von Produkten angeboten. Die darin enthaltenen Produkte können ausgeliehen statt erworben werden. Zum zweiten können Informationen zunehmend materielle Güter ersetzen. Der Begriff „Multimedia“ ist ja inzwischen zu einem populären Slogan für die elektronische Verarbeitung und Weitergabe von Bild, Text und Film geworden. Auch im Multimedia-Bereich wird es natürlich weiterhin umweltbelastende Hardware geben. Allerdings schafft die Möglichkeit der Vervielfältigung und des multiplen Zugriffs viele Chancen, eine größere Anzahl von Nutzern mit einem geringerem Umwelteinsatz pro Konsument zu erreichen. Als drittes kommt die Möglichkeit hinzu, neue Techniken zu Zwecken der Mobilität und Freizeitbeschäftigung zu entwickeln.

Trotz aller dieser Fortschritte in Ökoeffizienz, Schließung von Stoffkreisläufen und Innovationskraft muss auch die Wirtschaft mit der Erkenntnis leben, dass zwar der Verbrauch an Rohstoffen und der Gebrauch von Natur als Senke für Abfälle pro Einheit Dienstleistung rapide gesunken ist, dieser Gewinn aber durch das quantitative Wachstum insgesamt überkompensiert wurde. Dies gilt fast für alle industriellen Bereiche. Insofern kommt man nicht umhin, auch die Suffizienzstrategie in die Überlegungen zur Nachhaltigkeit mit einzubeziehen. Suffizienz heißt bewusste Verzichtleistung zugunsten einer nachhaltigen Entwicklung. Es versteht sich von selbst, dass Suffizienz nicht von oben verordnet werden kann, sondern sich allenfalls als freiwillige Selbstbescheidung des mit Gütern bereits gut ausgestatteten Konsumenten durchsetzen kann. Sollte es zu neuen Lebensstilen kommen, in denen Genügsamkeit als eine erstrebenswerte Tugend und nicht als Zeichen für mangelnden Erfolg angesehen wird, erwartet der neue Konsument von der Wirtschaft radikal veränderte Produkte und Leistungen. Konsumgüter sollen

unter dem Vorzeichen postmateriellen Lebensstils langlebig, einfach in der Handhabung, reparierbar, wiederverwendbar oder zumindest vom Material her wiederverwertbar sein. Gefragt sind weiterhin Dienstleistungen, die den Konsumenten befähigen, ohne großen Materialaufwand Grundbedürfnisse zu befriedigen.

Ob unsere Gesellschaft in Richtung Suffizienzrevolution fortschreitet oder ob neue ökologisch orientierte Lebensstile weiterhin auf Nischen beschränkt bleiben, kann heute niemand voraussehen. Allerdings muss sich jede Branche auf eine mögliche Entwicklung hin zum suffizienten Lebensstil einstellen. Was würde dies für die Wirtschaft im allgemeinen und die Konsumgüterindustrie im besonderen bedeuten? Grundsätzlich ist jedes Wirtschaftsunternehmen darauf angewiesen, Produkte und Dienstleistungen zu verkaufen. Von der neuen Genügsamkeit können bestenfalls Gurus und Autoren von alternativen Anleitungsbüchern gut leben. Der Zielkonflikt ist also immanent vorgegeben. Im unternehmerischen Bereich lässt sich eine Erhöhung des Umsatzes im Rahmen nachhaltiger Produktionsweisen nur über die Substitution von Materie durch Information verwirklichen. Daneben sind in Zukunft zunehmend Dienstleistungsangebote gefragt, die ein bestimmtes Bedürfnis, etwa nach Mobilität, Komfort oder Zerstreuung, durch ein Minimum an materiellem Aufwand befriedigen können. Dabei könnten umweltbewusste Unternehmen entsprechende Angebote entwickeln und damit neue Produkte und Absatzmärkte erschließen.

Natürlich wachsen auch hier die Bäume nicht in den Himmel. Ohne Rohstoffe und ohne Abfälle wird es auch in einer Dienstleistungsgesellschaft nicht gehen. Das Potential an möglichen Einsparungen ist aber groß und könnte noch durch systematische Anstrengungen zur Verbesserung der Ökoeffizienz, zur Schließung von Stoffkreisläufen, zur Erhöhung der Innovationskraft und zur Entwicklung von Suffizienz-gerechten Angeboten erweitert werden.

5. Ausblick

Um eine kontinuierlich verlaufende Entwicklung hin zur Nachhaltigkeit auslösen zu können, sind vor allem zwei Bedingungen zu erfüllen. Zum ersten ist es Aufgabe von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft, ihre Ziele und Verhaltensweisen laufend an den Erfordernissen der Nachhaltigkeit auszurichten. Kommunikation mit Gleichgesinnten und laufende Rückkopplungen über die Konsequenzen des eigenen Handelns sind dabei wichtige Motivationsanschübe, die systematisch gefördert werden sollten. Zum zweiten bedarf es einer politischen Initiative, die Anstrengungen der privaten Organisationen, das Land auf dem Weg in eine nachhaltige Entwicklung voranzubringen, durch eine entsprechende Anreizpolitik unterstützt sowie einen intensiven gesellschaftlichen Diskurs über die Zukunft der wirtschaftlichen Entwicklung im Sinne einer Standortbestimmung in Gang setzt. Hier drängt sich das Konzept einer nachhaltigen Entwicklung geradezu auf. Nachhaltigkeit ist ein von allen gesellschaftlichen Gruppen akzeptiertes und dennoch nicht inhaltsleeres Leitbild der Entwicklung, und zwar auf lokaler, regionaler, nationaler und interna-

tionaler Ebene. Wichtig ist dabei, dass sich die Menschen im Lande in ein Zukunftsbild von Gesellschaft einbringen können, in dem plurale Lebensformen und der Erhalt der global wichtigen Lebensfunktionen unter den Bedingungen der Globalisierung nebeneinander existieren und sich möglicherweise sogar gegenseitig befruchten können. Solche Zukunftsbilder sind natürlich nicht von oben zu verordnen und erst recht nicht durch Wissenschaft objektiv zu erstellen. Sie sind vielmehr Produkte eines intensiven Diskurses zwischen Politik, Wirtschaft, sozialen Verbänden und den Bürgern.

Nachhaltigkeit bleibt aber so lange eine Leerformel, wie es nicht in operationables Handeln umgesetzt werden kann. Anstelle von unrealistischen, aber wohlklingenden Programmen ist eine generelle Verpflichtung der Industriegesellschaften zur Reduktion im Verbrauch nicht-erneuerbarer Rohstoffe und im Gebrauch der Umwelt als Senke sinnvoll. Jedes Jahr sollte eine kontinuierliche Reduktion des Umweltverbrauchs angestrebt werden. Wo, wie und in welcher Größenordnung sollte einerseits von der spezifischen Gefährdungslage, andererseits von den wirtschaftlichen Chancen abhängig gemacht werden. In den Umweltbereichen, in denen ein solcher Rückgang nicht erzielt werden kann, ist staatliche Regulationspolitik notwendig. Ansonsten ist eine Rahmenpolitik, die ökologisch verantwortbares Handeln belohnt und ökologisch bedenkliches Handeln bestraft, sinnvoll, wenn gleichzeitig die Akteure sich untereinander einigen können, wie sie die Reduktionsziele gemeinsam verwirklichen können.

Wirtschaftliche, politische und soziale Institutionen sind ebenso wie alle Bürgerinnen und Bürger aufgerufen, an der Umsetzung der Nachhaltigkeit mitzuwirken. Dazu können sie alle einen wichtigen Beitrag im Rahmen der Agenda-21 Prozesse leisten. Der Erfolg einer nachhaltigen Entwicklung wird maßgeblich davon bestimmt sein, wie alle gesellschaftlichen Akteure ihre Handlungsspielräume nutzen, um dem Ziel näher zu kommen

Thermodynamik, Reduktionismus und Holismus

Klaus Wetzel

Einführung

Bis gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde die technische Entwicklung von Technikern und Ingenieuren geprägt. Die Dampfmaschine, deren Erfindung die technische Revolution einleitete, ist von dem Techniker und Unternehmer James WATT erfunden worden. Im Jahre 1765 schuf er die erste Kolbendampfmaschine, 1783 die erste doppeltwirkende Niederdruck-Dampfmaschine, bei welcher der Dampf abwechselnd auf die beiden Seiten des Kolbens wirkt. Etwa ein halbes Jahrhundert musste vergehen, bevor man verstand, wie solche Wärmekraftmaschinen funktionieren und wie man ihren Wirkungsgrad berechnen kann. Erst später wandten sich auch Naturwissenschaftler thermodynamischen Sachverhalten zu.

Klassische Thermodynamik

Und was die Thermodynamik betrifft, die unter bestimmten Aspekten so recht ein Kind der von Wilhelm OSTWALD mit Svante ARRHENIUS und Jacobus Henricus VAN'T HOFF geschaffenen physikalischen Chemie ist, so war ihr eigentlicher Schöpfer wiederum kein Naturwissenschaftler, sondern ein französischer Ingenieur. Im Jahre 1824 veröffentlichte Sadi CARNOT die Ergebnisse eines berühmt gewordenen Gedankenexperiments. Der geniale Ingenieur hatte einen Kreisprozess erdacht, mit dessen Hilfe man den maximalen Wirkungsgrad, den Carnotschen Wirkungsgrad, wie wir ihm zu Ehren heute sagen, von Wärmekraftmaschinen berechnen kann.

Der Wirkungsgrad unserer gedachten Wärmekraftmaschine, also der Quotient aus der gewonnenen mechanischen Arbeit A und der dem heißen Reservoir entnommenen Wärmemenge Q_1 , ergibt sich zu:

$$\eta_c = A/Q_1 = (Q_1 - Q_2)/Q_1 \text{ bzw}$$

$$\eta_c = A/Q_1 = (T_1 - T_2)/T_1$$

Wohl lässt sich mechanische Arbeit vollständig in Wärme umwandeln. Denken Sie beispielsweise an die Umwandlung der Rotationsenergie eines Schwungrades in Reibungswärme. Es ist aber beileibe nicht möglich, umgekehrt Wärme vollständig in mechanische Arbeit zu verwandeln. Nur ein Teil der dem heißen Reservoir entnommenen Wärmemenge Q_1 , nämlich höchstens der Anteil $Q_1 \cdot \eta_c$, wird in Arbeit verwandelt, der Rest, $Q_1 \cdot (1 - \eta_c)$ also, fließt in das kühlere Reservoir mit der Temperatur T_2 ab und bleibt für die Erzeugung von mechanischer Energie ungenutzt, selbst wenn wir, wie bei CARNOTS Gedankenexperiment, ideale Bedingungen voraussetzen.

Welche Einsichten gewährt der Carnotsche Kreisprozess? Was lässt sich aus den beiden Gleichungen ablesen?

Erstens, wie schon gesagt, wird der Wirkungsgrad η unter keinen Umständen gleich eins. Dies ist eine mögliche Formulierung des II. Hauptsatzes der Thermodynamik, über den auch im Folgenden noch eine Menge zu sagen sein wird.

Zweitens wird der Wirkungsgrad umso größer, je größer die Temperaturdifferenz $T_1 - T_2$ zwischen dem warmen und dem kühleren Reservoir ist. Trotzdem wird darüber nachgedacht, die Temperaturdifferenz zwischen dem Meerwasser am Äquator und am Meeresgrund oder zwischen polaren Eismassen und dem sich darunter befindenden flüssigen Wasser für den Betrieb von Wärmekraftmaschinen zu nutzen. In beiden Fällen stehen den geringen Temperaturdifferenzen riesige und wohlfeile Wärmereservoirs (bzw. Kältereservoirs) gegenüber.

Drittens ist eine Vergrößerung des Wirkungsgrades durch eine Verringerung der Temperatur T_2 des kühleren Reservoirs in Bezug auf den Wirkungsgrad effektiver als eine Erhöhung der Temperatur T_1 im heißeren Reservoir. Dies ist für den Menschen kein glücklicher Umstand, schränkt er doch die Möglichkeiten der Nutzung der Abwärme bzw. der Kraft-Wärme-Kopplung ein.

Viertens lässt sich der Wirkungsgrad einer Wärmekraftmaschine durch eine Erhöhung der Temperatur T_1 bei gegebener Temperatur T_2 erhöhen. Dieser Chance stehen allerdings erhöhte Wärmeverluste und bei hohen Temperaturen verschlechterte Materialeigenschaften gegenüber.

Nach CARNOT sind weitere thermodynamische Kreisprozesse von Wärmekraftmaschinen erdacht und realisiert worden.

Eine bestechende, wenn auch trotz jahrelanger Anstrengungen noch immer nicht technisch nutzbare Version eines Kraftwerks wird durch den sogenannten magnetohydrodynamischen (MHD)-Generator möglich. In einem MHD-Generator wird ein Gas auf über 3000 K erhitzt. Bei so hohen Temperaturen entsteht ein sogenanntes Plasma, in dem außer neutralen Atomen bzw. Molekülen auch elektrisch geladene Teilchen, positiv und negativ geladene Atome und Moleküle und Elektronen enthalten sind. Ein Strahl dieses Plasmas strömt mit hoher Geschwindigkeit durch ein magnetisches Gleichfeld hindurch. Dabei werden die geladenen Teilchen je nach dem Vorzeichen ihrer elektrischen Ladung auf die eine oder die andere der beiden in Richtung des Plasmastrahls hinter dem Magnetfeld befindlichen Elektroden gelenkt. Zwischen diesen beiden Metallplatten entsteht so eine elektrische Gleichspannung, mit deren Hilfe ein elektrischer Strom erzeugt werden kann. Für den Gasstrom kann Erdgas, ein anderes brennbares Gas oder ein Edelgas mit leicht ionisierbaren Zusätzen wie Kaliumcarbonat verwendet werden. Entscheidend für die Möglichkeit der Kopplung eines solchen Gleichstromgenerators mit den schon besprochenen Wärmekraftmaschinen ist, dass der MHD-Generator bei sehr hohen Temperaturen arbeitet. (Die Aufrechterhaltung sehr hoher Temperaturen ist Voraussetzung für die Entstehung und Erhaltung des Plasmazustands.) Demzufolge hat der das Magnetfeld verlassende Gasstrahl noch eine Temperatur von etwa 2000

K, so dass es möglich wird, mit der Abwärme des MHD-Generators eine Gasturbine anzutreiben. So läßt sich eine dreistufige Elektroenergieerzeugungsanlage realisieren: MHD-Generator – Gasturbine – Dampfturbine. Während in einem modernen erdgasgefeuerten GuD-Kraftwerk ein auf die Erzeugung von Elektroenergie bezogener Wirkungsgrad von knapp 0,6 erreicht wird, würde die Kopplung mit einem MHD-Generator elektrische Wirkungsgrade von bis zu 0,8 ermöglichen, obgleich in einem MHD-Generator allein nur Wirkungsgrade von ungefähr 0,2 zu erwarten sind. Der entscheidende Vorteil der dreistufigen Anlage besteht eben darin, dass die Abwärme des MHD-Generators bei einer so hohen Temperatur anfällt, dass noch zwei weitere Typen von Energieerzeugungsanlagen angekoppelt werden können.

Aus einer ganzen Reihe von Gründen bleibt der tatsächlich erreichbare Wirkungsgrad η unter dem maximalen, dem Carnotschen Wirkungsgrad η_c : Es lassen sich streng isotherme und reversible Zustandsänderungen des Arbeitsgases nur realisieren, wenn sich der Kolben in dem Zylinder unendlich langsam bewegt. Wenn er das aber tut, leistet er eine unendlich geringe, also keine Arbeit. Weiter gewährleistet auch die beste Wärmeisolierung keine streng adiabatischen Zustandsänderungen. Außerdem müssten die Wärmekapazitäten von Zylinder und Kolben im Vergleich mit der Wärmekapazität des Arbeitsgases vernachlässigt werden können. Schließlich dürften in keiner Phase des Experiments Reibungsverluste auftreten.

In den der Carnotschen Arbeit folgenden Jahrzehnten haben neben James Prescott JOULE, Hermann Ludwig Ferdinand von HELMHOLTZ und James Clerk MAXWELL und besonders Rudolf Julius Emanuel CLAUSIUS und Ludwig BOLTZMANN die Entwicklung der Thermodynamik geprägt. 1865 stellte CLAUSIUS heraus, dass die Umwandlung von Wärme in Arbeit nicht von dem einen Kreislauf vollführenden Stoff abhängt, sondern, wie schon CARNOT erkannt hatte, von den Wärmemengen, die umgesetzt werden, und von den Temperaturen, bei denen dies geschieht. Im selben Jahr führte CLAUSIUS den spröden, aber eben doch überaus fruchtbaren Begriff der Entropie ein, der die Entwicklung der Thermodynamik auch heute noch beeinflusst. Die Entropie ist definiert als:

$$S = Q/T \text{ bzw. in differentieller Schreibweise: } dS = dQ/T$$

also als der Quotient aus einer Wärmemenge Q bzw. dQ und der Temperatur in Kelvin, bei welcher diese Wärmemenge ausgetauscht wird. Mit Hilfe des Begriffs der Entropie kann der II. Hauptsatz der Thermodynamik so formuliert werden: Ein geschlossenes System verharrt in seinem Zustand oder entwickelt sich so, dass seine Entropie steigt. Heute wissen wir, dass dies eigentlich nur für Systeme zutrifft, die sich in der Nähe des thermodynamischen Gleichgewichts befinden.

Wie Ludwig BOLTZMANN 1896 gezeigt hat, ist die Entropie des Zustands eines Systems mit der Wahrscheinlichkeit W eben dieses Zustands wie folgt korreliert:

$$S = k \ln W + \text{const},$$

worin k die von BOLTZMANN eingeführte und nach ihm benannte Konstante ist. Sofern sie sich nicht schon im thermodynamischen Gleichgewicht befinden, streben geschlossene, also nicht im Energie- bzw. Stoffaustausch mit ihrer Umgebung befindliche Systeme danach, einen Zustand größter Wahrscheinlichkeit zu erreichen. Nach dieser Gleichung bedeutet das: Sie streben nach einer Vergrößerung ihrer Entropie. Wie wir noch sehen werden, ist die Beschränkung auf geschlossene Systeme notwendig. Offene Systeme können ihre Entropie nämlich verringern, indem sie Entropie in die Umgebung exportieren. Doch davon später.

Mit der Einführung des Begriffs der Wahrscheinlichkeit verlieren die Gesetze der Thermodynamik den Charakter bedingungsloser Gültigkeit. Sie gelten eben im statistischen Sinne wie viele andere Naturgesetze auch. Längst haben wir uns abgewöhnt, einem Hüllenelektron im Atom eine ganz bestimmte Bahn oder gar einen ganz bestimmten Ort zuzuweisen. Schon seit vielen Jahrzehnten sprechen wir davon, dass einem Elektron an einem bestimmten Ort in der Atomhülle eine bestimmte Aufenthaltswahrscheinlichkeit zukommt. Seit Werner HEISENBERGS Entdeckung der Unschärferelation im Jahre 1927 wissen wir, dass es nicht möglich ist, Ort und Impuls eines Elektrons bzw. irgendeines anderen Elementarteilchens gleichzeitig exakt anzugeben. Je genauer wir seinen Aufenthaltsort fixieren, umso unschärfer wird sein Impuls und umgekehrt. Wir wissen auch, dass dies nicht an der Unvollkommenheit unserer Messinstrumente liegt, sondern ein Naturgesetz mit weitreichenden Konsequenzen ist. Was den Bereich der Biologie und erst recht den Bereich der menschlichen Gesellschaft betrifft, so haben wir uns längst daran gewöhnt, dass viele Gesetze nur im statistischen Sinne Gültigkeit haben.

Aber zwei Dinge sind doch neu an BOLTZMANN'S Definition der Entropie. Zum einen hält der Begriff der Wahrscheinlichkeit hier zum ersten Male Einzug in die Physik und zum anderen ist es wohl das erste Beispiel für ein im statistischen Sinne gültiges Naturgesetz nicht für mikroskopische, sondern für makroskopische Systeme.

Wie tief zuwider der Mehrzahl der Physiker die Vorstellung davon war bzw. vielleicht auch heute noch ist, dass Naturgesetze nur im statistischen Sinne gelten könnten, das erhellt daraus, dass EINSTEIN bis an sein Lebensende versucht hat, ein universales Gesetz, eine sogenannte Weltformel, zu finden, die frei von diesem Makel ist. Bekannt ist sein Ausspruch: *Der Herrgott würfelt nicht.*

Eine weitere Konsequenz aus dem II. Hauptsatz der Thermodynamik lautet, dass Wärme stets von Orten höherer Temperatur zu Orten niedrigerer Temperatur und niemals in umgekehrter Richtung fließt

Der Chemiker Wilhelm OSTWALD wirkte in der Zeit, als Naturwissenschaftler begannen, den wissenschaftlich-technischen Fortschritt zu prägen. So hat Wilhelm OSTWALD eben nicht nur, gemeinsam mit ARRHENIUS und VAN'T HOFF, eine neue wissenschaftliche Disziplin begründet und Beiträge zum Verständnis der

Katalyse und – mit dem nach ihm benannten Verdünnungsgesetz - zur Entwicklung der Elektrochemie geleistet, sondern auch ein noch heute praktiziertes Verfahren zur großtechnischen Herstellung der Salpetersäure geschaffen.

Bekanntlich hat Wilhelm OSTWALD aber auch gewichtige Beiträge zu den beiden Hauptsätzen der Thermodynamik geleistet. Eine heute noch oft zitierte Formulierung des II. Hauptsatzes geht auf OSTWALD zurück. Während der I. Hauptsatz gewöhnlich als das Gesetz von der Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile 1. Art definiert wird, hat OSTWALD den II. Hauptsatz als das Gesetz von der Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile 2. Art bezeichnet, von der Unmöglichkeit einer Vorrichtung, die nichts anderes tut, als unter Abkühlung der Umgebung mechanische Arbeit zu leisten. Die von CARNOT ersonnene Maschine ist kein Perpetuum mobile 2. Art, denn sie erzeugt nicht nur mechanische Energie aus Wärme, die sie einem in der Umgebung befindlichen Reservoir entzieht, sondern sie führt außerdem einem zweiten, kühleren Reservoir Wärme zu. Auch die Einsicht, dass der I. Hauptsatz der Thermodynamik Auskunft gibt über die Tendenz, mit der spontan vor sich gehende Prozesse ablaufen, während der II. Hauptsatz Aussagen über die Richtung spontan ablaufender Vorgänge liefert, verdanken wir Wilhelm OSTWALD.

OSTWALDS Beitrag zur Thermodynamik bezieht sich also in erster Linie auf das Verständnis des II. Hauptsatzes, dessen Gültigkeit auf im Gleichgewicht bzw. in der Nähe des Gleichgewichts befindliche Systeme beschränkt ist. Für die Beschreibung offener Systeme, die sich infolge eines intensiven Energie- bzw. Stoffaustauschs mit der Umgebung fernab vom Gleichgewicht befinden, wie alle Lebewesen und die gesamte Biosphäre, die Atmosphäre und die Erdkruste, sind andere Ansätze erfolgreicher, die überwiegend erst im vergangenen Jahrhundert erdacht worden sind. Leider erlaubt es der Zeitplan nicht, darauf einzugehen, dass es sich dabei um Auffassungen handelt, zu deren Werden Wilhelm OSTWALD auch beigetragen hat.

Thermodynamik irreversibler Prozesse

In der Regel führt Irreversibilität, Nichtumkehrbarkeit also, zur Zerstörung von Strukturen. Erinnern Sie sich bitte an die Verbrennung der Kohle unter dem Dampfkessel der wattschen Dampfmaschine, ein irreversibler Vorgang, der nichts als einen Haufen Asche hinterlässt. Bei niedrigen Temperaturen und bei Vorhandensein bindender Kräfte aber können Strukturen auch entstehen, wenn sich das System seinem Gleichgewichtszustand nähert. Die Kristallisation aus Lösungen, die Entstehung von Schneeflocken und die Bildung biologischer Membranen sind Beispiele für solche Prozesse der spontanen Strukturbildung in offenen Systemen. Es können in solchen Fällen Gleichgewichtsstrukturen entstehen, deren Entropie diejenigen der Phasen übertreffen, aus denen die Strukturen entstehen.

Im Allgemeinen aber ist die spontane Entstehung von Strukturen, die spontane Entwicklung von Systemen, eine Domäne der – infolge eines Energie- und/oder Stoffaustauschs mit der Umgebung - weit vom thermodynamischen Gleichgewicht entfernten offenen Systeme, der dissipativen Strukturen, wie sie Ilya PRIGOGINE (Nobelpreis 1977) genannt hat. Nach der von NEWTON begründeten, klassischen Betrachtungsebene und der hauptsächlich von Rudolf CLAUSIUS geprägten makroskopischen Betrachtungsweise ist so die Ebene der von Hermann HAKEN 1969 geschaffenen Synergetik erreicht. Die mathematische Behandlung solcher Systeme und ihre Anwendung in Physik, Chemie, Biologie, Ökologie, Technik, Soziologie und anderen Gebieten der Natur- und Gesellschaftswissenschaften sind im Gange.

Hierzu bedurfte es einer Erweiterung des II. Hauptsatzes der Thermodynamik in dem Sinne, dass die Entropieänderung dS aufgespalten wird in eine Änderung dS_i und eine Änderung dS_e :

$$dS = dS_i + dS_e.$$

Darin bedeutet dS_i die Entropieänderung infolge irreversibler Prozesse im Inneren des Systems, also bei einer Dampfmaschine die Entropieänderung infolge des irreversiblen Verbrennungsprozesses. Dieser Term ist größer oder gleich Null. Der Term dS_e , der positiv oder negativ sein kann, bezieht sich auf den Entropieaustausch des Systems mit der Umgebung. (Der Index „e“ ist von „exchange“ abgeleitet.) Bei der Carnotschen Maschine wäre dS_e also der Entropieaustausch zwischen dem Arbeitsgas in dem Zylinder und den beiden Behältern, denen die Maschine Wärme entzieht bzw. an die das Arbeitsgas Wärme abgibt.

Wie sich zeigt, kann dS_e in der Gleichung für offene Systeme sowohl ein positives als auch ein negatives Vorzeichen haben. Offene Systeme sind demzufolge unter der Bedingung, dass sie viel Energie importieren und deshalb weit vom thermodynamischen Gleichgewicht entfernt sind, und dass das System mehr Entropie in die Umgebung exportiert als es im Inneren erzeugt ($dS_e > dS_i$), einer Reihe von Leistungen fähig, die in geschlossenen Systemen nicht auftreten können:

1. Sie sind imstande, Strukturen immer höherer Ordnung und Komplexität zu entwickeln.
2. Sie zeigen die Fähigkeit zur Selbstorganisation, d.h. sie entwickeln sich nicht allein nach Maßgabe der von ihrer Umgebung gesetzten Bedingungen, sondern auch nach inneren Gesetzmäßigkeiten und unter Einflussnahme auf ihre Umgebung. So hat die Biosphäre den Luftsauerstoff, den sie für ihre Atmung und zum Schutze vor kurzweiliger UV-Strahlung (in Form des Ozon-Schilds) benötigt, auf dem Wege der Photosynthese selbst geschaffen.
3. Ihre Entwicklung ist weder umkehrbar noch wiederholbar und - wie auch die häufigen Fehlschläge bei der Wetterprognose und bei der Vorhersage von Naturka-

tastrophen (Erdbeben, Vulkanausbrüche, Wirbelstürme) zeigen - auf längere Sicht nicht vorhersagbar.

4. Sie sind empfindlich gegenüber äußeren Störungen, besonders dann, wenn diese Störungen so kurzfristig eintreten, dass der Evolution nicht genügend Zeit bleibt, sie zu kompensieren.

Auf dünnen Ölfilmen bilden sich Wabenstrukturen aus, so genannte **BE-NARD-Zellen**, wenn dem Ölfilm von unten ein starker Wärmestrom zugeführt wird. Das Kalkskelett der Kieselalge *Coscinodiscus lacustris* Grun. zeigt eine ganz ähnliche Struktur. Dies sind Beispiele für weit vom thermodynamischen Gleichgewicht entfernte offene Systeme. Es hat sich herausgestellt, dass Lebewesen, Pflanzen- und Tierpopulationen, möglicherweise die gesamte Biosphäre, solche dissipativen Strukturen sind und deshalb am besten mit Modellen der Thermodynamik irreversibler Prozesse beschrieben werden können.

Westliches und östliches Denken

Zum Schluss möchte ich extrapolierend einige Überlegungen über **OSTWALDS** Wirken vortragen, die nicht nur physikalisch-chemische, sondern auch weltanschauliche und religiöse Fragen berühren. In diesem Zusammenhang soll vereinfachend von westlichem und östlichem Denken die Rede sein, wobei ich weniger den Wohnsitz bzw. die Wirkungsstätte der jeweiligen Schöpfer eines Gedankens zum Kriterium der Zuordnung zum abendländischen oder zum asiatischen Kulturkreis machen will. Entscheidend soll vielmehr die erkenntnistheoretische Grundposition des Schöpfers sein. Als Ersatz für eine Definition der Begriffe „westliches Denken“ und „östliches Denken“ biete ich die nachfolgende Tabelle an.

Einige Aussagen der Tabelle seien im Folgenden kommentiert. Was den Rang der Einfachheit betrifft, so möchte ich auf die Tatsache aufmerksam machen, dass zumindest im Abendland von zwei zur Wahl stehenden Alternativen gewöhnlich der einfacheren der Vorzug gegeben worden ist, dass die einfachere für wahr gehalten worden ist. Das überzeugendste Beispiel für diese erkenntnistheoretische *Maxime* ist wohl der Sieg des kopernikanischen, des heliozentrischen Weltsystems, in dem sich alle Himmelskörper um die Sonne drehen, über

ASPEKT	WESTLICHES DENKEN	ÖSTLICHES DENKEN
Untersuchungsobjekte	geschlossene Systeme	offene Systeme
Gültigkeitsbereich	a) abiotische Systeme b) mikroskopische Systeme	a) biotische Systeme b) makroskopische Systeme
Trend	steigende Entropie Fremdorganisation	Entropieexport Selbstorganisation
Wechselwirkungen	einsinnige Ursache- Wirkung-Beziehungen	vernetztes Wirkungsgefü- ge/Rückkopplung
Blickwinkel	von unten/von innen	von oben/von außen
Rang der Einfachheit	entscheidend	niedrig
Architektur	analytisch (zerlegend)	synthetisch (aufbauend)
Rolle der Autokatalyse	gering	entscheidend
Laplacescher Dämon	existent	nicht existent
Religiöser Aspekt	Deismus (Judentum, Christentum, Islam)	Theismus /Hinduismus (vedische Religion, Brahmanismus)
Beitrag zur Lösung der Umweltprobleme	gering	groß und zunehmend
Herausragende Leistungen	a) Entdeckung der Quarks b) Entdeckung der Eich- bosonen c) Theorie des Urknalls d) Evolutionstheorie	a) Theorie der Entstehung des Lebens b) Theorie der Evolution der Atmosphäre c) asiatische Medizin
Beispiele (Paare)	westliche Kulturen Kulturvölker Biologie Stationäre medizinische Behandlung	asiatische Kulturen Naturvölker Ökologie Heilkur

das schon in der Antike erdachte, ptolemäische Weltsystem, in dem sich alle Himmelskörper, auch die Sonne und alle Planeten, um die Erde drehen. Keine der zu KOPERNIKUS Zeiten bekannten astronomischen Messverfahren war genau genug,

um zwischen diesen Alternativen zu unterscheiden. Allein die Tatsache, dass das kopernikanische Modell die Bewegungen der Himmelskörper einfacher zu erklären vermochte, führte zur Anerkennung des heliozentrischen Weltsystems, trotz aller Vorzüge des ptolemäischen, des geozentrischen Systems, im Hinblick auf religiöse Aspekte. Seine Fortsetzung fand diese Vorstellung in dem von Ernst MACH und Richard AVENARIUS geschaffenen Prinzip der Denkökonomie, dem Leitprinzip des Empirio-kritizismus. Akzeptiert wird, was eine Beobachtung mit einem minimalen Aufwand an Denktätigkeit erklärt, weniger weil es wahr ist, die Frage wird gar nicht gestellt, sondern weil es mit dem menschlichen Denkvermögen sparsamer umgeht.

Der Empirio-kritizismus, wonach nur Wahrnehmbares Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen sein kann, hat nicht nur das Denken Albert EINSTEINS, sondern auch anderer Großer (einschließlich Wilhelm OSTWALD) beeinflusst, wenn sie den zuletzt Genannten auch (vorübergehend) zu dem Trugschluss verleitet hat, dass es keine Atome gibt. Als die Erforschung der Radioaktivität aber zeigte, dass man Atome doch, wenn damals auch nur indirekt, wahrnehmen kann, war Ostwald konsequent genug, die Atomtheorie zu akzeptieren.

OSTWALDS Engagement für den Monismus zeigt, dass ihm auch das östliche Denken nicht fremd war. In der Philosophie steht der Monismus für das Streben, die Vielheit der Welt auf ein einziges Prinzip zurückzuführen. Seine religiösen Wurzeln hat der Monismus in den asiatischen Religionen, seine philosophischen Wurzeln in der griechischen Naturphilosophie. Nicht zuletzt unter dem Einfluss Wilhelm OSTWALDS hat sich der Monismus zu einer Weltanschauung entwickelt, der auch heute noch unzählige Freidenker, Atheisten und Pantheisten anhängen.

Der vorwiegend in den Ländern des Westens ausgearbeitete Reduktionismus ist bestrebt, komplexe Begriffe, Prinzipien oder die gesamte Wirklichkeit auf elementare Begriffe, Theorien oder Methoden zurückzuführen. Während das westliche Denken also darauf orientiert ist, ins Mikroskopische vorzudringen und die Welt aus den Eigenschaften des Mikroskopischen zu erklären, geht das östliche Denken davon aus, dass die ganze Wirklichkeit mehr ist als die Summe seiner Teile, nämlich eine allumfassende, sich in einer in sich beschlossenen Struktur aufbauende Wirklichkeit.

Vieles spricht dafür, dass es kein Zufall war, dass eine große Zahl der Schöpfer der modernen Physik in Europa und in den USA gerade in den 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts, in der Ära der 68er also, das östliche Denken zu erschließen begannen. Tai-Chi-Meister aus China, indische Weise, tibetische Lamas und Zen-Buddhisten aus Japan wurden von westlichen Universitäten zu Vorträgen eingeladen. Ganzheitliches Denken drang ein in die westliche Welt und beschwor eine Ära herauf, die schwärmerisch als „Neues Zeitalter“ bzw. „New Age“ gepriesen wurde.

Manches spricht dafür, dass die vorwiegend in den Ländern des Westens entwickelten, bisher jedenfalls überaus erfolgreichen reduktionistischen Ansätze

sich in Zukunft als Spezialfälle ganzheitlicher Theorien erweisen könnten, ebenso wie sich die Gesetze der klassischen Physik zu Anfang des vergangenen Jahrhunderts als Spezialfälle der relativistischen Physik erwiesen haben. Bekanntlich gehen die Gesetze der relativistischen Mechanik für Geschwindigkeiten, die klein sind im Vergleich mit der Lichtgeschwindigkeit, in die Gesetze der klassischen Mechanik über, ebenso wie die Elektronenphysik im Bild der klassischen Physik als Spezialfall der Quantentheorie erscheint, wenn das Verhalten der Elektronen in der Nähe der Atomkerne betrachtet wird, die von den Elektronen umhüllt werden.

Der Visionär Wilhelm Ostwald - ein Vordenker im Zwiespalt von gewünschtem Handeln und rationalem Begründen

Jan-Peter Domschke

Der Begriff „Vision“ ist durchaus nicht eindeutig. Vision kann Kreativität beinhalten, aber auch Traum. Zwischen Traum und Vision besteht allerdings ein grundlegender Unterschied. Traum ist eher Flucht vor dem was existiert, Vision eröffnet neue Möglichkeiten für die Zukunft, sie entsteht in der Auseinandersetzung mit den Verhältnissen in der Gegenwart, die als unzulänglich und veränderbar begriffen werden.

Es dürfte unzweifelhaft sein, dass Wilhelm OSTWALD, wie jeder Wissenschaftler von Rang, auf seinem ureigensten Fachgebiet auch ein Visionär war. Davon soll in den nachfolgenden Betrachtungen allerdings nur dann die Rede sein, wenn diese mit allgemeineren Betrachtungen verwoben sind. Für eine vertiefende Erörterung seines visionären Denkens in der physikalischen Chemie besitze ich zu wenig von dem, was man heute zumeist als Kompetenz bezeichnet. Es bleibt aber vorerst festzuhalten, dass Wilhelm OSTWALD in seinen Forschungen chemische Prozesse aus energetischer Sicht analysierte und deshalb mit Notwendigkeit auch die thermodynamische Sicht einbezog. Voraussetzung dafür war die exakte Messung der Intensitäts- und Kapazitätsgrößen bei allen Prozessen. In der chemischen Fachliteratur ist nachlesbar, wie Wilhelm OSTWALD und seine Schüler Jahr um Jahr mit neuen Forschungsergebnissen an die Öffentlichkeit traten.

Wenn wir uns nun anschicken, als Nachgeborene die gesellschaftspolitischen Visionen eines großen Gelehrten zu besprechen, befinden wir uns im Zwiespalt zwischen unangemessener Besserwisseri und kultischer Verehrung, beides stört nicht nur die gerechte Würdigung, weit schlimmer, es zerstört die in den Visionen aufgehobene Vernunft und Würde. Im Zuspruch und im Widerspruch zum Weltbild Wilhelm OSTWALDS verdienen seine Weltanschauung, seine Überzeugungen und Hoffnungen und sein Handeln den nötigen Respekt. Für unser Thema durchaus beherzigenswert ist die Mahnung Walter KAUFMANNs: *Philosophen ... schreiben über Philosophen der Vergangenheit, die für bedeutend genug gehalten werden, um in den Spalten der Fachzeitschriften diskutiert zu werden. Beiträge in der Art der Klassiker ... sucht man vergeblich darin.*¹

Wilhelm OSTWALD ist Naturwissenschaftler, und so trivial dies auch klingen mag, für seine Visionen gilt, dass sie mit naturwissenschaftlichen Behauptungen begründet werden, sie sind Ausdruck des Erkennens in den Naturwissenschaften und der naturwissenschaftlichen Argumentation; Logik und Kausalität, Rationalität und die Wiederholbarkeit des als Gesetz bezeichneten Zusammenhanges, kurz,

¹ KAUFMANN, Walter: Revolution in der Philosophie. In: SALAMUN, Kurt (Hrsg.): Was ist Philosophie?. 4. Aufl. Tübingen, 2001, S. 273.

die Objektivität der Erkenntnis wird für diese Denkweise reklamiert. Zu den für die Beurteilung der ostwaldschen Erörterungen und Vorschläge gehörenden aktuellen Problemen gehört sicher die „Reduktion“, gelegentlich auch der „Reduktionismus“, der wissenschaftlichen Argumentation auf die naturwissenschaftliche Denkweise. Abgesehen von den unterschiedlichen Blickwinkeln, Sprachen und Argumentationsweisen sind Missverständnisse zwischen Natur- und Geisteswissenschaftlern nicht selten, weil die jeweiligen Vertreter eher gegen- oder aneinander vorbei, als miteinander argumentieren.

Wilhelm OSTWALD ist überzeugt davon, dass die Naturwissenschaften den Schlüssel zum Verständnis aller Probleme besitzen. Er ist damit selbstverständlich nicht der Einzige, wohl aber einer der Wenigen, die mit einer naturphilosophisch – ethischen Begründung operieren. Anders als die „Klassiker“ dieser Richtung, die zumeist die Biologie, insbesondere den „Sozialdarwinismus“, als Grundlage für das Verständnis gesellschaftlicher Prozesse nutzen wollten, hat Wilhelm OSTWALD mit seinem „energetischen Imperativ“ die Erkenntnisse der zeitgenössischen Physik und Chemie dazu benutzt. Diese Verfahrensweise bewahrt ihn weitgehend davor, mit biologistischen, und damit letztlich inhumanen Konstruktionen zur Erklärung sozialer Probleme und zur Begründung sozialer Ziele zu argumentieren. Andererseits besitzt der „energetische Imperativ“, wie auch der biologische Reduktionismus, vor allem für naturwissenschaftlich gebildete Menschen, eine große Suggestionskraft, denn derartige Argumentationen haben den Vorteil der empirischen Evidenz. Ihr Modellcharakter kann allerdings zu falschen Schlussfolgerungen in bezug auf das Wünschbare in zukünftigen gesellschaftlichen Zuständen verleiten.

Die Visionen Wilhelm OSTWALDS werden in der Art ihrer Begründung zuweilen direkt gespeist aus der Chemie, meist bildet diese Wissenschaft aber nur den Hintergrund für philosophische Weiterungen. Wilhelm OSTWALD bekennet: *In dem Maße als ein Lebewesen Wissenschaft besitzt, kann es einen freien Willen betätigen und die Zukunft beeinflussen.*² Aus inhaltlicher Sicht entwickelt der Gelehrte Visionen zur weiteren Entwicklung der menschlichen Gesellschaft im allgemeinen, zu notwendigen politischen Reformen, vor allem in Deutschland, abgeleitet aus den gesellschaftspolitischen Debatten der Zeit, und in besonders eindringlicher Weise zur Bildungs- und Wissenschaftspolitik. Das allein mag noch kein hinreichender Grund für die nachfolgenden Betrachtungen sein, gewichtig aber scheint mir die Antwort auf die Frage, wie Geschichte, auch die Geschichte der vom menschlichen Bewusstsein ersonnenen Aussagen, Theorien, Vorstellungen, Modellen und Handlungsanweisungen verläuft.

Eine entscheidende Wendung vollzieht Wilhelm OSTWALD mit dem Übergang von der physikalischen Chemie zur Philosophie. Eine solche Philosophie konnte nach OSTWALDS Überzeugung nur die „Energetik“ sein, denn in der „Ener-

² OSTWALD, W.: Willensfreiheit II. In: Monistische Sonntagspredigten : 2. Reihe. Leipzig : Akad. Verlagsges., 1912, S. 239.

gie“ sei ...*das eigentlich Reale verkörpert*.³ Sie sollte ...*das zusammenfassende Denken, zu welchem die sämtlichen einzelnen Wissenschaften das Denkmateriale geben, mit dem Zweck der Orientierung des ganzen menschlichen Lebens durch diese Zusammenfassung ermöglichen*.⁴ Von der Dissipation der Energie ausgehend, formulierte Wilhelm OSTWALD das allgemeine Gesetz des Geschehens, das „Dissipationsgesetz“: *Hierdurch verlaufen alle Vorgänge auf der Erde in solchem Sinne, dass die freien oder verfügbaren Energiemengen beständig abnehmen*.⁵ Dieses Gesetz sei die Grundlage allen menschlichen Wollens, Wählens und Wertens, und nur die Einhaltung des „energetischen Imperativs: Vergeude keine Energie - verwerte sie!“ könne Grundlage allen Handelns sein. Mit dem „energetischen Imperativ“ ließen sich ...*die Richtlinien alles sachgemäßen oder vernünftigen Tuns, vom Nadeleinfädeln bis zur Regierung eines Staates...* darstellen.⁶ Der Mensch könne... *sich als Prophet betätigen*.⁷

In jüngster Vergangenheit hat insbesondere Uwe NIEDERSEN versucht, die Tragfähigkeit dieses Ansatzes für die aktuelle Diskussion zu untersuchen. In seiner Habilitationsschrift schreibt er: ...*Genau die Seite des Wollens, der Kultur, des Staates, der Ethik, welche Naturwissenschaft, Technik und Mathematik bemühen, sind mit den Mitteln des damaligen Wissensstandes völlig korrekt in Darstellung gebracht worden*.⁸

Mit dem „energetischen Imperativ“ unternimmt Wilhelm OSTWALD den Versuch, ein aus seiner Sicht mit Naturnotwendigkeit geltendes Prinzip in die Philosophie zu übertragen, um eine als unvollkommen empfundene Welt mit wissenschaftlichen und technischen Mitteln zu vervollkommen. Damit wird OSTWALD nicht nur zum Träger einer Fortschrittsidee, sondern zum Visionär. Eine wissenschaftlich begründete und begründbare Philosophie konnte aus seiner Sicht nur „energetisch“ sein. Für die Aussagen, Forderungen und Aktivitäten zu gesellschaftspolitischen, wissenschaftstheoretischen, wissenschaftshistorischen und bildungstheoretischen Fragen bedurfte es deshalb für ihn keiner weiteren Legitimation, denn alle Vorschläge erschienen ihm bereits dann vernünftig, wenn sie dem „energetischen Imperativ“ folgten. Die später von Kritikern immer wieder als überaus heterogen empfundenen Vorschläge und Empfehlungen, Appelle und Vereinsaktivitäten stehen bei Wilhelm OSTWALD selbst in dem inneren Zusammenhang der Durchsetzung des „energetischen Imperativs“ auf allen Gebieten.

Zu den großen Visionen vieler Denker gehörten und gehören die über eine grundlegende Veränderung gesellschaftlicher Strukturen zu mehr sozialer Ge-

³ OSTWALD, W.: Die Energie. Leipzig : Barth, 1908, S. 5.

⁴ OSTWALD, W.: Der energetische Imperativ : Erste Reihe. Leipzig : Akad. Verlagsges., 1912, S. 27.

⁵ OSTWALD, W.: Vorlesungen über Naturphilosophie. Leipzig : Veit, 1902, S. 260.

⁶ Vgl. Fußnote 4, S. 346.

⁷ OSTWALD, W.: Die Forderung des Tages. 2., verb. Aufl. Leipzig : Akad. Verlagsges., 1911, S. 238.

⁸ NIEDERSEN, Uwe: Zur philosophisch-naturwissenschaftlichen Wertung der Energetik-Auffassung Wilhelm Ostwalds - unter Beachtung einiger Aspekte des Verhältnisses von Philosophie und Naturwissenschaften (Chemie) im 19. Jahrhundert. Berlin, Humboldt-Univ., Diss. B., 1983, S. 191.

rechtigkeit, Freiheit, andauerndem Fortschritt und die Herstellung einer zivilisierten Gesellschaft auf hohem kulturellen Niveau. Wilhelm OSTWALD formulierte in der Begrifflichkeit der Energetik ... *dass auch ... das Recht, die Staats- und Wirtschaftsordnung und sogar die Wissenschaft selbst ..., in ihrem Entstehen und in ihrer Durchführung den gleichen energetischen Gesetzen unterliegt, wie etwa die Konstruktion einer Eisenbrücke oder die Herstellung einer Dynamomaschine*⁹ und dass jedes Lebewesen ein „Energietransformator“ sei und deshalb in Konkurrenz zu anderen Lebewesen um die Nutzung der verfügbaren Energie kämpfe. Kultur, Wissenschaft und Politik müssten den „energetischen Prinzipien“ genügen, wenn sie den erstrebten Zweck erfüllen sollen. Der Mensch sei aber ... *nicht passiv dem Schicksal unterworfen, das ihm die Außenwelt bereitet, sondern kann diese selbst ändern, um ihr eine solche Gestalt zu geben, die ihm nach bester Einsicht die zweckmäßigste erscheint.*¹⁰ Nur der Mensch ist nach OSTWALDS Meinung zur körperexternen Energienutzung befähigt. Von diesem Standpunkt aus beurteilte Wilhelm OSTWALD soziale Erscheinungen und politische Ereignisse. In diesem Verständnis sind Krieg und Klassenkampf, Profitgier und imperiale Gelüste „Energieverschwendungen“. Unter dem Gesichtspunkt der Zweckmäßigkeit setzt sich der Gelehrte in vielfältiger Weise für die Erleichterung und Verbesserung des internationalen Austauschs ein, um Energievergeudung im wissenschaftlichen Bereich zu mindern.

Vor allem zwischen 1911 und 1913 hat OSTWALD in der von ihm gegründeten Vereinigung „Die Brücke“ versucht, einen Teil seiner Vorstellungen zu verwirklichen. Die bekanntesten dieser Aktivitäten sind die Bemühungen um ein internationales Informations- und Dokumentationssystem und die Erarbeitung der „Weltformate“, die später für die DIN-Normung die Vorlage bildeten. Wilhelm OSTWALD setzte sich darüber hinaus für die Gründung internationaler Wissenschaftlervereinigungen ein und arbeitete in ihnen aktiv mit. Größere Bedeutung erlangte auch sein Eintreten für die Einführung einer „Welthilfssprache“. Andere Vorschläge, wie die Einführung einer Weltwährung auf der Basis von einem Gramm Gold, eine Kalenderreform, in der die Tage von 1 bis 365 nummeriert werden sollten, eine Vereinfachung der deutschen Rechtschreibung, die Vereinheitlichung von Maßen und Gewichten und das dekadische Zahlenlesen wurden in der zeitgenössischen Publizistik oft als „Spinnereien“ abgetan, wenn auch ihr Initiator sie mit dem Zwang zur ... *Vereinheitlichung aller Kulturmitte...*¹¹ begründete. Allerdings stießen die in der „Brücke“ begonnenen Standardisierungen auf den Widerstand vieler Unternehmer, ähnlich wie es auch später mit OSTWALDS Normierung der Farben geschah. Dem Gelehrten wohlgesonnene Kollegen registrierten diese weit über sein Fachgebiet hinausgehenden Bestrebungen ebenfalls eher ablehnend. In einem Brief an Svante ARRHENIUS schreibt zum Beispiel G. KOHL-

⁹ Vgl. Fußnote 4, S. 120.

¹⁰ Vgl. Fußnote 7, S. 422.

¹¹ Vgl. Fußnote 4, S. 294.

RAUSCH bereits 1906: *Ostwald scheint mir durch sein Flattern auf den heterogensten Gebieten, die Kritik in gewagtem Maße herauszufordern; Sie sind nach ihrem Briefe ähnlicher Ansicht. Es wird ihm aber kaum zu helfen sein. Das vielseitige Interesse und der Unternehmungsgeist sowie das unleugbare Organisationstalent haben ihn über die natürlichen Grenzen eines Forschungs- etc. Gebietes längst hinausgeführt. Die Leichtigkeit im Schreiben befördert dies, und so ist er in eine Art von labilem Gleichgewicht geraten,...*¹² Der Verfasser weist hier auf einen sehr wesentlichen Charakterzug Wilhelm OSTWALDS hin, dem Bestreben, nach der von ihm selbst gesetzten Maxime des „energetischen Imperativs“ auch praktisch zu handeln. An den Kritiken ist Wilhelm OSTWALD nicht ganz schuldlos, weil er zum Teil die „Energetik“ überdehnt hat, aber Visionäre bewegen sich immer auch auf dem Boden von Annahmen, das kann man ihnen nicht vorwerfen.

Wilhelm OSTWALD ist aber nicht nur von der „Energetik“ überzeugt, sondern auch, und das dürfte für Visionen immer gelten, von seinen persönlichen Erfahrungen geprägt und vom Zeitgeist beeinflusst. Als kritische Einwendung aus dieser Sicht ist der Hinweis Max WEBERS zu verstehen: *Ostwald ist in seinen Informationsquellen sehr schlecht beraten gewesen und hat außerdem, durch Hineinmischung seiner praktischen Lieblingspostulate auf allen möglichen politischen (wirtschafts-, kriminal-, schulpolitischen usw.) Gebieten in die, bei rein wissenschaftlicher Fragestellung streng sachlich auf die kausale Tragweite der energetischen Beziehungen und die methodische Tragweite der energetischen Begriffe zu beschränkende Untersuchung, seiner eigenen Sache nur geschadet.*¹³

In der Endphase der wilhelminischen Ära hatten sich die Widersprüche zwischen einem als reaktionär empfundenen Bildungssystem und den Anforderungen der Industrialisierung erheblich verschärft. An der Leipziger Universität und nicht nur dort waren die Gegensätze zwischen einem konservativen Bildungsideal, das die Naturwissenschaften benachteiligte und die Ingenieurwissenschaften nicht einmal zur Kenntnis nahm, nicht zu übersehen. Dabei beschränkten sich die Kontrahenten keineswegs auf akademische Debatten. Auch Wilhelm OSTWALD nahm sowohl als Leiter eines großen Institutes in Leipzig als auch später mit zahlreichen Meinungsäußerungen an den zeitgenössischen politischen Diskussionen teil. Er sagte seine Meinung nicht nur zu Missständen in der Bildungspolitik seiner Zeit, später auch zur Organisation der wissenschaftlichen Arbeit, insbesondere an den akademischen Bildungseinrichtungen, sondern verband mit den zahlreichen Kritiken Vorschläge zur praktischen Veränderung. Vor diesem Hintergrund sind die Polemiken und Vorschläge Wilhelm OSTWALDS keineswegs Dokumente für eine Einzelposition, sondern Ausdruck der allgemeinen Stimmung unter den Naturwissenschaftlern.

¹² Brief von G. KOHLRAUSCH an S. ARRHENIUS vom 27.03.1906. Zitiert nach: RODNYJ, N. I. ; SOLOWJEW, J. I.: Wilhelm Ostwald. Leipzig : Teubner, 1977, S. 334.

¹³ WEBER, Max: „Energetische“ Kulturtheorien (1909). In: Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre. Tübingen, 1922, S. 376-402, hier S. 400f.

Erst mit der Vertiefung der philosophischen Studien, vor allem der Beschäftigung mit den Auffassungen von Auguste COMTE und des Positivismus nach der Jahrhundertwende, ordnete der Gelehrte zunehmend seine Bestrebungen in das energetische Weltbild ein. Wilhelm OSTWALD beschreitet den Weg, die vereinzelte Kritik an Erscheinungen in der monarchistisch-klerikalen Gesellschaft wie dem Festhalten an einem Bildungsideal, dass die industrielle Entwicklung und die mit ihr verbundene der Natur- und Ingenieurwissenschaften nur ungenügend berücksichtigte, systematisch zu verallgemeinern. Analytisch verfährt Wilhelm OSTWALD nach dem tradierten Muster der rationalen Analyse von Phänomenen, wobei ihm die „Energetik“ und der daraus abgeleitete „energetische Imperativ“ methodologisch als die fortgeschrittenste Form erscheinen. Es ist sicher müßig, darüber zu spekulieren, ob dies unter dem Einfluss positivistischer oder anderer Überzeugungen geschah.

Es sei aber nicht verschwiegen, dass Wilhelm OSTWALD unter dem Einfluss der politischen Manipulationen und eines antizaristischen zum Teil antirussischen Weltbildes, vor allem nach dem Ausbruch des I. Weltkrieges, auch Visionen publizierte, die sich einer positiven Wertung entziehen: *Denn nach dem bisherigen Verlauf des europäischen Krieges steht ein so überwältigender Sieg Deutschlands bevor, dass das Resultat künftiger Friedensverhandlungen nicht weniger sein kann, als ein Gesamteuropa unter deutscher Führung.*¹⁴

Als Vater, Hochschullehrer und Philosoph fühlte sich Wilhelm OSTWALD durchaus berufen, auf bildungspolitischem Gebiet zu publizieren, Kritik zu üben und sich zu engagieren. So konstatierte er, dass „Genie“ nicht erblich sei: *... Während also die Möglichkeit, dass einige oder mehrere starke Glieder in der Kette vorhanden sein mögen, sehr häufig ist, so ist der Fall, dass alle Glieder ohne Ausnahme stark sind, als höchst unwahrscheinlich und daher höchst selten zu bezeichnen.*¹⁵

Um den wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fortschritt zu gewährleisten, müssten begabte Menschen, unabhängig von ihrer sozialen Herkunft, entdeckt und gefördert werden. OSTWALD sah in der geistigen Frühreife, der Unzufriedenheit des Schülers mit dem Schulunterricht, der Einseitigkeit des Interesses, dem Studium von Büchern, der konzentrierten wissenschaftlichen Arbeit ohne „Karriererücksichten“, der Hinwendung zu älteren Freunden und einer gewissen Isolierung bei den Gleichaltrigen Hinweise auf ein mögliches „Genie“. Bereits 1977 konnte Peter LEWANDROWSKI im Anschluss an Grete OSTWALD für die bildungspolitischen Bemühungen Wilhelm OSTWALDS feststellen, dass alle Kennzeichen von begabten Schülern auf OSTWALD selbst zuträfen.¹⁶

¹⁴ OSTWALD, Wilhelm: Brief an Kapitänleutnant W. ZOBEL vom 28.08.1914, unveröff. (WOG Großbothen).

¹⁵ Ostwald, Wilhelm: Große Männer. 2. Aufl. Leipzig : Akad. Verlagsges., 1910, S. 326.

¹⁶ Vgl. DOMSCHKE, J.-P. ; LEWANDROWSKI, P.: Wilhelm Ostwald : Leben, Wirken und Gesellschaftsauffassungen. Leipzig, Karl-Marx-Univ., Diss. A, 1977, S. 240.

In der Ausbildung an den Hohen Schulen sollte nach OSTWALDs Wunsch vor allem das „... Glück erfolgreichen Denkens...“¹⁷ im Mittelpunkt stehen. Er wandte sich gegen die „...Freiheit zum Bummeln und Randalieren...“¹⁸ und sah in der Duldung und Förderung der „studentischen Freiheit“ den Versuch, die Studenten von den politischen Tagesfragen abzuhalten und sie als „politische Säuglinge“¹⁹ zu entlassen.

Den Zusammenhang von Lebensalter und Produktivität beschrieb Wilhelm OSTWALD mit dem Begriff „Lebenspotential“.²⁰ Jede große wissenschaftliche Leistung verursache einen tiefgreifenden Abbau dieses „Lebenspotentials“ des Wissenschaftlers. OSTWALD empfahl deshalb dem älteren Wissenschaftler einen Wechsel des Arbeitsgebietes: *Neben der großen Heerstraße der Wissenschaft gibt es friedliche Gärten, in welche der Lärm des Marktes nicht dringt. Dort lassen sich noch mancherlei Blumen pflegen, die er früher wohl gesehen, aber im Drange des Augenblicks nicht pflücken durfte.*²¹ Praktisch käme die Verwirklichung dieser Idee in juristischer Form einer völlig veränderten Berufungs- und Hochschulpolitik gleich, ganz zu schweigen von den Regelungen im sozialen Bereich.

Dem Grundsatz folgend, dass die „Bewirtschaftung des Genies“ für die wissenschaftliche Effektivität von außerordentlicher Bedeutung sei, schlägt Wilhelm OSTWALD auch eine Typisierung der Wissenschaftler vor. 1905 formuliert er zum erstenmal den Gedanken, *...dass die großen Forscher psychologisch in zwei große, stark gegensätzliche Klassen zerfallen, die langsamen, tiefgründigen sparsam hervorbringenden Klassiker und die geschwinden, glänzenden reichlichst hervorbringenden Romantiker.*²²

Der „Klassiker“ lege großen Wert auf eine weitgehende Vollendung seines wissenschaftlichen Werkes, an dem er häufig Verbesserungen und Überarbeitungen vornehme. Das Ergebnis sind Leistungen, „...an denen es nichts mehr zu berichtigen gibt.“²³ Allerdings seien seine Publikationen von „...wenig zugänglicher Beschaffenheit.“²⁴ Für die Lehrtätigkeit ist der „Klassiker“ nach OSTWALDs Überzeugung wenig geeignet, seine Vorlesungen seien langweilig und oft unverständlich. Die Ursache dafür liege in der *... Notwendigkeit, ...wissenschaftliche Resultate aussprechen zu müssen, ohne vorher auf das kleinste den Wortlaut festgestellt und ausgefeilt zu haben. Ohne diese Bearbeitung seine Ergebnisse anderen mitzuteilen, mag in ihm ein Gefühl erregt haben, als wolle er sich Fremden im Nachtgewande zeigen.*²⁵ Der „Romantiker“ hingegen sei in der Lage „...den Schülerkreis zu fes-

¹⁷ Vgl. Fußnote 4, Energetischer Imperativ, S. 440.

¹⁸ Ebenda, S. 438.

¹⁹ Vgl. OSTWALD, W.: Universitätsfragen. In: Frankfurter Zeitung. (1907) vom 09.08.

²⁰ Vgl. Fußnote 4, Der energetische Imperativ, S. 430.

²¹ OSTWALD, W.: Erfinder und Entdecker. Frankfurt/M. : Rütten & Loening, 1908, S. 98f.

²² OSTWALD, W.: Lebenslinien : eine Selbstbiographie. Bd. 3. Berlin : Klasing, 1927, S. 115.

²³ Vgl. Fußnote 15, Große Männer, S. 386.

²⁴ Vgl. Fußnote 7, Die Forderung des Tages, S. 293.

²⁵ Vgl. Fußnote 15, Große Männer, S. 380.

seln und zu vergrößern.“²⁶ Seine Eigenschaften verliehen ihm eine „katalytische Wirksamkeit“. Nur der „Romantiker“ kann nach OSTWALDs Überzeugung eine „wissenschaftliche Schule“ begründen und aufrechterhalten. Diese Überlegungen sind später in vielfältiger Weise in die wissenschaftstheoretischen Konzeptionen eingeflossen, dass aber nach solchen Gesichtspunkten Berufungsverhandlungen geführt worden wären, ist wohl eher selten.

Eine bedeutsame Funktion in OSTWALDs Wissenschaftskonzept besitzt der Wissenschaftsorganisator, weil die zunehmende „Funktionsteilung“ in der Wissenschaft einer Organisation bedürfe, um „schwere Energievergeudungen“ zu vermeiden: *Er versteht die zu einer gegebenen Zeit verfügbaren freien Energien so zu verbinden und zu lenken, dass sie für das schöpferische Neue betätigt werden, dessen Bedeutung er erkannt hat und dessen Wirksamwerden er anstrebt.* Der Wissenschaftsorganisator wird als die „...charakteristische Persönlichkeit unseres Jahrhunderts...“²⁷ bezeichnet.

Es dürfte durchaus von wissenschaftlichem Interesse sein, soziale und politische Fragen der Gegenwart unter dem Blickwinkel der Vorschläge von Wilhelm OSTWALD zu betrachten. Eine wissenschaftliche Analyse der globalen Energieprobleme und die Funktionsdefizite des Gemeinwesens auf ökonomischem, sozialem und politischem Gebiet sollte an der „sozialen Energetik“ nicht achtlos vorbeigehen, denn ein oft als „Fortschritt“ interpretiertes ökonomisches Wachstum verursacht zunehmend ökologische Katastrophen. Aus dieser Sicht muss darüber diskutiert werden, ob zu den vorhandenen Regulationsmechanismen neue und andere praktiziert werden müssten. Die Veränderungen im wissenschaftlich-technischen Bereich sollten deshalb nicht nur reaktiv interpretiert, sondern aktiv prognostiziert werden.

Aus den vorhandenen Problemen ergeben sich für die Politik neue Aufgaben- und Zielstellungen. Die Realität gebietet sowohl die Durchsetzung neuer Regelungen, die zumindest im Ansatz auf eine Lösung der dringlichsten Probleme ausgerichtet sein müssen. Andererseits ist ein solches Handeln nur unter der Voraussetzung durchführbar, dass eine gesellschaftliche Strategie, auch mit visionären Zügen, konsensstiftend wirkt. Politik steht immer in der Gefahr, zum Handlanger ökonomisch mächtiger Konzerngruppen zu werden oder populistisch zu verfahren.

Die bisherigen Darstellungen sind der Versuch, aus einem Erbe diejenigen Fragestellungen und Vorschläge herauszustellen, die einerseits visionären Charakter tragen, andererseits aber allzu oft als Unsinn abgetan worden sind. In Visionen realisiert sich in hohem Maße auch Denkfreiheit, der allerdings die Möglichkeit innewohnt, scheinbar Unsinniges zu schaffen. Ob das Gedachte aber zu den unsinnigen oder zu den die Realität vorwegnehmenden Ideen gehört, entscheidet sich nicht selten erst nach vielen Jahren. Voreilige Zuweisungen verbieten sich damit

²⁶ Vgl. Fußnote 7, Die Forderung des Tages, S. 295f.

²⁷ Vgl. Fußnote 4, Der energetische Imperativ, S. 181.

von selbst. Es klingt zwar ein wenig ironisch, wenn ein Kommentator 1913 schreibt: *Wilhelm OSTWALD – das ist der von uns heutigen, der so weit an der Spitze der Gegenwart marschiert, dass er schon in der Zukunft steht,*²⁸ dennoch hat er nicht unrecht.

Andererseits verbirgt sich zum Beispiel hinter der zitierten Aussage Max WEBERS nicht nur eine freundliche Ermahnung an den geschätzten Chemiker Wilhelm OSTWALD, sondern das Gegenstück zur kritisierten Einseitigkeit bei Wilhelm OSTWALD. WEBER bestreitet ganz grundsätzlich den Wert naturwissenschaftlicher Aussagen für soziologische oder ökonomische Theorien. Aus seiner Sicht muß in der ökonomischen Wissenschaft das Studium der Preise und der Kostenrelationen betrieben werden, die „Energie“ sei irrelevant.

In letzter Instanz entpuppen sich derartige Abweisungen als „Totschlagargumente“, die nur durch interdisziplinäre Modelle der Interaktion von Gesellschaft und Natur aufgehoben werden können. Derartige Modelle, zum Beispiel die „Soziale Energetik“, können unter bestimmten Bedingungen durchaus zur Erklärung gesellschaftlicher Zusammenhänge und zur Ausarbeitung von Strategien etwas leisten. Voraussetzung für eine fruchtbare Interdisziplinarität ist allerdings die Anerkennung der Tatsache, dass zwischen natürlichen und gesellschaftlichen Prozessen eine Wechselwirkung besteht, und dass natürliche Faktoren als Einflussgrößen der Entwicklung von Gesellschaften nicht ausgeschlossen werden können.

²⁸ WEIBE, K.: Wilhelm Ostwald. In: Berliner Börsen-Courier. (1913) vom 02.10.

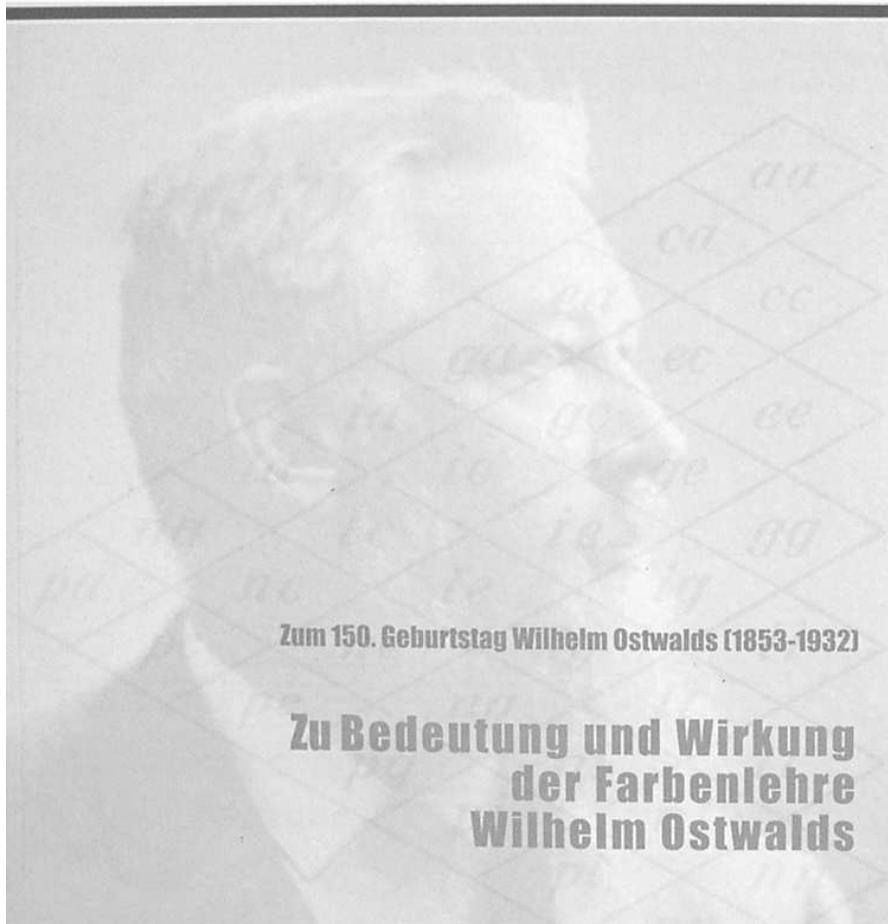
Phänomen Farbe

Phänomenon Colour-
www.colour-europe.de

23. Jahrgang
September 2003

Dokumentation

Magazin für die Farbe



Zum 150. Geburtstag Wilhelm Ostwalds (1853-1932)

**Zu Bedeutung und Wirkung
der Farbenlehre
Wilhelm Ostwalds**

Sonderheft zum 150. Geburtstag von Wilhelm Ostwald

Dokumentation neuer wissenschaftlicher Beiträge zur Farbenlehre, Sept. 2003

Herausgeber: Dresdner Farbenforum // Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft // Verlag Phänomen Farbe

Umfang: 64 Seiten mit zahlreichen farbigen Abbildungen u. Literaturhinweisen

Schutzgebühr: 20 Euro (zuzüglich 7% MwSt. u. Versandkosten)

Aus dem Inhalt

„Grundsätzliches zur messenden Farbenlehre“

- Ein neuer Blick auf Ostwalds Verfahren der Farbmessung.

Vor- und Nachgeschichte von Ostwalds Farbsystem.

Die Entwicklung von ästhetischen Farbsystemen zum physiologischen.

Zur Anwendung der Ostwaldschen Farbenlehre
in der Textilindustrie.

Systematik der Farben – Kunst der Farbe.

Zu einem problematischen Verhältnis.

Kunst als Ingenieurwissenschaft?

Der technische Ansatz von Wilhelm Ostwalds Farbenlehre.

Grete Ostwald und Hans Hinterreiter.

Zur Ausstellung auf Ostwalds Landsitz in Großbothen

Resonanzen – Farbe als System.

Zur Ausstellung in der Rathausgalerie Grimma

Sammel- oder Einzelbestellungen an:

Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V.

Grimmaer Str. 25, D-04668 Großbothen

Tel.: +49 (0)34384 71283

Fax: +49 (0)34384 72691

E-Mail: ostwald.energie@t-online.de

Wilhelm Ostwald

Lebenslinien - Eine Selbstbiographie

**Nach der Ausgabe von 1926/27
überarbeitet und kommentiert von Karl Hansel**



(= Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Band 61)

S. Hirzel Verlag, Stuttgart/Leipzig 2003
XII + 626 Seiten, 48 Abbildungen, 21,0 x 29,7 cm, Festeinband 104,- €, ISBN 3-7776-1276-6

Wilhelm Ostwalds Autobiographie »Lebenslinien«, erschienen 1926/27 in drei Bänden im Verlag Velhagen und Klasing, ist heute nur in wenigen Bibliotheken komplett erhalten. Im Jahr 2003, zum 150sten Geburtstag des 1932 verstorbenen Nobelpreisträgers für Chemie (1909), veranstaltet die Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig diese kommentierte Neuauflage, unter Verwendung der von Ostwald noch selbst vorgenommenen Korrekturen.

Ostwalds Arbeiten haben außer in der Chemie auch in vielen anderen Wissenschaftszweigen Spuren hinterlassen. Darüber hinaus malte er und entwickelte eine eigene Theorie über die Schönheit. Diese Vielseitigkeit hatte dabei durchaus ihren Preis, wie sich an den vielfältigen Etiketten ablesen läßt, die Mitstreiter und Gegner mit seinem Namen verbanden: »Vater der physikalischen Chemie«, »roter Geheimrat«, »Zerstörer der Farbenschuld«, »führender Farbionier Europas«, »energetischer Idealist

und Wirrkopf«, »Monistenpapst«, »Metaphilosoph der zweiten industriellen Revolution«, »Wiederbegründer der Naturphilosophie«, um nur einige zu nennen. Ostwald hat das nicht beeinflusst.

»Es gibt nichts Sinnloseres und Ermüdenderes als die Betrachtung von Dingen, an die man keine Fragen zu stellen hat«, war einer seiner Grundsätze.

Wie Ostwald sich selbst sah und welche Ziele er verfolgte, wird am deutlichsten in seiner Selbstbiografie »Lebenslinien«. Sie enthält neben der Selbstdarstellung umfangreiches Material zur Wissenschaft und zur deutschen und internationalen Kultur sowie zu deren Repräsentanten an der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert und ist damit für wissenschafts- und kulturgeschichtlich Interessierte ein inhaltsreicher Lesestoff

Bestellungen sind über den Buchhandel und beim Verlag möglich:

S. Hirzel Verlag Stuttgart/Leipzig, Birkenwaldstr. 44, D-70191 Stuttgart,
Tel.: 0711 2582350, Fax: 0711 2582290, service@hirzel.de www.hirzel.de

Autoren folgender Verlage erhalten bei Direktbestellung 25 % Rabatt:
Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Deutscher Apotheker Verlag,
S. Hirzel Verlag Stuttgart/Leipzig, Franz Steiner Verlag Stuttgart, medpharm
Scientific Publishers

Bisher erschienen in den **MITTEILUNGEN** der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V. folgende Sonderhefte:

- Sonderheft 1 Ernst Beckmann und Wilhelm Ostwald in ihren Briefen**
Sonderheft 2 Max Le Blanc und Wilhelm Ostwald in ihren Briefen
Sonderheft 3 Theodor Paul und Wilhelm Ostwald in ihren Briefen
Sonderheft 4 Georg Bredig und Wilhelm Ostwald in ihren Briefen
Sonderheft 5 Robert Luther und Wilhelm Ostwald in ihren Briefen
Sonderheft 6 Aus dem Briefwechsel Wilhelm Ostwalds zur Einführung einer Weltsprache
Sonderheft 7 Wilhelm Ostwald - Bibliographie zur Farbenlehre
Sonderheft 8 Die Farbenlehre Wilhelm Ostwald - Der Farbenatlas
Sonderheft 9 Carl Schmidt und Wilhelm Ostwald in ihren Briefen
Sonderheft 10 Wilhelm Ostwald - Eine Kurzbiografie
Sonderheft 11 William Ramsay und Wilhelm Ostwald in ihren Briefen
Sonderheft 12 Die Ostwaldsche Farbenlehre und ihr Nutzen
**Sonderheft 13 Die Philosophie der Farben
Briefunterricht zur Farben- und Formenlehre**
Sonderheft 14 Wilhelm Ostwald Gesamtschriftenverzeichnis
Sonderheft 15 Svante Arrhenius und Wilhelm Ostwald in ihren Briefen
Sonderheft 16 Wilhelm Ostwald Gesamtschriftenverzeichnis Band 2
Sonderheft 17 Wilhelm Ostwald – Ein Lesebuch

Heft 1-5, 7-10, 12 und 13 je EUR 5,-

Heft 6, 11 und 15 je EUR 11,-

Heft 14 EUR 20,-

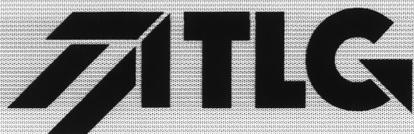
Heft 16 EUR 30,-

Heft 17 EUR 10,-

Dieser Betrag trägt den Charakter einer Spende

**Für weitere Informationen besuchen Sie bitte unsere Internet-Seite
<http://www.wilhelm-ostwald.de>**

Sie suchen einen Gewerbestandort in Grimma oder Wurzen ?



TLG Gewerbepark Grimma GmbH
Bahnhofstraße 5, 04668 Grimma
Tel.: 03437/97 33 23, Fax 97 20 24
Internet: www.ggi-gewerbepark.de

Wir bieten Ihnen Flächen für:

- Produktion
- Handwerk
- Handel
- Büro
- Lager
- GGI Muldenhalle
- Sport
- Freizeit
- Gastronomie
- GGI Festplatz
- Wohnungen:
Gabelsbergerstr. 5
Grimma

Unser Geschäftsführer
Herr Letzner
steht Ihnen für Ihre Anfragen
gern zur Verfügung

Sport-, Freizeit- und Kulturveranstaltungen bis zu 1400 Besucherplätze
Tel. 0 34 37 / 97 20 00, Fax 0 34 37 / 97 33 33



Großbothen/Sachsen des sächsischen Nobelpreisträgers Wilhelm Ostwald - seit 90 Jahren ein Ort kreativen Arbeitens

- Sie finden beste Arbeitsbedingungen für:
- Seminare
 - Tagungen
 - Klausurtagungen
 - Trainings
 - Workshops
 - Studienaufenthalte

Die beiden Tagungshäuser liegen in einem weitläufigen, abwechslungsreichen Park und zeichnen sich durch persönliche Atmosphäre, unaufdringlichen Komfort und ein historisches Ambiente aus.

Unsere Gäste schätzen diese Abgeschiedenheit für ungestörtes Arbeiten und kommen gern wieder.

Bei Bedarf können Gästezimmer im Ort vermittelt werden.

Wir empfehlen Ihnen auch einen Besuch der musealen Räume im
Haus „Energie“

Rufen Sie an: Dr. Hansel, Tel.: 034384/7 12 83

e-Mail-Adresse: ostwald.energie@t-online.de

Internet-Adresse: <http://www.wilhelm-ostwald.de>

Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen, Grimmaer Str. 25, 04668 Großbothen