

VDW-Materialien 1

Vereinigung Deutscher Wissenschaftler 2002

Rainer Hohlfeld (Hrsg.)

Leitbilder und Wege von Pflanzenzucht und Landbau in der modernen Industriegesellschaft

Bericht der Studiengruppe
Moderne Pflanzenzüchtung und Gesellschaft
an die Vereinigung Deutscher Wissenschaftler (VDW)

Dr. Rainer Hohlfeld ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter
der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (BBAW)

Die **Vereinigung Deutscher Wissenschaftler e.V. (VDW)** ist eine unabhängige, überparteiliche und nicht konfessionell oder weltanschaulich gebundene gemeinnützige Organisation von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus allen Tätigkeitsbereichen von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik und finanziert sich aus Stiftungs- und Forschungsfördermitteln sowie aus Mitgliederbeiträgen. Sie wurde 1959 von einer Gruppe prominenter Atomwissenschaftler gegründet, unter ihnen Max Born, Otto Hahn, Werner Heisenberg und Carl Friedrich v. Weizsäcker. Die Gründung geht zurück auf die "**Göttinger Erklärung**" von 1957 gegen die Atomwaffenpläne der Adenauerregierung. "Göttinger Erklärung" und Gründung der VDW waren beide Ausdruck eines neuen Verantwortungsbewußtseins der Naturwissenschaftler nach dem Abwurf der Atombomben auf Hiroshima und Nagasaki.

Z. Zt. sind in der VDW etwa 400 Wissenschaftler aller Disziplinen mit dem Anliegen versammelt, über die möglichen sozialen, ökologischen, ökonomischen, politischen oder militärischen Implikationen und Mißbrauchsmöglichkeiten von Entwicklungen in Wissenschaft und Forschung zu reflektieren und zu informieren.

Die VDW bildet die deutsche Sektion der 1995 mit dem Friedensnobelpreis ausgezeichneten **Pugwash Conferences on Science and World Affairs**, in deren Rahmen Wissenschaftler bedeutsame Beiträge zur internationalen Sicherheit und Abrüstung geleistet haben.

Die VDW stellt mit ihrer Reihe **VDW-Materialien** ein Diskussionsforum für Fragen im Rahmen ihrer Aufgabenstellung zur Verfügung. Für die Beiträge verantwortlich sind die namentlich zeichnenden AutorInnen und HerausgeberInnen.

Sie können die **VDW-Materialien** bestellen bei: **info@vdw-ev.de** sowie per Fax unter der Nummer **030-80 30 88 88**.

Herausgeber: Vereinigung Deutscher Wissenschaftler e.V. (VDW)

© 2002 Geschäftsstelle der Vereinigung Deutscher Wissenschaftler, Schopenhauerstr. 26, 14129 Berlin

Printed in Germany. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen, der photomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten.

INHALT

Rainer Hohlfeld

Vorwort: Ein noch immer aktuelles Dialog-Experiment der VDW S.4

1. *Rainer Hohlfeld*

Einleitung: das VDW-Dialogprojekt „Moderne Pflanzenzüchtung und Gesellschaft“ S.7

2. *Hans-Peter Dürr*

Das Netz des Physikers: Reflexionen eines Quantenphysikers über die Grenzen naturwissenschaftlicher Objektivität S.17

3. **Pflanzenzüchtung, -bau und -forschung: der historische Weg im kulturellen und landwirtschaftlichen Kontext**

Patricia Nevers

Leitbilder der Pflanzenzüchtung im 19. Jahrhundert S.31

Gerhard Fischbeck

Wege der Pflanzenzüchtung im 20. Jahrhundert S.42

Peter Hanelt

Notizen zur Ethnobotanik S.50

4. Alternativen in Pflanzenforschung und Landwirtschaft

Stephan Albrecht

TA zur Pflanzenzüchtung als Instrument des Pfadvergleichs **S.51**

Rainer Hohlfeld

Konkurrierende Koalitionen und Leitbilder in Pflanzenzüchtung und Landwirtschaft **S.62**

Volker Beusmann

Agrarpolitische Rahmenbedingungen und landwirtschaftliche Leitbilder **S.74**

5. Die neue Orientierung: Wege zur Nachhaltigkeit in Pflanzenzüchtung und -biotechnologie

Florianne Köchlin/Beatrix Tappeser

Das Konzept der Nachhaltigkeit **S.92**

Klaus Müntz

Der „Gaterslebener Weg“ **S.107**

Frauke Spanakakais/Ulrike Gaycken

Mittelständische Pflanzenzüchtung	S.121
 <i>Ulrike Gaycken</i> Wege zur Resistenz - ein Nachwort	 S.128
 6. <i>Hans-Jürgen Fischbeck</i>	
 Haltungen im Umgang mit der Natur	 S.131
 7. <i>Marion Dreyer/Bernhard Gill</i>	
 Die Vermarktung transgener Lebensmittel in der EU - Die Wiederkehr der Politik aufgrund regulativer und ökonomischer Blockaden	 S.142
 Anhang: Materialien aus der Gruppe	 S.157
 <i>Hartmut Bossel</i> Auszüge aus der Bossel Studie (Agrarpolitische Pfade)	 S.157
 <i>Jochen Kopfmüller</i> Nachhaltigkeit. Ungelöste Probleme der Sustainability-Idee	 S.170
 <i>Stephan Albrecht</i> Ökologie transgener Nutzpflanzen	 S.179
 <i>Petran Kockelkoren</i> Von pflanzlichem zu pflanzenwürdigem Leben	 S.187
 Mitglieder der Studiengruppe	 S.205

Autoren

S.205

Vorwort: Ein noch immer aktuelles Dialog-Experiment der VDW

Vor sechs Jahren richtete der Vorstand der Vereinigung Deutscher Wissenschaftler (VDW) eine Studiengruppe zu umstrittenen Fragen der Gentechnologie ein, die in ihrem Verfahren und in ihrer Zusammensetzung einen Ausweg aus der zu dieser Zeit festgefahrenen gentechnischen Risikodiskussion suchen sollte. Dies geschah in einer Situation, in der der Versuch, in der „grünen Gentechnik“¹ am Beispiel des Streites über die Folgen einer Herbizidtoleranz von Nutzpflanzen einen „partizipativen“ Dialog zu inszenieren, kürzlich gescheitert war. Die Gentechnikkritiker waren aus dem Dialogverfahren ausgestiegen, weil sie an der Kozeption und der Definition der Fragestellungen nicht beteiligt waren (vgl. R. Hohlfeld in diesem Bericht S.7/8). Die VDW-Unternehmung war getragen von dem Bemühen die „gleiche Augenhöhe“ beim Vertreten aller Standpunkte in der Kontroverse von Anfang an sicherzustellen.

Die Mitglieder der Studiengruppe kamen aus fast allen an der Debatte um die grüne Gentechnik beteiligten Sektoren wie mit und ohne Gentechnik praktizierende Pflanzenzüchtung, sozialwissenschaftliche Technik- und Wissenschaftsforschung, Agrarökonomie, Physik, Biologie und Ökologie (s. Anhang: Mitglieder der Studiengruppe) und repräsentierten ein weites Spektrum von Standpunkten in der Kontroverse um die grüne Gentechnik.

Die Gruppe traf sich in den Jahren 1995-1998 zu insgesamt acht Fachgesprächen in der evangelischen Akademie Mülheim, die diese VDW-Unternehmung von Anfang an unterstützte und auch eine Fachtagung zum Thema ausrichtete. Ich selbst wurde um die Koordination und Moderation der Studiengruppenarbeit gebeten und übernahm diese Aufgabe.²

In den Fachgesprächen sollten die Mitglieder der Studiengruppe ihre unterschiedlichen Zugangsweisen und grundlegenden Philosophien, Forschungsstrategien und Leitbilder vorstellen, mit dem Ziel, in einen fairen Dialog über die Kontroversen einzutreten, Vertrauen zu den jeweils anders Denkenden aufzubauen, Korridore für Verständigungen zu suchen,

¹ Dieser Begriff hat sich für den Sektor der gentechnikgestützten Pflanzenzüchtung und –Konstruktion eingebürgert

² eine Aufgabe, die in gengwärtig ablaufenden Dialogprozessen von professionellen Moderatoren übernommen wird und die wohl *eine* allein nebenamtlich tätige Person überfordert.

das Aufeinanderprallen verschiedener Gesprächskulturen zu ertragen und einen anderen Umgang als den des alten Schlagabtausches zwischen Pro und Contra einzuüben und zu erproben.

Dieser Prozeß der Moderation war für mich ein ehren- und nebenamtliches Unternehmen, den ich aus beruflichen Gründen immer wieder unterbrechen mußte und der daher diskontinuierlich verlief, was den Dialogprozeß sicherlich erschwerte, da der einmal gefundenen Gesprächsfaden immer wieder neu geknüpft werden mußte.

Verglichen mit den Ergebnisberichten moderierter Dialogverfahren, in denen generell verschiedene Phasen des Verständigungsprozesses unterschieden werden, bewegten wir uns in der Gruppe sicherlich in der Phase, die gekennzeichnet ist durch den Aufbau von Vertrauen: des Vertrautwerdens mit anderen Einstellungsmustern und Denkweisen und durch das Lernen, sich aufeinander zuzuschreiben, präventive die Anderen wahrnehmende und überzeugende Argumente in die eigenen Beiträge einzubauen.

Letzlich führte die Arbeit nicht zu einem „reifen“ publikationsfähigen Ergebnis; sie liegt Jahre zurück, blieb liegen und die Zwischenergebnisse in Form von einzelnen Beiträgen von Studiengruppenmitglieder oder eingeladenen Gästen waren scheinbar nicht mehr aktuell oder wurden anderweitig publiziert, auch wenn sie im Kontext der Studiengruppenarbeit entstanden sind und konzipiert wurden.³ Doch die technikpolitische Entwicklung und eine politische Weichenstellung dieses Jahres haben mich als Koordinator des Gruppenprozesses und den VDW-Vorstand bewogen, die Ergebnisse der Gruppenarbeit einer breiteren Öffentlichkeit in Form einer Materialsammlung oder eines „Readers“ zugänglich zu machen.

Diese Weichenstellung war die agrarpolitische Wende, die die Bundesregierung eingeleitet hat und bisher ernst zu nehmen scheint⁴ (jedenfalls in der Koalition mit den GRÜNEN). Viele der in der gegenwärtigen Debatte über die „richtige“ zukünftige Agrarpolitik ausgesprochenen oder nicht ausgesprochenen Argumente haben in unseren Gruppendiskussionen eine prominente Rolle gespielt, sind in den einzelnen Beiträgen niedergelegt und könnten die öffentliche Debatte durchaus mitprofilieren, so z.B. mit der Idee der verschiedenen konkurrierenden Pfade, Koalitionen oder Alternativen für eine zukünftige Wege in der Politik, die nicht auf ein reines Pro-Contra-Schema: gentechnisch unterstützte Intensivlandwirtschaft versus ökologischer (biodynamischer) Landbau gebracht werden können.

³ Die Erstpublikation ist bei den in Frage kommenden Beiträgen dieses Bandes angeführt.

⁴ Auch wenn sie dafür wegen ihrer „Blockadepolitik“ gegenüber neuen Produktentwicklungen von der Biotechnologiebranche gescholten wird, (vgl. Biotech-Branche: Berlin betreibt „Blockadepolitik“, Berliner Zeitung, 24. August 2001) und die Bundesregierung wieder auf die Branche zuzugehen scheint (Künast wird Gespräche über Gen-Mais wieder aufnehmen, Berliner Zeitung, 31. August 2001, S.5)

Hinsichtlich der technologiepolitischen Entwicklung ist es die Forderung nach Partizipation der „Öffentlichkeit“ in der wissenschaftspolitischen Debatte. In den gegenwärtigen politischen Diskussionen über die Isolierung und Züchtung von humanen Stammzellen aus menschlichen Embryonen sowie über die Menschengründung, die ja durch einige grundlegende politische und moralische Dissense gekennzeichnet sind, werden die Stimmen immer lauter, die betonen, daß so grundsätzliche Fragen wie das Verhältnis von Menschenwürde und Forschungsfreiheit in einer demokratischen Gesellschaft Angelegenheit aller sind, die von allen gebilligt werden müssen.⁵ Dazu aber müssen verständigungsorientierte, teilnehmende („partizipative“) Formen des „Palavers“ aller VertreterInnen unterschiedlicher Auffassungen mit allen erprobt und gefunden werden. Solche Versuche werden auch mit dem politisch-symbolischen Begriff „Runder Tisch“ belegt, eine Bezeichnung, die sich nach 1990 seit dem ersten Versuch in der DDR, einen partizipativen demokratischen Prozeß der politischen Entscheidungsfindung nach dem Zusammenbruch des „demokratischen Zentralismus“ zu praktizieren, eingebürgert hat.⁶

Die bisherigen Versuche von „Runden Tischen“, „Bürgerdialogen“ oder „Konsensuskonferenzen“ jedenfalls, so zeigen die Bilanzen, sind in diesen mühsamen Prozessen jedoch nicht viel weiter gekommen, als über ihre Prozeduren zu berichten und zu hoffen, daß diese weitere Versuche anstoßen, Lernprozesse auslösen und daß sich längerfristig durch solche Diskurse das „technologiepolitische Klima verbessern könnte“, wie es in einer Zwischenbilanz zu den bisher stattgefundenen Veranstaltungen heißt.⁷

Um einem Mißverständnis vorzubeugen: Ein Runder Tisch kann keine politischen Konflikte lösen, die immer mit Herrschafts- und Machtfragen verknüpft sind. Er stellt keine Substitution des politischen Verfahrens dar, sondern kann im besten Falle mit dem Modell einer anderen Diskurskultur die Suche nach einer möglichen Konfliktlösung erleichtern.

Einen Runden Tisch im Kleinen haben wir in unserer Gruppe versucht.

Wir haben also im gegenwärtigen politischen Kontext – so meine Einschätzung - durchaus noch eine Botschaft: So in etwa könnten erste Schritte und Strukturen einer partizipativen Verständigungsprozedur bei einem Pluralismus der Ausgangsstandpunkte in wissenschafts- und technologiepolitischen Kontroversen aussehen. Die generellen Argumente der Beiträge und die Struktur der Debatte sind weiterhin nicht überholt, sondern in ihren Grundaussagen gültig und aktuell.

⁵ vgl. D. Simon 2001

⁶ vgl. Uwe Thaysen(Hrsg.), Der zentrale Runde Tisch der DDR, Wortprotokoll und Dokumente, Wiesbaden 2000, Band I: Aufbruch

⁷ S. Joss , Konsensus-Konferenz, 1998

Ich widme diesn Bericht meinem Freund Jost Herbig, dem ich in Sachen kritischer Berichterstattung über die Gentechnologie viel zu verdanken habe und auf dessen Initiative die erste VDW-Studiengruppe zur Biotechnologie ins Leben gerufen wurde. Er ist leider im Jahre 1994 viel zu früh und viel zu jung verstorben.

Literatur

Biotech-Branche: Berlin betreibt „Blockadepolitik“, Berliner Zeitung, 24. August 2001, S. 4

S. Joss, Die Konsensus-Konferenz in Theorie und Anwendung, Centre for the Study of Democracy, London, 1998

Künast wird Gespräche über Gen-Mais wieder aufnehmen, Berliner Zeitung , 31. August 2001, S.5

D. Simon, Ms. Berlin 20001, Berlin Brandenburgische Akademie der Wissenschaften

Uwe Thaysen (Hrsg.), Der zentrale Runde Tisch der DDR, Wortprotokoll und Dokumente, Wiesbaden 2000, Band I: Aufbruch

Rainer Hohlfeld

Einleitung: das VDW-Dialogprojekt „Moderne Pflanzenzüchtung und Gesellschaft“

- **Motive und Ziele der Gruppe, mit einem Dialog zu diesem Thema zu experimentieren sowie eine Übersicht über die Beiträge zu diesem Bericht -**

1. Politischer Ausgangspunkt

Neue biologische Theorien und Methoden wie Molekulargenetik und Gentechnologie modernisieren die Biotechnologie der Tier- und Pflanzenproduktion, die Herstellung von Medikamenten und die Diagnostik und Therapie von Erbkrankheiten.

Nach der vorherrschenden Meinung der Zunft der Molekularbiologen ist das Bekenntnis zur Gentechnologie gleichbedeutend mit dem Bekenntnis zu wissenschaftlicher Rationalität, technologischem Fortschritt und Sicherung des Wirtschaftsstandortes Deutschland. Dementsprechend gilt jeder Zweifel, jede Skepsis, jede Kritik am gentechnischen Fortschritt als Ausdruck von Desinformiertheit, Irrationalismus und Fanatismus. Es gibt nur noch - so scheint es - die polarisierten Lager der Betreiber und „Akteure“ einerseits, der Kritiker oder „Gegenakteure“ andererseits, die sich auf einen festgefahrenen Schlagabtausch und Grabenkampf eingerichtet haben.⁸

Auch in den bisherigen Diskursverfahren zur Überwindung dieser Polarisierung ist es bisher nicht gelungen, einen Weg aus der Sackgasse zu finden.⁹ Das kann vor allen Dingen auf zwei Gründe zurückgeführt werden:

Zum *ersten* sind nach wie vor die meisten Verfahren (gen)technikinduziert, d. h. sie schauen nur auf die Risiken und Folgen der herrschenden Entwicklung in Biotechnologie und Biomedizin. Sie betrachten letztere als „Sachzwang“, ohne die mit dieser Entwicklung

⁸ Ein Beispiel für die Polarisierung der Diskussion, ja sogar für eine gewisse Verweigerung eines Diskurses über die gesellschaftlichen und ökologischen Auswirkungen von Gentechnologie und molekularer Medizin war die Denkschrift der Deutschen Forschungsgemeinschaft 1996. Stil und Semantik der Denkschrift ließen an keiner Stelle die Bereitschaft erkennen, die öffentliche Diskussion aufzunehmen und an den erreichten Diskussionsstand anzuschließen.

⁹ Vgl. M. Behrens, S.Meyer-Stumborg, G. Simonis, 1997.

verbundenen forschungspolitischen Vorentscheidungen zuungunsten anderer Entwicklungsmöglichkeiten oder „Alternativen“ zu problematisieren. Exemplarisch dafür war das Technology-Assessment (TA)-Verfahren „*Kulturpflanzen mit gentechnisch erzeugter Herbizidresistenz*“ des Wissenschaftszentrums Berlin für Sozialforschung.¹⁰ Durch die Entscheidung für ein technikinduziertes TA erfolgte eine wesentliche Vorauswahl zu Gunsten der herrschenden gentechnologischen Entwicklung. Sie wurde zur unhinterfragten Eingangsgröße des Verfahrens. Dadurch wurden auch ihr Leitbild und ihre zukunftsprägende biotechnische Utopie gleichsam vor die Klammer gezogen und standen diskursiv nicht zur Disposition.

Die begrenzte Perspektive zeigte vor allen Dingen die Diskursanalyse des Verfahrens.¹¹ Gemessen an den Grundprinzipien diskursiver Beteiligung - so die These von A. Leist - kann das zur Diskussion stehende TA-Verfahren nicht als partizipatorisch charakterisiert werden. Verschiedene Akteursgruppen der Kontroverse über gentechnische Risiken seien zwar am Verfahren beteiligt, jedoch durch das Verfahren dazu gezwungen worden, sich auf wissenschaftliche Fakten zu beschränken um den hohen Preis, der für wissenschaftliche Exaktheit gezahlt werden muß: Es müssen gerade jene Fragen ausgeschlossen werden, die den partizipatorischen Diskurs kennzeichnen: Die Fragen nach Interessen und Werthaltungen sowie die Schlüsselfrage für jede politische Handlungsorientierung: wie wollen wir in Zukunft leben?

Zum *zweiten* krankte die bisherige Debatte weiterhin an der Konfusion zweier Diskussionsebenen: der Diskussion über die biologisch-gesundheitlichen und ökologischen Risiken und Folgen der gentechnischen Operation (praktisch-risikopolitische Ebene der Debatte) einerseits sowie der Diskussion über die weltanschaulich/ technologiepolitische Dimension der Gentechnologie als Symbol für die „biologische Ingenieurskunst“ oder für eine „Synthetische Biologie“ (politisch-weltanschauliche oder ‘Leitbild’-Ebene der Debatte) andererseits.

Vor sechs Jahren richtete die Vereinigung Deutscher Wissenschaftler (VDW) die Studiengruppe ‘Moderne Pflanzenzüchtung und Gesellschaft’ ein, die sich zum Ziel gesetzt hatte, einen Weg aus der polarisierten Debattenstruktur zu finden.¹² Den Ausgangspunkt der Arbeit der Studiengruppe bildete die Grundannahme, daß der Dissens sich vorwiegend auf die politisch-weltanschauliche Ebene bezog, die aber fast immer unausgesprochen und verborgen

¹⁰ Die wesentlichen Ergebnisse des Verfahrens sind zusammengefaßt in: W. van den Daele, A. Pühler, H. Sukopp, 1996, Grüne Gentechnik.

¹¹ A. Leist, *Rationalität und Beteiligung*, Vortrag auf der Tagung, WZB, 8.6.96. Nur wenig von Leist abweichend definierte auch O. Renn in seinem Vortrag *Varianten des Diskurses in der Technikbewertung* partizipatorische Diskursmodelle.

¹² Einen ähnlichen Versuch, die festgefahrene Diskussionstruktur zu diesem Thema durch einen für alle Standpunkte offenen Dialog zu überwinden, unternahm kürzlich „Das Dialog-Projekt“ der Hanns-Lilje-Stiftung Hannover, 2001.

bleiben würde. Das führte zu wechselseitigem Miß- und Unverständnis. Am Beispiel der grünen Gentechnik wollte die Gruppe herausarbeiten, daß es nicht den einen Königsweg gentechnischer Pflanzenproduktion gibt, sondern daß auch in der Pflanzenzüchtung und -produktion „viele Wege nach Rom führen“. Eine der Prämissen der Arbeit war daher, daß es kein ausgezeichnetes Paradigma und keinen technologischen Entwicklungspfad gibt, der von sich aus beanspruchen kann, der technische fortschrittlichste, rationale, beste zu sein. Hingegen gäbe es ein Spektrum an wissenschaftlichen, technologischen und praktischen Entwicklungsmöglichkeiten, die alle den Kriterien wissenschaftlicher und technischer Rationalität genügen. Und hinter jeder Option verberge sich implizit oder explizit ein eigener Entwurf zukünftiger Entwicklung des Agrarsektors, der Pflanzenzüchtung und ihrer Einbettung in die Umwelt und in die (inter)nationale Agrar- und Forschungspolitik.

Weiterführend sollte daher derjenige gesellschaftlich-demokratische Dialog erscheinen, der diese verschiedenen Zukunftsentwürfe und ihre technologischen Entwicklungsstrategien miteinander vergleicht, in Beziehung setzt, Konsense sucht und auch Dissense ohne Verunglimpfung der jeweils Andersdenkenden aushält. Ein solcher Dialog - so war die Ausgangshoffnung der Veranstaltung der Studiengruppe - könnte exemplarisch durch die Öffnung gegenüber anderen Positionen Wege der Verständigung aufzeigen und die Konfliktmotive und Gegensätze entschärfen¹³ und im besten Fall einen Weg zu einer demokratischen Entscheidungsfindung aufzeigen.¹⁴

Bei diesem Dialogverfahren wird zunächst keine Vorentscheidung zugunsten einer Anschauung, einer Entwicklungslinie im Rahmen eines technologiepolitischen Pluralismus getroffen. Sie werden - kontrafaktisch zu den herrschenden Verhältnissen - in einem politisch-experimentellem „Laborverfahren“ als gleichberechtigt akzeptiert und im gleichen Maße auf den Prüfstand der wissenschaftlichen, politischen und moralischen Bewertung gelegt. Ein solcher Labordiskurs findet in einem politisch handlungs- und entscheidungsentlasteten Raum statt und kann daher im idealen Fall „herrschaftsfrei“ die verschiedenen Alternativen durchspielen, wie etwa die moderne Intensivlandwirtschaft oder den ökologische Landbau. Die Ausarbeitung von politischen Handlungsempfehlungen oder das Finden eines Kompromisses als Ergebnis eines Aushandelns wurden nicht angestrebt, da die Gruppe dazu keinen Auftrag und kein Mandat hatte und nicht in einen politischen Entscheidungsprozeß eingebunden war.

In den Fachgesprächen der Studiengruppe stellte sich bald heraus, daß das Bild „der mehreren Wege, die nach Rom führen“ mißverständlich ist: Wurden nämlich die verschiedenen Wege, die zu einer Problemlösung - im vorliegenden Falle die zureichende Versorgung der Weltbevölkerung mit Nahrungsmitteln - miteinander im Hinblick auf ihre Risiken und

¹³ Vgl. M. Behrens, S. Meyer-Stumborg, G. Simonis, 1997. Die Autoren unterscheiden die kommunikativen Handlungsformen „Dialog“, „Diskurs“ und „Verhandlung“ je nach Grad der Orientierung auf ein politisches Ergebnis wie z.B. wechselseitiges Verständnis, Handlungsempfehlung oder eine politische Kompromißfindung

¹⁴ Vgl. Hanns.Lilje-Stiftung, 2001. Die Veranstalter solcher Dialoge sind in ihrer Beurteilung des politischen Erfolges bzw. der politischen Relevanz solcher Verfahren sehr zurückhaltend und interpretieren den Erfolg eher in Richtung „erste Schritte des Einübens einer anderen Diskurskultur“.

erwünschten/unerwünschten Folgen verglichen und einer Bewertung unterzogen („problemorientiertes“ Technology Assessment) so zeigte sich, daß sowohl die Definition des Problems, eingeschlossen die Definition des gesellschaftlichen Bedarfs, als auch die Kriterien der Bewertung (warum ist dieser Weg „besser“ als der andere?) hochgradig davon abhängen, welcher Zukunftsentwurf, welche gesellschaftliche und technische Utopie sowohl der Problemdefinition als auch dem Präferenzmuster bei der Bewertung der Risiken und Folgen zugrundelagen. Deshalb sind die verschiedenen Wege zwar funktional, nicht aber politisch gleichwertig.

Mit andern Worten: Es war in der Diskussion gar nicht zu vermeiden, daß die Teilnehmer mehr oder weniger explizit immer auch schon von einem politischen Wollen, von einem vorgestellten gesellschaftlichen Kontext der Einbettung „ihrer“ Problemlösung („ihrem System“) oder ihrer professionellen Utopie inspiriert waren oder sich davon in ihrem diskursiven Engagement leiten ließen. Wenn sich zum Beispiel Starköche zu einer gemeinsamen Annonce aufrafften, in der Gen-Food abgelehnt wird, so taten sie das nicht allein aufgrund der möglichen gesundheitlichen Risiken (Allergene), sondern weil sie eine synthetische Nahrung aufgrund des Festhaltens an ihrer Koch-Kultur und der damit verbundenen Berufserfahrung nicht *wollten*.

Wenn aber die Gestaltung gesellschaftlicher Zukünfte und Produktionsweisen auch von der politischen Willensbildung beteiligter Akteure und Gruppen abhängt, läßt sich das Verfahren des Vergleichs systemarer technologischer Alternativen nicht auf einen wissenschaftlich-technischen Sachdialog über Risiken und Folgen reduzieren, sondern es ist hochgradig politisch besetzt: Im diskursiven Verfahren geht es daher auch um Macht und Durchsetzung, um Rhetorik und Propaganda, um Weltanschauungen und -entwürfe, also um eine Konkurrenz auf dem „Gebiet des Geistigen und des Ringens um eine „Meinungsführerschaft“ in der öffentlichen Debatte.¹⁵

Durchschaubarkeit der Konfliktsituation und Information der Öffentlichkeit als Botschaft und Ziel eines exemplarischen Dialogverfahrens über zukünftige technologiepolitische Entwicklungslinien durch eine Wissenschaftlervereinigung wie der VDW sollte also - das war die Einsicht und das Zwischenfazit der Studiengruppe - auch diese ideologisch-weltanschaulichen Hintergründe als Gründe des unterschiedlichen politischen Wollens und des Meinungsstreites sichtbar werden lassen.

Gleichzeitig könnte eine solche Argumentations- und Diskursführung eine für die politische Diskussion wesentliche Vereinfachung sehr komplexer TA-Verfahren und der Folgenbewertung mit sich bringen, wenn der politische Kern des Konfliktes zum Thema wird, man also gleich „zur Sache“ kommt. Denn erforderlich wäre sonst bei einer „rationalen“

¹⁵ K. Mannheim 1981, s. a. Hanns-Lilje-Stiftung 2001: „Die Bewertung des Risikos und die ökologische Wertschätzung sind letztendlich ethische bzw. ästhetische Fragen, die gesellschaftlich verhandelt werden müssen.“ (S.9)

Bewertung ein Pfadvergleich (vgl. das Schema aus der Bossel-Studie im Anhang des Berichtes, S.), der sehr komplex, aufwendig, vieldimensional und für Nicht-Experten sehr unübersichtlich (vgl. Beitrag Albrecht) ist und der zum Schluß doch auch nur darauf hinauslief, wo die grundlegenden Dissense der Kontrahenten in leitbildabhängiger Bedarfsfeststellung und Bewertungsskala liegen. Das ginge im Prinzip doch auch ohne den aufwendigen TA-Prozeß durch den Versuch einer politische Analyse der an der politischen Kontroverse beteiligten Koalitionen, ihrer „Überzeugungssysteme“ und ihrer politischen Willensbildung. (vgl. Beitrag Fischbeck, Hohlfeld sowie Kockelkoren und Albrecht im Anhang)¹⁶

Die Studiengruppe entschied sich für ein exemplarisches Vorgehen am Beispiel der Pflanzenzüchtung aus praktischen Gründen (es konnte zum großen Teil auf schon erhobenes Material und eine vorhandene Zusammenstellung im Sinne einer Sekundäranalyse zurückgegriffen werden),¹⁷ um ein Dialogexperiment der beschriebenen Art durchzuführen.

2. Der konzeptuelle Rahmen der Studiengruppenarbeit: begrifflich-systematische Vorklärungen

Auch in der Wissenschaftsphilosophie hielt sich lange - wie in der Debatte über Chancen und Risiken der Gentechnologie - die Pro-Contra-Struktur in der Interpretation der Wissenschaftsgeschichte. Es gibt - so war die gängige Meinung - wahre und falsche Aussagen. Es gibt objektive Kriterien, um eindeutig zwischen „wahr“ und „falsch“ entscheiden zu können. In der Geschichte überleben die Theorien und Gedankengebäude, weil sie „wahr“ sind. Alle anderen bleiben auf der Strecke, wenn sie „falsifiziert“ (Popper) werden konnten. Spätestens jedoch seit Thomas Kuhns Kritik an der Idee dieses linearen und kumulativen wissenschaftlichen Fortschritts in seiner „Struktur wissenschaftlicher Revolutionen“¹⁸ verbreitete sich die Auffassung, daß auch wissenschaftliche Theorien und Erklärungsmuster („Paradigmen“) immer in eine soziale und intellektuelle „Konkurrenz auf dem Gebiet des Geistigen“¹⁹ eingebettet sind, in welcher verschiedene Paradigmen um die Meinungsführerschaft ringen und dafür wissenschaftliche, ideologische, ökonomische und soziale Ressourcen mobilisieren.

Der Wissenschaftstheoretiker Imre Lakatos präziserte das Kuhnsche Konzept in seiner „Methodologie wissenschaftlicher Forschungsprogramme“.²⁰ Diesem Konzept gemäß instruiert ein wissenschaftliche Erklärungsideal oder Leitbild ein Forschungsprogramm. Aus dem Leitbild werden in Ansehung eines theoretisch zu erklärenden Phänomenbereiches

¹⁶ Diese Überlegung stellt in ihrer Konsequenz die aufwendigen TA-Verfahren in Frage, waren jedoch nur aufgrund der gemachten Erfahrung nachträglich möglich Wahrscheinlich sind solche Verfahren manchmal nötig, um überhaupt des „Pudels Kern“ der Dissense freizulegen.

¹⁷ R. Hasse, R. Hohlfeld, P. Nevers, W.Ch. Zimmerli, 1994: Die Technologisierung der Biologie.

¹⁸ Thomas Kuhn, 1973

¹⁹ Mannheim, 1981

²⁰ Vgl. I. Lakatos, 1994

Erklärungsprinzipien und Fundamentalgesetze hergeleitet, die als „Direktiven“ oder „regulative Ideen“ dienen, um theorierelevante Tatsachen herzustellen²¹. Sie konstituieren den „harten Kern“ des Forschungsprogrammes, welcher durch spezielle Gesetze und Rahmenbedingungen (dem „Schutzgürtel“ des Programmkerne) erweitert werden kann. Diese werden so formuliert und gewählt, daß der „harte Kern“ bei empirischen Einwänden nicht aufgegeben werden muß, sondern geschützt und verteidigt werden kann.

Auch die politische Wissenschaft griff in der Politikfeldanalyse nach ihrer „kognitiven Wende“ auf das Konzept der Konkurrenz von intellektuell koordiniert handelnden „Denkkollektiven“ oder politischen Koalitionen zurück, um die kognitiven Komponenten der Handlungskoordination von Koalitionen in politischen Konfliktfeldern erfassen zu können. Die politischen Wissenschaftler bildeten ihre Kategorien nach dem Modell der „Methodologie“²². So wird in Analogie zu den Komponenten des „Forschungsprogramms“ von einem gemeinsamen Überzeugungssystem („belief system“) gesprochen, welches sich aus einem „Hauptkern“, einem „Policy Kern“ und „sekundären Aspekten“ zusammensetzt. Mit Hilfe des Überzeugungssystems als Orientierungsrahmen können dann Akteure koordiniert werden, auch, wenn die Handlungen einzelner Akteursgruppen in der Koalition nicht immer aufeinander abgestimmt sind. Das schließt nicht aus, daß sich einzelne Gruppen von Akteuren in der Koalition auf bestimmte Aufgaben spezialisieren und so ihre eigenen (Unter)-Überzeugungssysteme herausbilden.

Um Koalitionen und Überzeugungssysteme zu rekonstruieren, werden Idealtypen zum Zwecke der politischen Analyse gebildet, die zunächst nichts über deren Wirkmächtigkeit in der politischen Konkurrenzsituation aussagen. Das „Leitbild“ als geschützter Bestandteil des Hauptkernes enthält neben seiner Handlungsorientierung immer auch einen gewissen Überschuß an politischer Rhetorik und Utopie, ist immer auch eine ‘selffulfilling prophecy’ der gesamten politischen Koalition.²³

Um das theoretischen Grundgerüst zum Zwecke einer Analyse der Koalitionen im politischen Subsystem Agrarpolitik zu spezifizieren, soll das allgemeine Schema der Politikfeldanalyse zunächst auf die allgemeine Forschungs- und Technologiepolitik bezogen werden. Folgende Kategorien sollen die Komponenten des Hauptkernes („fundamentale normative und ontologische Axiome“²⁴) kennzeichnen²⁵:

Naturbild,

²¹ H.Tetens, Wissenschaftstheoretischer Fortschritt, in: Inhetveen, Kötter (Hrsg.), 1994

²² P. Sabatier, Advocacy-Koalitionen, in Heretier (Hrsg.) 1993.

²³ Vgl. D. Barben, Genese, in: Dierkes (Hrsg.) 1997

¹⁸ Vgl. Karen Gloy, Das Verständnis der Natur, 1995 und K.M. Meyer-Abich, 1997, Vom Baum der Erkenntnis, der den Begriff „Erklärungsideal“ bevorzugt

**wissenschaftliches Erklärungsideal oder Leitbild,
gesellschaftliches Naturverhältnis (Grundhaltung gegenüber der Natur),
Technikideal, technisches Leitbild.**

Zum Policy Kern möchte ich die Strategie und Ziele des politischen Gesamtprogrammes rechnen sowie die der wissenschaftlichen und technischen Unterprogramme im Feld der Forschungs- und Technologiepolitik. Der Policy Kern des gesamten Politikfeldes, also das, was den Koalitionen gemeinsam ist und als industriegesellschaftlicher Konsens gelten kann, soll durch den Begriff „Wissenschaft als Produktivkraft“²⁶ gekennzeichnet werden, anders ausgedrückt: mit der Strategie der Verwissenschaftlichung von Technik.²⁷ Die Überzeugungssysteme der Koalitionen in diesem Politikfeld grenze ich aufgrund ihrer Unterschiede im Haupt- und Policy Kern voneinander ab. Diese Typenbildung erfolgt zunächst hypothetisch und muß ihre „Stimmigkeit“ in der empirischen Rekonstruktion unter Beweis stellen. Ich kann dabei auch auf die Idee verschiedener Pfade in der Energie - und Agrarpolitik zurückgreifen, die in einem Spektrum von „harter - “ bis „sanfter Technologie“, von „anthropozentrisch“ bis „physiozentrisch“ angeordnet wurden,²⁸ und charakterisiere die wichtigsten Koalitionen in der Forschungs- und Technologiepolitik durch folgende Überzeugungssysteme:

(1) Konstruktions (Engineering)-Ideal

Nach dem Engineering-Ideal ist das Bild von der Natur ein vom Menschen konstruiertes und konstruierbares. Die Erklärung der Welt ist ihr Machen.

Das Ziel der Wissenschaft ist erreicht durch die Synthese des Objektes aus elementaren Bausteinen. Erkenntnis (Erklärung) und Erfindung werden äquivalent; „Factum et verum convertuntur“ (Vico). Für dieses Erklärungsideal ist das instrumentelle Können entscheidend, nicht das Erkennen der Strukturen und Gesetze der Wirklichkeit.

Welt und Natur werden zum Objekt der intervenierenden, beherrschenden und konstruierenden Ergreifung der Wirklichkeit „bis an die Grenzen des überhaupt Möglichen“.²⁹

²⁶ Den Begriff verwende ich hier synonym mit dem englischen Begriff der „science based industries“; vgl. H. Schnädelbach

²⁷Vgl. G. Böhme; W.van den Daele, W. Krohn, 1978, Die Verwissenschaftlichung von Technologie.

²⁸ Vgl. K.M. Meyer-Abich, B. Schefold,1981, Wie möchten wir in Zukunft leben und die „Bossel-Studie“(s. Anhang zu diesem Bericht, S.); auf der Skala anthro- bis physiozentrisch ordnet sie P.Kockelkoren, in seiner Studie „Von pflanzlichen zu planzenwürdigem Leben“ (s. Anhang zu diesem Bericht) an, der eine etwas andere Abgrenzung vornimmt und zusätzlich einen vierten Typus, den des Partizipanden , ins Spiel bringt. Diesen Typus beschreibt auch H.J. Fischbeck in seinem Beitrag. Da er in der Studiengruppendiskussion nur am Rande vorkam und auch in deer politischen Debatte kaum eine Rolle spielt, verzichte ich an dieser Stelle auf seine Beschreibung.

²⁹ F. Bacon, Neu-Atlantis,in: Heinisch (Hrsg.), 1960 S. 205.

Das Technikideal schließt unmittelbar an des wissenschaftliche an: Auf der Basis einer wissenschaftlichen Konstruktionsanleitung als 'Prototechnik' wird eine universelle Technologie mit einem unbegrenzten Potential für beliebige Varianten möglich.

(2) Experimentelles Erklärungsideal und Finalisierung

Erkenntnistheoretische Grundlage (Naturbild) ist die Überzeugung, daß die Strukturen der Wirklichkeit „objektiv“ erkennbar sind; die erkannten Strukturen und Gesetze spiegeln die Wirklichkeit wider und sind Teil einer wahren Erkenntnis. Ziel und Ideal des wissenschaftlichen Bemühens sind die Entdeckung der Realität, nicht ihre Erfindung - im Unterschied zum instrumentellen Erklärungsideal des Engineering.³⁰

Das Naturverhältnis wird bestimmt durch eine gezielte Intervention in den zu erklärenden Gegenstand gemäß den Regeln der experimentellen Kausalforschung (experimenteller Interaktionismus). Eine gezielte Beeinflussung und Variation in den Grenzen der Natur sind erlaubt und möglich.

Auf der Basis reifer Theorien („Grundlagenforschung“) ist eine Verwissenschaftlichung der Technik oder Praxis als „Anwendung der Wissenschaft“ möglich, die auch als „Theoretisierung“ der Technik oder Zweckbindung („Finalisierung“) der Wissenschaft beschrieben werden kann.³¹

(3) Kontextualistisches (holistisches) Erklärungsideal

Den beiden bisher beschriebenen Überzeugungssystemen und Leitbildern, denen eine reduktive, von der Alltagssituation abstrahierende, „ex-situ“-Erkenntnisform³² zu eigen ist, steht ein Überzeugungssystem gegenüber, dessen Hauptkern der morphologisch-phänomenologische Erkenntnistyp bildet. Dieser Typ ist - wie die Wissenssoziologie ihn treffend kontrastiert hat - „eine Analyse im Elemente der Anschauung, die der ursprünglichen Gliederung des Gegebenen nachgeht. Sie tastet es in seinem konstitutiven Aufbau ab, ohne es zu zerstückeln.“³³ Die Phänomene werden „in situ“ beschrieben und analysiert und in ihrem

³⁰ Für den Zweck der Analyse der Handlungsorientierung dieser Koalition ist es unerheblich, welcher berechtigten erkenntnistheoretischen Kritik diese „Metaphysik des Realismus“ unterliegt und inwieweit sie lediglich eine unreflektierte instrumentelle Vernunft darstellt. Entscheidend ist, daß diese Grundüberzeugung das Handeln der Akteure beflügelt und begrenzt - im Unterschied zur Vision des „bis an die Grenzen des überhaupt Möglichen“. Dies ist nicht das Leitbild des „Objektivist“ bei seinen Eingriffen in die Natur.

³¹ G. Böhme, W. van den Daele, W. Krohn, In Diederich (Hrsg.) 1974, Finalisierung.

³² In der Molekularbiologie ist dafür das Reagenzglas oder die Petrischale das Symbol.

³³ K. Mannheim, in. Stehr (Hrsg.) 1981, S.359

Naturzusammenhang erfaßt. Im Unterschied zum Laborwissen berücksichtigt dieses Leitbild die Einbindung der Phänomene in ihre Kontexte; es ist hochgradig „kontextualisiert“.³⁴

3. Übersicht der Beiträge und ihre Relevanz für den Dialog der Gruppe

Bei der Definition der grundlegenden Überzeugungssysteme ließ die Gruppe sich von einer holländischen Vorarbeit leiten und anregen (*J. Kockelkoren*, „Pflanzenwürdiges Leben“), die bisher schwer zugänglich war und wenig bekannt ist, sowie von der ein wenig in Vergessenheit geratenen „Bossel-Studie“. Daher wurden sie in ihren wesentlichen Teilen in den Anhang des Berichtes aufgenommen.

Die Idee divergierender Grundeinstellungen und politischer Koalitionen wird von *H. J. Fischbeck* „Haltungen im Umgang mit der Natur“ aus seiner Perspektive ausgebreitet, der auch die Leitbilder und Produktionsweisen der „realsozialistischen“ DDR in seine Betrachtung einbezieht.

Einen Zugang zu einer Definition von Koalitionen nach politischen Präferenzen beschreibt *S. Albrecht* in seiner „Ökologie transgener Nutzpflanzen“ (Anhang).

R. Hohlfeld versucht in seinem Beitrag „Konkurrierende Koalitionen und Leitbilder in Pflanzenzüchtung und Landwirtschaft“, die wichtigsten Koalitionen und Überzeugungssysteme in der Pflanzenzüchtung in der gegenwärtig sich abzeichnenden Entwicklung zu kennzeichnen.

Die verschiedenen Zugänge, Koalitionen und politische Überzeugungssysteme (Albrecht, Kockelkoren, Fischbeck, Hohlfeld) zu rekonstruieren, sind auch Ausdruck eines wissenschaftlichen Pluralismus, der zur Zeit dieses Feld der technologiepolitischen Analyse beherrscht. Auch die Erschließungsarbeiten und die analytische Bestandsaufnahme der Gruppe waren durch eine solche Pluralität gekennzeichnet. Diese Differenzen in den Zugängen zur Analyse und Rekonstruktion konnten auch durch intensive Gruppendiskussion nicht überwunden werden.

H. P. Dürr zeigt in seinem Beitrag Das Netz des Physikers: „Reflexionen eines Quantenphysikers über die Grenzen naturwissenschaftlicher Objektivität“, wie selbst in der „harten“ Physik die Überzeugung von einem durchgängigen Determinismus in den exakten Wissenschaften aufgegeben werden muß. Die theoretische Erklärung der Natur ist abhängig von der „Maschenweite“, mit der sie von den „Netzen“ der Wissenschaftler eingefangen wird. Diese Überlegungen bereiten die Idee eines Pluralismus der Theorien und Konzepte in der Naturforschung vor.

³⁴ Vgl. W. Bonß, R. Hohlfeld, R. Kollek, 1992, Wissenschaft im Kontext.

Speziell für die Pflanzenzüchtung wird dieser Pluralismus historisch durch die Beiträge von *P. Nevers* und *G. Fischbeck* vorgeführt, so daß die ganze historische Vielfalt der Optionen in der Pflanzenzüchtung entworfen wird. Sie wird durch eine ethnobotanische Notiz von *P. Hanelt* abgerundet und ergänzt.

Den politischen und ökonomischen, in Europa eher unübersichtlichen Kontext sich wandelnder Leitbilder in der Agrarpolitik, in welchen die wissenschaftlichen „Fortschritts“bemühungen und Leitbilder eingebettet sind, zeigt *V. Beusmann* in seinem Beitrag „Agrarpolitische Rahmenbedingungen und landwirtschaftliche Leitbilder“ auf.

Aus *S. Albrechts* Beitrag „TA zur Pflanzenzüchtung als Instrument des Pfadvergleichs“ wird vor allen Dingen die enorme Komplexität und Vielschichtigkeit eines solchen Verfahrens der vergleichenden wissenschaftlichen Analyse der Folgen und ihrer Bewertung ersichtlich, ein Verfahren, welches in der Gruppe auch nicht bis zum Ende praktiziert werden konnte. Hier ging uns einfach die „Puste aus“. - aber vielleicht geht es ja auch ohne diesen Aufwand (vgl. S.10 dieser Einleitung).

Die in Kapitel 5 folgenden Beiträge befassen sich mit einer Weichenstellung in der Pflanzenzüchtung, die aufgrund einer sich abzeichnenden Annäherung in der Gruppe die Diskussion immer wieder beherrschte: Die Vermeidung der Folgen einer „High impact- high yield“-Intensivlandwirtschaft durch den Übergang zu einer „dauerhaft zukunftsfähigen („nachhaltigen“) Produktionsweise, wie sie nach dem Umweltgipfel in Rio 1991 als Forderung in die internationale Diskussion eingebracht wurde. *F. Koechlin* und *B. Tappeser* betrachten in ihrem Beitrag „Die neue Orientierung: Wege zur Nachhaltigkeit in Pflanzenzüchtung und – biotechnologie“ dieses Thema aus der Sicht praktizierender Ökologinnen und führen in die Idee der Nachhaltigkeit ein³⁵; *K. Müntz* versucht, die Beiträge der Gentechnologie zu einer ressourcensparenden und kontextsensiblen Pflanzenzüchtung auszuloten und unterbreitet „sein“ Angebot zur Nachhaltigkeit. *U. Gayken* und *F. Spanakakis* versuchen das gleiche mit einem die konventionellen und die gentechnischen Verfahren vergleichendem Blick.

J. Kopfmüller problematisiert in seinem Beitrag „Ungelöstes Problem der Sustainability-Idee“ die unterschiedlichen Interpretationsmöglichkeiten des Begriffes der Nachhaltigkeit (Anhang).

Der letzte Beitrag dieses Berichtes von *M. Dreyer* und *B. Gill* „Die Vermarktung transgener Lebensmittel“, der in der Studiengruppe aus Zeitgründen nicht diskutiert werden konnte, geht der Frage nach den politischen Rahmenbedingungen nach, unter denen die „Labor“dialoge im „wirklichen Leben“ fortgesetzt werden - eine Frage, die in der Gruppendiskussion immer wieder

³⁵ auch dieser Beitrag konnte, wie auch der von Dreyer /Gill aus Zeitgründen in der Gruppe nicht mehr diskutiert werden, war aber geplant und wird aus Gründen der Vervollständigung des Spektrums an Positionen der beteiligten Studiengruppenmitglieder aufgenommen.

als Frage nach den „realen Machtverhältnissen“ gestellt wurde. Der Beitrag lotet angesichts des Angebots an „Genfood“ die Chancen einer „Verbraucherdemokratie“ im Kontext von Globalisierung und Individualisierung aus.

Fast alle Beiträge des Hauptteiles und des Anhanges haben den Status von „Diskussionspapieren“ und sollen zu weiteren Überlegungen und Verbesserungen anregen.

Ich danke allen Mitgliedern der Studiengruppe sowie den eingeladenen Autoren und Autorinnen für ihre Mitarbeit, Mühe und die Bereitstellung der Beiträge.

Literatur

F. Bacon, Neu-Atlantis, in: Heinisch, 1960, S. 171-215

D. Barben, Genese, Enkulturation und Antizipation des Neuen - Über Schwierigkeiten und Nutzen, Leitbilder der Biotechnologie zu rekonstruieren, in Dierkes (Hrsg.), 1997, S. 133-166

M. Behrens, S. Meyer-Stumborg, G. Simonis, Genfood, Berlin 1997

G. Böhme et. al., Die gesellschaftliche Orientierung des wissenschaftlichen Fortschritts, Frankfurt 1978

G. Böhme, W. van den Daele, W. Krohn, Die Finalisierung der Wissenschaft, in: W. Diederich (Hrsg.), 1974, S. 276-311

G. Böhme; W. van den Daele, W. Krohn, Die Verwissenschaftlichung von Technologie, in: Böhme et al. 1978, S.339-375

W. Bonß, R. Hohlfeld, R. Kollok, Wissenschaft im Kontext - Kontexte der Wissenschaft, Hamburg 1992

Deutschen Forschungsgemeinschaft (Hrsg.) „Forschungsfreiheit - Ein Plädoyer für besserer Rahmenbedingungen der Forschung in Deutschland“, Weinheim 1996.

W. Diederich (Hrsg.), Theorien der Wissenschaftsgeschichte, Frankfurt 1974,

M. Dierkes (Hrsg.), Technikgenese, Berlin 1997

Karen Gloy, Das Verständnis der Natur, 2 Bde. München 1995, 1996

Hanns-Lilje-Stiftung Hannover(Hrsg.), Das Dialog-Projekt, Da Capo Abschlußberichte Nr. 13, Hannover, 2001

R. Hasse, R. Hohlfeld, P. Nevers, W. Ch. Zimmerli, Die Technologisierung der Biologie: Zur Durchsetzung eines neuen Wissenstyps in der Forschung, Abschlußbericht eines durch den BMFT geförderten Forschungsprojektes, Universität Bamberg 1994

J. Heinisch (Hrsg.) Der utopische Staat, Reinbek 1960

A. Heritier (Hrsg.), Policy-Analyse. Kritik und Neuorientierung. PVS Sonderheft 24, Opladen 1993

R. Inhetveen, R. Kötter (Hrsg.), Forschung nach Programm? München 1994

Thomas Kuhn, Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen, Frankfurt 1973

I. Lakatos, Die Geschichte der Wissenschaft und ihre rationalen Rekonstruktionen, in: Diederich (Hrsg.) 1994, S. 55-119

K. Mannheim, Die Bedeutung der Konkurrenz im Gebiete des Geistigen, in: Stehr (Hrsg.),1981, S. 325-370

K.M. Meyer-Abich, Vom Baum der Erkenntnis zum Baum des Lebens, München 1997

K. M. Meyer-Abich, B. Schefold, Wie möchten wir in Zukunft leben, München 1981

P. Sabatier, Advocacy-Koalitionen, Policy-Wandel und Policy-Lernen: Eine Alternative zur Phasen-Heuristik, in: Heretier (Hrsg.), 1993, S. 116-148

H.Schnädelbach, Philosophie in Deutschland 1831-1933, Frankfurt 1983

N. Stehr (Hg.), Der Streit um die Wissenssoziologie, 2 Bde. , Frankfurt 1981

H. Tetens, Welchen wissenschaftstheoretischen Fortschritt bringt das Konzept der Forschungsprogramme?, in: Inhetveen, Kötter (Hrsg.)1994, S. 25-42

W. van den Daele, A. Pühler, H. Sukopp, Grüne Gentechnik im Widerstreit. Modell einer partizipativen Technikfolgenabschätzung zum Einsatz transgener herbizidresistenter Pflanzen, Weinheim 1996.

2. Hans-Peter Dürr

Das Netz des Physikers: Reflexionen eines Quantenphysikers über die Grenzen naturwissenschaftlicher Objektivität

zuerst erschienen unter: Die unbelebte und belebte Materie: Ordnungsstrukturen immaterieller Beziehungen. Physikalische Wurzeln des Lebens, in: H.P.Dürr/ F.-A. Popp/ W. Schommers (Hrsg): Elemente des Lebens. Naturwissenschaftliche Zugänge-Philosophische Positionen, Zug/Schweiz, 2000, S. 179-208

1. Einführende Bemerkungen

Läßt sich die Biologie letztlich völlig auf die Chemie oder gar auf die Physik zurückführen? Eine solche Frage zu stellen, erscheint zunächst berechtigt. Denn bei der unserer Naturwissenschaft eingepägten analytischen Betrachtungsweise, die das Größere aus dem Kleineren zu erklären versucht, wird gewöhnlich angenommen, daß sich die Phänomene des Mesokosmos, unserer gewohnten Lebenssphäre, in unmittelbarer Abhängigkeit und als Folge der Gesetzmäßigkeiten des Mikrokosmos deuten lassen. Darüber hinaus würden wohl viele Biologen angesichts der großen Bedeutung der Molekularbiologie, diese Frage prinzipiell auch positiv beantworten. Obgleich Moleküle und Atome 'Objekte' sind, über die ein Physiker gut Bescheid weiß und deshalb verlässliche Aussagen machen kann, folgt daraus allerdings nicht, daß deren spezielle Vorstellungen einem Biologen sehr viel weiter helfen. Denn beim Aufstieg vom Mikrokosmos zum Mesokosmos werden die ursprünglichen Eigenschaften der 'Bausteine' weitgehend verdeckt und treten durch ihr kompliziertes Zusammenspiel nunmehr in qualitativ stark veränderter Form in Erscheinung. Ein Physiker würde deshalb, so wird vermutet, einem Biologen wohl kaum etwas für eine Erklärung Interessantes anbieten können, was er nicht besser und einfacher von einem Chemiker lernen könnte.

Dies mag durchaus so sein, aber sicher ist dies nicht. Die Physik hat nämlich im ersten Drittel dieses Jahrhunderts einen tiefgreifenden Wandel erfahren, der meines Erachtens in seiner vollen Bedeutung von den Biologen bisher kaum wahrgenommen worden ist. Wenn wir uns deshalb die Frage stellen, ob die Biologie letztlich auf die Physik zurückführbar sei, so müssen wir zunächst die Gegenfrage stellen: Welche Physik ist hier gemeint? Die alte klassische, mechanistische Physik oder die neue, holistische Quantenphysik? Meine Vermutung ist nämlich, daß unsere Ausgangsfrage nur dann positiv beantwortet werden kann, wenn wir uns dabei ganz wesentlich auf die neue Physik und die von ihr aufgedeckten, im Vergleich zu unseren gewohnten Vorstellungen, andersartigen Zusammenhangsverhältnisse der Natur beziehen.

Es ist dieses radikal veränderte neue Weltbild der modernen Physik, das aus meiner Sicht auch in der heute dominant naturwissenschaftlich ausgerichteten Biologie eine entsprechend veränderte Sichtweise - mit den damit verbundenen neuartigen und höchst eigenartigen Fragestellungen und Aussagen - nach sich ziehen könnte. Ich möchte dabei betonen, daß es sich bei der neuen Physik nicht einfach nur um einen Paradigmenwechsel im Sinne des von Thomas Kuhn in seinem Buche 'The Structures of Scientific Revolutions' (Kuhn 1962) geprägten Begriffes handelt. Denn die alten Erkenntnisse und Beschreibungen erlangen im Rahmen der neuen Vorstellungen bei einer geeignet vergrößerten Sichtweise ihre frühere Bedeutung zurück, wenn auch in einer eigentümlich eingeschränkten Form. Die Beschränkung besteht darin, daß, um eine umfassende Beschreibung der Phänomene zu

gewährleisten, eine Beschreibung in einem Paradigma nicht ausreicht, sondern notwendig durch komplementäre Beziehungsstrukturen ergänzt werden muß, die nur in einem anderen, mit dem ersteren im Widerspruch stehenden Paradigma ausgedrückt werden können.

Die Nichtvereinbarkeit der komplementären Paradigmen macht deutlich, daß eine Darstellung in dem einen oder anderen Paradigma streng genommen gar nicht der eigentlichen Situation angemessen ist, also aus dem Kuhn'schen Betrachtungsmuster hinausführt. Denn es ist hier nicht so, wie bei Kuhn, daß ein altes Paradigma durch ein neues verdrängt wird, weil dadurch empirische Unverträglichkeiten vermieden werden können oder wesentliche Sachverhalte genauer erfaßt oder vielleicht nur einfacher durchschaubar werden.

Dies klingt zunächst reichlich paradox. Um die sich darin abzeichnende Problematik besser zu verdeutlichen, möchte ich an einem einprägsamen Gleichnis des englischen Astrophysikers Sir Arthur Eddington anknüpfen. Dieses Gleichnis soll zunächst ein besseres Verständnis dafür vermitteln, auf welche Weise die 'Wirklichkeit der Naturwissenschaft', die als ein Wissen über eine objektivierbare, dingliche Realität aufgefaßt wird, in Beziehung steht zu einer im Hintergrund vermuteten 'eigentlichen Wirklichkeit', was immer wir darunter verstehen wollen.

2. Die Parabel von Eddington

In seinem 1939 erschienenen Buche „The Philosophy of Physical Sciences“ vergleicht Eddington den Naturwissenschaftler mit einem Ichthyologen, der das Leben im Meer erforschen will. Dieser wirft dazu sein Netz aus, zieht es an Land und prüft seinen Fang nach der gewohnten Art eines Wissenschaftlers. Nach vielen Fischzügen und gewissenhaften Überprüfungen gelangt er zur Entdeckung eines Grundgesetzes der Ichthyologie: „Alle Fische sind größer als fünf Zentimeter!“ Er bezeichnet diese Aussage als Grundgesetz, da sie sich ohne Ausnahme bei jedem Fang bestätigt hatte. Dem kritischen Einwand eines Neugierigen, eines „Metaphysikers“, der die grundsätzliche Bedeutung dieses Grundgesetzes mit dem Hinweis auf die 5cm-Maschenweite des Netzes bestreitet, begegnet der Ichthyologe unbeeindruckt mit dem Hinweis: „Was ich mit meinem Netz nicht fangen kann, liegt prinzipiell außerhalb fischkundlichen Wissens, es bezieht sich auf kein Objekt der Art, wie es in der Ichthyologie als Objekt definiert ist. Für mich als Ichthyologen gilt: Was ich nicht fangen kann, ist kein Fisch.“

Bei der Übertragung dieses Gleichnisses auf die Naturwissenschaft entspricht dem Netz des Ichthyologen das gedankliche, methodische und experimentelle Rüstzeug sowie die Sinneswerkzeuge des Naturwissenschaftlers, die dieser benutzt, um seinen Fang zu machen, d.h. naturwissenschaftliches Wissen zu sammeln, dem Auswerfen und Einziehen des Netzes die naturwissenschaftliche (experimentelle) Beobachtung.

Das Gleichnis des Ichthyologen ist selbstverständlich zu einfach, um die Stellung des Naturwissenschaftlers und seine Beziehung zur Wirklichkeit angemessen zu beschreiben. Aber das Gleichnis ist doch differenziert genug, um wenigstens die wesentlichen Merkmale einer solchen Beziehung zu charakterisieren.

Das Netz soll die *Verengung* und *Qualitätsänderung* symbolisieren, welche die eigentliche Wirklichkeit - was immer wir darunter verstehen wollen - erfährt, erstens, durch die Art und Weise 'guter' *Beobachtungen*, wie sie in unseren Experimentalhandbüchern definiert sind, zweitens jedoch durch unsere Vorstellungen und unsere spezielle Art zu *denken*, was wesentlich auf Unterscheiden, Analysieren, Fragmentieren basiert. Was die Verengung

anbelangt spielt das Netz etwa die Rolle des Kuhn'schen Paradigmas. Es bezeichnet gewissermaßen ein Netz von 'Vorurteilen', von expliziten und impliziten Prämissen, denen wir alle unsere Wahrnehmungen bei unserer Beschreibung unterordnen. Sie dienen uns als Referenzsystem, das wir notwendig für eine Beschreibung benötigen und definieren, insbesondere auch die Bedingungen, unter denen wir ein Experiment durchführen.

Bei dieser Sichtweise bewirkt das Netz immer eine Art Projektion einer höherdimensional ausgeprägten Wirklichkeit. In der Regel geht das Kuhn'sche Paradigma jedoch darüber hinaus, weil es, um einfachere und geschlossener Darstellungen zu ermöglichen, geeignete Näherungen bevorzugt, wodurch Qualitätsänderungen auftreten. Die etwa durch das geozentrische und heliozentrische Weltsystem charakterisierten unterschiedlichen Paradigmen sind in diesem Sinne nicht nur verschiedene Projektionen derselben eigentlichen Wirklichkeit, sondern hier bestehen, wegen der unterschiedlichen Beschleunigungskräfte, auch qualitative Unterschiede. Andererseits entspricht dem Paradigmenwechsel von der mesoskopischen, phänomenologischen zur statistischen, am Mikroskopischen orientierten Beschreibung der Thermodynamik mehr dem Wechsel von Projektionen mit unterschiedlicher Aussagekraft aber verträglichen Inhalten.

Aus diesem Grund ist der Naturwissenschaftler im Eddington'schen Gleichnis nur unzureichend charakterisiert. Er sollte eher mit einem weit intelligenteren Ichthyologen verglichen werden, der mit immer besseren und raffinierteren Netzen - insbesondere mit solchen kleinerer Maschenweite - fischt, um Schritt um Schritt zu einer genaueren und vollständigeren Erfassung der Wirklichkeit zu kommen. Dies spiegelt sich ja auch deutlich in der Geschichte der Naturwissenschaft wider. Auch war es letztlich ja gerade die Möglichkeit verschiedener Fangmethoden, die in der modernen Physik unmißverständlich auf den Projektionscharakter der 'physikalischen Wirklichkeit' hingewiesen hat. Aber dies war nur der unwichtigere Teil der Lektion, die uns dabei von der modernen Physik, die Quantenphysik, erteilt wurde.

So offenbart sich z.B. ein Elementarteilchen, etwa ein Elektron, bei *einer* Beobachtungsmethode als Teilchen, bei einer *anderen* als Welle, also in zwei gänzlich verschiedenen Formen und - was nun das eigentlich Überraschende und Neue war - in zwei, im Sinne der herkömmlichen Objektvorstellung, sogar unverträglichen Formen. Es gibt hier also kein objekthaft vorstellbares Etwas, das 'eigentliche Elektron', gewissermaßen ein 'Wellikel', von dem das 'Partikel' und die 'Welle' nur zwei verschiedene - durch die spezielle Beobachtungsmethode erzwungene - Projektionen darstellen. Es tritt beim Fangen gewissermaßen auch eine Qualitätsänderung auf.

Das Eddington'sche Netz-Gleichnis greift hier also wesentlich zu kurz. Denn diese Qualitätsänderung ist von anderer Art als in den von Kuhn beschriebenen Fällen, die davon herrühren, daß bei ihnen der Gültigkeitsbereich der jeweiligen Paradigmen unzulässig überschätzt wird und dadurch Widersprüche auftreten. Die Quantenphysik erweist sich demgegenüber als in sich konsistent, nicht widersprüchlich. Sie kann der Schwierigkeit der Qualitätsänderung nur entkommen, in dem sie die Existenz von „Objekten“, etwa dem Fisch im Eddington'schen Gleichnis, opfert. Das Netz, das die Beobachtung charakterisiert, müßte dann eher mit einem 'Fleischwolf' verglichen werden, in den oben die 'eigentliche', nicht mehr objekthaft deutbare Wirklichkeit eingefüttert wird und aus dem als Ergebnis unten objekthaft deutbare 'Würstchen' herauskommen, deren spezielle Form nichts mit der 'eigentlichen Wirklichkeit' oben zu tun haben, sondern je nach der verwendeten Endscheibe des Fleischwolfs (Art der aktiven Beobachtung und nicht nur einer passiven Betrachtung)

anders - und möglicherweise widersprüchlich - ausfallen werden. In diesem Sinne läßt sich der Übergang von der klassischen zur modernen Physik - entsprechend dem Wechsel der Metapher vom Netz zum Fleischwolf - nicht mehr einfach als Paradigmenwechsel im Sinne von Kuhn charakterisieren.

Diese Bilder sollen deutlich machen, daß der Naturwissenschaftler wohl verschiedene Netze oder Fanginstrumente (oder Fleischwölfe) zur Wirklichkeitserfassung besitzt, daß jedoch - und dies ist für die grundsätzliche Angemessenheit des Netzgleichnisses für die Naturwissenschaft wichtig - jede Beobachtung, trotz aller Raffinessen bei ihren Methoden, prinzipiell immer irgendeine Einschränkung und Auswahl erzwingt. Das Elektronenbeispiel zeigt darüber hinaus, daß durch Kombination verschiedener Beobachtungen sich auch die 'eigentliche' Wirklichkeit nicht durch Zusammenbau der Projektionen synthetisieren läßt, sondern dies nur durch die abstrakte *Kombination* zweier, für unser fragmentierendes Denken und unsere objekthafte Anschauung unverträglich erscheinender, *komplementärer Paradigmen* möglich wird. Hier deutet sich schon an, daß die Wirklichkeit nicht mehr 'materialistisch' als ein objektivierbares 'System' betrachtet werden kann, sondern daß ihr 'relationalistisch' eine allgemeinere, nur aus Beziehungen generierte Struktur zugeordnet werden muß.

3. Öffnung des klassischen Rahmens durch die moderne Physik

Die aus den physikalischen Gesetzmäßigkeiten des Mikrokosmos gewonnenen Erkenntnisse und die daraus notwendig gewordenen Schlußfolgerungen über die fundamentalen Strukturen der Wirklichkeit sind für uns schwer verständlich, weil sie sich nicht mit den Vorstellungen decken, die wir aus unseren Erfahrungen in unserem tätigen Umgang mit unserer Lebenswelt, dem Mesokosmos, gewonnen haben. Diese Vorstellungen gehen von einer unabhängig von uns existierenden äußeren Welt aus, einer aus materiellen 'Objekten' in einem dreidimensionalen Raum aufgebauten Realität. Diese Realität verwandelt sich in der Zeit nach festen Gesetzen, wie sie in eindrucksvoller Form von der klassischen Physik beschrieben werden und erlauben insbesondere, aus der Kenntnis eines Zeitschnitts, z.B. dem gegenwärtigen Zustand der Welt, prinzipiell vergangene Konfigurationen ermitteln und zukünftige Ereignisse prognostizieren zu können.

Konkret geschieht dies so, daß der gegenwärtige Zustand als ein Ensemble einer großen Anzahl von nicht mehr weiter zerlegbaren, strukturlosen und unzerstörbaren Bausteinen, etwa „Atomen“ oder „Elementarteilchen“, aufgefaßt wird, die in der Zeit mit sich identisch bleiben und, aufgrund ihrer naturgesetzlich geregelten Wechselwirkungen, mit der Zeit ihre Anordnungen im Raum auf exakt determinierte Weise verändern. Bei dieser prinzipiellen Argumentation bleibt selbstverständlich unberücksichtigt, daß solche Rekonstruktionen in jedem praktischen Fall wegen unserer ungenauen Kenntnis der umfassenden und komplizierten gegenwärtigen Realität und, noch einschränkender, wegen eingepprägter Instabilitäten (chaotische Systeme) nur ungenügend gelingen. Die Zeit als eine lineare Abfolge nicht-koexistenter Realitäten wird ohne weitere Deutung von Anfang an vorgegeben. Das zeitlich Unveränderliche, das 'Beharrende' (was die Abfolge ignoriert) spielt in unserer Wahrnehmung und Beschreibung eine besondere Rolle und wird von uns unmittelbar als 'Materie' begriffen. Die zeitlich unveränderlichen Bausteine der Materie verbürgen gewissermaßen bei dieser klassischen Vorstellung die zeitliche Kontinuität unserer Welt, sie sorgen für die 'Notwendigkeit' zukünftiger Existenz.

Die moderne Physik sieht dies ganz anders. Nach den Vorstellungen der Quantenphysik gibt es das Teilchen im alten klassischen Sinne nicht mehr, d.h. es gibt streng genommen keine zeitlich mit sich selbst identischen Objekte. Es gibt damit im Grunde auch nicht mehr die für uns so selbstverständliche, zeitlich durchgängig existierende, objekthafte Welt. Keine noch so genaue Beobachtung aller Fakten in der Gegenwart reicht prinzipiell aus, um das zukünftige Geschehen eindeutig vorherzusagen, sondern diese eröffnet nur ein bestimmtes Erwartungsfeld von Möglichkeiten, für deren Realisierung sich bestimmte Wahrscheinlichkeiten angeben lassen. Das zukünftige Geschehen ist in seiner zeitlichen Abfolge nicht mehr determiniert, nicht mehr eindeutig festgelegt, sondern es bleibt in gewisser Weise *offen*.

Das Naturgeschehen ist dadurch kein mechanistisches Uhrwerk mehr, sondern hat den Charakter einer *fortwährenden kreativen Entfaltung*. Die Welt ereignet sich gewissermaßen in jedem Augenblicke neu nach Maßgabe einer 'Möglichkeitsgestalt' und *nicht* nach reiner Willkür, eines 'anything goes'. Die Wirklichkeit, aus der sie jeweils entsteht, wirkt hierbei als eine *Einheit* im Sinne einer nicht-zerlegbaren 'Potentialität', die sich auf vielfältig mögliche Weisen realisieren kann, sich aber *nicht* mehr streng als Summe von Teilzuständen deuten läßt. Die Welt 'jetzt' ist nicht mit der Welt im vergangenen Augenblick *materiell* identisch. Nur gewisse Gestalteigenschaften (Symmetrien) bleiben zeitlich unverändert, was phänomenologisch in Form von Erhaltungssätzen - wie den Erhaltungssätzen für Energie, Impuls, elektrische Ladung, usw. - zum Ausdruck kommt. Doch *präjudiziert* die Welt 'im vergangenen Augenblicke' die Möglichkeiten zukünftiger Welten auf solche Weise, daß bei einer gewissen vergrößerten Betrachtung, es so *erscheint*, als bestünde sie aus Teilen und *als ob* bestimmte materielle Erscheinungsformen, z.B. Elementarteilchen, Atome ihre Identität in der Zeit bewahren. Materie erscheint erst sekundär, gewissermaßen als geronnene Potentialität, als geronnene Gestalt.

Zur Beschreibung physikalischer Phänomene kann die moderne Physik nicht mehr von der klassischen Vorstellung von Teilchen als Grundbausteine ausgehen, sondern ihre 'Baelemente' sind 'Elementarprozessoren', komplexwertige, von Zeit und Ort abhängige Feld-'Operatoren'. Sie erzeugen im Raum gewisse Überlagerungen von sich zeitlich ausbreitenden korrelierten hochdimensionalen Wellenfeldern, Möglichkeitsfeldern, deren Intensität die Wahrscheinlichkeit für eine objekthafte Realisierung mißt. Diese Intensität ist empfindlich abhängig von der relativen Phase der sich überlagernden Teilwellen. Vernachlässigt man die durch die Phasenbeziehungen erzeugten Korrelationen, so erhält man die aus der klassischen Physik gewohnte Beschreibung eines Systems, z.B. von über den Raum geeignet verteilten unabhängigen objekthaften Teilchen. Durch eine solche (zunächst ungerechtfertigte) absichtliche Vergrößerung erhält man also in gewisser Weise die klassische Beschreibung zurück. Die Vergrößerung besteht dabei nicht nur darin, daß die Korrelationen, welche die Wirklichkeit zu einem nicht-zerlegbarem Ganzen macht, ignoriert werden - dies mit dem Vorteil, daß man nun getrost von 'Teilen' sprechen kann - sondern daß die dadurch möglichen 'Teile' auch nur in einem vergrößerten Sinne die Eigenschaften von klassischen Teilchen haben. Sie sind entsprechend den Heisenberg'schen Unschärferelationen „unscharf“. In der Beschreibung bevorzugt man deshalb nicht eine Darstellung in Form von Massenpunkten sondern von 'ausgeschmierten Teilchen', wie sie etwa in den bekannten Kalottenmodellen der Chemiker als Abbild der Elektronenverteilung in den Atomhüllen zum Ausdruck kommen.

Vom Standpunkt der neuen Physik aus entsteht eine *Beziehungsstruktur* nicht nur durch vielfältige und komplizierte Wechselwirkungen der vorgestellten "Bausteine" (Atome oder Moleküle), so etwa durch die elektromagnetischen Kräfte der Atomhülle, sondern existiert darüber hinaus aufgrund der wesentlich innigeren und, für die Quantenphysik typischen, holistischen Beziehungsstruktur. Sie verbietet uns strenggenommen, überhaupt sinnvoll von Bausteinen, also von 'Teilen' eines Systems in der ursprünglichen Bedeutung zu sprechen. Materie ist nicht aus Materie zusammengesetzt! Es gilt nicht mehr die Vorstellung, daß der Stoff, die Materie das *Primäre* und die Beziehung zwischen dieser, ihre Relationen, Form und Gestalt, das *Sekundäre* ist. Die moderne Physik dreht diese Rangordnung um: Form vor Stoff, Relationalität vor Materialität. Es fällt uns schwer, uns reine Gestalt, Beziehungen ohne materiellen Träger vorzustellen. Das elektromagnetische Feld, das ohne materiellen Träger (den vermuteten Äther gibt es nicht) den Raum erfüllt, ist eine solche immaterielle 'Gestalt', gewissermaßen ein formiertes Nichts, eine ganzheitliche, hochdifferenzierte Formstruktur, in deren spezieller Differenzierung wir z.B. die für uns bestimmten Telefongespräche, die Radio- und Fernsehprogramme, die Existenz und Beschaffenheit von Sonne, Mond und Sternen und vieles, vieles mehr abtasten können. Oder ein anderes, vielleicht noch anschaulicheres Beispiel: Eine Schallplatte etwa mit der Matthäuspassion von Bach. Wir hören eine Geige, ein Cello, ein Sopran, einen vielstimmigen Chor, ein differenziertes Orchester. Wir nehmen die Schallplatte in die Hand und fragen uns: „Wo ist dieser Sopran?“ Wir sehen auf der Platte nur eine spiralförmig aufgewickelte, verwackelte Rille. Auch wenn wir ein Vergrößerungsglas oder ein Mikroskop zuhelfen nehmen, werden wir den 'Sopran' nicht finden. Der Sopran ist nämlich in der *Gestalt* der Rille verborgen, in einer Beziehungsstruktur verschlüsselt. Die materielle Schallplatte ist dabei nur ein nebensächlicher, austauschbarer Träger, es könnte auch eine CD oder ein magnetisches Tonband sein.

Im Hinblick auf die allgemeine *Quantenphysik* ist der Schallplattenvergleich vielleicht irreführend, da bei der Schallplatte die genaue Positionierung der Rille insgesamt alle Information für die Schwingungsform enthält, die sich dann unserem Ohr als Tongestalt erschließt. Eine genaue Position nehmen wir als eine sich lokal verstärkende Überlagerung von sehr vielen Tönen, als Kurzkrach wahr, wie ihn ein Kratzer verursacht, während ein reiner Ton aus einer über die ganze Rillenlänge verteilten Form resultiert. Hier besteht also eine Analogie zu der Partikel- und Wellenbeschreibung etwa eines Elektrons oder Photons in der *Quantenmechanik*. In der allgemeinen Quantenphysik (mehr als ein „Teilchen“) „lebt“ die Gestalt in höherdimensionalen Räumen, die nichts mehr mit dem 3-dimensionalen Raum unserer begreifbaren Welt gemein hat, aber sehr wohl dort „Abdrücke“ (Realisierungen) hinterläßt.

Es sollte an diesem Punkte vielleicht betont werden, daß eine Überlagerung von Quantenzuständen in gewisser Vergrößerung (Vernachlässigung der Phasenbeziehungen) nicht nur zum alten klassischen Teilchenbild zurückführt, sondern bei einer anderen Vergrößerung, welche auf die Phasenbeziehungen (Kohärenz) achtet, auch die klassischen Wellenphänomene (wie etwa das elektromagnetische Strahlungsfeld) beschreiben kann. Die den Quantenzuständen eingeprägte Teilchen/Welle Ambivalenz erscheint also nochmals im makroskopischen Grenzfall in Form einer entsprechenden Dualität von klassischen Teilchen und klassischen Wellenfeldern, also zwei komplementären klassischen Paradigmen. Dieser Aspekt könnte in der Biologie für die Frage der genetischen und epigenetischen Determination in der Entwicklung von Organismen von Bedeutung sein (s. z.B. Strohmann 1997). Die Beziehung genetisch <--> epigenetisch könnte dann in gewisser Analogie zur Beziehung 'lokale materielle Struktur (lokale Auslenkung der Rille)' <--> 'durch Abspielen hörbare phänomenologisch ausgeprägte Tongestalt (Verbiegungen oder ganzheitliche Wellenform der Rille) bei unserem Schallplattenbeispiel gesehen werden.

Quanten-Systeme, Systeme von vielen Quantenzuständen („Teilchen“) sind streng genommen nicht mehr ‘Systeme’, sondern eine ganzheitliche differenzierte Prozeßstruktur. *Differenzierung erlaubt Unterscheidung, ‘Artikulation von Momenten’* (Rombach 1994), *aber nicht Aufteilung*. Betrachtet man Quantensysteme näherungsweise als Systeme, so sind diese nicht nur hochkomplizierte, sondern hoch*komplexe* Systeme. Hierbei soll die Bezeichnung "Komplexität" zum Ausdruck bringen, daß solche Systeme sich überhaupt nicht mehr ohne ‘Zerreißen’ irgendwelcher Verbindungen auf einfachere Systeme zurückführen lassen. Bei ihnen gelingt also strenggenommen nicht mehr der für unsere Wissenschaft übliche und letztlich methodisch notwendige Reduktionismus. Die moderne Chaostheorie lehrt uns darüber hinaus, daß bei eingepprägten Instabilitäten eine Nichtberücksichtigung selbst winziger Korrelationen das Ergebnis unzulässig stark verfälschen kann und damit eine solche Reduktion auch nicht einmal näherungsweise möglich wird.

War die Analyse eines Systems immer schon einfacher als die nachfolgende Synthese der an seinen Teilen gewonnenen Einsichten, so wird die vollständige Synthese des Gesamtsystems, unter den Bedingungen der neuen Physik, zu einem noch weit schwierigeren und letztlich sogar unmöglichen Unterfangen. Aus alter Sicht war nur nötig, die Teile und ihre Eigenschaften möglichst genau zu analysieren, zu denen auch die von ihnen ausgehenden Kraftwirkungen gehörten. Bei der Synthese mußte dann nicht nur die Materie der Teile addiert, sondern zusätzlich die von diesen ausgehenden Kraftwirkungen geeignet überlagert werden. Bei einer großen Zahl der Teile konnte dies leicht zu einem extrem komplizierten Problem auswachsen, das aber prinzipiell lösbar blieb und in der Regel auch praktisch durch statistische Methoden bewältigt werden konnte.

Die der Quantenphysik zugeordnete Statistik ist jedoch eine Stufe raffinierter als die übliche Statistik, die wir im Falle unzureichender Kenntnis der Sachverhalte anwenden. Denn die Quantenstatistik basiert auf der ‘Sowohl/Als auch’-Potentialität und nicht einer unscharfen ‘Entweder/Oder’-Realität. Im Gegensatz zu der uns gewohnten Wahrscheinlichkeit, die alle Werte von Null (Unmöglichkeit) bis Eins (Gewißheit) annehmen kann, ist die Potentialität der Quantenphysik *nicht positivwertig*. Sie kann (komplexwertig) "wellenartig" von +1 bis -1 variieren und bei Überlagerung von mehreren Wellen - und das ist das Charakteristische von Wellen - je nach ihrer *Phasenbeziehung* (relative Lage der Wellenberge- und -täler) sich dabei nicht nur verstärken, sondern auch bis zur totalen Auslöschung abschwächen.

So steht das Getrennte (etwa durch die Vorstellung vieler isolierter Atome) nach neuer Sichtweise nicht am Anfang der Wirklichkeit, sondern die *näherungsweise Trennung ist mögliches Ergebnis einer Strukturbildung*, nämlich: *Erzeugung von partieller Unverbundenheit durch Auslöschung im Zwischenbereich* (Dürr 1992, 1997). Dies erinnert in gewisser Weise an die Entwicklung eines biologischen Organismus aus einer einzigen Zelle durch sukzessive „Zellteilungen“, die nicht durch Auftrennung, sondern durch die wiederholte Ausbildung von halbabgrenzenden Zellwänden erfolgt. Dies ist jedoch nur als Gleichnis gemeint, weil die Gestaltbildung der Wirklichkeit nicht in dem von uns wahrgenommenen dreidimensionalen Raum geschieht.

Die Beziehungen zwischen Teilen eines Ganzen ergeben sich also nicht erst sekundär als Wechselwirkung von ursprünglich Isoliertem, sondern sind Ausdruck einer *primären Identität von Allem*, einer *‘Idemität’* (Rombach 1994). Eine Beziehungsstruktur entsteht also nicht nur sekundär durch *Kommunikation*, einem wechselseitigen Austausch von (energetragenden und

deshalb physikalisch nachweisbaren) Signalen verstärkt durch Resonanz, sondern gewissermaßen auch primär durch *Kommunion*, durch Identifizierung.

4. Konsequenzen der modernen Physik für unsere Lebenswelt

Vermutlich hat sich unser (bewußtes) Denken im Zusammenhang mit unserer Greifhand entwickelt. Gewissermaßen durch einen *virtuellen* Probelauf des beabsichtigten physischen Handelns und Begreifens soll es uns helfen, den Erfolg des *tatsächlichen* Entweder/Oder-Handelns und Begreifens (im wörtlichen Sinne) zu erhöhen. Dadurch wird wohl verständlich, warum unserem Denken die 'Sowohl/Als auch'-Struktur der Wirklichkeit, die sich in ihrer Wellennatur ausdrückt, so fremdartig und unbegreiflich erscheint. Da wir in der uns über unsere Sinne direkt zugänglichen Lebenswelt, in der wir uns zurechtfinden und (im naiven Sinne) 'darwinistisch' bewähren müssen, nur mit sehr großen Anzahlen dieser eigentümlichen, etwas irreführend als "Bausteine" der Materie titulierten Elementarprozessen umgehen müssen, haben wir es immer nur mit statistischen Gesamtheiten zu tun, in denen jegliche lokale Besonderheit und Verschiedenartigkeit weitgehend herausgemittelt ist. Die Vermutung erscheint deshalb völlig berechtigt, daß bei großen Anzahlen von Molekülen und Atomen in der Größenordnung von Billionen mal Billionen, welche die Objekte unserer Lebenswelt bilden, wir uns über die mikroskopische Exotik der neuen Physik wahrhaftig nicht den Kopf zerbrechen sollten. Dies hieße: Die im Grunde 'Sowohl/Als auch-Wirklichkeit' stellt sich eigentlich in der für uns direkt erlebbaren makroskopischen, hochaufgemischten Welt in extrem guter Annäherung eben wie die uns wohlvertraute, zerlegbare, objekthafte, materielle 'Entweder/Oder'-Realität dar, auf die hin sich unsere reflektierende Rationalität (unser Verstand) so hervorragend entwickelt und eingestellt hat.

Wir wissen nun schon, daß diese Vermutung so nicht allgemein gültig sein kann. Jede physikalische Messung, die uns die Eigentümlichkeiten der Quantenphysik offenbart, zeigt uns doch eine Möglichkeit, wie die Mikrowelt sich auch makroskopisch bemerkbar machen kann. Dies bedarf immer irgendwelcher Verstärkungsmechanismen, die mit Instabilitäten und daraus resultierenden, lawinenartig ansteigenden Kettenreaktionen zusammenhängen. Durch positive Rückkopplungen lösen mikroskopische Einzelprozesse weitere ähnliche Prozesse aus und führen damit zu einer praktisch unbegrenzten irreversiblen Vermehrung, die dann makroskopisch als 'Faktum' registriert werden kann.

Die anziehenden Kräfte zwischen elektrisch entgegengesetzt geladenen Bausteinen der Materie ermöglichen lokale Anhäufungen großer Mengen solcher Bausteine. Aufgrund der Wärmebewegung der Bausteine geht man davon aus, daß sich die Phasenbeziehungen der zugehörigen Materiewellen statistisch wegmitteln, die Phasenstrukturen „verrauschen“. Die quantenmechanisch-holistische Beziehungsstruktur würde dadurch effektiv verloren gehen und die übliche klassische Beschreibung gültig werden.

Bei sehr tiefen Temperaturen in der Nähe des absoluten Temperatur-Nullpunkts kann es jedoch unter bestimmten Umständen passieren, daß die dann einfrierende, immer schwächer werdende Wärmebewegung die quantenmechanische Kohärenz der Materiewellen nicht mehr verwackeln kann. Hier bilden sich dann *Quantenzustände von makroskopischer Dimension* heraus. Sie besitzen eigentümliche Eigenschaften, wie die der Supraleitung und der Suprafluidität, die oberhalb charakteristischer Sprungtemperaturen von wenigen Grad Kelvin wieder verschwinden. Supraleitende Magneten gibt es heute in Hochenergielabors in metergroßen Ausführungen.

Doch auch bei Zimmertemperatur können sich bei geeigneten Wechselwirkungen oder Korrelationen zwischen 'Bausteinen' ähnliche makroskopische Quantenstrukturen ausbilden. So erzwingt die von der Quantenphysik geforderte Identität aller Elektronen (die viel einschränkender ist als die Nichtunterscheidbarkeit der Elektronen) aufgrund des daraus resultierenden Pauliprinzips (allgemeiner: der Antisymmetrisierung der Vielelektronenwellenfunktion) eine Parallelstellung der Spins von Elektronen in den überlappenden Hüllen von benachbarten Eisenatomen. Daraus resultiert (unterhalb der charakteristischen Curie-Temperatur von Eisen von etwa 770 °C) eine spontane Gleichstellung der Spins und der damit verbundenen magnetischen Momente aller Elektronen in eine Richtung und erzeugt durch diesen wechselseitigen 'Versklavungsprozeß' ein Phänomen, das uns als Ferromagnetismus bekannt ist.

Wichtig bei all den angegebenen Beispielen erscheint die Feststellung: Die *Größe* (im Sinne einer Nicht-Kleinheit) eines Objekts *reicht als Kriterium allein nicht aus, um eine totale Unterdrückung der für die Quantenphysik charakteristischen, holistischen Zustandsformen* und damit eine effektive Dominanz rein klassischer Erscheinungsformen zu erreichen.

Ich möchte aber noch einen Schritt weitergehen. Die bisher aufgeführten makroskopischen Quantenstrukturen sind immer noch recht speziell, da sie sich alle nur in der Nähe des thermodynamischen Gleichgewichtszustandes des Systems herausbilden. Ganz neuartige Ordnungs-Phänomene treten auf, wenn man sich weit von diesem Gleichgewichtszustand entfernt. Dies verlangt, daß man dem System dauernd arbeitsfähige (geordnete) Energie von außen zuführt. Das bekannteste Beispiel dafür ist der LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) oder Quantengenerator. Hier entlädt sich ein Medium, das durch Lichteinstrahlung geeignet auf eine instabile Zustandskonfiguration (Besetzungsinversion) hochgepumpt wird, in Form einer kollektiven, *quantenmechanisch kohärenten* (also streng phasenkorrelierten und monochromatischen) Vielphotonen-Lichtwelle. Durch den stetigen Energiedurchfluß wird also auch hier erreicht, daß sich die mikroskopische quantenmechanische Grundstruktur *makroskopisch* ausprägen kann.

In gewisser Weise ist dieser Vorgang ein *quantenmechanisches Analogon* zu den von Prigogine und anderen beschriebenen Verhalten klassischer 'dissipativer Systeme' fern vom thermodynamischen Gleichgewicht, die zur Bildung von bestimmten Ordnungsmustern neigen (Prigogine, Nicolis 1977).

5. Materie und ihre Lebendigkeit

Die mögliche Ausbildung makroskopischer Quantenstrukturen (Kohärenz) bei energiegepumpten Systemen legt nun nahe, nicht bei Systemen der sogenannten unbelebten Natur stehen zu bleiben. So drängt sich hier doch die interessante Hypothese auf, das *Phänomen des Lebendigen* unmittelbar mit der neu entdeckten, *fundamentalen ganzheitlichen Struktur der Wirklichkeit* in Zusammenhang zu bringen. Biologische Systeme könnten in der Tat ähnlich wie ein Laser funktionieren. Denn biologische Systeme sind, wie der Laser, offene Systeme, die zur Aufrechterhaltung ihrer Funktion eine stetige Zufuhr von arbeitsfähiger Energie benötigen und diese aus ihrem Metabolismus durch "Nahrungsaufnahme" beziehen. Durch eine genügend starke Energiepumpe könnten sich in geeignet konstruierten und in bestimmten Substraten eingebetteten Makromolekülen oder Molekülsystemen thermische Ungleichgewichtszustände erzeugen lassen, durch die (etwa über Mechanismen, die der Bose-Einstein-

Kondensation ähneln oder dieser analog sind) gewisse niederfrequente kollektive Schwingungsmoden mit großer Stärke kohärent angeregt werden. Insbesondere haben Fröhlich (Fröhlich 1968,1969) und in der Folge andere Forscher interessante

quantenfeldtheoretische Beispiele von dieser Art angegeben, die für eine Interpretation lebendiger Systeme geeignet erscheinen. Hierbei spielen die elektrischen Dipoleigenschaften der Biomoleküle die Rolle des quantenmechanischen Ordnungsparameters. E. del Giudice *et al.* haben die dazu entwickelten quantenfeldtheoretischen Überlegungen in interessanten Veröffentlichungen zusammengefaßt (Del Giudice, Doglia, Milani, Vitiello 1985, 1986, 1988; siehe auch Dürr 1997).

Sollte ein solcher Ansatz erfolgreich sein, so hieße dies in gewisser Weise, daß die für die Erklärung des Lebendigen vielfach herangezogene *klassische Musterbildung in chaotischen, dissipativen Systemen* (Prigogine, Nicolis 1977) darüber hinaus auch unter gewissen Bedingungen zu einer Ausprägung *makroskopischer Quantenstrukturen* führen könnte, bei der der ganzheitliche Zusammenhang über Phasenkorrelationen (Kohärenz), wie in der Mikrowelt, eine wesentliche Rolle spielen sollte.

All dies reicht jedoch noch nicht aus, um schlüssig einen direkten Zusammenhang zwischen den Gesetzmäßigkeiten der neuen Physik (der Quantenphysik mit ihrer wesentlichen Erweiterung auf Vielteilchensysteme und Quantenfeldtheorie) und den Erscheinungsformen des Lebendigen zu konstruieren. Parallelen fallen jedoch unmittelbar ins Auge und sollten deshalb zum Anlaß genommen werden, in der Biologie und, darüber hinausgehend, in der Medizin, sich gemäß den neuen Einsichten intensiver mit den, im klassischen Sinne, unkonventionellen Vorstellungen zu befassen. Ich wundere mich, daß dies nicht schon lange in der Molekularbiologie geschehen ist. Denn bei der Beschreibung der Atome und Moleküle von Makromolekülen wird immer noch als selbstverständlich angenommen, daß man dabei im wesentlichen mit den Approximationen der Chemiker auskommen kann.

Ich möchte etwa an die bekannten Kalottenmodelle komplizierter Makromoleküle der Chemiker erinnern und hier z.B. an das oft abgebildete Modell der DNS-Doppelhelix. Im DNS-Makromolekül soll der Entwicklungsplan eines Lebewesens in Form einer speziellen Abfolge bestimmter Basismoleküle (Nukleotide), ähnlich den getrennten Schriftzeichen in einem Text, verschlüsselt sein. Die sich überlappenden Kalotten der aneinander hängenden Atome, welche diese Moleküle aufbauen, sollen hier eine grobe Vorstellung von den (quantenmechanischen) Elektronenverteilungen in den Atomen vermitteln. Genauer gesagt - so sieht dies der Physiker - ist die Kalotte eine anschauliche Darstellung des Bereichs, in dem mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Elektron angetroffen werden kann. In dieser Hinsicht geht also schon ein Teil der quantenmechanischen Verfeinerung ein. Wichtig ist jedoch: Es wird bei dieser Darstellung nur die *Intensität* und *nicht die Phase* der Elektronenwellen berücksichtigt, die im Überlappungsbereich der Kalotten eine wesentliche Rolle spielen. In dieser verstümmelten Form können die Elektronen nichts mehr voneinander 'wissen', der holistische Zusammenhang wird vernachlässigt.

Der bisherige Erfolg des Standpunkts, daß nur Intensitäten, also Wahrscheinlichkeiten für eine Beschreibung genügen, ist m.E. noch kein ausreichender Beweis, daß in der dabei unberücksichtigt bleibenden Phasenstruktur der durch Überlagerung der Teilwellen von Millionen von Elektronen gebildeten Gesamtwellen (einem total antisymmetrisierender Produkt der Teil-Wellenfunktionen) der DNS-Doppelhelix nicht doch *wie bei einem Hologramm* für die Gestaltbildung wesentliche zusätzliche Informationen verschlüsselt sind. So glauben wir ja auch im Alltag durch eine normale photographische Aufnahme uns ein außerordentlich naturgetreues Abbild unserer Umgebung verschaffen zu können, obgleich uns die Wellenoptik lehrt, daß uns beim Photographieren ein Großteil der durch das Licht vom

Objekt her übertragenen Information verloren geht, die wir uns nur durch raffinierte Methoden, wie sie die (im Vergleich zum oben erwähnten Falle viel einfachere) optische Holographie anbietet, zugänglich machen können.

6. Mögliche Bedeutung für die heutige Biologie

Die moderne Biologie ist heute so von den Erfolgen der analytischen Betrachtung des Lebendigen beeindruckt, daß sie sich immer weiter von einer mehr ganzheitlichen Betrachtungsweise entfernt. Und sie tut dies in der Überzeugung, daß sie damit den Forderungen der exakten Naturwissenschaften am besten entgegenkommt. Dies ist aber eigentlich nicht der Fall. Ich möchte dabei betonen: Es geht hierbei nicht um die Frage eines 'Entweder/oder', sondern vielmehr um die einer *geeigneten Ergänzung* der heute dominanten analytischen Betrachtung. Es gibt klarerweise eine Komplementarität zwischen der analytischen, fragmentierenden, örtlich fokussierenden und der mehr ganzheitlichen, gestaltwahrnehmenden, beziehungsorientierten Sichtweise. Je nach Fragestellung ist die eine oder andere Sichtweise mehr oder weniger angemessen. Die analytische, fragmentierende Sichtweise hat den Vorteil, daß sie zu objektivierbaren Ergebnissen führt und deshalb in unserer Sprache direkt vermittelbar ist. Sie hat jedoch den Nachteil, daß in gewissem Grade offen bleiben muß, ob durch die bei der Analyse notwendige Isolation des Beobachtungsgegenstandes möglicherweise seine Identität und Funktionsweise wesentlich verändert worden ist. In der Mikrophysik ist dies offensichtlich der Fall: Jede Isolation von Teilsystemen zerstört die vorher bestandenen Phasenbeziehungen der Materiewellen zum Restsystem, und damit die Gesamtkohärenz der Teilchenwellenfunktionen.

Die mehr ganzheitliche Betrachtungsweise muß sich andererseits mit der prinzipiellen Schwierigkeit auseinandersetzen, daß bei ihr Aussagen kaum, oder genauer gesagt: gar nicht mehr, in einem Sinne nachkontrolliert werden können, wie dies für eine moderne Wissenschaft idealiter als notwendig erachtet wird. Diese Schwierigkeit kann strenggenommen nicht beseitigt werden, weil sie in der ganzheitlichen Struktur selbst begründet liegt. So lassen sich insbesondere kaum experimentelle Situationen herstellen, welche als genügend 'gleichartig' gelten können, um für eine Nachprüfung im üblichen Sinne geeignet zu sein. Es ist also in diesem Falle nötig, mit anderen 'Wahrheitskriterien', oder vielleicht sollte man besser sagen: 'Stimmigkeitskriterien', zu arbeiten.

Weil also die üblichen statistischen Methoden der Verifikation und Falsifikation nicht mehr anwendbar sind, wird es wohl noch einige Zeit dauern, bis wir auf diesem Terrain mehr Trittsicherheit gewinnen. Denn diese ist notwendig, um zu verhindern, nicht auf der anderen Seite in ein 'anything goes' abzurutschen. Auch im besten Falle wird bei dieser Herangehensweise nie 'Wissen' in der heute von der Wissenschaft verwendeten strengen Bedeutung zu erlangen sein. Die Quantenphysik gibt mit ihren definitiven Wahrscheinlichkeitsaussagen ein interessantes Beispiel, wie ein zunächst nur qualitatives Wissen in einem gewissen Grade doch wieder quantitativ faßbar wird und damit die totale Willkür vermeidet.

Biologen und besonders Molekularbiologen, die von der Sache her eigentlich den Überlegungen eines Physikers am nächsten stehen sollten, sind heute in der Regel davon überzeugt, daß alle diese hintergründigen Betrachtungen eines Quantenphysikers für die Biologie völlig irrelevant sind. Die neuerlichen großartigen Erfolge der Molekularbiologie, so glauben sie, haben hinreichend deutlich gemacht, daß die (wie ich das genannt habe) 'vergrößerten' Vorstellungen des Mikrokosmos des Chemikers für ein Verständnis der

biologisch relevanten Bausteine und ihrer Prozesse vollkommen ausreichen. Das kann so sein, muß es aber nicht, da die dabei als Begründung vorgebrachten Argumente aus meiner Sicht nicht stichhaltig sind.

Meine dezidierte Haltung ist dabei wesentlich von meinen Erfahrungen als Physiker in der Atom- und Molekülphysik geprägt. Hier gilt unbestritten und unangefochten die Quantenphysik. Also muß sie auch notwendig für alle Wissenschaftsbereiche gelten, die darauf aufbauen. Und dazu gehört nun einmal die Chemie und die Biologie, vor allen die Molekularbiologie, die ja auch in ihrer Definition an die chemisch-physikalischen Fragestellungen direkt anknüpft. Das wird auch anerkannt. Die entscheidende Frage dabei ist allerdings, ob die Quantenphysik auch *effektiv* dabei eine Rolle spielt. Sie könnte in der für die Biologie maßgeblichen Größenordnung durchaus in ihrer Wirkung so total 'verrauscht' sein, daß sie mit gutem Recht durch die klassische Physik und die daraus abgeleitete klassische Chemie ersetzt werden kann.

Das prominente Beispiel für ein solches Verhalten ist offensichtlich die unbelebte Materie in vergleichbaren Größenordnungen. Aber auch dieses Bild ist nicht ganz so eindeutig (siehe Supraleitung usw.), wie die meisten meinen. Dazu und vor allem: Die unbelebte Materie als ein vergleichbares Beispiel anzuführen hat den großen Nachteil, daß man leichtfertig eine hochinteressante Möglichkeit verschenkt, endlich einen überzeugenden Unterschied zwischen den Erscheinungsformen der unbelebten und belebten Materie ausmachen zu können, ohne von Anfang an von zwei verschiedene Arten von Materie, unbelebt und belebt, ausgehen zu müssen.

Es ist mir psychologisch verständlich, daß man mitten in einem erfolgreichen Rennen nicht gerne die Pferde wechseln möchte. So ist doch die erdrückende Mehrheit der Biologen der Auffassung, daß die empirischen Erfolge voll die Richtigkeit der bisherigen Vorstellungen zu bestätigen scheinen. Angesichts der ungeheuren Komplexität dieses Gebiets und der Fülle der noch unverbundenen Phänomene ist allerdings nicht ganz verständlich - und dies ist nicht abfällig gemeint -, wie in einem solchen Dickicht eine richtige Fährte überhaupt definiert werden soll. Solange sich selbstverständlich keinen Alternativen anbieten, wird man versuchen im vertrauten Unterholz, in der Hoffnung an eine baldige Lichtung, sich weiter eine Trasse zu schlagen. Dies fällt heute um so leichter, weil die 'materialistische' Deutung des Lebendigen dem weltweiten Herrschaftsstreben hervorragend entgegenkommt. Hier wittern viele eine enorme Ausweitung ihrer Märkte. Der heutige internationale Boom in der Gentechnologie mit seinen ungeheuren Finanzierungsmöglichkeiten ist doch ohne diese handfesten wirtschaftlichen Interessen nicht verständlich. Denn die Behauptung, damit dem Menschen, dem *Homo sapiens sapiens* in seiner Vollgestalt wirksam zu dienen und ihm langfristig in seinen eigentlichen Nöten zu helfen, kann doch kaum wirklich ernst genommen werden.

Andererseits wird auch bei einigen Biologen eine wachsende Skepsis erkennbar, ob eine detaillierte Beschreibung dieser immensen Vielzahl von räumlich und zeitlich kompliziert ineinander verwobenen physikalisch-chemischen Prozeßketten auch tatsächlich für eine vollständige Erklärung der Lebensprozesse ausreicht. Eine unvoreingenommene Betrachtung der lebenden Natur in ihrer unentwirrbaren Komplexität scheint uns doch gerade die unmittelbare Vorstellung aufzudrängen, daß es hier unbedingt noch eine im Hintergrund wirkende gestaltende Kraft geben muß, welche für die wesentlichen Initiierungen und die nötigen Differenzierungen sorgt sowie alle diese Prozesse in ihrem Zusammenspiel geeignet koordiniert. Wir verdrängen heute diese 'offensichtliche' Sichtweise unter dem Eindruck der höchst bemerkenswerten Erfolge analytisch-naturwissenschaftlicher Modelle. Wir verkennen dabei, daß, wie schon früher betont, die weitverbreitete Vermutung nicht schlüssig ist, eine

Abweichung von den jetzigen Vorstellungen (etwa in Richtung der holistischen Quantenphysik) müsse *notwendig* bei den bisher durchgeführten Untersuchungen *zu völlig anderen* und deshalb *empirisch bereits widerlegten Ergebnissen* führen. Wir sollten uns vielmehr in dieser Hinsicht an den schon oben erwähnten Fall erinnern: Die Feststellung der *prinzipiellen Relevanz* der vielfältigen Phasenbeziehungen der von einem beobachteten Objekt ausgehenden verschiedenen Lichtwellen, welche die moderne Holographie heute auch praktisch für eine vollständigere Erfassung dieses Objekts erfolgreich benutzt, hat nicht dazu geführt, daß die ganz normale Photographie, die nur Lichtintensitäten registriert, etwas von ihrer Bedeutung eingebüßt hat. So könnte sich wohl, in Analogie dazu, eine mögliche Relevanz der mikroskopischen Gesetzmäßigkeiten vor allem in *zusätzlichen ganzheitlichen Beziehungen* bemerkbar machen und damit uns *zusätzliche wesentliche Einblicke* eröffnen. Solche Einblicke könnten u. U. eine Erklärung für die offensichtlichen Unzulänglichkeiten und das (gelegentliche) Versagen mechanistischer und chemischer Modelle liefern. Sie sollten uns motivieren, neue Ansätze zu erproben. Es lohnt sich, so glaube ich, hier künftig offener und aufmerksamer zu sein und interessante mögliche Weiterungen nicht von vornherein dogmatisch auszuschließen. Es gibt hierzu schon interessante Vermutungen und Ansätze, die vermehrt aufgegriffen und energisch weiterverfolgt werden sollten (s. z.B. Strohman 1997).

7. Schlußbetrachtungen

Unsere Ausgangsfrage: Läßt sich Biologie letztlich auf Physik zurückführen? kann aufgrund unserer heutigen Einsichten nicht mit einem klaren 'ja' oder 'nein' beantwortet werden. Wenn wir die Frage etwas anders stellen würden, wie etwa: Erfordert das Verständnis des Lebendigen mehr als die Gesetzlichkeit der Physik? - wobei ich beim Lebendigen sogar den Menschen mit seinem Geist und seinem Bewußtsein mit einbeziehen würde, weil ich große Hemmungen hätte, innerhalb des Lebendigen nochmals neue Schranken zu errichten - so würde meine Antwort wohl sehr in die Nähe eines 'nein' rücken. Dies setzt jedoch voraus, daß wir uns darauf verständigen, uns dabei auf die moderne holistische Struktur der Physik zu beziehen und nicht auf die stark vereinfachte mechanistische, linear-kausalanalytische klassische Beschreibung. Unter diesen Umständen muß jedoch der Begriff 'Verständnis' relativiert werden, da 'Verständnis' wegen der prinzipiellen Unmöglichkeit einer vollständigen Reduktion in der Quantenphysik, nicht mehr mit einer 'Erklärung' im üblichen Sinne gleichgesetzt werden kann. Der prinzipielle Holismus der Wirklichkeit als komplexe Potentialität eines Gesamtsystems läßt nämlich nur noch näherungsweise eine Reduktion auf (komplizierte) Verknüpfungen von einfacheren Teilsystemen zu. Solche Näherungen können jedoch in einem eingeschränkten Feld von Fragestellungen oder in Bezug auf spezielle, einfachere Systeme in hohem Maße gültig und für praktische Anwendungen brauchbar sein. So haben insbesondere unsere Aussagen über das Verhalten der sogenannten unbelebten Materie, welche diese einfachere Struktur hat, eine hohe Prognosesicherheit und befähigen uns zur Konstruktion von zuverlässig und wunschgemäß funktionierenden Maschinen, wie uns dies der tägliche Umgang mit unserer hochkomplizierten Technik lehrt.

Die hier propagierte erweiterte Betrachtungsweise verurteilt uns also nicht zu Blindheit bezüglich zukünftigen Geschehens und totaler Ohnmacht bei seiner möglichen Gestaltung, aber sie zeigt uns deutlich Grenzen auf, die uns prinzipiell daran hindern, die Zukunft 'in den Griff' bekommen zu können. Insbesondere sollten wir ein Lebewesen - eine Pflanze oder ein Tier oder einem Menschen - nie mit einer Maschine verwechseln, da eine Maschine, trotz hoher Kompliziertheit, ihre ganzheitliche, 'lebendige' Struktur durch Ausmittelung im wesentlichen eingebüßt hat. Ein Lebewesen ist vielmehr wie ein Gedicht, das auf jeder Organisationsstufe - Buchstabe, Wort, Satz, Strophe - weitere Dimensionen erschließt und neue Eigenschaften zum Ausdruck bringt.

Aber dies wäre immer noch etwas, was in der Systemtheorie heute vielfach mit „Emergenz“ beschrieben wird (s. z.B. Mainzer 1998, Dürr 1998). Doch ein Gedicht wird ja erst zu einem Gedicht in seiner vollen Bedeutung, wenn es auf der höheren Ebene betrachtet wird, auf der auch der verständige, empfindsame und deutungsfähige Mensch eingebunden wird. Durch das verständige Lesen des Gedichts entsteht eine innige Verbindung zwischen Leser und Gedicht, die diesem erst ihren Sinn verleiht. Ganz allgemein erfolgt eine volle Sinngebung letztlich nur durch den Umstand, daß die Wirklichkeit ein primär nicht-auftrennbares Ganzes, das Eine, das Nicht-Zweihaftes, das non-aliud Cusanus' bildet, von dem wir als Betrachter nicht ein „Teil“, sondern nur ein „Moment“ einer bestimmten Artikulation sind, für den sich der „Sinn“ aus der „Idemität“, im Bezug auf das Eine erschließt.

Literatur

- Del Giudice, E., Doglia, S., Milani, M., Vitiello, G.: A Quantum Field Theoretical Approach to the Collective Behavior of Biological Systems, Nuclear Physics B251 (1985), p. 375
- Del Giudice, E., Doglia, S., Milani, M., Vitiello, G.: Electromagnetic Field and Spontaneous Symmetry Breaking in Biological Matter, Nuclear Physics B275 (1986), p. 185
- Del Giudice, E., Doglia, S., Milani, M., Vitiello, G.: Structures, Correlations and Electromagnetic Interactions in Living Matter: Theory and Applications, in: Biological Coherence and Response to External Stimuli, Ed. H. Fröhlich, Springer, Berlin, 1988, Zeitschrift für Praktische Anthropologie, Cappenberg
- Dürr, H.-P.: Das Eine, das Ganze und seine Teile, 1992 zum 80. Geburtstag von C. F. von Weizsäcker, In: Poesis 8, 1993, Hrsg. R. zur Lippe
- Dürr, H.-P.: Ist Biologie nur Physik? Universitas, Zeitschrift für interdisziplinäre Wissenschaft, No. 607, 1997, S.1
- Dürr, H.-P.: Sheldrake's Vorstellungen aus dem Blickwinkel der modernen Physik. In: Rupert Sheldrake in der Diskussion, Hrsg. Dürr, H.-P., Gottwald, F.-Th., Scherz 1997, S. 224
- Dürr, H.-P.: Complex Reality: Differentiation of One versus Complicated Interaction of Many, viewed by a Quantum Physicist. In: From Simplicity to Complexity, Information-Interaction-Emergence, Eds. Mainzer, K., Müller, A., Saltzer, G., Vieweg 1998, S.19
- Fröhlich, H.: Long-Range Coherence and Energy Storage in Biological Systems, International Journal of Quantum Chemistry 2, 1968, S.641
- Fröhlich, H.: Quantum Mechanical Concepts in Biology, in: Contributions to Physics and Biology, Ed. M. Marois, North Holland, Amsterdam 1969, S. 13
- Kuhn, Th.: The Structure of Scientific Revolutions, University of Chicago, 1962. Deutsch: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen, Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft, 1973
- Mainzer, K., Müller, A., Saltzer, G., Eds: From Simplicity to Complexity, Information-Interaction-Emergence, Vieweg, Braunschweig-Wiesbaden, 1998
- Prigogine, I., Nicolis, G: Selforganisation in Non-Equilibrium Systems - From Dissipative Structures to Order Through Fluctuations, John Wiley, New York, 1977
- Rombach, H.: Der Ursprung - Philosophie der Konkreativität von Mensch und Natur, Rombach, Freiburg, 1994
- Strohman, R.C.: Epigenesis and Complexity: The coming Kuhnian revolution in biology, Nature Biotechnology Vol. 15, 1997, S. 194

