

KARLSRUHER STUDIEN
TECHNIK UND KULTUR

TECHNIK UND KULTUR
TECHNIK UND KULTUR
TECHNIK UND KULTUR
TECHNIK UND KULTUR

Technikzukunft als Medium von Zukunftsdebatten und Technikgestaltung

A. Grunwald

Armin Grunwald

**Technikzukünfte als Medium von Zukunftsdebatten
und Technikgestaltung**

Karlsruher Studien Technik und Kultur
Band 6

Herausgeber:

Prof. Dr. Gerhard Banse

Prof. Dr. Andreas Böhn

Prof. Dr. Armin Grunwald

PD Dr. Kurt Möser

Prof. Dr. Michaela Pfadenhauer

Technikzukünfte als Medium von Zukunftsdebatten und Technikgestaltung

Armin Grunwald

Umschlaggestaltung: Christian-Marius Metz

Impressum

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
KIT Scientific Publishing
Straße am Forum 2
D-76131 Karlsruhe
www.ksp.kit.edu

KIT – Universität des Landes Baden-Württemberg und nationales
Forschungszentrum in der Helmholtz-Gemeinschaft



Diese Veröffentlichung ist im Internet unter folgender Creative Commons-Lizenz
publiziert: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>

KIT Scientific Publishing 2012
Print on Demand

ISSN: 1869-7194
ISBN: 978-3-86644-928-2

Inhalt

Vorwort	11
Kurzfassung	13
Danksagung	17

Warum Erforschung und Reflexion von Technikzukünften sinnvoll und notwendig sind – ein Prolog	19
1 Motivation und Hintergrund	19
2 Was sind Technikzukünfte und warum stehen sie im Plural?	23
3 Technikzukünfte als analytisches Konzept	25
4 Überblick über das Buch	27

Teil I

Zukunft, Technik und Gesellschaft

Rationale Technikgestaltung oder blinde Evolution?	31
1 Einführung und Überblick	31
2 Divergierende Zukunftsverständnisse	32
3 Die Gestaltbarkeit von Technik	38
4 Die gesellschaftliche Gestaltbarkeit von Technik	40
5 Die rationale gesellschaftliche Gestaltbarkeit von Technik	44
6 Resumé und Ausblick	50

Determiniert der technische Fortschritt die Gesellschaft oder die Gesellschaft den technischen Fortschritt?	55
1 Zwischen Technik- und Sozialdeterminismus	55
2 Was besagen Sozial- und Technikdeterminismus genau?	59
3 Zeitbezüge und Kausalverhältnisse	63
4 Schlussfolgerungen für die Technikfolgenabschätzung	70
Innovation: Ambivalenzen des Neuen und Bedingungen des Erfolgs	75
1 Einleitung	75
2 Zur Semantik der Innovation	77
3 Die Ambivalenz von Innovation	81
4 Innovation und Technikzukünfte	84
Teil II	
Visionäre Technikfelder	
Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft	89
1 Einführung und Überblick	89
2 Zukunftsdimensionen der Nanotechnologie	91
3 Reden über Zukunft	98
4 Widersprüche, Paradoxa und Anachronismen	106
5 Visionen der Nanotechnologie: Relevanz und Ambivalenz	113
6 Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft	121
Menschenzukünfte im Medium der Technik.	
Orientierungsnotwendigkeiten und Herausforderungen	129
1 Orientierungssuche im wissenschaftlich-technischen Fortschritt	129
2 Visionen der technischen Verbesserung des Menschen	130
3 Kontingenzsteigerung und Zukunftskommunikation	132
4 Ambivalenzen der Orientierungssuche durch Visionen	135
5 Analyse von Technikvisionen als Ausweg?	137

Die ‚technische Verbesserung‘ des Menschen. Von der Fiktion zur Realität? ..	141
1 Konvergierende Technologien zur Verbesserung des Menschen	141
2 Hermeneutik der ‚technischen Verbesserung‘	142
3 Stand der ethischen Diskussion	147
4 Auf dem Weg in die gesellschaftliche Realität?	152
5 Die hermeneutische Wendung von der Fiktion zur Gegenwart	155
Können Roboter planen, und was bedeutet eine Antwort auf diese Frage? ..	159
1 Fragestellung und These	159
2 Die Rede von planenden Robotern – kleine Phänomenologie	160
3 Planen als Handeln	162
4 Können Roboter handeln?	165
5 Was tun Roboter, wenn sie „planen“?	169
Technikzukünfte des Lebens: Nanobionik und Synthetische Biologie	177
1 Fragestellung und Überblick	177
2 Bionik und ihr Leitbild	178
3 Nanobiotechnologie	183
4 Nanobionik: Ambivalenzen im Verhältnis von Technik und Leben	185
5 Der technische Blick auf das Leben: Synthetische Biologie	188
6 Schlussfolgerungen	191
Visionäre Technologiefelder:	
Explorative Philosophie statt spekulativer Ethik	195
1 Einführung und Thesen	195
2 Argumente und Gegenargumente – Kritik an der ‚spekulativen Ethik‘ ..	196
3 Explorative Philosophie statt spekulativer Ethik	201

Teil III

Technikzukunft und nachhaltige Entwicklung

Technik und Technikzukunft in der Nachhaltigkeitsdebatte	209
1 Einleitung	209
2 Nachhaltigkeitsbewertungen von Technik	211
3 Nachhaltigkeitspotentiale – ein schillernder Begriff	216
4 Nachhaltigkeit und Technikzukunft	217
„Lasst uns die Erde kühlen!“ – neue Technikzukunft in der Klimadebatte ..	221
1 Das Klimaproblem – versagen die bisherigen Lösungskonzepte?	221
2 Climate Engineering – technische Optionen	223
3 Risiken und Gegenargumente	225
4 Verantwortung	227
5 Was folgt?	229
Divergierende Energiezukunft und die Herausforderung der Beliebigkeit ..	231
1 Energiezukunft in Energiepolitik und Energieforschung	231
2 Energiezukunft als Konstruktionen	235
3 Zum Vergleich von Energiezukunft	237
4 Diskursive Prüfung von Zukunftsaussagen	239
5 Der Lebensweg von Energieszenarien – ein Forschungsprogramm	241
Technikzukunft in der Energiewende – mehr als Zukunft der Energietechnik	249
1 Einleitung und Überblick	249
2 Energiewende – Umsturz oder sanfte Transformation?	250
3 Energie-Infrastrukturen als soziotechnische Systeme	252
4 Transformation des Energiesystems als Lernprozess	259
5 Technikzukunft im Transformationsprozess	264

Auf dem Weg zu einer Hermeneutik der Technikzukünfte – ein Epilog	269
1 Technikzukünfte – können sie als Orientierung dienen?	269
2 Technikzukünfte liefern keine unmittelbare Orientierung	270
3 Was ist der Nutzen speziell wissenschaftlicher Zukünfte?	274
4 Vom Wert der Diversität der Technikzukünfte	279
5 Anforderungen an eine Hermeneutik der Technikzukünfte	282
Quellenverzeichnis	287

Vorwort

Moderne, in der Regel wissenschaftlich gestützte Technik und die damit verbundenen Möglichkeiten, aber auch ihre Grenzen, prägen das Denken der Menschen und das gesellschaftliche Handeln. Auch Weltwahrnehmung erfolgt zunehmend im Rahmen technischer Vorbilder, so etwa, wenn Lebewesen als Maschinen beschrieben und nach dem Muster von Technik erklärt werden. Wer die Moderne verstehen will, muss die Rolle von Technik und des wissenschaftlich-technischen Fortschritts in der Moderne verstehen. Erst recht gilt dies für alle, die die Moderne mitgestalten wollen.

Technikzukünfte – der Plural ist Programm! – sind ein zentrales Medium des Fortschritts, aber auch seiner Wahrnehmung und Verarbeitung. Sie sind präsent in Forschung und Entwicklung, sind Teil unserer Vorstellungen einer nachhaltigeren Gesellschaft, prägen aktuelle Debatten um Wissenschaft und Technik und werfen Fragen nach der Zukunft von Mensch und Gesellschaft auf. Technikzukünfte und die Kommunikation darüber können über Erfolg oder Misserfolg ganzer Entwicklungen entscheiden.

Diese Beobachtungen motivierten das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) zur Gründung eines Instituts für Technikzukünfte (ITZ). Das vorliegende Buch sammelt – zu einem großen Teil bereits an anderer, teils schwer zugänglicher Stelle veröffentlichte – Beiträge, die ex post als konzeptionelle Vorbereitungen für das ITZ verstanden werden können. Sie thematisieren Technikzukünfte in unterschiedlichen Kontexten und zu unterschiedlichen Technologien. Gemeinsam ist ihnen, dass Technikzukünfte als Medium von gesellschaftlichen Technikdebatten sowie auch der konkreten Technikgestaltung gesehen werden. Ziel der Buchpublikation ist, den Begriff der Technikzukünfte in der Fachdebatte zu platzieren, eine entsprechende Diskussion in den beteiligten Wissenschaften zu eröffnen und gleichzeitig für das entstehende ITZ Elemente eines Forschungsprogramms bereitzustellen.

Armin Grunwald
Karlsruhe, im September 2012

Kurzfassung

Die moderne Gesellschaft betreibt ihre Weiterentwicklung seit der industriellen Revolution und der Durchsetzung der technik- und innovationsabhängigen industriellen Mobilitäts- und Konsumgesellschaft hauptsächlich im Medium der Technik. Der wissenschaftlich-technische Fortschritt und die damit verbundenen Möglichkeiten, aber auch seine Grenzen, Rückschläge und die nicht intendierten Folgen prägen gesellschaftliche Debatten. Immer stärker wird die zunehmend technisch geformte Umwelt des Menschen zu seiner „Zweiten Natur“. In dieser von ihm selbst geschaffenen Umwelt erleben Menschen sich gleichsam in einem „nahtlosen Gewebe“, umgeben von technischen Systemen und Infrastrukturen, innerhalb dessen ihr Leben stattfindet, sei es im Arbeitsleben, in der Freizeit, im privaten oder im öffentlichen Bereich. Simultan eröffnet dieses Gewebe immer wieder neue Möglichkeiten, setzt aber auch Randbedingungen und entwertet im Fortschritt häufig etablierte Lebensformen. Diesen Prozess nicht als bloße Evolution nach quasi eigendynamischen Gesetzmäßigkeiten ablaufen zu lassen, sondern ihn soweit möglich mit normativen Überlegungen, etwa nach ethischen oder demokratietheoretischen Kriterien, mitzugestalten, ist wesentliches Anliegen vieler wissenschaftlicher Forschungsfelder wie Technikfolgenabschätzung, Ethik, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften und den Rechtswissenschaften, aber selbstverständlich auch der Technikwissenschaften selbst.

Gemeinsam ist allen diesen Feldern, dass sie, sobald sie beginnen, über Gestaltung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts nachzudenken, nicht umhin können, sich mit Technikzukünften zu befassen. Diese prägen das Entwicklungshandeln in den Ingenieurwissenschaften und gehen in die Vorstellungen einer nachhaltigeren Gesellschaft ein, z. B. über die Erwartungen an erheblich höhere Ressourceneffizienz. Zukünfte werden „um Technik herum“ konstruiert und verbreitet, z. B. in Form der Visionen und Utopien der Nanotechnologie oder als Zukünfte der Energieversorgung. Sie wandern in die gesellschaftlichen Debatten hinein, initiieren, strukturieren und rahmen Chancen- und Risikokommunikation, beeinflussen öffentliche Technikwahrnehmung, Forschungsförderung und politische Entscheidungen. Technikgestaltung benötigt Bewertung, und Bewertungen benötigen Vorstellungen der zukünftigen Entwicklungen – Ziele, Potentiale, Szenarien, Risiken etc. – im Kontext der jeweiligen Technik – sie muss also mit Technikzukünften arbeiten. Technikzukünfte stellen damit einen gemeinsamen Bezugsrahmen für Bewertungen und Gestaltungsansätze aus den unterschiedlichsten Gebieten dar, von der Philosophie bis hin zu den Ingenieurwissenschaften.

Damit ergeben sich für eine systematische Befassung mit Technikzukünften zumindest zwei starke Argumente. Zum einen ist dies ihre offenkundige Relevanz für die weitere Technikentwicklung, sozusagen für den „Gang der Dinge“ im wissenschaftlich-technischen Fortschritt. Insofern Technikzukünfte sowohl die Agenda der Ingenieurwissenschaften als auch die öffentlichen Debatten und politischen Entscheidungen beeinflussen, stellt ihre interdisziplinäre Reflexion und Bewertung einen zentralen Beitrag zur Gestaltung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts dar, z. B. im Rahmen einer „aufklärenden“ Beratung öffentlicher Debatten oder politischer Prozesse der Entscheidungsfindung.

Zum anderen, und dies ist ein eher methodisches Argument, erlauben und erfordern Technikzukünfte einen interdisziplinären Zugang, gerade weil sie gemeinsame Bezugspunkte so vieler gestaltender und reflektierender Wissenschaften sind – oder wenigstens sein sollten. Soll interdisziplinäre Forschung von der Philosophie über die Rechts- und Sozialwissenschaften bis hin zu den Natur- und Ingenieurwissenschaften gute Ergebnisse haben, muss sie, so eine Mindestforderung, von konsistenten Grundlagen ausgehen. Daraus resultiert die Notwendigkeit, die jeweils zugrunde gelegten Technikzukünfte zu explizieren, zu reflektieren und auf Konsistenz zu überprüfen.

Zentrale Bedeutung gewinnt im Hinblick auf beide Argumente die Entwicklung einer „Hermeneutik der Technikzukünfte“. Das Verständnis von Technikzukünften in unterschiedlichen Hinsichten wie z. B. erkenntnistheoretisch, anthropologisch, technikphilosophisch, rechtlich, demokratietheoretisch oder sozial, gilt es entscheidend zu verbessern, um Debatten in den Technikwissenschaften, in der Vorbereitung politischer Entscheidungen oder in der Öffentlichkeit im besten Sinne des Wortes „aufzuklären“. Debatten und Entscheidungen, denen schlecht reflektierte und vielleicht noch schlechter verstandene Technikzukünfte zugrunde liegen, bleiben „blind“ – entsprechend fragmentarisch, angreifbar, interessegetrieben und kurzlebig werden ihre Ergebnisse dann zwangsläufig sein.

Um dieses Programm wenigstens zu umreißen und an Beispielen zu erläutern, werden in diesem Buch drei Themenfelder angesprochen, zu denen jeweils mehrere Beiträge enthalten sind:

Teil I: *Zukunft, Technik und Gesellschaft*: Dieser Teil spannt, ausgehend von der Debatte um die Gestaltbarkeit der Technik in Gegensatz zu einer bloßen Evolution, den Rahmen auf, innerhalb dessen die Bedeutung der Technikzukünfte sichtbar wird.

Teil II: *Visionäre Technikfelder*: Viele der großen Technikdebatten der letzten Jahre sind durch weit reichende, teils utopische Technikzukünfte geprägt, so vor allem die Nanotechnologie, die Synthetische Biologie und die Robotik, neuerdings auch das Climate Engineering. Analysen zu diesen Zukunftsdebatten zeigen deutlich die Notwendigkeit einer Hermeneutik der Technikzukünfte.

Teil III: *Technikzukünfte im Leitbild nachhaltiger Entwicklung*: Das Verhältnis von Technik und Nachhaltigkeit ist ambivalent: So wie Technik z. B. durch schlechte Um-

weltbilanzen zu Nachhaltigkeitsproblemen führt, kann eine in dieser Hinsicht erheblich verbesserte Technik Teil der Lösung des Problems sein. Diese Ambivalenz zeigt sich deutlich bei der Transformation des Energiesystems.

Diesen drei Teilen sind jeweils kurze Erläuterungen vorangestellt, in denen die Beiträge in den Gesamtkontext des Bandes eingeordnet werden. Die Literaturangaben wurden am Schluss der jeweiligen Beiträge belassen, um den engen Zusammenhang von Text und Literaturverweisen zu erhalten.

Die in diesem Buch enthaltenen Beiträge sind zu einem großen Teil Wiederabdrucke bereits veröffentlichter Arbeiten, teils um neue Aspekte ergänzt, teils geringfügig überarbeitet. Drei Beiträge wurden neu geschrieben, und zwei Beiträge sind deutsche Versionen bereits in englischer Sprache verfasster Aufsätze. Die genaue Genese der Beiträge ist in den Quellennachweisen am Schluss des Buches transparent beschrieben. Redundanzen, teils auch textliche Parallelen, wurden beseitigt, wenn sie eine gewisse Größenordnung überschritten. Um die separate Lesbarkeit der Texte zu erhalten, wurden jedoch Redundanzen und Dopplungen unterhalb dieser Schwelle erhalten.

Der hauptsächliche Grund, das Medium des Wiederabdrucks zu verwenden, liegt darin, dass in der Zusammenschau vieler Arbeiten aus den letzten Jahren Gedankengänge, Diagnosen und Argumentationen deutlich werden, die sich so in den – oft an nicht gut zugänglicher Stelle erschienen – Einzelbeiträgen nicht finden lassen. Die inhaltliche Füllung des Begriffs der Technikzukünfte und der Ansatz, diese als ein zentrales Medium von Technikdebatten und von Technikgestaltung zu begreifen und zu erforschen, bedürfen der Zusammenschau dieser Einzelüberlegungen.

Danksagung

Dieses Buch und die darin versammelten Beiträge verdanken vieles den Diskussionen und Anregungen von Kolleginnen und Kollegen am KIT, insbesondere aus dem Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), aus dem Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), der Geistes- und Sozialwissenschaftlichen und der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät, dem Zentrum für Angewandte Rechtswissenschaften (ZAR) und den Ingenieurwissenschaften.

Hervorheben möchte ich zahlreiche fruchtbare Diskussionen zur Vorbereitung der Gründung des Instituts für Technikzukünfte (ITZ) und mich hierfür insbesondere bei der ITZ-Kerngruppe bestehend aus Mathias Gutmann, Rolf-Ulrich Kunze und Indra Spiecker gen. Döhmman bedanken. Namentlich erwähnen möchte ich außerdem aus dem KIT Albert Albers, Georg Bretthauer, Gregor Betz, Andreas Böhn, Michael Decker, Wolf Fichtner und Christof Weinhardt.

Zeitlich parallel und inhaltlich wunderbar passend wurde 2012 das Projekt „Vorausschau und Bewertung von Technikzukünften“ der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) abgeschlossen. Ich danke der Projektgruppe Christian Dieckhoff, Jürgen Gausemeier, Anne-Christin Grote, Wolfgang König, Klaus Kornwachs, Peter Weingart für die gemeinsame Arbeit und viele Anregungen.

Schließlich möchte ich herzlich Frau Beate Meiswinkel und Frau Bettina Schmidt-Leis vom ITAS für die engagierte und kompetente Unterstützung beim Layout, Herrn Jan Wenke für den Satz und dem Verlag KIT Scientific Publishing für die außerordentlich zügige Realisierung des Vorhabens danken.

*Armin Grunwald
Karlsruhe, im September 2012*

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Warum Erforschung und Reflexion von Technikzukünften sinnvoll und notwendig sind – ein Prolog

1 Motivation und Hintergrund

Keine frühere Gesellschaftsform war so stark auf Technik und ihre ständige Weiterentwicklung angewiesen wie es die moderne Gesellschaft ist. Technische Infrastruktursysteme wie das Internet oder die Elektrizitätsversorgung durchziehen unsere Gesellschaften und bestimmen den Rahmen des Handelns in Arbeitswelt und Freizeit, individuell wie kollektiv. Technisch basierte Innovationen wie die Geräte und Dienste der mobilen Kommunikation ermöglichen neue Formen der Kommunikation und Vernetzung. Mobilität, Lebensmittelverarbeitung und Unterhaltungselektronik verändern Gesellschaft und Lebenswelt. Neue und grundlegende Forschungsfelder und Entwicklungen wie die Nanotechnologie und die Synthetische Biologie versprechen in vielen Anwendungsfeldern technische Durchbrüche und Innovationen.

In der Moderne ist Technik nicht mehr nur eine Menge von Instrumenten, Apparaten, Maschinen, Anlagen und Systemen. Vielmehr prägen – nicht determinieren! – Technik und die damit verbundenen Möglichkeiten, aber auch ihre Grenzen, das Denken der Menschen und das gesellschaftliche Handeln. Negative Technikfolgen und die Ambivalenzen der Technik werden zwar durchaus wahrgenommen. Ihre Überwindung wird jedoch in der Regel nicht von einem Verzicht auf Technik, sondern von anderer und besserer Technik erwartet. Der Widerspruch zwischen dem Leitbild nachhaltiger Entwicklung und dem meisten Formen der heutigen Energiebereitstellung ist ein gutes Beispiel. Seine Auflösung soll, folgt man z. B. dem aktuellen Energiekonzept der Bundesregierung mit der „Energiewende“, durch eine technische Effizienzrevolution und durch neue, vorwiegend auf erneuerbaren Energieträgern beruhenden Bereitstellungstechnologien erfolgen und nicht durch einen Verzicht auf Energie. Die technisch umgestaltete Welt ist zur ‚Zweiten Natur‘ geworden, in der privates wie öffentliches Leben stattfinden und in der Möglichkeiten eröffnet und Grenzen gesetzt sind. Auch Weltwahrnehmung und Weltdeutung erfolgen zunehmend im Rahmen technischer Vorbilder, wenn etwa Lebewesen bis hin zum Menschen als Maschinen beschrieben und nach dem Muster von Technik erklärt werden, beispielsweise wenn Menschen als Daten verarbeitende Systeme bezeichnet werden.

Das Bild von Technik in der modernen Gesellschaft ist allerdings auch durch Widersprüche gekennzeichnet. Einerseits gilt Technik nach wie vor als zukunftsweisend und wohlstandssichernd, als beschützend und komfortsteigernd, als Versprechen auf und vielfach auch als Notwendigkeit für die Gestaltung einer guten wenn nicht besseren Zukunft. Die erwünschten und als positiv wahrgenommenen Folgen, in den letzten Jahren häufig in Form weit reichender Visionen formuliert wie etwa zur Nanotechnologie, werden grundsätzlich als Fortschritt begrüßt. Andererseits sind gegenteilige Effekte aufgetreten, die den naiven Fortschrittsoptimismus weitgehend gebrochen haben: technikinduzierte Schäden für die natürliche Umwelt, insbesondere Folgen für das Klima, schwere Havarien wie Bhopal und Fukushima, Erschöpfung natürlicher Ressourcen von fossilen Energieträgern über landwirtschaftliche Nutzflächen bis hin zu Seltenen Erden, teils massive Technikkonflikte sowie ethische Herausforderungen, vorwiegend im medizin- und biotechnischen Bereich. Damit sind im wissenschaftlich-technischen Fortschritt in den letzten Jahrzehnten in zunehmendem Umfang typische Spannungsfelder und Ambivalenzen aufgetreten, die differenzierte Antworten und schwierige Abwägungen erfordern (Grunwald 2010). Insgesamt sind, so die übereinstimmende Diagnose in Philosophie, Gesellschafts- und Technikwissenschaften, die weiterhin zunehmende technische Handlungsmacht des Menschen und die wachsende Eingriffstiefe technischer Intervention in Natur und Gesellschaft, schließlich auch in den menschlichen Körper und Geist, untrennbar mit einer Zunahme der Anforderungen an menschliche *Verantwortung* verbunden.

An dieser Stelle wird fast schon reflexartig nach Ethik gerufen (z. B. Höffe 1993). Dies ist zwar nicht ganz falsch. Denn Fragen der Verantwortung und der Verantwortbarkeit haben unzweifelhaft eine ethische Dimension. Jedoch erschöpft sich Verantwortung bei weitem nicht in Ethik, wiewohl man oft den Eindruck hat, einschlägigen Publikationen folgend. Bevor man mit ethischen Kriterien an Herausforderungen und Verantwortungsfragen des technischen Fortschritts geht, muss man sich Vorstellungen vom *Gegenstand* dieser Reflexion machen. Diese Vorstellungen vom Gegenstand ethischer Reflexion sind, und das führt auf das Thema dieses Bandes, vielfach Vorstellungen über *zukünftige* Entwicklungen von Technik, über ihre Nutzung und die Folgen ihres Einsatzes, über deren Verantwortbarkeit befunden werden muss: Technikzukünfte bilden einen zentralen Gegenstand ethischer Reflexion im wissenschaftlich-technischen Fortschritt.

Daher widmet sich der vorliegende Band Technikzukünften unterschiedlichster Art als den ‚Eingangsdaten‘, auf dem Ethik und Technikfolgenabschätzung, aber eben auch öffentliche Debatten und politische Beratungen aufsetzen, z. B. um Entscheidungen vorzubereiten. In der Gestaltung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts und im Umgang mit seinen Folgen sind vielfältige Entscheidungen zu treffen, müssen Meinungen gebildet werden, welche Technologien gefördert und rasch entwickelt werden sollen, welche Anreizsysteme eingerichtet werden, welche Begrenzungen und norma-

tiven Festlegungen getroffen werden müssen, um den wissenschaftlich-technischen Fortschritt und seine Ergebnisse in den Bahnen gesellschaftlich gewünschter Richtungen, etwa der nachhaltigen Entwicklung, und normativer Regelwerke wie z. B. der Menschen- und Bürgerrechte zu halten. In den Debatten, die diesen Entscheidungen vorausgehen, spielen *Technikzukünfte* eine entscheidende Rolle.

Diese sind zum einen Aussagen über mögliche Technikfolgen. So werden in der Technikfolgenabschätzung (Grunwald 2010) Szenarien entwickelt, in denen zukünftige Technik in einen gesellschaftlichen Zusammenhang gestellt wird, um frühzeitig zu überlegen, ob es hier zu unerwünschten und nicht intendierten Folgen kommen kann, und was im Falle des Falles ebenso frühzeitig getan werden kann, um diese zu verhindern oder zu minimieren. Dies ist ein Mechanismus, mit dem über die Erzeugung, Reflexion und Bewertung von Technikzukünften das Prinzip von Versuch und Irrtum überwunden werden soll: Es ist in der Moderne zunehmend ethisch problematisch, politisch unverantwortbar und ökonomisch abträglich, sich mit den Folgen erst dann zu befassen, wenn sie auftreten.

Zum anderen haben Technikzukünfte an vielen Stellen Einfluss auf direkte Entscheidungen über Technikentwicklung und Technikeinsatz. Sie prägen das konkrete Entwicklungshandeln sowohl in den Technikwissenschaften wie im Ingenieurwesen. Hier wird Technik nicht für *heutige*, sondern für *zukünftige* Nutzer und Märkte entwickelt. Die Entwickler benötigen ein Bild der zukünftigen Welt, für die sie Technik entwickeln. Gesellschaftlich diskutierte „Technikzukünfte“, wie die Erwartungen an eine Effizienzrevolution in der Energieversorgung, haben Einfluss auf die Technikgestaltung und bestimmen die Ausgestaltung zukünftiger technischer Systeme und Nutzungsbedingungen mit. Auch fließen Vorstellungen über Technikzukünfte in strategische Entscheidungen über die Agenda der Technikwissenschaften ein.

Technikzukünfte sind darüber hinaus wesentlicher Bestandteil der gesamtgesellschaftlichen Diskussion über die Frage, wie – genauer: mit welcher Technik – wir als Gesellschaft zukünftig leben wollen. So prägen sie beispielsweise in Form von Visionen der Nanotechnologie oder als Szenarien der Energieversorgung die öffentliche Wahrnehmung von Technik und ihre Akzeptanz mit. Sie strukturieren und rahmen die Kommunikation über Chancen und Risiken, dienen der gesellschaftlichen Bewertung von Technik und finden nicht zuletzt Eingang in das politische Entscheiden – sind also selbst Teil gesellschaftlicher Aushandlungsprozesse.

Technikzukünfte können schließlich auch normativ formuliert werden bzw. in Relation zu normativ formulierten übergeordneten Zukünften gesetzt werden. Beispielsweise haben gesellschaftlich diskutierte Zukunftserwartungen häufig Einfluss auf die weitere Agenda von Forschung und technischer Entwicklung und damit letztlich auf die ganz konkrete Technikgestaltung. Beispielsweise haben die Debatte über nachhaltige Entwicklung und die nachfolgenden politischen Festlegungen in vielfacher Weise Einfluss auf Forschungsprogramme und konkrete Entwicklungen gehabt, z. B. in

Bezug auf eine Erhöhung der Ressourcenproduktivität oder eine Verminderung umweltschädlicher Emissionen. Ein anderes wirkmächtiges Beispiel ist die gesellschaftliche Debatte zum demographischen Wandel, der z. B. über die erwartete Zunahme älterer und pflegebedürftiger Personen Anforderungen an Technikentwicklung im Hinblick auf das so genannte ‚Ambient Assistant Living‘ stellt, das diesen Personen ermöglichen soll, länger in den eigenen vier Wänden zu wohnen. Über Technikzukünfte sprechen bedeutet also beides: über Folgen von Technik für Mensch, Kultur und Gesellschaft nachdenken, aber auch Erwartungen an den weiteren technischen Fortschritt thematisieren, um bestimmten, gegenwärtigen oder für die Zukunft erwarteten Problemen besser begegnen zu können. Die Kommunikation über gesellschaftliche Zukünfte und Technikzukünfte prägt auf diese Weise die ‚Ko-Evolution‘ von Technik und Gesellschaft in beiden Richtungen.

Die Kommunikation von Technikzukünften stellt eine *Intervention* in laufende Kommunikationen dar (Grunwald et al. 2012): Sie kann einer Debatte eine Wendung geben und Entscheidungen beeinflussen, möglicherweise unabhängig davon, wie konsistent, plausibel oder wissenschaftlich gut begründet die entsprechenden Zukünfte sind. Die Rezeption von George Orwells Roman „1984“ oder die Folgen des Berichts des Club of Rome über die Grenzen des Wachstums 1972 sind Beispiele hierfür. Dieser Interventionscharakter ist es, der zu den bekannten Effekten der selbsterfüllenden oder selbstzerstörenden Prognose führt, und weist auf die besondere Verantwortung hin, die mit der Erzeugung und Kommunikation von Zukunftsaussagen verbunden ist. Das ‚Spiel‘ mit Technikzukünften in gesellschaftlichen Technikdebatten, mit Warnungen wie mit Hoffnungen, ist entsprechend auch ein Machtspiel, insofern mit spezifischen Technikzukünften Werte, Interessen und Absichten verbunden sind. Die Intervention kann dann darin bestehen, gezielt die gesellschaftliche Stimmung oder politische Entscheidungen in die eine oder andere Richtung beeinflussen zu wollen. Technikzukünfte haben damit auch einen instrumentellen Charakter in gesellschaftlichen Auseinandersetzungen und stehen, insofern dies nicht transparent gemacht wird, unter Ideologieverdacht.

Vor diesem Hintergrund ist die wesentliche These des vorliegenden Bandes, die auch den Titel motiviert: Technikzukünfte fungieren als Medium, in dem Debatten auf ganz unterschiedlichen Ebene und zwischen verschiedensten Akteuren geführt werden, in denen Meinungsbildung und Entscheidung schließlich stattfinden. Dies betrifft sowohl gesellschaftliche Technikdebatten, etwa im Kontext der zukünftigen Energieversorgung, politische Entscheidungsprozesse, etwa zur Forschungsförderung, als auch die Ausgestaltung der Agenda der weiteren technischen Forschung und Entwicklung sowie die Entwicklung selbst. Der mediale Charakter der Technikzukünfte, und das wird zu zeigen sein, ist daran zu erkennen, dass Technikzukünfte zwar einerseits entscheidender Gegenstand dieser Debatten sind, um die herum sich gesellschaftliche Debatten und Entscheidungsprozesse gruppieren. Andererseits verhindern Diversität

und Pluralität der Technikzukünfte, dass aus Technikzukünften sozusagen logisch abgeleitet werden könnte, wie eine ‚optimale‘ Entscheidung aussehen müsse. Dies kann nicht gelingen, da Technikzukünfte umstritten sind und sich in ihnen die unterschiedlichsten Wahrnehmungen einer pluralistischen Gesellschaft zeigen (Brown et al. 2000). Orientierung, Meinungsbildung und Entscheidung funktionieren nicht im Modus der ‚Ableitung‘, sondern ‚durch die Technikzukünfte hindurch‘. Letztere sind notwendiger Bestandteil der Debatten und Entscheidungsvorbereitungen, orientieren die Entscheidungen aber nur mittelbar. Im Medium entsprechender Debatten bilden sich Meinungen und Beratungsergebnisse heraus, die vorab nicht bekannt waren. Technikzukünfte können, dies sei hier als technische Metapher erlaubt, als Katalysatoren öffentlicher und politischer Meinungsbildung und Entscheidung interpretiert werden.

2 Was sind Technikzukünfte und warum stehen sie im Plural?

Technikzukünfte sind Vorstellungen über zukünftige Entwicklungen, in denen Technik eine erkennbare Rolle spielt. Zu Technikzukünften in diesem allgemeinen Sinn gehören wissenschaftlich produzierte Zukunftsvorstellungen wie modellbasierte Szenarien, Prognosen der weiteren Entwicklung und in wissenschaftlichen Kreisen entwickelte Visionen und Roadmaps, literarische Formen der Erkenntnis wie z. B. manche Formen der Science Fiction Literatur und populäre Medien, historisch-technische Publizistik, aber auch politisch gehandelte und öffentlich diskutierte Zukunftsvorstellungen in Gestalt von Zeitdiagnosen (Grunwald et al. 2012). Sie können alle Bereiche der Technik betreffen wie zukünftige Mobilität, die Energieversorgung der Zukunft, das Wassermanagement der Zukunft, die Steuerung von komplexen technischen, sozialen oder virtuellen Systemen oder die Zukunft im Mensch/Technik-Verhältnis. Besonders bekannt für Technikzukünfte ist die Raumfahrt, wenn beispielsweise immer wieder von bemannten Marsstationen gesprochen wird. Andere Technikzukünfte werden gegenwärtig im Kontext der Energiewende vielfach diskutiert, beispielsweise die zukünftigen Energieinfrastrukturen wie „Smart Grids“, virtuelle Kraftwerke und „Smart Homes“. Weiterhin sei das Feld der visionären Technikzukünfte erwähnt, wenn beispielsweise eine ‚technische Verbesserung des Menschen‘ als Zukunftsprogramm propagiert wird (Roco/Bainbridge 2002).

Alle diese Technikzukünfte sind nicht Zukünfte der Technik *als solcher*, sondern Zukünfte von Mensch und Gesellschaft, in denen – nach jeweils gegenwärtigem Verständnis – zukünftige Technologien eine zentrale Rolle spielen werden. Man kann von kulturellen, sozialen, anthropologischen oder noch anderen Technikzukünften sprechen. Historiker sprechen auch von vergangenen Technikzukünften – Technikzukünfte können „veralten“.

Alle diese ‚Zukünfte‘ werden nicht entdeckt, sondern „gemacht“ (Grunwald et al. 2012): Wissenschaftler erstellen Prognosen oder Szenarien, Wissenschaftsautoren bringen Visionen in die Debatte ein, Literaten erfinden Geschichten über die Zukunft, Filmemacher drehen Science-Fiction-Filme. Insbesondere im Feld der wissenschaftlichen Beratung von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft sind in den letzten Jahrzehnten eine Fülle von Zukünften produziert, bewertet und kommuniziert worden. Wirtschaftswissenschaftliche Institute produzieren Prognosen über die wirtschaftliche Entwicklung und den Arbeitsmarkt, Systemanalyseinstitute erstellen Szenarien zur zukünftigen Energieversorgung, die Szenarien des Weltklimarats (IPCC) dominieren die klimapolitische Diskussion, zum demografischen Wandel werden wissenschaftlich erforschte Zukünfte vorgelegt, und auch die großen Fragen einer nachhaltigen Entwicklung der Menschheit werden mit wissenschaftlichen Mitteln prospektiv untersucht, also mittels Zukunftsüberlegungen zur Entwicklung der Welternährung, der Rohstoffsituation oder der Biodiversität.

Da der Plural ‚Technikzukünfte‘ in der deutschen Sprache unüblich, ja grammatikalisch sogar falsch ist, bedarf seine Verwendung guter Gründe. Der eine, allerdings nicht zentrale Grund für die Wahl der Pluralform ‚Technikzukünfte‘ in diesem Band ist, dass es, wie oben bereits an den Beispielen ersichtlich, Technikzukünfte in großer Zahl gibt. Rein empirisch liegt nicht eine Technikzukunft, sondern liegen viele Technikzukünfte vor. Der andere Grund ist stärker, bezieht er sich doch darauf, dass Technikzukünfte *notwendigerweise* im Plural auftreten. Denn diese Zukünfte sind *Konstrukte*, entstanden im Kopf einzelner Personen, beim Brainstorming in Gruppen oder methodenorientiert in komplexen Verfahren der Modellierung und Simulation. Alle diese Verfahren finden jeweils „heute“ statt; Zukunftsüberlegungen bilden das ab, was wir jeweils „heute“ über die Zukunft denken. Dieses Denken ist geprägt durch heutiges Wissen, heutige Relevanzeinschätzungen, heutige Diagnosen, aber auch heutige Annahmen, heutige Werte und Interessen. Dies heißt, dass die jeweils bei den involvierten Personen und Gruppen vorherrschenden Einschätzungen die Vorstellungen über die Zukunft mitprägen – und da es in pluralistischen Gesellschaften sehr viele unterschiedliche Einschätzungen gibt, folgt daraus, dass auch Technikzukünfte nicht nur *faktisch* im Plural auftreten, sondern dass sie im Plural auftreten *müssen*. Der Plural relativiert den vermessenen Anspruch, etwas über „die“ Zukunft aussagen zu wollen, indem er die jeweilige Technikzukunft in Beziehung setzt zu Personen und Gruppen, die sie vorgebracht haben, zu spezifischen historischen Situationen und Konstellationen, in der dies geschehen ist, und zu den Argumenten, die dafür herangezogen werden. Der Plural ist es folgerichtig, der es erlaubt, Technikzukünfte als Medium von Technikdebatten und Technikgestaltung zu verstehen.

3 Technikzukünfte als analytisches Konzept

In diesem Band den Begriff der Technikzukünfte in den Mittelpunkt zu stellen, hat wie alles eine Vorgeschichte. Meine konzeptionelle Arbeit im Feld der Technikfolgenabschätzung hat sich in den 1990er Jahren auf Fragen der Prognostizierbarkeit konzentriert, mit skeptisch stimmenden Ergebnissen. Die Offenheit der Zukunft nicht nur resignativ als Folge mangelnder Prognostizierbarkeit und abwesender Determinismen, sondern positiv als Eröffnung von Handlungs-, Entscheidungs- und letztlich Gestaltungsräumen schob sich in den Vordergrund. Die Begriffe der Planung und Steuerung von Technikentwicklung wurden zusehends durch die Begriffe der Gestaltung und Gestaltbarkeit ersetzt, mit den beabsichtigten abschwächenden Konnotationen und der erhöhten Bedeutung von Offenheit bzw. Unsicherheit. Entsprechend kamen methodisch offenere Zukünfte ins Spiel wie vor allen Dingen Szenarien im Kontext der Nachhaltigkeit. Eine weitere Facette der Zukunftskommunikation über Wissenschaft und Technik eröffnete sich in den visionären und spekulativen Debatten über Nanotechnologie und das ‚Human Enhancement‘, für die erhebliche Ambivalenzen diagnostiziert werden mussten, welche die Möglichkeiten der Orientierung durch Zukunftsüberlegungen als schwer umsetzbar erwiesen und die die Notwendigkeit eines ‚Vision Assessment‘ aufzeigten.¹ Mit der in diesem Band vorgenommenen Fokussierung auf Technikzukünfte als Medium von Technikdebatten und Technikgestaltung erscheint es möglich, die genannten konzeptionellen Arbeiten und deren Ergebnisse gleichzeitig zusammenzuführen und sie in einer neuen Perspektive weiterzuentwickeln, indem Technikzukünfte als analytisches Konzept für interdisziplinäre Forschung genutzt werden.

Ein methodisches Argument dafür ist, dass Technikzukünfte einen interdisziplinären Zugang sowohl erfordern als auch ermöglichen, weil sie gemeinsame Bezugspunkte vieler gestaltender und reflektierender Wissenschaften sind. Soll interdisziplinäre Forschung von der Philosophie über die Rechts- und Sozialwissenschaften bis hin zu den Natur- und Ingenieurwissenschaften gute Ergebnisse haben, muss sie, so eine Mindestforderung, von konsistenten Grundlagen ausgehen. Daraus resultiert die Notwendigkeit, die jeweils zugrunde gelegten Technikzukünfte zu explizieren, zu reflektieren und auf Konsistenz zu überprüfen.

Um Technikzukünfte in dieser Weise als analytisches Konzept für Forschung fruchtbar zu machen, reicht selbstverständlich eine historische Beschreibung nicht aus. Es ist vielmehr nach der Perspektive, nach Erkenntnisinteressen und nach Dimensionen einer solchen Forschung zu fragen, und vor allem sind Antworten zu geben, die an die Möglichkeiten disziplinärer und interdisziplinärer Forschung anschließen und Weiterentwicklungsmöglichkeiten eröffnen. Übergreifend wäre hier, in der Folge der bisherigen Ausführungen, folgendes zu Perspektive und Erkenntnisinteresse zu sagen:

1 Vgl. den Beitrag „Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft“ in Teil II des vorliegenden Bandes.

- Technikzukünfte werden gemacht, es gibt ‚Hersteller‘ wie z. B. Institute der Technikfolgenabschätzung oder der Energiesystemanalyse, Foresight-Prozesse, Projekte, in denen Szenarien entwickelt werden, aber auch Wissenschaftsjournalisten, Wissenschaftsmanager und Science Fiction-Autoren. Wie Interessen und Perspektiven, ja ihre ‚Weltwahrnehmung‘ und vielleicht tiefgehende kulturelle Muster ihre Technikzukünfte beeinflussen, ist kaum untersucht
- Technikzukünfte haben einen ‚Lebensweg‘. Nach ihrer Erfindung werden sie kommuniziert, über Massenmedien verbreitet oder an ihre Adressaten abgeliefert, z. B. im Rahmen der Politikberatung. Wovon es abhängt, ob und wie sie sich verbreiten, und ob und wie sie ‚wirken‘, ist empirisch völlig unerforscht.
- Technikzukünfte sind Visionen, Erzählungen, Szenarien, Simulationen, Diagramme und vieles mehr. Sie haben einen Inhalt in Form von Vorstellungen über *zukünftige* Entwicklungen, beruhen jedoch ausschließlich auf *gegenwärtigen* ‚Inputdaten‘ wie Wissen, Interessen, Annahmen und Werten. Wie das erste mit dem zweiten zusammenhängt, ist zumeist nicht transparent.
- Erkenntnistheoretisch sind Technikzukünfte häufig opak und schwer einschätzbar. In Debatten haben sie Folgen oft unabhängig von ihrer epistemologischen Qualität, für deren ‚Messung‘ es bislang weder anerkannte Kriterien noch Verfahren gibt.
- Technikzukünfte haben einen Platz in den gesellschaftlichen Technikdebatten, in denen es ganz allgemein gesprochen um Orientierung geht – wie dieser Platz jedoch ausgefüllt wird, ob und wie bzw. unter welchen Bedingungen Orientierung geleistet werden kann, ist bislang nicht systematisch erforscht

Wenn die These, dass Technikzukünfte ein wesentliches Medium gesellschaftlicher Technikdebatten und von Technikgestaltung sind, dann besteht nach diesen Diagnosen die klare Notwendigkeit, sie besser zu verstehen, in Entstehung, Struktur und Gehalt sowie in ihrer Wirkungsweise. Das ist das Ziel, wenn ‚Technikzukünfte‘ als analytisches Konzept für Forschung angesehen werden. Die Notwendigkeit folgt aus dem Bedarf an Aufklärung über uns selbst, nicht danach, besser prognostizieren zu können: denn wenn wir Technikzukünfte besser verstehen, verstehen wir uns selbst besser, unsere gesellschaftlichen Debatten, die unterschiedlichen Interessen, Hoffnungen und Befürchtungen zum weiteren wissenschaftlich-technischen Fortschritt und die oft divergierenden Wahrnehmungen und Positionen der gesellschaftlichen Akteure in den Risiko- und Chancendebatten. Eine interdisziplinäre ‚Hermeneutik der Technikzukünfte‘ zu entwickeln, wäre die Vision – verbunden mit der Hoffnung, dass wir dann besser, d. h. vor allem transparenter über den wissenschaftlich-technischen Fortschritt und seine Folgen diskutieren und beraten können sowie und das Gestaltbare auch besser und in demokratischer Offenheit gestalten können.

4 Überblick über das Buch

Der vorliegende Band besteht aus drei Teilen mit jeweils unabhängig voneinander lesbaren, gleichwohl in einem engen thematischen Bezug stehenden Beiträgen. Der abschließende Beitrag enthält übergreifende Schlussfolgerungen.

- Teil I ist der Frage nach der Gestaltbarkeit der Technik bzw. des technischen Fortschritts gewidmet. Eigendynamische Kräfte, seien sie ökonomisch, psychologisch oder gar anthropologisch verursacht, werden oft als Mechanismen angeführt, die den Wunsch nach Gestaltung konterkarieren und diesen ins Leere oder gegen die Wand laufen lassen. Ihnen gegenüber steht zum einen der gesellschaftliche Wunsch, die weitere Technisierung nicht einer blinden Evolution zu überlassen, sondern normativ mit zu prägen, zum anderen die Beobachtung, dass faktisch in der Tat immer wieder Gestaltung, z. B. durch politische Rahmensetzung, stattfindet. Dementsprechend scheint die Alternative Technik- oder Sozialdeterminismus falsch gestellt, sondern es ist differenzierter von gegenseitigen Beeinflussungen zwischen Technik und Gesellschaft zu sprechen. Technikzukünfte erscheinen hier als Bestandteil vorbereitender Reflexionen über Möglichkeiten und Grenzen der Technikgestaltung.
- Teil II fokussiert auf einen spezifischen Typus von Technikzukünften. Technikbasierte Visionen für die zukünftige Gesellschaft haben in Form technikutopischen Denkens vielfach eine bedeutende Rolle gespielt, z. B. in der bemannten Raumfahrt, und finden seit über zehn Jahren verstärkt Wiederhall in verschiedenen gesellschaftlichen Debatten und in den Massenmedien. Zu einigen neuen Wissenschafts- und Technikfeldern wie Nanotechnologie, Hirnforschung und Synthetische Biologie hat sich eine rege Debatte über teils recht spekulative, weit in die Zukunft reichende Visionen entwickelt, die das gesamte Spektrum zwischen Hoffnungen auf die Lösung aller Probleme der Gegenwart bis hin zu dunklen Horrorszenerarien und eines möglichen Endes der Menschheit oder sogar des Lebens auf der Erde abdecken. In diesen divergierenden Technikzukünften zeigen sich vielfach die ‚großen Fragen‘ wie z. B. nach dem zukünftigen Verhältnis des Menschen zur Natur, nach der Zukunft der Natur angesichts ihres technisch verursachten Endes (Ropohl 1991) und nach der Zukunft der Natur des Menschen (Habermas 2001) angesichts der Optionen seiner gentechnischen oder nanotechnologischen Verbesserbarkeit. An diesen Debatten lässt sich daher sehr schön illustrieren, wie Technikzukünfte als Medium gesellschaftlicher Selbstverständigung genutzt werden.
- Teil III bezieht sich auf die Rolle von Technikzukünften in der Debatte zur nachhaltigen Entwicklung und in der Nachhaltigkeitsforschung. Technikzukünfte sind auch hierfür zentral, jedoch verschieben sich die Gewichte und die Ausrichtung. Es wird die Frage dominant, in welche Richtung Technik erforscht, entwickelt und

genutzt werde *soll*, damit nachhaltige Entwicklung unterstützt wird. Die Herausforderung, ob und auf welche Weise es möglich ist, über Technikzukünfte Orientierung für heute anstehende Meinungsbildungen und Entscheidungen zu erlangen, führt jedoch auf durchaus ähnliche Probleme wie bei den Visionen in Teil II. Dies zeigt sich besonders deutlich im Energiebereich, wo die Vielzahl der angebotenen Zukünfte die Orientierung eher zu erschweren scheint. Gleichwohl dienen Technikzukünfte – als Bestandteil umfassenderer Energiezukünfte – auch hier als Medium sowohl der gesellschaftlichen Selbstverständigung über die zukünftige Energieversorgung als auch konkreter Entscheidungen über Investitions- und Fördermaßnahmen oder neue Infrastrukturen.

Zusammenfassend entsteht ein Bild, dass einerseits die zentrale Bedeutung von Technikzukünften in der gesellschaftlichen Rezeption des technischen Fortschritts genauso wie in seiner praktischen Ausgestaltung durch Technikwissenschaften und Ingenieurwesen zeigt, das andererseits aber auch deutlich Defizite in unserem Wissen über Entstehung, Verbreitung und Wirkungsweise von Technikzukünften aufzeigt. Auf diese Defizite aufmerksam zu machen und Wege zu weisen, sie abzubauen, ist das Anliegen des vorliegenden Bandes.

Literatur

- Brown, N., Rappert, B., Webster, A. (Hg.) (2000): *Contested Futures. A sociology of prospective techno-science*. Burlington/Ashgate
- Grunwald, A. (2010): *Technikfolgenabschätzung – eine Einführung*. Berlin: Edition Sigma
- Grunwald, A., Dieckhoff, C., Gausemeier, J., Grote, A., König, W., Kornwachs, K., Weingart, P. (2012): *Technikzukünfte. Vorausdenken – Erstellen – Bewerten*. Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. Berlin
- Habermas, J. (2001): *Die Zukunft der menschlichen Natur*. Frankfurt a. M.
- Höffe, O. (1993): *Moral als Preis der Moderne*. Frankfurt a. M.
- Roco, M. C., Bainbridge, W. S. (Hg.) (2002): *Converging Technologies for Improving Human Performance*. Arlington
- Ropohl, G. (1979): *Eine Systemtheorie der Technik*. Frankfurt a. M.
- Ropohl, G. (1991): *Technologische Aufklärung. Beiträge zur Technikphilosophie*. Frankfurt a. M.

Teil I

Zukunft, Technik und Gesellschaft

Die Frage nach der Gestaltbarkeit der Technik bzw. des technischen Fortschritts wird seit Jahrzehnten kontrovers diskutiert. Unbezweifelt ist nur, dass es *wünschenswert* wäre, Technik nach Maßstäben des gesellschaftlich Gewünschten und des ethisch Verantwortlichen zu gestalten. Aus dem Wunsch folgt jedoch nicht auch seine Einlösbarkeit. Eigendynamische Kräfte, seien sie ökonomisch, psychologisch oder gar anthropologisch verursacht, werden oft als Mechanismen angeführt, die den Wunsch nach Gestaltung konterkarieren und diesen ins Leere oder gegen die Wand laufen lassen.

Werden Technikzukünfte, wie in diesem Buch, verstanden als Medium gesellschaftlicher Technikdebatten und auch der konkreten Technikgestaltung durch Technikwissenschaften und Ingenieure, erscheint eine vorbereitende Reflexion über Möglichkeiten und Grenzen der Technikgestaltung sinnvoll. Insbesondere ist die Hoffnung dabei, auch Hinweise zu erhalten für die konzeptionelle Ausgestaltung von Gestaltungsbemühungen und den konkreten Funktionen von Technikzukünften darin. Dabei kommt es zu immer wiederkehrenden Fragen, Spannungsfeldern und Dilemmata, welche eher Teil der *conditio humana* zu sein scheinen als dass eine Auflösung oder Beantwortung erwartbar wäre. Hierzu gehören die Gegenüberstellung von eigendynamischer Evolution und rational geplanter Gestaltung, die damit verbundene Dichotomie zwischen Beobachter- und Teilnehmerperspektive, die wohl kaum entscheidbare Alternative zwischen Technik- und Sozialdeterminismus mit dem Versuch einer Versöhnung durch die Idee der Ko-Evolution von Technik und Gesellschaft sowie die Diskrepanz zwischen dem Wunsch nach Gestaltung der Zukunft – welche ihre Offenheit impliziert – und dem Wunsch nach Vorhersage zukünftiger Ereignisse, welcher nur im Fall deterministischer Verläufe einlösbar wäre. In diesen Spannungsfeldern sind die folgenden Beiträge angesiedelt:

- Rationale Technikgestaltung oder blinde Evolution?
- Determiniert der technische Fortschritt die Gesellschaft oder die Gesellschaft den technischen Fortschritt?
- Innovation: Ambivalenzen des Neuen und ihre Konsequenzen für Erfolg

Rationale Technikgestaltung oder blinde Evolution?

1 Einführung und Überblick

In der Technikphilosophie ist es ein altes Thema, ob und inwieweit die Technikentwicklung rational und intentional gestaltbar sei oder einer immanenten Eigendynamik folge. Im Modell des *technologischen Determinismus* (Mensch 1981, Erläuterung und Kritik bei Ropohl 1982, S. 5 ff.) wird angenommen, dass die technische Entwicklung nach Eigengesetzlichkeiten verläuft und der rational reflektierten Planung und der ethischen Beurteilung entzogen sei, weil sich Fragen nach der Steuerbarkeit von Technikentwicklung oder nach Alternativen, zwischen denen begründet entschieden werden müsse, gar nicht erst stellen: „Dabei scheint es, als seien wir zur Technik verurteilt. Sie kommt immer nur durch menschliche Handlungen zustande und ist doch zu einer selbständigen Instanz geworden, deren Entwicklung anscheinend kaum gesteuert werden kann“ (Rapp 1978, S. 8). Hinter den vermeintlich zweckrationalen Intentionen der Akteure in der Technikgestaltung (Ingenieure, Manager, Erfinder, Wissenschaftler, Techniknutzer etc.) verberge sich eine „unsichtbare Hand“, sei dies nun der ökonomische Druck auf Technik über den Marktmechanismus, die vermeintliche Herkunft der Technik aus der Anwendung einer ebenso vermeintlich nicht steuerbaren Naturwissenschaft oder ein anderer Mechanismus wie der nicht steuerbare „Spieltrieb“ oder der Erfinderreichtum der Ingenieure.

Eine moderne Variante der Nichtgestaltbarkeitshypothese besteht darin, Technikentwicklung als Evolutionsprozess unter den Gesetzen von Variation und Selektion aufzufassen (z. B. Basalla 1988): „Eine evolutionäre Techniktheorie hat es also mit dem Nachweis zu tun, daß die Entwicklung der Artefakte nicht embryologisch/teleologisch, sondern evolutionär ist“ (Grundmann 1994, S. 18). Hier wird angenommen, dass der Gesamtprozess der Technikentwicklung nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum funktioniere und damit zwar nicht determiniert, aber auch nicht prognostizierbar und nicht gestaltbar ist. Technikentwicklung folge einer „blinden“ Evolution: „Auch die Evolution der Technik ist ein blinder Suchprozess, der sich allen Versuchen entzieht, durch Rationalisierung des Innovationsprozesses oder durch Optimierung der Prognosefähigkeiten unter Kontrolle gebracht zu werden“ (Halfmann 1996, S. 105).

Auf der anderen Seite gibt es einen gewaltigen Bedarf an Technikgestaltung in gesellschaftlicher Hinsicht. Die Nebenfolgenproblematik, die Risiken von Technik, die

immer weitere Hinausschiebung der Grenzen des Technischen, z. B. auch im Hinblick auf die technischen Eingriffe in den Menschen und seine Entwicklung, schließlich die Nachhaltigkeitsdiskussion: Ein Bedarf an Technikgestaltung ist unzweifelhaft vorhanden. Wie sind nun die skeptischen Einschätzungen der Gestaltbarkeit und andererseits die Anforderungen überein zu bringen? In diesem Beitrag wird genau der Frage nachgegangen, ob überhaupt und wenn, dann in welcher Hinsicht und unter welchen Bedingungen von einer rationalen gesellschaftlichen Gestaltbarkeit von Technik gesprochen werden kann. Dies erfolgt in drei aufeinander aufbauenden Schritten:

- Zukunftsverständnisse (Kap. 2)
- Gestaltbarkeit von Technik (Kap. 3)
- Gesellschaftliche Gestaltbarkeit von Technik (Kap. 4)
- Rationale gesellschaftliche Gestaltbarkeit von Technik (Kap. 5).

2 Divergierende Zukunftsverständnisse

Vielfach wird Zukunft verschieden konzeptualisiert, mit jeweils verschiedenen Konsequenzen in der Beurteilung der Frage der Gestaltbarkeit von Technik. Im Groben lassen sich im Zusammenhang mit der Gestaltbarkeitsfrage drei Konzeptualisierungen der Zukunft herauskristallisieren: die prognostische, die gestalterische und die evolutive.¹

2.1 Die prognostische Sicht auf Zukunft

Eine kulturgeschichtlich tief eingeprägte Sicht auf die Zukunft besteht vor allem in dem Wunsch, die Zukunft *vorab* kennen zu lernen, um nicht den Unsicherheiten und Unwägbarkeiten ausgeliefert zu sein und von ihnen überrascht zu werden, sondern Wissen über die Zukunft zu besitzen, damit man sich auf sie einstellen kann. In der Moderne fällt die Aufgabe der Generierung von Zukunftswissen hauptsächlich den Wissenschaften zu.

In dieser Perspektive wird Zukunft als – wenigstens im Prinzip und in den jeweils interessierenden Fragestellungen – *vorhersehbar* angesehen. Zukunftsforschung als Forschung über zukünftige Gegenwarten versucht, aus dem gegenwärtigen Wissen bestimmte Entwicklungen oder Parameter der Zukunft abzuleiten. Wissenschaftstheoretisch ist die bekannteste Argumentationsfigur der deduktiv-nomologische Schluss: aus einem Gesetzeswissen und dem Wissen über eine spezifische Ausgangssituation wird deduktiv auf zukünftige Entwicklungen geschlossen. Klassiker dieser Perspektive sind Vorhersagen in der Astronomie: aus den Gesetzen der Himmelsmechanik und der

1 Dieses Kapitel stellt eine gekürzte Version des entsprechenden Kapitels aus Grunwald 2003 dar.

Kenntnis eines bestimmten Ausgangszustandes wie etwa der Planetenkonstellation zu einem Zeitpunkt kann mit großer Sicherheit und Genauigkeit die zukünftige Entwicklung berechnet werden. Vorhersagen geologischer Ereignisse wie Vulkanausbrüche oder Erdbeben oder die Wettervorhersage fallen ebenfalls in diese Kategorie – ergänzt allerdings um das Element von Modellierung und Simulation zur Generierung des Zukunftswissens, weil Gesetze und Anfangsbedingungen nicht genau genug bekannt sind.

In Bezug auf Technik heißt dies zu versuchen, Technikfolgen und zukünftige Techniklinien durch Prognosen zu erfassen, die auf verschiedenen Formen von Gesetzeswissen basieren und deren Ideal darin besteht, möglichst gut „zu treffen“ (Grundwald/Langenbach 1999). Unter dem Gegenstandsbereich „Technikfolgen“ werden *zukünftige* Folgen verstanden, die es ex ante „abzuschätzen“ gelte. Dabei steht im Hintergrund die Erfahrung von unerwarteten und teilweise gravierenden Technikfolgen, von denen es in vielen Fällen wünschenswert gewesen wäre, sie vorher gekannt zu haben. Demzufolge nehmen die – auf Prognosen angewiesenen – Begriffe der „Frühwarnung“ in Bezug auf Technikrisiken oder der „Früherkennung“ von Technikpotentialen wesentlichen Raum in den Diskussionen über Technikfolgenabschätzung ein (Grundwald 2010).

In Teilen der frühen Technikforschung und Technikfolgenabschätzung (TA) wurde angenommen, dass es – in Analogie zu natürlichen Systemen – gesellschaftliche Verlaufsgesetze gebe, die für Prognosezwecke verwendet werden können. In der Technikfolgenabschätzung bestanden anfangs hohe Erwartungen an die quantitative Prognostizierbarkeit von Technikfolgen. Vielfältige Probleme der Realisierung dieses Programms werden zwar anerkannt, aber der Komplexität gesellschaftlicher Zusammenhänge sowie der unzureichenden Datenbasis und der im Vergleich mit den Naturwissenschaften geringen Gesetzeskenntnis angelastet. Konsequenterweise leitet sich hieraus ein Bedarf nach mehr Forschung ab, um bessere Prognosen zu ermöglichen.

Wenn Technikentwicklung und Technikfolgen als vorhersehbar angesehen werden, so beruht dies auf einem – zumindest partiell – deterministischen Geschichtsverständnis. Nur in den Anteilen, in denen die Zukunft heute schon feststeht, kann überhaupt eine Chance bestehen, sie vorherzusehen. Im Modell des *technologischen Determinismus* (Erläuterung und Kritik bei Ropohl 1982, S. 5 ff.) wird angenommen, dass die technische Entwicklung nach Eigengesetzlichkeiten verläuft. Die Erkenntnis der Mechanismen, nach denen diese „unsichtbare Hand“ funktioniere, könne für Prognosezwecke eingesetzt werden.

Dieses deterministische Geschichtsverständnis muss sich dies nicht zwangsläufig auf *sämtliche* Aspekte gesellschaftlicher Entwicklung beziehen. Aus dem Prognose-Optimismus folgt nicht automatisch, dass nichts mehr zu gestalten sei. Vielmehr kann auch ein „technologischer Determinismus“ durchaus Gestaltungsspielräume offen lassen – nur nicht in Bezug auf Technik. Gestaltung kann sich dann immer noch auf die *Anpassung* an Technik erstrecken. Nicht die Technik selbst wäre gestaltbar, sondern

nur die Art und Weise, wie die Gesellschaft darauf reagiert. Technikfolgenprognosen sind erforderlich, um Politik und Gesellschaft bei dieser Anpassung zu unterstützen. Z. B. könnte die Gesellschaft auf negative Prognosen über unangenehme Technikfolgen für den Arbeitsmarkt oder die natürliche Umwelt durch sozial- oder umweltpolitische Kompensationsstrategien reagieren.

2.2 Die gestalterische Sicht auf Zukunft

Der prognostischen Perspektive komplementär gegenüber steht die gestalterische Sicht auf Zukunft. Hier wird die Zukunft als ein der intentionalen Gestaltung unter Zielsetzungen gegenüber offener Raum angesehen. Zukunft ist danach ein leeres Blatt, das es zu beschreiben gelte – eine Gestaltungsaufgabe. So wie die prognostische Perspektive einen zumindest partiellen Determinismus unterstellt, hat auch die Gestaltungsperspektive (andere) Prämissen, die man als *Gestaltungsaprioris* bezeichnen könnte. Hierzu gehört insbesondere das Apriori der Offenheit der Zukunft, das folgendermaßen ausdifferenziert werden kann:

- die Offenheit der Zukunft impliziert die Ablehnung des Determinismus und damit eine Skepsis gegenüber Prognosemöglichkeiten, jedenfalls in bestimmten Bereichen;
- die Offenheit der Zukunft ist nicht einfach eine Offenheit in dem Sinne, dass sie für uns offen ist, weil wir nichts darüber wissen (können), sondern eine Offenheit, die unseren *Entscheidungen* geschuldet ist;
- die Entscheidbarkeit über Zukünftiges als die Möglichkeit der Auswahl zwischen mehreren Optionen ist daher ein zentrales Element;
- diese Entscheidbarkeit und ihre Implikation, dass nämlich der weitere Verlauf der Zukunft von diesen noch zu treffenden Entscheidungen abhängt, ist die Ursache der Skepsis gegenüber Prognosen;
- die Notwendigkeit und Möglichkeit von Entscheidungen verweist auf die Bedeutung von Zielsetzungen, unter denen diese Entscheidungen getroffen werden;
- Planen als ein „Entwerfen“ von möglichen Zielen und möglichen Handlungsgefügen ist die zentrale Operationalisierung des Gestaltens: das Eröffnen und Ausgestalten von Optionen sowie die Auswahl einer bestimmten Option unter Kriterien, die vom gewählten Zielsystem abhängen (Grunwald 2000b).

Die Sicht der Zukunft als ein Feld mehr oder weniger offener Möglichkeitsräume eröffnet Freiräume für Technikgestaltung, *erzwingt* aber auch die intentionale Gestaltung. Konsequenterweise rücken dann die Ziele stärker in den Mittelpunkt der Diskussionen, genauso wie die Frage nach der Verantwortung für Technik (die sich in einem technologischen Determinismus gar nicht stellt). In den 1990er Jahren wurde die Tech-

nik – in Entgegensetzung zum technologischen Determinismus – als Gegenstand der Gestaltung entdeckt, vielleicht nirgends deutlicher formuliert als in dem Buchtitel „Shaping technology – building society“ (Bijker u. Law 1994). Durch Technikgeneseforschung wurde Technikentwicklung als ein offener Prozess aufgefasst, in dem viele Entscheidungen über die letztendliche Ausprägung der technischen Produkte und Systeme mitbestimmen (Grunwald 2000a, Kap. 2). Die Entwicklung von Technik erscheint unter diesem Blickwinkel nicht als vorgegeben und eigendynamisch, sondern an vielen Stellen im Prozess von Forschung und Entwicklung beeinflussbar. Bemühungen um eine gezielte Gestaltung von Technik, z. B. im Hinblick auf Umwelt- und Sozialverträglichkeit, folgen diesem Ansatz. An die Diskussion um Technikgestaltung in diesem „konstruktiven“ Sinne knüpft auch die Debatte um eine Gestaltung von Technik unter Nachhaltigkeitsaspekten an (Teil 3 in diesem Buch).

2.3 Die evolutive Sicht auf Zukunft

Die evolutive Sicht der Zukunft stammt aus evolutionstheoretischen Deutungen der Vergangenheit. Technikentwicklung kann danach, so der Grundgedanke, als Evolutionsprozess unter den Gesetzen von Variation und Selektion modelliert werden: „Eine evolutionäre Techniktheorie hat es [...] mit dem Nachweis zu tun, dass die Entwicklung der Artefakte nicht embryologisch/teleologisch, sondern evolutionär ist“ (Grundmann 1994, S. 18). Durch das „nicht teleologisch“ ist bereits im Kern eine gestaltungsskeptische Haltung inhärent. Bezogen auf Technik geht es in evolutionstheoretischen Ansätzen nicht um die Aufdeckung von Naturgesetzen oder Entwicklungslogiken, sondern um die „Stabilisierung von hoch unwahrscheinlichen Selektionen, die zu Strukturbildung führen“ (ebendort). Im Vordergrund stehen die graduelle Veränderung vorhandener Techniken und die Rekombination des Bekannten. Statt auf Gestaltung unter teleologischen Zielsetzungen kommt es hier auf die Selektion durch Umweltfaktoren an. Gegenwärtig werden als evolutive Einheiten vor allem die sozialen Kontexte der Artefakte verstanden: „Nicht die technischen Artefakte evolvieren, sondern der erzeugende und verwendende Umgang mit ihnen und die dadurch konstruierten Systeme“ (Rammert 1994, S. 10).

Evolutionäre Technikentwicklung ist ergebnisoffen, nicht determiniert und nicht prognostizierbar (Grunwald 2000a, Kap. 2). Zukunft wird als ein offener Raum betrachtet, der nicht determiniert ist, sondern durch die Ereignisse in der Gegenwart vorgeprägt wird. Dieser offene Raum ist danach allerdings auch nicht einer intentionalen Gestaltung zugänglich. Trotz der Zurückweisung des Determinismus bleibt die Frage der gesellschaftlichen Gestaltbarkeit von Technik weitgehend negativ beschieden. Die Nicht-Determiniertheit und Offenheit der technischen Zukunft implizieren nicht bereits die Gestaltbarkeit. Evolutionstheoretische Ansätze erlauben auch keine Prognosen darüber, welche Entwicklungslinien den „Hauptstamm der Evolution“ weitertreiben

und welche in evolutionäre Sackgassen führen. Der Gang der Evolution ist prinzipiell nur *ex post* zu beobachten und zu interpretieren. Zukunft wird als ein zwar nicht determinierter, aber auch nicht gestaltbarer Raum angesehen. Evolutionstheoretische Modelle der Technikentwicklung erlauben weder Prognosen noch geben sie Hinweise für Gestaltung.

Diese in sich widersprüchlich scheinenden Aspekte gehen auf einen Kunstgriff zurück: in einer Beobachterperspektive gewonnene Deutungen der Vergangenheit werden auf die Zukunft übertragen. Diese Transformation ist jedoch keine triviale Operation. Es schließt sich keineswegs aus, Technikgestaltung (in der Teilnehmerperspektive) zu betreiben und diese Gestaltungsprozesse dann später als Evolution *zu beschreiben*. Für das Beispiel des allmählichen Überganges von einer früheren zu einer späteren Version eines technischen Produkts – eines des Paradebeispiele evolutionärer Techniktheorie, Grundmann 1994 – wurde an anderer Stelle gezeigt, dass die evolutionäre Betrachtung nur die Außenseite einer Betrachtung aus Teilnehmersicht darstellt, welche als flexible Planung und damit als intentionale Gestaltung beschrieben werden kann (Grunwald 2000a, S. 83 ff.).

2.4 Vergleichende Gegenüberstellung

Ein radikaler Prognose-Optimismus (2.1) ist in Entscheidungssituationen nicht hilfreich. Wenn es tatsächlich gelänge, „die Zukunft vorherzusehen“, d. h. zukünftige Sachverhalte *als zukünftige Realität* zu erkennen, erübrigen sich die Entscheidungen von selbst: die Zukunft wäre ja schon prä-konfiguriert, sonst könnte sie nicht erkannt werden: „Wer sich die Zukunft prophezeien lässt, hat es aufgegeben, sie aktiv gestalten zu wollen“ (Urban 1973, S. 168). Der Zusammenhang von Prognostik und Determinismus führt zu der absurden Situation, dass wenn optimale Prognosen möglich wären, sie gar nicht mehr gebraucht würden. Wenn dagegen nach (2.3) die Antizipation von Zukunft in *keiner* Weise möglich wäre, könnten sich Entscheidungen nicht an erwartbaren zukünftigen Sachverhalten orientieren bzw. diese nicht in das Entscheidungskalkül rational einbeziehen oder ethisch reflektieren. Dann bliebe nur ein zielloses Ausprobieren nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum, bestenfalls auf einer gesinnungsethischen Basis. Die Gestaltbarkeit von Technik nach (2.2) erscheint häufig naiv angesichts bestehender eigendynamischer Tendenzen der Technik. Aus dieser Situation können mehrere Konsequenzen für Gestaltungsansätze gezogen werden, die in den Überlegungen der folgenden Teile hilfreich sind:

- (1) *Forderung nach einer größeren Differenzierung*: Es ist zu oberflächlich, Technik als entweder gestaltbar, prognostizierbar oder evolutiv anzusehen. Stattdessen ist genauer zu konkretisieren, was denn jetzt als das Gestaltbare und was als das Eigendynamische angesehen wird, und warum diese Einschätzung so ausfällt. Auch

wenn wir überzeugt sind, dass, als Beispiel, die weitere Digitalisierung der Gesellschaft unvermeidlich kommt und die Gesellschaft in der Frage ja/nein keine Entscheidungsmöglichkeit mehr hat, so gibt es dennoch eine Vielzahl von Maßnahmen hinsichtlich der konkreten Ausprägung dieser Gesellschaft, über welche sehr wohl entschieden werden kann. Es ist daher zu klären, auf welcher Ebene von Gestaltung und Gestaltbarkeit gesprochen wird. Die Unterscheidung zwischen dem Gestaltbaren und dem Nicht-Gestaltbaren gehört zu den wesentlichen Weichenstellungen z. B. einer Technikfolgenabschätzung.

- (2) *Transparenz*: Das leitende Zukunftsverständnis muss transparent offen gelegt werden. Versteckte Determinismen können das Erkennen vorhandener Handlungsspielräume be- oder verhindern, sie können zu Sachzwangargumentationen Anlass geben, die den Blick für Alternativen verbauen. Umgekehrt können eilfertig optimistische Annahmen über eine Gestaltbarkeit den Blick für die vorhandenen Eigendynamiken und Zwänge trüben und motivationale Energien ins Leere und die Frustration laufen lassen. Evolutionstheoretische Konzepte können Zugänge zu Gestaltungsfragen zugunsten eines bloßen „trial and error“-Ansatzes verbauen, in dem Rationalitätspotentiale ungenutzt bleiben. Die transparente Klärung des jeweiligen Zukunftsverständnisses gehört zu den „essentials“ in Diskussionen über zukünftige Technik.
- (3) *Klärung des Verhältnisses von Teilnehmer- und Beobachterperspektive*: Gestaltung erfolgt grundsätzlich in einer Teilnehmerperspektive, während die Sichten auf Zukunft teils auch beobachtungssprachliche Prämissen enthalten. Dies aufzudecken und zu reflektieren stellt eine der Hauptherausforderungen interdisziplinärer Arbeit in diesem Feld dar. Der Unterschied zwischen Sätzen wie „Technikentwicklung lässt sich als Evolution beschreiben“ und „Technikentwicklung *ist* Evolution“ ist ein Unterschied ums Ganze. Der Schluss von dem zutreffenden Satz „Technik lässt sich also evolutionstheoretisch beschreiben“ (Halfmann 1996, S. 104) auf die Behauptung, dass Technikentwicklung Evolution *ist* („Auch die Evolution der Technik ist ein blinder Suchprozess, der sich allen Versuchen entzieht, durch Rationalisierung des Innovationsprozesses oder durch Optimierung der Prognosefähigkeiten unter Kontrolle gebracht zu werden“, Halfmann 1996, S. 105), ist ein Fehlschluss.
- (4) *Methodik*: In Gestaltungsfragen muss die eingesetzte Methodik die aufgedeckten Probleme reflektieren und die Grenze zwischen dem Gestaltbaren und dem als nicht gestaltbar Angenommenen deutlich machen (letzteres kann z. B. für Prognosen herangezogen werden). Dies wird z. B. durch Szenarienbildungen versucht (Grunwald 2010). Diese enthalten stets einen als unveränderlich angesehenen Rahmen (z. B. so genannte Megatrends), innerhalb dessen dann Handlungsoptionen als Gestaltungselemente entwickelt werden können.

3 Die Gestaltbarkeit von Technik

Bestimmte Phänomene scheinen der These des technologischen Determinismus diametral zu widersprechen. Relevante Handlungsstränge im Sinne einer Beeinflussung des Ganges der Technikentwicklung sind z.B. der geplante Einstieg Deutschlands in die energetische Nutzung der Kernenergie sowie der gerade beschlossene Ausstieg aus dieser Energieform, das Scheitern des Bildschirmtextes (Btx) in den achtziger Jahren (dazu Schneider 1992), die durch Greenpeace betriebene und koordinierte Verhinderung der Versenkung der ausrangierten Ölbohrplattform „Brent Spa“ im Atlantik durch eine Mobilisierung von Tankkunden der Shell AG, der Beschluss von Daimler, sich an der Serienproduktion des Smart-Autos zu beteiligen und dadurch eine neue Sparte im Automobilssektor zu kreieren, die Serie von Verordnungen und gesetzgeberischen Maßnahmen, welche in den achtziger Jahren zum serienmäßigen Einbau von geregelten Drei-Wege-Katalysatoren in PKW-Motoren führte, die Altautoverordnung, die eine umweltverträgliche Entsorgung und möglichst weitgehende Wiederverwendung zum Ziel hat, die in der Europäischen Union beschlossene Rücknahmeverpflichtung für Altautos durch die herstellende Industrie und im internationalen Bereich die Ansätze von Klimavereinbarungen mit dem (hoch technikrelevanten) Ziel einer Reduktion der Treibhausgasemissionen. Es ist unmittelbar erkennbar, dass in diesen Bereichen jeweils ganz verschiedene Gestaltungsziele zugrunde liegen und unterschiedliche Gestaltungsmöglichkeiten mit jeweils verschiedenen Konsequenzen für die weitere Technikentwicklung bestehen.

Von Technikkunden, -käufern und -nutzern wird der Markterfolg technischer Produkte beeinflusst, in unternehmerischen Entscheidungen werden direkte oder indirekte technikgestaltende Aspekte berührt, in technikpolitischen Entscheidungen wird durch Regulierung oder Deregulierung, Subventionen, staatlich betriebene Technikentwicklung oder Forschungs- und Technologieförderung der Gang der technischen Entwicklung beeinflusst. Auf dieser Ebene der Modellierung ist es absurd, von einem technologischen Determinismus zu reden: in allen genannten Bereichen werden kontingente Entscheidungen getroffen, die jeweils auch anders ausfallen könnten. Gar nicht zu bestreiten ist, dass durch alle diese Entscheidungen Technikentwicklung beeinflusst worden ist und beeinflusst wird. Es wäre aber voreilig, aufgrund dieser Beobachtung bereits von einer rationalen gesellschaftlichen Gestaltbarkeit von Technik zu sprechen. Denn wenn es um *intendierte Technikgestaltung* gehen soll, ist diese Beobachtung nicht hinreichend. Sprachpragmatisch ist, wenn von Gestaltung geredet wird, mindestens folgende semantische Struktur anzunehmen: Technikgestaltung bedarf

- gestaltender *Akteure*: Gestaltung kann nur aus einer Perspektive von individuellen oder kollektiven *Gestaltern*, also aus der Teilnehmerperspektive heraus erfolgen (Grunwald 2000, Kap. 2.4);

- *Ziele und Intentionen*: Gestaltungsvorgänge sind handlungstheoretisch nicht ohne Gestaltungsabsichten vorstellbar: gestaltende Akteure verfolgen Ziele und Intentionen;
- *vorhandener Mittel zur Gestaltung*: es müssen gestalterische Einflussmöglichkeiten, Maßnahmen und Instrumente vorhanden sein, die als Mittel zur Erreichung der Ziele eingesetzt werden können;
- *begründeter Erwartungen auf Zielerreichung*: Niemand würde Technik zu gestalten versuchen, wenn es nicht eine Aussicht darauf gäbe, die gesetzten Ziele wenigstens teilweise zu erreichen.

Die relevanten Fragen sind damit, ob erstens die Intentionen der vielen dezentral steuernden Akteure (deren Vorhandensein auch von den Vertretern einer technologischen Evolutionstheorie nicht geleugnet wird) mit Gestaltungsabsichten hinsichtlich der Technik verbunden sind (auch dies ist wohl kaum zu bestreiten), zweitens, ob es Mittel zur Gestaltung gibt (dies wird ebenfalls wohl kaum in Frage gestellt), und drittens, ob die verfolgten Intentionen auch wenigstens annähernd realisiert werden können. Die Rede von Technikgestaltung impliziert zwar nicht die *Identität* der verfolgten Intentionen mit den sich dann real einstellenden Resultaten, sondern kann die Rede von nichtintendierten Nebenfolgen integrieren; eine gewisse Überschneidung zwischen den ex ante verfolgten Zielen und den realen Folgen ex post muss aber unterstellt werden. Ansonsten würde der Versuch von Technikgestaltung nur nichtintendierte Folgen produzieren und in keiner Weise zur Realisierung der Gestaltungsintentionen beitragen. Dann könnte Technikentwicklung nicht nur als Evolution *beschrieben werden*, dann *wäre* sie Evolution. In der Tat ist in vielen Fällen strittig, ob und inwieweit die Steuerungs- und Gestaltungsoptionen realisiert werden konnten oder ob die nichtintendierten Nebenfolgen nicht stärker ins Gewicht fallen (Grunwald 2010). So hat z. B. die Altautoverordnung als nichtintendierte Folge zu einem erheblichen Strom von nach westlichen Maßstäben ausgedienter Altautos in einige Länder Osteuropas geführt. Auch die Zielerreichungsgrade unterscheiden sich erheblich: im Bereich des Techniknutzers, der mit einem Küchengerät mehr oder weniger zufrieden ist, im wirtschaftlichen Bereich, wo sich manche Investitionen in vermeintliche Zukunftstechnik auszahlen, andere nicht, schließlich auch und gerade im technikpolitischen Bereich.

Die Diskussion um Gestaltungsintentionen (ex ante) mit dem Verweis auf vielfach nicht vollständige Zielerreichung zugunsten einer reinen Funktionssicht (ex post) von technikrelevanten Entscheidungen fallen zu lassen und damit die Differenz von Zwecksetzungen und nichtintendierten Nebenfolgen aufzugeben (Bechmann 1994), widerspricht zunächst der empirischen Erfahrung, dass in den verschiedenen Teilnehmerkontexten von Technikentwicklung ganz explizit mit Intentionen gearbeitet wird. Diese Intentionen sind faktisch wirksam und nicht Einbildungen von Philosophen, und sie entfalten ihre Kraft dahingehend, dass sie in die normativen Grundlagen von

Entscheidungen eingehen und die Entscheidungen dann „entscheidend“ und „maßgeblich“ beeinflussen (dies ist z. B. ein Ergebnis der Leitbildforschung, vgl. Dierkes et al. 1992).² Die Intentionen der Akteure auszublenden heißt, eine wesentliche Dimension von Technikgestaltung und -entwicklung komplett zu ignorieren. Sie einzubeziehen heißt aber umgekehrt keineswegs, der naiven Annahme zu folgen, dass sich Gestaltungsintentionen unmittelbar und ohne „Verlust“ in Realität umsetzen ließen. Hier ist eine erheblich differenziertere Betrachtung erforderlich, die die Gestaltungsmöglichkeiten in Bezug auf Technik zur Kenntnis nimmt, die trotz der häufig zu beobachtenden Differenz zwischen Intentionen und realen Folgen verbleiben.

4 Die gesellschaftliche Gestaltbarkeit von Technik

Die Diskussion um die Möglichkeit von Technikgestaltung soll im folgenden nicht auf *jedliches* technikgestaltende Handeln, sondern auf die Möglichkeiten *gesellschaftlicher*, näherhin politischer Techniksteuerung bezogen werden (z. B. Grimmer et al. 1992). Dies führt vor allem auf die Fragen nach den Technikgestaltern im gesellschaftlichen Kontext, nach ihren Gestaltungsintentionen und nach den Möglichkeiten ihrer Realisierung.

Die Frage nach den gesellschaftlichen Gestaltungsintentionen kann an dieser Stelle nur formal beantwortet werden: Von Technikgestaltung in gesellschaftlicher Perspektive soll immer dann gesprochen werden, wenn Technikgestaltung unter dem Aspekt der *Legitimationsverpflichtung* vor der *Instanz der gesamten Gesellschaft* betrachtet wird (Grunwald 2000, Kap. 3.1). Die Legitimationsverpflichtung gegenüber der gesellschaftlichen Allgemeinheit (was man auch mit Orientierung am „Gemeinwohl“ umschreiben kann) obliegt dem politischen System, dessen konstitutives Merkmal sie ist (Luhmann 1983). Auf der Basis des direkt oder repräsentativ ermittelten Willens der Wähler ist es beauftragt, technikrelevante Entscheidungen in seinem Verantwortungsbereich vor der gesamten Gesellschaft als Instanz zu legitimieren. Die üblichen Kriterien resultierender Legitimierungsbemühungen – schwer zu operationalisierende Ausdrücke wie „Gemeinwohl“ oder „übergeordnetes Interesse“ – verweisen darauf, dass so legitimiert werden soll, dass die Entscheidung jedermann im Einzugsbereich verständlich gemacht werden können sollte. Damit sind Postulate wie Allgemeingültigkeitsanspruch, Verbindlichkeit, Transparenzverpflichtung und Achtung des Demokratieprinzips eingeschlossen.

2 Die Intentionen der Technikgestaltung reichen von klar definierten Zielen bis hin zu abstrakten und weit reichenden Visionen. Sie sind damit eine Quelle für die Erfindung, Formulierung und Kommunikation von Technikzukünften ganz unterschiedlicher Art.

Auf der gesellschaftlichen Ebene können technikrelevante Entscheidungen Gewinner und Verlierer in erheblichem Ausmaß zur Folge haben. Ganze Industriezweige können in der Folge von Regulierungen, z. B. im Steuerrecht, einen ungeahnten Aufschwung erleben oder werden dem Niedergang ausgesetzt. Die Alttautoverordnung z. B. bedeutete das Aus für viele kleine Schrottplätze, die die erforderlichen Investitionen und Nachweise nicht erbringen konnten, um eine Lizenz als Verwertungsbetrieb zu bekommen. Verlierer sind auch die Besitzer alter Autos, die die erhöhten Kosten tragen müssen. Insofern sie daher kurz vor Inkrafttreten noch ihr altes Auto verkaufen konnten und auf ein neues angewiesen waren, gehören dann Autohandel und Automobilindustrie zu den Gewinnern – welche allerdings bereits (erfolgreich) klagten, zu den Verlierern der Einführung der Rücknahmeverpflichtung für Alttautos zu gehören. Situationen mit Gewinnern und Verlierern führen zu besonderen Anforderungen an Legitimation, insbesondere vor dem Hintergrund, dass es sich bei staatlichen technikrelevanten Entscheidungen um Entscheidungen mit Verpflichtungscharakter für die gesamte Gesellschaft handelt.

Wenn in dieser Weise Technikgestaltung unter gesellschaftlichen Intentionen mit Legitimationsverpflichtungen in Bezug auf technikrelevante Entscheidungen verbunden werden, stellt sich die Frage nach der Rolle des Staates als *Gestalter*. Die skeptische Frage, „ob [...] in einer solchen hochkomplexen Gesellschaft für alle verbindliche Entscheidungen noch zustande kommen können“ (Esser 1994, S. 119), ist merkwürdig unreal angesichts der Situation, dass solche Entscheidungen täglich im politischen Alltagsgeschäft getroffen werden: jede Form der Gesetzgebung bindet die gesamte Gesellschaft. In Frage gestellt werden kann nicht das *Zustandekommen* kollektiv bindender Entscheidungen, sondern ihre *Legitimation*. Auf der Basis der These, dass der Staat durch die Legitimationsverpflichtung weiterhin eine Sonderrolle in technikrelevanten Entscheidungen in gesellschaftlicher Perspektive spielt, sei nun die Aufmerksamkeit auf die veränderte Rolle des Staates in der Gegenwart gelenkt. Frühere Annahmen über den Staat als zentrale Gestaltungsinstanz sind heute in Frage gestellt wie z. B.

- der Staat verfüge über hinreichendes und verlässliches Wissen über Technikfolgen und die zukünftige Nachfrage nach Technik zur Lösung gesellschaftlicher Probleme,
- der Staat habe die anerkannte Kompetenz, angesichts der Vielfalt und Heterogenität gesellschaftlicher Wertvorstellungen zu definieren, welche Technikentwicklung dem gesellschaftlichen Wohl entspreche.
- der Staat habe die Umsetzungskompetenz, um die als richtig erkannten Weichenstellungen gegenüber den anderen gesellschaftlichen Akteuren durchsetzen zu können.

Zunächst ist der allgemeinen Diagnose, dass der Staat keine umfassende und zentrale Planung leisten kann, uneingeschränkt zuzustimmen. Die Rolle eines zentralen monolithischen Planers, wie etwa im Marxismus oder in den sechziger Jahren auch in den westlichen Ländern planungsoptimistisch vertreten wurde, kommt dem Staat aus vielerlei Gründen nicht (mehr) zu. Trotzdem kann sich der Staat nicht auf eine Moderatorenrolle zurückziehen, denn dies bedeutete den Verzicht auf eigene Legitimationsbemühungen, die aber von anderen gesellschaftlichen Teilsystemen nicht übernommen werden können. Aus diesem Grund wird hier an der besonderen legitimationserzeugenden Rolle des Staates festgehalten, wobei dann zu fragen ist, wie die gegenwärtigen veränderten Bedingungen (Globalisierung, Beschleunigung, Pluralisierung) sich auf die staatlichen Möglichkeiten zur Legitimationserzeugung auswirken.

Faktisch wird durch den Staat denn auch dauernd technikbeeinflussend gesteuert (in diesem Sinne auch Renn/Webler 1998). Gesetze, die Bemessung von Steuern, Verordnungen, Selbstverpflichtungen, internationale Konventionen, Handelsabkommen etc.: sie alle beeinflussen Technikentwicklung. In all diesen Fällen wird nicht „ins Blaue hinein“ gesteuert, nach einer Methode von Versuch und Irrtum (trial and error), sondern jeweils mit mehr oder weniger guten Gründen (z. B. informiert durch Technikfolgenabschätzung, Grunwald 2010) und nach politischen Aushandlungsprozessen. Die Ergebnisse dieser Argumentations- und Aushandlungsprozesse sind zwar kontingent in dem Sinne, daß sie im Prinzip hätten auch anders ausfallen können, sind aber (wieder mit mehr oder weniger guten Gründen) eben so und nicht anders ausgefallen und auf mehr oder weniger legitime Weise nach dem Durchlaufen von anerkannten und legitimen Entscheidungsverfahren zustande gekommen.

Das Ergebnis ist also, dass auf der gesellschaftlichen Ebene ebenfalls weiterhin von Technikgestaltung durch den Staat gesprochen werden kann – und, wenn man Legitimationsaspekte ernst nimmt, auch gesprochen werden *muss*. Gestaltungsintentionen gibt es ebenfalls; sie werden erkennbar bei einem etwas näheren Blick auf technische Produkte oder Systeme. Denn hier gilt es zu differenzieren: sie sind nicht einfach als technische Produkte insgesamt vor der Gesellschaft politisch zu legitimieren, sondern es kommt dabei auf *bestimmte Aspekte* der Produkte oder Systeme an. Die umfassende Legitimationsverpflichtung bezieht sich nur auf einige ihrer Aspekte und Attribute: Umwelteigenschaften, Sicherheitseigenschaften, Gefährdungspotentiale, Datenschutz, Verfassungsverträglichkeit, Vermeiden von Marktversagen etc. Stichworte dieser Art markieren die gesellschaftlichen Gestaltungsintentionen. Und für genau diese Eigenschaften – was im einzelnen dazugehört, mag durchaus umstritten sein – übernimmt der Staat die ihm zukommende Legitimationsverpflichtung durch Regulierung und entsprechende Monitoring- und Kontrollmaßnahmen. Hier ist eine Unterscheidung zu beachten: einige Aspekte an Technik sind ‚politikpflichtig‘ in dem Sinne, dass allgemeinverbindliche Entscheidungen damit verbunden sind, und andere können dem freien Spiel von Angebot und Nachfrage auf einem Markt überlassen werden.

Dies ist der Hintergrund einer gewissen Arbeitsteilung zwischen Wirtschaft und dem politischen System in Bezug auf die Legitimationsaspekte (Grunwald 2000, Kap. 3.4): der Staat als institutionelles Gefüge der Politik schafft durch technikoffene Regulierung einen legitimationsentlasteten Raum, in dem die Wirtschaft Produkte entwickeln und vermarkten kann, ohne die übergreifenden Legitimationsaspekte beachten zu müssen. Wie die einzelnen Produkte aussehen, ist der Wirtschaft und dem Kauf- und Nutzerverhalten überlassen – vorbehaltlich der Anerkennung der politisch gesetzten Rahmenbedingungen, in denen sich die gesellschaftlichen Gestaltungsintentionen niederschlagen. Es besteht also kein Grund, auf dieser Ebene nicht von gesellschaftlicher Technikgestaltung zu sprechen, auch wenn sie sich nur auf einige Aspekte der technischen Produkte oder Systeme erstreckt.

Nun darf die Rede von ‚Staat‘ oder von ‚Politik‘ nicht dazu verleiten, hier an eine Rückkehr des planenden Staates der 1960er Jahre zu denken. Vielmehr ist gesellschaftliche Technikgestaltung unter den Bedingungen moderner Governance zu konzeptualisieren (Siune et al. 2009, Aichholzer et al. 2011), also unter aktiver Teilnahme zivilgesellschaftlicher Gruppen und von Betroffenen sowie im Rahmen einer deliberativen Demokratie. Bereits früh wurde der Anspruch hierfür formuliert³:

In der Integration von technischem Wissen und hermeneutischer Selbstverständigung steckt, da sie in einer vom Staatsbürgerpublikum losgelösten Diskussion der Wissenschaftler in Gang gebracht werden muss, immer ein Moment von Vorwegnahme. Die Aufklärung eines wissenschaftlich instrumentierten politischen Willens kann nach Maßgabe rational verbindlicher Diskussion nur aus dem Horizont der miteinander sprechenden Bürger hervorgehen und muß in ihn zurückführen (Habermas 1968, S. 137).

In diesem Sinne, jedenfalls wenn das Wort „pragmatistisch“ in der Nachfolge von Dewey normativ ernst genommen wird, umfasst gesellschaftliche Technikgestaltung damit dem Anspruch nach immer auch das demokratische Gespräch und die demokratische Auseinandersetzung unter den Geboten der Inklusion, der Ergebnisoffenheit und der Transparenz.⁴

3 Vgl. für die Ausformulierung dieses Gedankengangs und einige Beispiele Grunwald 2008.

4 Das Gebot der Transparenz trifft, insofern die These, dass Technikzukünfte ein wesentliches Medium von gesellschaftlichen Technikdebatten sind, selbstverständlich auch auf die Technikzukünfte selbst zu. Hieraus ergibt sich ein Argument für die Forderung nach einer Hermeneutik der Technikzukünfte (vgl. Schlusskapitel in diesem Band).

5 Die rationale gesellschaftliche Gestaltbarkeit von Technik

Auf der nächsten Konkretisierungsstufe stellt sich dann die Frage, ob überhaupt, inwieweit und unter welchen Umständen derart verstandene gesellschaftliche Anstrengungen der Technikgestaltung das Attribut „rational“ verdienen. Hierzu sind zunächst einige Ausführungen zum Rationalitätsverständnis zu machen (folgend Rescher 1988, Gethmann 1996, Grunwald 1999, 2000, Kap. 4.1).

5.1 Zum Rationalitätsbegriff

Solange Handlungen und Entscheidungen unproblematisch „verstanden“ werden, solange sie den Erwartungen an die „Üblichkeiten“ von Handlungsweisen in den betreffenden gesellschaftlichen Bereichen entsprechen, solange Erklärungen für Handlungen oder Entscheidungen jederzeit gegeben und verstanden werden können, werden sie in der Regel nicht unter Rationalitätsgesichtspunkten betrachtet. In funktionierenden gesellschaftlichen Praxen (in Normalsituationen etwa des Autofahrens, einer betrieblichen Montagepraxis oder im Normalbetrieb einer Familie) kommt der Rationalitätsbegriff nicht vor. Erst wenn Handlungen oder Entscheidungen trotz der Frage nach Erklärungen unverständlich bleiben, werden sie als irrational bezeichnet: jemand handelt irrational, wenn der Beobachter relativ zu der in der entsprechenden Kommunikations- und Handlungsgemeinschaft anerkannten Art und Weise, wie dort gehandelt werden sollte und gemeinhin auch gehandelt wird, dieses Handeln *nicht versteht*. Das Kriterium der Verständlichkeit von Handlungen und Entscheidungen für die Zuschreibung des Attributes „rational“ wird dabei im Sinne von „verständlich für jedermann“ aufgefasst („jedermann“ ist hier zunächst nur ein unbestimmter Platzhalter für eine das beurteilende Individuum übersteigende Gruppe, s. u.). Irrationalität lässt sich als Handeln außerhalb der für „jedermann“ innerhalb einer Gesellschaft bzw. einer gesellschaftlichen Teilgruppe gültigen Handlungsüblichkeiten und -vorschriften rekonstruieren. *Die trans-subjektive Verständlichkeit von Handlungen bildet den semantischen Kern von Rationalitätsbeurteilungen.* Der Rationalitätsbegriff ist ein *Reflexionsbegriff*, in dessen Verwendung die Möglichkeit von Trans-Subjektivität von deskriptiven und normativen Sätzen thematisiert wird.

Es besteht aus der Mitte von faktischen Handlungskontexten heraus in zweifacher Weise die Tendenz zu *rationalen* Handlungsorientierungen. Einerseits liegt in der Sicherung der gegenseitigen Verständlichkeit von Handlungen und Entscheidungen ein wesentliches Element des Erfolges komplexer kollektiver Handlungszusammenhänge (Janich 2001). Und zweitens erfordert die Bewahrung und die Verbesserung des einmal erreichten Standes der Technik die weitere Reflexion, da das Attribut ‚Rationalität‘ nicht ein für alle Mal wie ein Etikett „an den Handlungen klebt“, sondern kontextuell jeweils neu konstituiert werden muss – weil sich z. B. wesentliche Kontextparameter

ändern (vgl. die aktuelle Diskussion zur Globalisierung in den Wirtschaftswissenschaften) oder weil neues technisches Wissen verfügbar ist. Mangelnde Reflexion kann dazu führen, dass funktionierende gesellschaftliche Praxen, wie z. B. gut gehende Fabriken, die ihre eingeübte und in einem bestimmten Kontext rationale Praxis einfach weiter betreiben, den Anschluss an innovative Entwicklungen verlieren und in dem neuen Kontext „anachronistisch“ und unverständlich, damit irrational werden und schließlich scheitern. Rationalität ist damit keine gesellschaftsferne „fixe Idee“, sondern integraler Bestandteil gesellschaftlicher Realität und in mehrfacher Hinsicht eine Bedingung der Möglichkeit von Gesellschaft. Die Ausbildung von kollektiven Handlungszusammenhängen, wie sie eine Gesellschaft konstituieren, präsupponiert, *dass nicht zu jeder Zeit beliebig gehandelt werden kann*, sondern dass kollektiv mehr oder weniger verbindliche Regeln und Traditionen des Handelns (z. B. im Rahmen von Institutionen) etabliert werden können, die diese Handlungszusammenhänge *stabilisieren*. Damit z. B. eine Kultur als Kultur intern oder extern überhaupt erkennbar ist, bedarf sie einer gewissen Beständigkeit und Kontinuität, die durch rein beliebiges Handeln nicht gewährleistet werden könnte. *Im Rationalitätsbegriff manifestiert sich die Bildung von (mehr oder weniger) verlässlichen Strukturen inmitten der Vielzahl der handelnden Akteure einer Gesellschaft.*

Eine sprachpragmatische Überlegung führt auf drei zentrale und konstitutive Eigenschaften des Rationalitätsbegriffs: (1) Relationalität, (2) Prozeduralität und (3) Reflexivität (nach Grunwald 2000, Kap. 4.1).

(ad 1) Handlungen oder Entscheidungen können *ex ante* oder *ex post* auf Rationalität hin beurteilt werden. Diese Beurteilung erfolgt relativ zu gesellschaftlich eingeübten Beurteilungskriterien. Der Rationalitätsbegriff muss daher als *zweistellig* rekonstruiert werden: eine Handlung ist rational relativ zu einem Beurteilungskatalog. Eine einstellige Verwendung wäre pragmatisch sinnlos, weil sie den Eindruck erweckte, als sei Rationalität kultur- und situationsinvariant feststellbar, klebe gleichsam ontologisch wie ein Etikett an der Handlung. Die Rationalitätszuschreibung ist jedoch das Resultat einer *Zuschreibungshandlung* und damit relational und pragmatisch zu verstehen. Je nach herangezogenem Beurteilungskatalog können spezifische „(Teil-)Rationalitäten“ eingeführt werden (ökonomische, rechtliche, wissenschaftliche, lebensweltliche etc., vgl. Schnädelbach 1998). Die regulative Idee dabei ist jeweils die Gültigkeit der Handlungsbeurteilung „für jedermann“ in dem betreffenden gesellschaftlichen Kontext.

Ob eine Handlung also „verstanden werden kann“, hängt offensichtlich vom Wissensstand des Beobachters ab. Das Bekanntwerden neuer Gründe (z. B. dahingehend, dass die betreffende Handlung in einer Ausnahmesituation erfolgte, die die in einer Normalsituation irrationale Handlung gar als eine in der speziellen Situation rationale erscheinen lässt) kann dazu führen, dass die Zuschreibung „irrational“ in eine Zuschreibung „rational“ transformiert wird. Aber auch wenn eine Erklärung gelingt, kann

es sein, dass eine Handlung als irrational eingestuft wird, wenn zwar Gründe angebar sind, diese selbst aber nicht als Gründe rationalen Handelns anerkannt werden (wenn z. B. die Erklärung in der Angabe psychischer Fehldispositionen liegt). Dies zeigt deutlich, dass Rationalitätsbeurteilungen relativ zu bestimmten Wissensständen erfolgen. Daher kann Rationalität als *dreistellige* Relation rekonstruiert werden: Eine Handlung ist rational relativ zu einem Beurteilungskatalog und zum verfügbaren Kontextwissen.

Eine dritte Relationierung folgt aus der Reflexion des „jedermann“. Trotz der universalistisch klingenden Formulierung „für jedermann“ ist nicht zwangsläufig ein normativer Universalismus involviert, wie etwa in der Diskursethik (Apel 1988) oder der utilitaristischen Ethik (z. B. Birnbacher 1988). In der semantischen, auf Rekonstruktion faktischer Sprachgebräuche beruhenden Bestimmung des Rationalitätsbegriffs als Markierung der Verständlichkeit von Handlungen „für jedermann“ ist das „jedermann“ zunächst ein unbestimmter Begriff, dessen Extension offen bleibt und selbst pragmatisch festgelegt werden kann. Diese Extension kann reichen von den Mitgliedern von „Mikrokulturen“ wie z. B. Familien, über Teilgruppen der Gesellschaft bis hin zu Gesellschaftsformationen oder der ganzen Menschheit einschließlich zukünftiger Generationen (in einigen Kulturen auch einschließlich der Toten). Die pragmatische Festlegbarkeit dieser Extension macht deutlich, dass auch dieser Aspekt „konstruktiv“ zu handhaben ist: die Teilnehmer an Konflikten, in denen es um die Rationalität im Sinne der Verständlichkeit geht, müssen sich darüber verständigen, *für wen* die in Frage stehenden Handlungen verständlich sein sollen. Dies eröffnet dem Rationalitätsbegriff eine weitere Ebene der Differenzierung und Relationierung. Denn es kann durchaus sein, dass eine Handlung gemäß den Üblichkeiten in einer Kleingruppe als rational gelten kann, während sie unter Maßgabe des Kategorischen Imperativs durch das Raster fallen würde. Von der Festlegung der Extension des „jedermann“ hängen die methodischen Anforderungen an die Trans-Subjektivität der eingehenden Handlungsorientierungen, des Handlungswissens oder der Entscheidungsgrundlage ab. Dieser kontextuellen und situativen Anforderung kann nicht ausgewichen werden – es gibt keine universellen Routinen, die hier Entlastung schaffen: die Extension des „jedermann“ ist selbst eine gestaltbare und daher auch rechtfertigungspflichtige Größe. Da diese Gestaltung selbst wiederum „verständlich“ sein soll, gelten die Rationalitätsanforderungen hier genauso und verhindern das Ableiten in eine beliebige Kontingenz. Damit ergibt sich ein *vierstelliger pragmatischer Rationalitätsbegriff*:

Eine Handlung wird als rational bezeichnet relativ zu einem Beurteilungskatalog, zu dem Stand des Kontextwissens und zu den Anforderungen an die Extension des Verallgemeinerbarkeitsbereiches.

(ad 2) Die durch Gründe motivierte Anerkennung von Geltungsansprüchen unter Fairness- und Symmetrieregeln in Diskursen (Habermas 1988b, 1991) stellt das pro-

zedurale Mittel dar festzustellen, ob eine Handlung oder Entscheidung dem Rationalitätskriterium der (argumentativen) Nachvollziehbarkeit „für jedermann“ entspricht (relativ zu Beurteilungskatalog, Wissensstand und Verallgemeinerungspflicht, s.o.). Begründung und Rechtfertigung als Mittel der Rationalitätsbeurteilung erfolgen durch *anerkannte Verfahren* diskursiver Argumentation (z.B. Habermas 1973; Gethmann 1996). Die Inhalte werden von den Teilnehmern der Rationalitätsreflexionen selbst hergestellt. Der Diskurs als Beratungsverfahren dient dazu, vorgetragene Begründungen und Rechtfertigungen kritisch zu prüfen und Dissense oder Konflikte argumentativ zu beseitigen oder ein vernünftiges Dissensmanagement (Hubig 1999) zu erlauben. Die auf diese Weise prozedural erfolgende Zuschreibung „rational“ ist nicht als ein Algorithmus oder Kalkül operationalisierbar. Das Ergebnis eines Diskurses ist damit nicht vorweg planbar, sondern Resultat eines *ergebnisoffenen Prozesses*.

(ad 3) Ein weiteres Merkmal des Rationalitätsbegriffes ist seine *Reflexivität*. Der Anspruch auf Rationalität beinhaltet die Verpflichtung zur Reflexion der Geltungsgrenzen des Vorgebrachten und damit die Disposition zur Selbstkritik. Übermäßige Versprechungen hinsichtlich der trans-subjektiven Geltung von Aussagen oder Anforderungen sind nicht mehr rational einzulösen und werden dann nicht mehr als rational akzeptiert, sondern als *rationalistisch* bezeichnet. Dies ist bereits im faktischen Sprachgebrauch dadurch verankert, dass jemand, der unter dem Anspruch rationaler Handlungsorientierungen auftritt, sehr schnell dann an Vertrauen verliert, wenn die von ihm vorgebrachten Handlungsorientierungen diesem Anspruch wiederholt nicht standhalten. Ohne reflexive Einstellung zum Vorgebrachten bestünde die Gefahr eines Selbstwiderspruches mit negativen Folgen für den Betreffenden hinsichtlich seiner Anerkennung in zukünftigen Angelegenheiten. Dahinter steht ersichtlich wiederum ein praktisches Interesse: der Handelnde oder Entscheidende muss wissen, wie er das deskriptive Wissen und die normativen Orientierungen hinsichtlich ihrer Geltung einzuschätzen hat, weil davon maßgeblich die Erfolgsaussichten und die einzugehenden Risiken abhängen.

5.2 Rationale gesellschaftliche Technikgestaltung als Lernprozess

Technikgestaltung bedarf sowohl der Wissensbereitstellung durch Forschung über Technik und Technikfolgen einerseits und der gesellschaftlichen Kommunikation über Bewertungsfragen und Prioritätensetzungen andererseits: es gilt sowohl das beste verfügbare Wissen zu berücksichtigen, das die verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen bereitstellen können, als auch über die Ziele der Gestaltung, über Visionen einer zukünftigen Gesellschaft, über Wünschbarkeit, Akzeptabilität und Zumutbarkeit technischer Entwicklungen einen gesellschaftlichen Dialog zu führen. Wenn dies unter Rationalitätsaspekten erfolgen soll, so ist nach dem Gesagten Folgendes zu berücksichtigen:

- Das Erfahrungswissen, das in die Entscheidungsprozesse über Technikgestaltung eingeht, muss aus der Beobachterperspektive, in der es gewonnen wurde, in die Teilnehmerperspektive der Gestalter übersetzt werden – kein trivialer Vorgang (Grunwald 2000).
- Technikgestaltung ist mit den Bedingungen des Wissens unter *Unvollständigkeit* und *Ungewissheit* konfrontiert. Es kann nicht garantiert werden, dass alle Technikfolgen ex ante erfasst werden. Und dieses möglicherweise unvollständige Technikfolgenwissen ist ein vorläufiges Wissen, welches im Laufe der Zeit auf der Basis neuer Erkenntnisse eventuell modifiziert werden muss. Die Reflexivität des Rationalitätsbegriffs verpflichtet zur transparenten Aufdeckung der Bedingungen der Gültigkeit dieses Wissens.
- Technikgestaltung unter Rationalitätsaspekten muss daher so ausgerichtet werden, dass eine Behebung von Fehlern und die Korrektur von Fehleinschätzungen möglich bleibt. Begriffe wie Reversibilität und Fehlertoleranz gewinnen an Bedeutung.
- Meinungsbildungs- und vor allem Entscheidungsprozesse müssen sich bestimmten Kriterien der Legitimation und der Verfahrensgerechtigkeit stellen, aber auch über die korrekte Anwendung der Verfahrenselemente offen für Argumentationen sein (Grunwald 2000, Kap. 3.2).

Hieraus folgt, dass rationale gesellschaftliche Technikgestaltung nicht als ein Planen auf ein festgelegtes Ziel hin und mit Erfolgsgarantie erfolgen kann. Es gibt jedoch vielfältige Möglichkeiten, die Technikgestaltung als einen ständigen *Lernprozess* zu verstehen: als einen gesellschaftlichen Prozess, in dem über Gestaltungsziele und Realisierungsoptionen diskutiert wird, in den wissenschaftliches Wissen und ethische Orientierungen eingehen, und in dem sich das Bild der zukünftigen Technik allmählich, Schritt für Schritt, herausbildet.⁵ Gestaltung im Sinne eines dauernden Lernprozesses mit der Möglichkeit, auch aus praktischen Erfahrungen zu lernen und diese Erfahrungen dann für Modifikationen der Praxis zu nutzen, nicht die Evolution sich selbst zu überlassen, sondern in einem reflektierten und wissenschaftlich informierten Prozess mitzugestalten.

Technikfolgenabschätzung zur Unterstützung einer rationalen Technikgestaltung ist in dieser Weise ein Medium des Lernens, indem die Technikentwicklung und die Entwicklung der entsprechenden gesellschaftlichen Rahmenbedingungen kritisch begleitet werden (Grunwald 2010). Weit jenseits von ihrer ursprünglichen Funktion als direkter Entscheidungsvorbereitung erwachsen der Technikfolgenabschätzung weitere Aufgaben: nämlich gesellschaftliche Lernvorgänge im Hinblick auf Technik, Techni-

5 Die in diesem Buch formulierte Forderung nach einer Hermeneutik der Technikzukünfte speist sich aus genau dem Wunsch, ein weiteres konzeptionelles und methodisches Element zur Unterstützung derartiger Lernprozesse zu entwickeln.

sierung und Technikfolgen auf wissenschaftlicher Basis zu unterstützen und dadurch ebenfalls zu eher informellen Meinungsbildungsprozessen im Vorfeld der Entscheidungen beizutragen. Dabei werden Stichworte wie „Lernende Regulierung“, Monitoring der Auswirkungen von Gestaltungsmaßnahmen, Bestimmung von Indikatoren für Zustände oder Veränderungen, Verfahren kollektiven Lernens, die Unterscheidung von Lernprozessen von bloßen modischen Veränderungen und die Frage der Überführung von Resultaten dieser Lernprozesse in die Praxis wesentlich.

Es sind mindestens zwei Ebenen des Lernens zu unterscheiden:

- Auf der kognitiven Ebene geht es um neues Wissen über Technikfolgen, Anwendungsfelder, Akzeptanz, Marktverhalten der Techniknutzer etc.
- Auf der normativen Ebene stehen die Rahmenbedingungen im Mittelpunkt: es geht um die Weiterentwicklung von Regulierungen, um neue Verfahren für den Umgang mit Konflikten, schließlich auch um eine lernende Weiterentwicklung auf der Werte-Ebene und in Bezug auf ethische Sensibilität.

Auf all diesen Ebenen kann Technikfolgenabschätzung die Bedingungen für eine Erweiterung des Optionenraumes in technikrelevanten gesellschaftlichen Entscheidungen durch Lernen bereitstellen oder verbessern. In der geschilderten quasi-experimentellen Situation hinsichtlich der Technikgestaltung muss es vordringlich darum gehen, oder die inhärenten Ungewissheiten des Wissens transparent aufzudecken, um eine offene Diskussion über den Umgang mit diesen Ungewissheiten und den dadurch bedingten unvermeidlichen Risiken zu ermöglichen. Die Risiken sind dann mit den Risiken anderer Zukunftsoptionen und den jeweils erkennbaren Chancen abzuwägen. Die Rationalität dieses Vorgehens liegt vor allem darin, dass Technik nicht „blind“ entwickelt und eingesetzt wird, sondern dass Technikgestaltung

- relational erfolgt, d. h. dass die Bedingungen ihrer Einbettung in gesellschaftliche Verhältnisse und ihre „Verständlichkeit“ dort beachtet werden;
- in einer reflexiven Haltung betrieben wird, die die der Technik zugrunde liegenden Prämissen, Annahmen und Werte transparent aufdeckt und offen thematisiert;
- prozedural in einer Disposition des Lernens betrieben wird, die in Bezug auf Meinungsbildungs- und Entscheidungsprozesse eine möglichst weitgehende Flexibilität sowie Möglichkeiten der Erkennung und Korrektur von Fehlern beinhaltet.

6 Resumée und Ausblick

Die Determinierung der technischen Zukunft durch Planung gelingt nicht: die Zukunft bleibt trotz (flexibler) Planung offen. Es gibt nur Möglichkeiten, bestimmte (erwünschte) Pfade zu bevorzugen und andere (unerwünschte) zu benachteiligen. Zusammenfassend gesagt und fast trivial gilt, dass Technikentwicklung und Technisierung ein ständiges Großexperiment mit der Zukunft bedeuten: „man weiß hinsichtlich einer technischen Innovation nie, ob sie die existierende Gesellschaft stabilisiert oder zugrunde richtet“ (Groys 1997, S. 18). Enttäuschte Hoffnungen gegenüber der Technikfolgenabschätzung mögen damit zusammenhängen, dass unerreichbare Erwartungen im Sinne einer vollständigen Kontrolle dieses Großexperimentes gehegt wurden. Das wäre aber nicht verträglich mit der Offenheit der Zukunft. Möglich sind „minimalistische“ gesellschaftliche Gestaltungen von Technik: Einflussnahmen auf den verschiedenen dezentralen Ebenen der Technikentwicklung, kleine Schritte, deren Normativität in Kohärenzüberlegungen zwischen Faktizität und kontrafaktischen Erwartungen, zwischen Deutungen der Vergangenheit und Erwartungen an die Zukunft, zwischen Legitimationspostulaten und Innovationshoffnungen konstituiert wird. Für diese Konstitution des gesellschaftlich-Normativen gibt es keine pauschalen Verfahren, gar Algorithmen: sie muss durch gesellschaftliche Praxis erfolgen, oft in Form der Bewältigung von Konflikten, – beraten durch wissenschaftliche Forschung und Reflexion. Die Rationalität dieser gesellschaftlichen Technikgestaltung erschließt sich nicht aus der Makroperspektive: hier kann in der Tat nicht von Technikgestaltung gesprochen werden, weil es weder eine gestaltende Instanz noch Gestaltungsintentionen gibt. Vielmehr ist eine dezentrale Perspektive der Teilnehmer an Gestaltungsprozessen erforderlich.

Sowohl die These der rationalen Gestaltbarkeit der gesamten Technikentwicklung als auch die Antithese der Technikentwicklung als einer blinden Evolution basieren auf kultur- oder geschichtsphilosophischen Basisannahmen, welche mit konkreter Technikentwicklung oft gar nichts zu tun haben. Der Begriff rationaler Technikgestaltung, folgend dem explizierten pragmatischen Rationalitätsverständnis, markiert den Verzicht auf pauschale Annahmen und fragt stattdessen nach den Kriterien und Mitteln der konkreten Gestaltung von Technik in den jeweiligen Kontexten, aber auch nach den Bedingungen der Gestaltbarkeit von Technik in der Gesellschaft und diesbezüglichen Hindernissen. Es geht in der nachmetaphysischen Situation (Habermas 1988a) nicht mehr um die Befreiung des Menschen von den Zwängen der Erwerbsarbeit durch Technik (Marx, Bloch) oder um die „Erlösung“ des Menschen durch die Tätigkeit der Ingenieure (Dessauer 1926), aber auch nicht um die beklagte „Eindimensionalität des Menschen“ in der technisierten Welt (Marcuse 1967), um die „Antiquiertheit des Menschen“ gegenüber der von ihm entwickelten Technik (Anders 1964) oder um Befürchtungen eines technikbedingten Endes der Menschheitsgeschichte (Jonas 1979). Stattdessen geht es um die rationale Gestaltung aktueller und konkreter tech-

nischer Entwicklungen, z. B. im Transportbereich, in der Informationstechnik, in der Raumfahrt oder in der Medizin, d. h. um die Möglichkeiten und Grenzen der gesellschaftlichen Aneignung dieser Techniken, der Bedingungen ihrer erfolgreichen Enkulturation, um die Anforderungen an staatliche Regulierung etc. und – als Aufgabe der technikbegleitenden Reflexion – um die Konstitution von Kriterien und Verfahren zur Beantwortung dieser Fragestellungen in ihren jeweiligen Kontexten.

Literatur

- Aichholzer, G., Bora, A., Bröchler, S., Decker, M., Latzer, M. (Hg.) (2010): *Technology Governance. Der Beitrag der Technikfolgenabschätzung*. Berlin
- Anders, G. (1964): *Die Antiquiertheit des Menschen*. München
- Apel, K.-O. (1988): *Diskurs und Verantwortung*. Suhrkamp, Frankfurt a. M.
- Basalla, G. (1988): *The Evolution of Technology*. Cambridge
- Bechmann, G. (1994): Frühwarnung – die Achillesferse der TA? In: Grunwald, A., Sax, H. (Hg.) (1994): *Technikbeurteilung in der Raumfahrt. Anforderungen, Methoden, Wirkungen*. Berlin, S. 88-100
- Bijker, W., Law J. (Hg.) (1994): *Shaping Technology Building Society*. MIT Press
- Birnbacher, D. (1988): *Verantwortung für zukünftige Generationen*. Stuttgart
- Dierkes, M., Hoffmann, U., Marz, L. (1992): *Leitbild und Technik. Zur Entstehung und Steuerung technischer Innovationen*. Berlin. Campus Verlag, Frankfurt a. M./New York
- Esser, J. (1994): Politische Techniksteuerung. In: Schlosser, H. (Hg.) (1994): *Gesellschaft macht Technik. Vorlesungen zur Technikgenese als sozialer Prozeß*. G.A.F.B., Frankfurt a. M., S. 116-131
- Funtowitz, S., Ravetz, J. (1993): *The Emergence of Post-Normal Science*. In: R. von Schomberg (ed.): *Science, Politics and Morality*. Kluwer Academic Publisher, London
- Gethmann, C. F. (1996): Rationalität. In: J. Mittelstraß (Hg.): *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie*, Bd. 3. Metzler, Stuttgart, S. 468-481
- Grimmer, K., Häusler, J., Kuhlmann, S., Simonis, G. (1992): *Politische Techniksteuerung*. Leske und Budrich, Opladen.
- Groys, B. (1997): Technik im Archiv. Die dämonische Logik technischer Innovation. *Jahrbuch Technik und Gesellschaft* 9. Campus Verlag, Frankfurt a. M., S. 15-32
- Grundmann, R. (1994): Gibt es eine Evolution von Technik? *Jahrbuch Technik und Gesellschaft* 7, S. 13-39
- Grunwald, A. (1999): Rationale Gestaltung der technischen Zukunft? In: Grunwald, A. (Hg.): *Rationale Technikfolgenbeurteilung. Konzeption und methodische Grundlagen*. Springer, Berlin Heidelberg New York, S. 29-54
- Grunwald, A. (2000a): *Technik für die Gesellschaft für morgen. Möglichkeiten und Grenzen gesellschaftlicher Technikgestaltung*. Campus, Frankfurt a. M.
- Grunwald, A. (2000b): *Handeln und Planen*. Fink, München

- Grunwald, A. (2003): Die Unterscheidung von Gestaltbarkeit und Nicht-Gestaltbarkeit der Technik, in: A. Grunwald (Hg.): *Technikgestaltung zwischen Wunsch und Wirklichkeit*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag 2003, S. 19-38
- Grunwald, A. (2008): Technik und Politikberatung. Suhrkamp, Frankfurt a. M.
- Grunwald, A. (2010): Technikfolgenabschätzung. Eine Einführung. Edition Sigma, Berlin, 2. Auflage
- Grunwald, A., Langenbach, C. (1999): Die Prognose von Technikfolgen. Methodische Grundlagen und Verfahren. In: Grunwald, A. (Hg.): *Rationale Technikfolgenbeurteilung. Konzeption und methodische Grundlagen*. Berlin, S. 93-131
- Habermas, J. (1968): Verwissenschaftlichte Politik und öffentliche Meinung. In: Habermas, J. (Hg.): *Technik und Wissenschaft als Ideologie*. Frankfurt a. M., S. 120-145
- Habermas, J. (1973): Wahrheitstheorien, in: H. Fahrenbach (Hg.): *Wirklichkeit und Reflexion*. Walther Schulz zum sechzigsten Geburtstag, Pfullingen, S. 211 – 265.
- Habermas, J. (1988a): *Nachmetaphysisches Denken*. Suhrkamp, Frankfurt a. M.
- Habermas, J. (1988b): *Theorie des kommunikativen Handelns*. Suhrkamp, Frankfurt a. M., 2 Bde.
- Habermas, J. (1991): *Erläuterungen zur Diskursethik*. Suhrkamp, Frankfurt a. M.
- Halfmann, J. (1996): Die gesellschaftliche „Natur“ von Technik. Leske + Budrich, Opladen
- Hubig, Ch. (1999): Pragmatische Entscheidungslegitimation angesichts von Expertendilemmata. Vorbereitende Überlegungen zu einer Ethik der Beratung auf der Basis einer provisorischen Moral. In: Grunwald/Saupe 1999, S. 197-210
- Janich, P. (2001): *Logisch-pragmatische Propädeutik*. Vohrbeck, Paderborn
- Jonas, H. (1979): *Das Prinzip Verantwortung. Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation*. Frankfurt a. M.
- Luhmann, N. (1983): *Legitimation durch Verfahren*. Suhrkamp, Frankfurt a. M.
- Marcuse, J. (1967): *Der eindimensionale Mensch*. Neuwied
- Mensch, G. (1981): Ist die technische Entwicklung ganz oder teilweise vorprogrammiert? In: Krüedener, J. v., Schubert, K. v. (Hg.): *Technikfolgen und Sozialer Wandel*. Opladen, S. 103-128
- Rammert, W. (1994): Konstruktion und Evolution von Technik. In: Rammert, W., Bechmann, G. (Hg.): *Konstruktion und Evolution von Technik. Technik und Gesellschaft Jahrbuch 7*. Campus, Frankfurt a. M., S. 7-11
- Rammert, W., Bechmann, G. (Hg.) (1994): *Konstruktion und Evolution von Technik. Technik und Gesellschaft Jahrbuch 7*, Campus, Frankfurt a. M.
- Rapp, F. (1978): *Analytische Technikphilosophie*. Freiburg
- Renn, O., Webler, T. (1998): Der kooperative Diskurs – Theoretische Grundlagen, Anforderungen, Möglichkeiten. In: Renn, O., Kastenholz, H., Schild, P., Wilhelm, U. (Hg.): *Abfallpolitik im kooperativen Diskurs*. Hochschulverlag ETH, Zürich, S. 3-103
- Rescher, N. (1988): *Rationality*. Cambridge
- Ropohl, G. (1982): Kritik des technologischen Determinismus. In: Rapp, F., Durbin, P. T. (Hg.): *Technikphilosophie in der Diskussion*. Braunschweig, S. 3-18
- Schnädelbach, H. (1998): Rationalitätstypen. *Ethik und Sozialwissenschaft* 9, S. 79-89

- Schneider, V. (1989): Technikentwicklung zwischen Politik und Markt: Der Fall Bildschirmtext. Campus, Frankfurt a. M.
- Siune, K., Markus, E., Calloni, M., Felt, U., Gorski, A., Grunwald, A. Rip, A., de Semir, V., Wyatt, S. (2009): Challenging Futures of Science in Society. Report of the MASIS Expert Group. Brüssel, European Commission
- Urban, P. (1973): Zur wissenschaftstheoretischen Problematik zeitraumüberwinden der Prognosen. Köln

Determiniert der technische Fortschritt die Gesellschaft oder die Gesellschaft den technischen Fortschritt?

1 Zwischen Technik- und Sozialdeterminismus

Im Rückblick auf nunmehr einige Jahrzehnte der intensiven wissenschaftlichen Befassung mit dem Verhältnis von Technik und Gesellschaft lassen sich einige wiederkehrende Grundmuster erkennen. Technikdeterminismus und Sozialdeterminismus (Dolata/Werle 2007) gehören zu derartigen Mustern, mit denen bestimmte Aspekte und Entwicklungen in diesem Verhältnis kontrovers thematisiert werden. Direkt betroffen von dieser Kontroverse ist die Technikfolgenabschätzung (Technology Assessment, TA), hängen doch von der Positionierung im Streit zwischen Technik- und Sozialdeterminismus Antworten auf wesentliche konzeptionelle Fragen der TA als Technikfolgenforschung und Politikberatung (Petermann 1991) ab: Fragen nach ihren Gegenständen, nach ihren Zielen und nach ihren Adressaten (Grunwald 2010). Daher wird im Folgenden der Bezug der Determinismusthesen zur TA als Bezugsrahmen verwendet – allerdings nicht in der Absicht, hier TA-Fragen einzuschmuggeln, sondern um die Brücke zu schlagen zwischen wissenschaftlichen Kontroversen, konzeptionellen Basisunterscheidungen und Abgründen ihrer sprachlichen Formulierung, erkenntnistheoretischen Fragen und der gesellschaftlichen Praxis an der Schnittstelle zwischen Technik und Gesellschaft.

Ausgangsbeobachtung für die folgenden Ausführungen ist die Diagnose eines gewissen Schwankens in den dominanten wissenschaftlichen Verhaltungen zum Verhältnis von Technik und Gesellschaft über die Jahre hinweg: vom Technikdeterminismus der 70er zum Sozialdeterminismus der 90er Jahre, und nun anscheinend eine Wiederentdeckung wenigstens einiger Aspekte des Technikdeterminismus.

Der Rückblick auf die Anfänge der TA lässt einen *Technikdeterminismus* erkennen: „Die herkömmliche Vorstellung, an der sich auch eine ganze Generation von TA-Studien orientierte, unterstellt, dass technische Entwicklungen [...] ihrer immanenten Eigenlogik folgen, die [...] in der praktischen Anwendung weitgehend prädestinierte, passive Anpassung bei den Betroffenen erzwingen“ (Lutz 1991, S. 71). Die *Folgenorientierung*, die sich auch in der deutschen Übersetzung des „Technology Assessment“ zeigt (und die, nebenbei bemerkt, bis heute zu einem Imageproblem der TA in

bestimmten Kreisen beiträgt), drückt diese primäre Wahrnehmung aus: danach determiniert die Technik durch ihre Folgen das Soziale, während sie selbst nicht durch das Soziale determiniert wird, sondern einer außerhalb gesellschaftlicher Einflussfaktoren liegenden Eigenlogik folgt: „Dabei scheint es, als seien wir zur Technik verurteilt. Sie kommt immer nur durch menschliche Handlungen zustande und ist doch zu einer selbständigen Instanz geworden, deren Entwicklung anscheinend kaum gesteuert werden kann“ (Rapp 1978, S. 8). Das, was der Gesellschaft danach bleibt, ist eine antizipative Befassung mit den Folgen dieser eigendynamischen Technik und eine möglichst konstruktive Anpassung im klassischen Verständnis der TA, Chancen zu nutzen und Risiken zu minimieren (z. B. Paschen 1975).

Der damit zunächst als unverträglich erscheinende Begriff der *Technikgestaltung*, der sich sodann teils zu einem Sozialdeterminismus entwickelte, ist in den neunziger Jahren des letzten Jahrhunderts in die wissenschaftliche und gesellschaftliche Diskussion über Technik und Technikfolgen geraten. Die Ansätze des niederländischen Sozialkonstruktivismus (Bijker et al. 1987; Bijker/Law 1994), der Technikgeneseforschung (Dierkes et al. 1992), des Constructive Technology Assessment (Rip et al. 1995) sowie kulturalistischer Verständnisse des Verhältnisses von Technik und Gesellschaft (Weingart 1989) haben dazu beigetragen, Technik als eine sozial *beeinflussbare Größe* zu verstehen. Die ursprüngliche Folgenorientierung der TA (z. B. Paschen 1975) geriet vor dem Hintergrund eines gestaltungsorientierten Sozialdeterminismus in Misskredit. Denn entweder könne man – in frühen Stadien der Entwicklung – über diese Folgen nicht frühzeitig und hinreichend sicher genug wissen, oder aber, wenn dies doch in späteren Entwicklungsstadien der Fall wäre, könne dieses Wissen wegen schon gefallener und irreversibler Entscheidungen keine praktischen Folgen mehr haben (Collingridge 1980). TA solle daher, so die neue Devise, besser die *Technikgenese* in den Blick nehmen und dort technikgestaltend Einfluss nehmen, um positive Entwicklungen zu verstärken und negative an der Wurzel zu verhindern (Dierkes et al. 1992, Dierkes 1999). Dieser Schwenk führte zu einem teils überbordenden Gestaltungsoptimismus:

„Wenn durch die Einbeziehung potentieller Nutzer ein großes Spektrum denkbarer Folgedimensionen berücksichtigt wurde und die Chancen und Risiken alternativer Optionen in einem breiten sozialen Aushandlungsprozess ausgelotet wurden, müsste – so das Konzept – ein soziotechnisches System entstehen, das nutzerfreundlicher und risikoärmer ist und daher in weit geringerem Maße unbeabsichtigte negative Folgewirkungen nach sich zieht“ (Weyer 1997, S. 345).

Das Vertrauen ist hier ein *doppeltes*: ein Vertrauen in die soziale Gestaltbarkeit von Technik als solche, und darüber hinaus noch ein Vertrauen darin, dass eine derartig gestaltete Technik erheblich weniger unbeabsichtigte Nebenfolgen zeitigen werde. In gewisser Weise lässt sich hier eine (allerdings nur vorüberkehrende) Wiederkehr des

Planungsoptimismus in neuem Gewand erkennen. War der ältere Planungsoptimismus *substantieller* Art und bestand darin, die Realisierbarkeit definierter Ziele mit klaren Mitteln (und ohne Nebenfolgen) zu versprechen, so ist der sozialdeterministische Planungsoptimismus *prozeduraler* Natur: Die Realisierung der Hoffnungen auf eine nutzerorientierte, sozialverträgliche und risikoärmere Technik wurde an eine entsprechende Gestaltung der *Entscheidungs- und Auslegungsprozesse* der Technik geknüpft, vor dem Hintergrund der Netzwerktheorie und Übelregungen zur Partizipation. Die Substanz (d.h. die reale Ausprägung der Technik) sollte danach erst im Prozess selbst entstehen, und es gab sogar, wie im obigen Zitat, Hoffnungen darauf, durch Gestaltung des Geneseprozesses die Folgenproblematik in den Griff zu bekommen. Ist die Verlagerung von substantiellen Erwartungen an prozedurale Maßnahmen unzweifelhaft ein Element von Modernisierung, so irritierte teils der damit verbundene Optimismus: „Angetreten, den Irrtum des technologischen Determinismus zurück zu weisen, hat der Sozialkonstruktivismus den gegenteiligen Irrtum eines soziologischen Voluntarismus geboren“ (Ropohl 1999, S. 296).

Heute gerät der Sozialdeterminismus hinsichtlich der Technik selbst in die Defensive. Gestaltungsversuche von Technik stoßen an Grenzen. Die Globalisierung der Weltwirtschaft mit ihrer eigenen Dynamik, die zunehmende Differenzierung der Gesellschaft in „Inseln“ mit je verschiedenen normativen Vorstellungen, welche eine gemeinsame *gesellschaftliche* Technikgestaltung (Grunwald 2000) erschweren, sowie die bekannte Nebenfolgenproblematik der Technik stehen einer intentionalen Gestaltung im Wege. Antwortete der Gestaltungsoptimismus der neunziger Jahre auf einen technologischen Determinismus früherer Jahrzehnte, so stehen heute eine Problematisierung und Relativierung des sozialdeterministischen Blicks auf das Verhältnis von Technik und Gesellschaft auf der Agenda.

Das eigentümliche Schwanken in der Beurteilung bereits der *Richtung* der Kausalverhältnisse im Verhältnis von Technik und Gesellschaft – auf welcher Seite liegen die determinierenden und auf welcher die determinierten Faktoren? – legt die Frage nahe, wie sich das Schwanken selbst erklären ließe. Offenbar liegt hier eine gewisse Unentschiedenheit vor, die am Fortschritt in der wissenschaftlichen Analyse dieser gegenseitigen Beeinflussungsverhältnisse zweifeln lassen könnte. Trotz einer Vielzahl empirischer Befunde scheint die Technikforschung einer Beantwortung der Frage nach der Beeinflussungsrichtung – die nun wahrhaftig kein „Kleinkram“ ist – nicht näher gekommen zu sein. Wenn Sozial- und Technikdeterminismus als wissenschaftliche Einschätzungen zum Verhältnis von Technik und Gesellschaft verstanden werden, gibt es drei Erklärungstypen für das Schwanken:

- Es könnte der *betrachtete Gegenstandsbereich selbst* die Ursache der wissenschaftlich wahrgenommenen Schwankungen sein. Die Kausalbeziehungen könnten sich

„real“ geändert haben, so dass eine um Erklären und Verstehen bemühte Sozialforschung diesen „realen“ Schwankungen zwangsläufig folgen musste.

- Es könnte sich um eine allmähliche „*Annäherung an die Wahrheit*“ (Popper) handeln. Danach würde die sozialwissenschaftliche Technikforschung „im Schlingenkurs“ einen immer differenzierteren und „realitätsnäheren“ Eindruck von ihrem Gegenstandsbereich gewinnen und das Schwanken wäre, aus der Ferne betrachtet, eine Annäherung an die Wirklichkeit.
- Es könnte sich um ein Schwanken auf der Ebene *wissenschaftlicher Wahrnehmungsmuster* handeln. Veränderungen in der Perspektive, unter der die Sozialwissenschaften auf das Gegenstandsfeld „Verhältnis von Technik und Gesellschaft“ schauen, könnten die Ursache variierender Wahrnehmung sein.

Eine Antwort hängt wesentlich mit einer Einschätzung des semantischen Gehaltes und der sprachpragmatischen Funktionen der Thesen von Sozial- oder Technikdeterminismus zusammen. Dabei geht es um folgende Teilprobleme:

- Sind Sozial- und Technikdeterminismus empirisch belegbar? Handelt es sich um wissenschaftliche Hypothesen, über deren Geltung man diskutieren könnte? Auf welche Gegenstands- und Einflussbereiche bezieht man sich dabei jeweils?
- Sind Sozial- und Technikdeterminismus alternative Deutungen des Verhältnisses von Gesellschaft und Technik, von denen nur eine wahr sein kann? Oder können sie gleichzeitig zutreffen, nur in je verschiedener Interpretation?
- Die Technikfolgenabschätzung ist dem Wandel von Technik- zu Sozialdeterminismus eher reaktiv gefolgt statt ihn aus den eigenen Erfahrungen heraus mit zu gestalten. Was folgt aus den Überlegungen für die TA? Ist TA auf einen gewissen Technikdeterminismus angewiesen, um über Folgen reden zu können?

Um diese Fragen zu beantworten, ist zunächst genauer nach dem semantischen *Gehalt* der beiden Determinismusthesen zu fragen (Kap. 2). Diese Analyse ebnet den Weg zu einem Verständnis der Thesen von Sozial- und Technikdeterminismus als deutungsgeladene und perspektivische Muster generalisierten Redens über das Verhältnis von Technik und Gesellschaft. Als solche fungieren sie in mehrfacher Weise als Katalysatoren gesellschaftlicher Kommunikation über Technik – bilden dabei aber keineswegs ontische Sachverhalte ab und haben daher keinen ontologischen Status. Auf diese Weise können einige Scheinprobleme der wissenschaftlichen Kommunikation benannt und aufgelöst werden (Kap. 3). Abschließend wird nach Implikationen und Konsequenzen dieser Analyse gefragt (Kap. 4).

2 Was besagen Sozial- und Technikdeterminismus genau?

Zunächst scheint es angeraten zu sein, den Inhalten der beiden Determinismusthesen etwas weiter nachzugehen. Dabei sei es hier, in einem konzeptionell orientierten Beitrag, erlaubt, die Gegenüberstellung auf die charakteristischen Aspekte der Gegenüberstellung zuzuspitzen, auch um die Gefahr, dass damit nicht allen Differenzierungen Rechnung getragen werden kann.

Trivialerweise, aber nicht ohne Bedeutung, wird in der Kontroverse zwischen Technik- und Sozialdeterminismus eine Basisunterscheidung zwischen Technik und Gesellschaft zugrunde gelegt. Basisunterscheidungen als „erste“ Unterscheidungen sind nicht nur die Grundlage von trennscharfen und Ordnung stiftenden Begriffsbildungen, sondern auch die Basis für Weltwahrnehmung. Die Rede vom Unterscheidungsapriori (vgl. Mittelstraß 1974, in anderer Tradition Spencer Brown 1979) macht hierauf aufmerksam. Eine Basisunterscheidung, die Technik von der Gesellschaft abtrennt, um dann nach den gegenseitigen Beeinflussungen zu fragen, hat zwar eine lange Tradition in den Sozial- und Geisteswissenschaften, ist aber dennoch nicht unkritisch zu übernehmen. Dadurch könnten Probleme artifiziell erzeugt werden, die nicht dem wahrgenommenen Gegenstandsbereich, sondern der durch die Basisunterscheidung geprägten Wahrnehmungsstruktur zuzuschreiben wären. Diesem Gedanken werde ich zunächst nicht folgen, ihn aber später wieder aufnehmen (Kap. 4).

Der *Technikdeterminismus* zerfällt in zwei Teilthesen: (1) die These von der *Determinierung des Sozialen durch das Technische*, nach der Technik zu einer „Anpassungserzwingung“ in individueller und kollektiver Hinsicht führe, und (2) die These von der *Nicht-Determinierung bzw. Nicht-Determinierbarkeit des Technischen durch das Soziale*. Der technischen Entwicklung wird eine *Eigengesetzlichkeit* unterstellt (Ropohl 1982). Diese Eigendynamik kann auf verschiedene Weise versucht werden zu begründen (dazu Grunwald 2000). Es bliebe der Gesellschaft in diesem Modell nur, und das ist der zweite Teil der Technikdeterminismusthese, sich an diese eigendynamisch ablaufende Entwicklung bestmöglich anzupassen und z. B. zu diesem Zwecke zu versuchen, Technikentwicklung und daraus resultierende gesellschaftliche Folgen zu *prognostizieren*, um sich frühzeitig darauf einstellen zu können. Genau diese Argumentation führt zu dem prognostischen Imperativ der älteren TA (vgl. Grunwald/Langenbach 1999, S. 97 f.). Technik (und hiermit ist häufig auch Wissenschaft gemeint) wird als die soziale Dimension determinierend angesehen. Der Kausalpfeil nimmt seinen Ausgang in der Technik und führt zum Sozialen; eine umgekehrte Richtung ist nicht vorgesehen und nach der die Technik antreibenden Kraft wird zunächst nicht weiter gefragt. Diese Kausalrichtung ist auch eine zeitliche Aufeinanderfolge: Technik ist zuerst da, und die Gesellschaft ist von ihren Folgen – zeitlich später – betroffen.

Der *Sozialdeterminismus* sucht umgekehrt danach, Beeinflussungen der Technik durch die beteiligten Akteure in den verschiedenen Phasen der Technikentwicklung

nachzuweisen. Der Versuch, die obige Zerlegung des Technikdeterminismus hier analog durchzuführen, mag zwar im zweiten Teil nur teilweise zutreffen, ist aber dennoch instruktiv: Danach zerfällt der *Sozialdeterminismus* ebenso in zwei Teilthesen: (1) die These von der *Determinierung des Technischen durch das Soziale*, und (2) die These von der *Nicht-Determinierung bzw. Nicht-Determinierbarkeit des Sozialen durch das Technische*. Bis in den Untertitel des Buches hinein „Zur Entstehung und Steuerung technischer Innovationen“ (Dierkes et al. 1992) findet sich ein Gestaltungsanspruch: „In dem Bemühen, sozusagen den archimedischen Punkt zu treffen, an dem der Hebel einer effizienten Technikgestaltung anzusetzen hätte, richtete sich die Aufmerksamkeit der Forschung in den vergangenen Jahren zunehmend sowohl auf jene Faktoren, die den Prozess der Technikentwicklung bestimmen, als auch auf die Bedingungen, die zu der konkreten Gestalt einer Technik führen, mit dem Ziel, hier Einflussmöglichkeiten auf die Technikgestaltung zu finden“ (Dierkes et al. 1992, S. 8/9). Durch eine geschickte Gestaltung des gesamten Prozesses der Technikentwicklung könne danach Technikentwicklung in gewünschte Richtungen getrieben bzw. könnten unerwünschte Entwicklungen verhindert werden. Hieraus folgt also – in Entgegensetzung zum obigen *prognostischen Imperativ* – ein *prozeduraler Imperativ*, die „Gestaltungsprozesse zu gestalten“. Der Kausalpfeil weist hier vom Sozialen zur Technik, und damit ist auch ein entsprechendes Modell der Zeitverhältnisse verbunden: zeitlich primär sind die sozialen Gestaltungsprozesse, daran anschließend kommt es zu einer entsprechend gestalteten Technik. Dies wird vielleicht nirgends deutlicher auf den Punkt gebracht als in der Metapher von Leitbildern als den „Genen“ der Technikentwicklung (Dierkes et al. 1992): Leitbilder als Elemente der sozialen Konstruktion von Technik legen in dieser Sicht den Phänotyp der sich daraus ergebenden technischen Entwicklung fest.

In der Gegenüberstellung von Technik- und Sozialdeterminismus – die an dieser Stelle auf eine konträre Entweder/Oder-Entscheidung hinauslaufen scheint – ist eine irritierende Beobachtung zu nennen, die in der sozialwissenschaftlichen Literatur zwar thematisiert worden ist, die aber m. W. zu keinen Konsequenzen geführt hat. Der sozialdeterministische Ansatz kann überraschenderweise auch im Sinne eines Technikdeterminismus gelesen werden. Durch die These, dass über Entwicklungspfade und Nutzungsmöglichkeiten der technischen Entwicklung bereits in den frühen Phasen entschieden werde, kehre der „Technikdeterminismus durch die Hintertür“ zurück (Hellige 1993, S. 191). Diese Lesart einer Wiederkehr des technologischen Determinismus auf anderem Wege führte zur These einer „Versteinerung“ von Technik (Knie 1994, S. 254) und zur These, dass die „mit dem Genese-Ansatz [...] verbundenen forschungspolitischen Hoffnungen [...] nicht in gewünschter Weise erfüllt werden können“ (Knie 1994, S. 257), weil durch Entscheidungen in frühen Phasen der Technikentwicklung die späteren Einflussmöglichkeiten stark begrenzt würden. Auf welcher Seite die treibenden und auf welcher die getriebenen Faktoren liegen, oder wo die abhängigen und wo die unabhängigen Variablen sind, erscheint hier auf einmal nicht mehr

eine Frage empirisch beobachtbarer Verhältnisse, sondern eine Frage der *Deutung und Interpretation* zu sein. Diese Beobachtung gibt einen wertvollen Hinweis zur Deutung der Thesen von Sozial- oder Technikdeterminismus.

Einen weiteren Hinweis liefert die Beobachtung, dass Sozial- oder Technikdeterminismus – in der hier verwendeten zugespitzten Bedeutung – grundsätzlich oder wenigstens zumeist als *generelle* Behauptungen auftreten. Es geht darum, ob „die“ Technik „das Soziale“ determiniere oder umgekehrt. Insofern individuelle Fallbeispiele untersucht werden, wird in der Auswertung auf die Verallgemeinerung gezielt. Generalisierung ist ein wesentlicher Impetus der wissenschaftlichen Arbeit. Technik- und Sozialdeterminismus als wissenschaftliche Verhaltungen zur Beziehung zwischen Technik und Gesellschaft stellen daher – nicht überraschend – *generalisierte* Thesen dar. Fallbeispiele können immer nur begrenzt zu ihrer Rechtfertigung herangezogen werden. Denn der Generalisierung empirischer Aussagen – die im Falle des Verhältnisses von Technik und Gesellschaft immer Rekonstruktionen von Fallbeispielen sind – sind enge Grenzen gesetzt: zwischen einer begrenzten Zahl von Fallstudien und der Generalisierung klafft grundsätzlich eine erhebliche Lücke.

Die Abstraktion von individuellen Situationen und Fallstudien zu allgemeinen Aussagen wie den Thesen des Sozial- oder Technikdeterminismus ist daher nicht *logisch*, sondern nur über *Deutungen* möglich, in denen das Allgemeine im Individuellen *konstruktiv bestimmt wird*. Bereits in Vergleiche von Fallstudien untereinander – die schließlich über eine Übertragbarkeit der Ergebnisse und damit eine Verallgemeinerbarkeit der Erkenntnisse entscheiden – gehen Deutungen ein, welche selbst häufig Gegenstand von Kontroversen sind. Diese Deutungen mit ihren unhintergebar konstruktiven Anteilen machen eine empirische Entscheidung zwischen Sozial- und Technikdeterminismus letztlich unmöglich (Grunwald 2003).

Sozial- und Technikdeterminismusthese sind also mit deutenden Generalisierungen verbunden. Sie beanspruchen, Allgemeines und Allgemeingültiges über das Verhältnis von Technik und Gesellschaft auszusagen, können diesen Anspruch aber nicht empirisch prüfbar einlösen. Sie überbrücken die methodische Lücke zwischen konkreten und empirischen Einzeluntersuchungen einerseits und dem beanspruchten Allgemeinen andererseits mit Deutungen und ihren konstruktiven Gehalten. Daher dürfen generalisierende Thesen dieses Typs nicht ontologisch als Aussagen über reale Sachverhalte verstanden werden. Sie bleiben Aussagen auf der generalisierenden Beschreibungsebene, während die realen Sachverhalte immer individuell sind. Zu unterscheiden sind hier strikt Beschreibung und Beschriebenes bzw. Modell und Modelliertes (Janich 2001): die Deutung des Verhältnisses von Gesellschaft und Technik als Sozial- oder Technikdeterminismus darf nicht dazu verleiten, einen solchen Determinismus als soziale Realität anzusehen. Sozial- und Technikdeterminismus sind Generalisierungen über einen einlösbaren Geltungsanspruch hinaus (Grunwald 2003). Sie haben eine

„überschießende Bedeutung“ und leben methodisch, metaphorisch gesprochen, in gewisser Weise über ihre Verhältnisse.

Wenn sich dies so verhält, könnte eine Folgerung lauten, auf die Thesen von Sozial- und Technikdeterminismus (und sicher noch auf eine Reihe weiterer, generalisierter, sozialwissenschaftlicher Begriffsbildungen) zu verzichten und sich stattdessen wissenschaftlich sorgfältig auf Fallstudien zu beschränken. Ein solcher Purismus würde in der Tat einige Probleme vermeiden, die eine Verwendung von Sozial- oder Technikdeterminismus jenseits des von ihnen mit Recht beanspruchbaren Status als generalisiertes Deutungsangebot mit sich bringt. Andererseits würde dieser Verzicht aber auch die konstruktive Nutzung kommunikativer Potentiale verhindern, die in generalisierten Begriffen und Thesen (häufig) angelegt sind. Generalisierungen haben vielfach in gesellschaftlicher Kommunikation einen spezifischen Sinn oder spezifische, häufig heuristische oder katalytische Funktionen (vgl. Grunwald/Julliard 2005 für die generalisierte Rede über Technik).

Denn Fragen zum und Probleme im Verhältnis von Technik und Gesellschaft sind keineswegs immer Probleme mit konkreten Techniken (z. B. Kernenergie, Gentechnik oder elektromagnetische Strahlung im Mobilfunk). Lebensbewältigung und gesellschaftliche Problemlösung zum Thema „Technik“ findet nicht nur in gesellschaftlichen Teilbereichen und zu konkreten Praxisfragen in ihren singulären Kontexten sozusagen auf Fallstudienebene statt, sondern auch *in Form einer übergreifenden gesellschaftlichen Diskussion*. Hier geht es z. B. um Fragen wie Technik als Mittel oder Selbstzweck, Technisierung des Menschen und der Gesellschaft, Technik und die Folgen, Umgang mit technischen Risiken, Rolle der Technik in der Gesellschaft oder eben um das Verhältnis von Technikdeterminismus und Sozialdeterminismus (Grunwald/Julliard 2005). Derartige generalisierende Diskussionen haben dann auch (wenigstens potentiell) Rückwirkungen auf die partikularen Inseln der gesellschaftlichen Kommunikation über individuelle Technik(en) und auf lebenspraktische Probleme. Generalisierendes Reden eröffnet Freiräume gerade deswegen, weil zwischen der Ebene der Fallstudien und der allgemeinen Ebene eine mehr oder weniger große Lücke klafft, die durch Deutungen geschlossen werden kann, woraus sich dann wieder neue Perspektiven auf die konkreten Probleme ergeben können. Die Spannung zwischen der Ebene individueller Fallbeispiele und generalisierender Abstraktion eröffnet heuristische und kommunikative Potentiale.¹

Dies sei zum Anlass genommen, die Begriffe von Technik- oder Sozialdeterminismus als *generalisierende Wahrnehmungsmuster* zu verstehen. Es geht gar nicht darum zu entscheiden, ob Technik sozial determiniert oder das Soziale technisch determiniert ist. Die Funktion des Redens und Streitens über sozialen oder technischen Determi-

1 Dies trifft insbesondere auf die Interpretation der Inhalte und Folgen von Technikzukünften und der Kommunikation über diese zu.

nismus besteht vielmehr in der Katalyse entsprechender Fragestellungen, Problemdefinitionen und Forschungsrichtungen sowie heuristisch in der Eröffnung neuer Perspektiven, Freiheitsräume und Suchprozesse nach neuen Perspektiven auf das Feld. Planungsoptimismus, Selbstorganisationstheorie, Netzwerktheorie, Praktische Ethik, partizipative Technikfolgenabschätzung: alle diese Ansätze geben verschiedene Antworten auf Möglichkeit und „gute Praxis“ der sozialen Gestaltbarkeit von Technik. Verschieden sowohl in Bezug auf die angesprochene Ebene gesellschaftlichen Handelns, in Bezug auf die Art und Weise präferierter gesellschaftlicher Technikgestaltung, in Bezug auf die hauptsächlich betroffenen Akteure und verschieden in Bezug auf das Ausmaß der unterstellten Gestaltbarkeit. In den Begriffen von Sozial- und Technikdeterminismus fließen vielfältige Überlegungen zum Verhältnis von Technik und Gesellschaft, Einschätzungen zukünftiger Technik und Fragen einer zukünftigen Gesellschaft zusammen. Entscheidend ist nicht, die Frage nach der Gestaltbarkeit von Technik mit ja oder nein zu beantworten; entscheidend sind vielmehr die Differenzierungen nach Akteuren, Intentionen, Gegenstandsbereichen, Gestaltungsinstrumenten und nach den Erfolgsaussichten von Gestaltungsansätzen. Es gilt, die Sozial- und Technikdeterminismusthese wissenschaftlich und gesellschaftlich zu „prozessieren“, sie von verschiedenen Seiten zu beleuchten und unter verschiedenen Perspektiven zu interpretieren und sie auf diese Weise kreativ zu nutzen.

Damit werden Technik- und Sozialdeterminismus zu, kantisch gesprochen, *Formen der Anschauung*, nicht in einem transzendentalen Sinne, aber in einem pragmatischen Verständnis. Technik- und Sozialdeterminismus sind keine Behauptungen über eine bestimmte Verfasstheit realer Verhältnisse, sondern Formen, die bestimmten Deutungsleistungen entstammen, dann aber ihre eigenen Wirkungen auf die wissenschaftliche und gesellschaftliche Wahrnehmung des Verhältnisses von Technik und Gesellschaft ausüben. Sie haben Einfluss auf die Art und Weise, wie wir Technikentwicklung und Technikfolgen wahrnehmen und mit welchen Fragen wir an diese wissenschaftlich herantreten. Sie dienen als Experimentierfeld für Fragestellungen in Fallstudien, als Open Space zur Generierung neuer Fragestellungen und damit als Heuristiklabor für die sozialwissenschaftliche Technikforschung.

3 Zeitbezüge und Kausalverhältnisse

3.1 Perspektiven der Zuschreibung

Wenn Sozial- und Technikdeterminismus im genannten Sinne als Reflexionsbegriffe für generalisierte Wahrnehmungsmuster fungieren und keine empirisch prüfbareren Hypothesen darstellen, dann kann es zwischen ihnen nicht einfach einen Wider-

spruch geben, wie ihn die bisherige Formulierung der Thesen nahe legte (Kap. 2.1), was die Bestimmung der determinierenden und der determinierten Elemente einer Kausalbeziehung betrifft. In der Tat lässt sich dieser scheinbare Widerspruch in einem ersten Schritt unterschiedlichen zeitlichen Perspektiven zuordnen.

Im linearen Lebenszyklusansatz für technische Produkte, Verfahren oder Systeme wird – jedenfalls *ex post* – die Geschichte von konkreten Techniken in verschiedene Phasen zerlegt. Solange es um die Phase der Konzeptualisierung und der Auslegung des Designs bis hin zur Produktion von Technik geht – also die Technikgenese –, scheinen sozialdeterministische Ansätze zumindest „als Perspektive“ auf das Feld eine große Plausibilität zu besitzen. Dies entspricht z. B. der handlungstheoretischen Deutung der Entstehung von Technik durch die Handlungen und Entscheidungen ganz konkreter Akteure. Auch die Technikgeneseforschung hat umfangreiches Material für einen entsprechenden „Indizienprozess“ bereitgestellt (Dierkes 1997, Weyer et al. 1997). Die Genese von Technik lässt sich plausibel als geplanter (sozialer) Prozess (z. B. als Institutionalisierungsprozess, vgl. Bender in diesem Band; Bender 2006) rekonstruieren, dessen Resultat im Vorliegen der jeweiligen Technik besteht.

Ist dann die Technikgenese abgeschlossen und sind konkrete Techniken in der Nutzung, kommt es zu *Technikfolgen*. Aus der TA ist bekannt, dass diese oft nur teilweise erwartet oder beabsichtigt waren, sondern dass es zu unvorhergesehenen Überraschungen und Entwicklungen kommt (für dramatische Fälle vgl. Harremoes et al. 2002). Diese technikinduzierten Entwicklungen verändern damit auch die Randbedingungen und Einflussfaktoren für sich daran anschließende Prozesse sozialer Technikgestaltung in anderen Feldern. Hier ist ein Stück weit ein technikdeterministischer Ansatz angebracht, und auch dafür gibt es eine Reihe von Belegen – wobei „Technikdeterminismus“ hier nur bedeutet, dass sich die Technikfolgen wenigstens zum Teil einer Planbarkeit *ex ante* entziehen.

Zur Illustration sei an die Geschichte der Kernenergie erinnert. Entstanden ist sie, so würde man in technikgenetischer Perspektive formulieren, in einem expertokratischen Netzwerk aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik durch Kommunikation und Entscheidungsserien unter bestimmten Akteuren mit bestimmten Interessen und Zielen unter konkreten Randbedingungen. Dies führt sodann zu einer zunächst erfolgreichen Implementation – bis die unvorhergesehene Ablehnung in weiten Teilen der Bevölkerung entstand. Dieser Technikkonflikt ist bereits eine – weithin unvorhergesehene – Technikfolge, welche sodann über die Mobilisierung der Bevölkerung, die Schaffung einer skeptischeren Stimmung gegenüber technischen Fortschritt, Großtechnik und Expertentum auch die Randbedingungen für neuere Prozesse der Technikgenese veränderte, bis hin zur Frage des radioaktiven Abfalls und möglichen deliberativen Verfahren einer Endlagersuche (Hocke/Grunwald 2006).

Es geht also nicht mehr darum, zwischen Sozial- und Technikdeterminismus zu entscheiden oder vermittelnde Zwischenpositionen zu konzeptualisieren und dann

empirisch zu untermauern. Vielmehr ist es sinnvoll, nach der Evidenz und den Implikationen bestimmter konzeptioneller Entscheidungen für oder gegen Sozial- oder Technikdeterminismus und ihren Orten in den konkreten Prozessen der Technikentwicklung und der Nutzung zu fragen.

3.2 An der Schnittstelle zwischen Technik- und Sozialdeterminismus

An dieser Stelle stellt sich die Frage nach dem Punkt, an dem Sozial- und Technikdeterminismus eventuell doch aufeinander treffen und in einen direkten Konflikt geraten können. Reicht in der genannten Unterscheidung der verschiedenen Perspektiven ex ante und ex post auf Technik die Gestaltungsperspektive gerade (idealtypisch) bis zur physischen Existenz der betreffenden Technik, bis zur Inbetriebnahme oder bis zur Markteinführung, so beginnt die Folgenperspektive genau erst dann. Eine einfache Komplementarität beider Perspektiven, wie sie scheinbar möglich wäre, stellt sich jedoch trotzdem nicht ein.

Denn der Sozialdeterminismus hat weiter reichende Ambitionen: er begnügt sich nicht damit, die Herstellung technischer Artefakte als sozialen Prozess zu rekonstruieren und entsprechende Muster wie z. B. die leitbildorientierte Technikgestaltung aufzudecken, sondern er beansprucht, *in die Folgendimension hin zu reichen*. Ziel ist nicht einfach, Technik herzustellen, sondern Ziel ist, Technik so herzustellen, dass es keine Probleme mit den Folgen gibt (diese Gedankenfigur wurde in Kap. 2.1 als Reminiszenz des Planungsoptimismus kurz genannt).

Zu einem Teil reichen die mit der Technikgenese verbundenen Folgenerwartungen in die sich dann entwickelnde Realität hinein, wenn auch vielleicht nicht immer in der intendierten Weise. So haben prospektive Konzeptionen von den Technikfolgen häufig Einfluss darauf, wie die realen Technikfolgen dann interpretiert werden. Beispielsweise haben die hohen, letztlich auf technikdeterministischen Gedanken beruhenden Ideen, dass das Internet zu einer Erneuerung der Demokratie führen werde, dazu geführt, dass in der Phase der Ernüchterung in hohem Maß Defizitanalysen durchgeführt wurden (Grunwald et al. 2006). Z. B. wurde die Nichtnutzung des Internet durch große Bevölkerungsgruppen zunächst nur als Defizit interpretiert – der „blinde Fleck“ der Debatte um die digitale Spaltung (Riehm/Krings 2006).

Damit lässt sich die Streitfrage Technik- oder Sozialdeterminismus (mit den entsprechenden Folgen für die TA) in folgender Weise präzisieren: wie weit reichen die Gestaltungsmöglichkeiten, die in der Technikgenese unzweifelhaft vorhanden sind, in die Folgendimension ex post hinein? Der Gestaltungsoptimismus der 90er Jahre würde hier mit weit reichenden Versprechungen aufwarten, während der Technikdeterminismus der 70er Jahre eine solch große Reichweite der Technikgenese komplett ablehnen würde.

Die Frage Technik- oder Sozialdeterminismus ist also

- weder eine disjunkte und nach einem Entweder/Oder-Modell entscheidbare Alternative
- noch eine disjunkte Beschreibung durch zwei unvereinbare, aber komplementäre und auf der Zeitachse sauber getrennte Perspektiven.

Vielmehr stellt sich nun die Frage nach der *Reichweite des Sozialdeterminismus* in die Folgendimension hinein. Dieses ist nun, anders als die (falsche) Alternative Technik- oder Sozialdeterminismus, eine Frage *mit empirischem Gehalt*. Technikwirkungsforschung könnte hier mit Falluntersuchungen ansetzen – sich dann allerdings ebenfalls mit den angesprochenen Problemen einer induktiven Generalisierung auseinandersetzen.

3.3 Der doppelte Zukunftsbezug von Technik

Die oben (3.1) getroffene Unterscheidung in eine *ex ante* und eine *ex post* Perspektive relativ zur „Fertigstellung“ von Technik ist nur ein erster Schritt in der Analyse der Zeitbezüge zwischen Technik und Gesellschaft. Diese Unterscheidung wird nun ausgebaut in Richtung auf Wechselbezüge zwischen beiden Perspektiven, welche weitere Differenzierungen erlauben. Hierzu seien zunächst unterschieden: Zukunftsbezug (1) *ex ante* und (2) *ex post* von Technik (nach Grunwald 2000).

(ad 1) Technik wird relativ zu Zielen und Zwecken entwickelt; Technikentwicklung soll bestimmte technische Funktionen und Leistungsmerkmale realisieren. Das Lastenheft enthält die Summe aller Leistungsmerkmale, die die zu entwickelnde Technik aufweisen soll. Dieses Lastenheft bezieht sich nun aber nicht auf die Gegenwart der Technikentwicklung, sondern zielt auf einen zukünftigen Techniknutzer, dessen Intentionen und Bedarfe antizipiert werden, um Akzeptanz für die in Entwicklung befindliche Technik zu finden: Technik wird auf Modellmärkte hin entwickelt (Kowol/Krohn 1995, S. 81 f.; S. 101). Auch die antizipative Erforschung und Reflexion von Technikfolgen in einem ganz allgemeinen Sinn ist auf die Folgen von Entwicklung, Produktion, Verwendung oder Entsorgung dieser Technik bezogen und erstreckt sich damit immer auf zukünftige Zeithorizonte. Strategische Entscheidungen über Technik in Unternehmen – über neue Produkte, neue Produktionsverfahren oder neue Produktionsanlagen –, politische, technikrelevante Regulierungen (wie z. B. die Altautoverordnung) und Entscheidungen von Ingenieuren über die Wahl dieses oder jenes Materials für ein Bauteil erfolgen daher stets vor dem Hintergrund von Zukunftserwartungen. In die ganz konkrete Technikentwicklung gehen Zukunftsbilder und Zukunftsentwürfe ein, seien sie deskriptiver Art wie trendextrapolierende Prognosen (etwa über die Marktentwicklung) oder normativer Art (wie Zielsetzungen, aber auch Welt- und

Menschenbilder).² Diese technikgenetische Perspektive ist damit eine Teilnehmerperspektive. Ihr entspricht notwendig eine gewisse sozialdeterministische Komponente als Vorbedingung für ihr konkretes technikgestaltendes Handeln und die entsprechende Motivation dafür. Es geht pragmatisch gar nicht anders, als sich technikgestaltend einzusetzen als mit einem gewissen Vertrauen darin, dass die Gestaltungsbemühungen auch eine gewisse Erfolgserwartung haben (Grunwald 2003). Sozialdeterminismus ist in dieser Hinsicht eine notwendige Disposition für bestimmte Handlungsmuster.

(ad 2) Wenn Technik entwickelt ist und in gesellschaftliche Nutzungskontexte „entlassen“ wird, finden Adaptions- und Enkulturationsprozesse statt. Die Technik – wenn sie denn gesellschaftlich angenommen wird – verändert Gewohnheiten, Lebensstile, ökonomische Verhältnisse, soziale Zusammenhänge bis hin zu konstitutiven kulturellen Elementen. Technik ist faktisch zukunftsprägend, unabhängig davon, ob dies im Sinne ihrer Entwickler erfolgt oder nicht (Beispiele sind die Verbreitung des Telefons, die Erfindung der Atombombe und die gegenwärtige Digitalisierung und informationelle Vernetzung). Die Relikthaftigkeit der Technik, ihre Beständigkeit, sorgt für immer neue Anwendungsoptionen. Neue Zwecke und Wendungen werden erfunden. Einmal implementierte Technik ist dann Bestandteil der nachfolgenden Welt – bis zu ihrer Entsorgung. Ist Technik einmal „in die Welt gesetzt“, zieht sie eine unabsehbare Menge an Folgen, Nebenwirkungen etc. hinter sich her, indem sie zum Inventar der zukünftigen Welt gehört. Diese Folgen und Wirkungen sind dann Gegenstand der empirischen Technikfolgenforschung. Direkter Ausdruck des Zukunftsbezuges ex post ist die bekannte Tatsache, dass aktuelle Probleme häufig auf teilweise lange zurückliegende Technikentscheidungen und -entwicklungen zurückgehen. Hier wäre z. B. an die Karstproblematik im Mittelmeerraum zu denken, die auf dem durch technikbedingten Holzbedarf verursachten Kahlschlag zur Römerzeit und im Mittelalter beruht. Als ein aktuelles Problem fällt die Entsorgungsproblematik radioaktiver Abfälle in diese Kategorie (Hocke/Grunwald 2006).

Der doppelte Zukunftsbezug von Technik ist keine Erfahrung erst der technisierten Gesellschaft. Der Kathedralenbau des Mittelalters als Beispiel zeigt einerseits die Zukunftserwartungen von Menschen, die ihre ganze Kraft in den Dienst einer Sache gestellt haben, deren Fertigstellung sie keine Chance hatten zu erleben. Technikgestaltung wurde hier vorgenommen in einer hochgradig nicht-utilitären Perspektive, die vor allem auf transzendente Zukunftserwartungen gegründet war. Andererseits hatte und hat diese so vorgenommene Technikentwicklung Folgen, die diesen Transzendenzerwartungen in keiner Weise entsprechen. Etwa die heutige Rolle von derartigen Bauwerken in der Tourismusindustrie stellt eine solche Folge dar. Durch ihr bloßes Vor-

2 Diese Passage führt unmittelbar auf das Thema der Technikzukünfte. In Bezug auf die Beispiele kommt es zu einigen Überschneidungen mit dem vorigen Beitrag.

handensein nehmen diese Bauwerke eine Bedeutung ein, die mit der ursprünglichen Zweckbestimmung nichts zu tun hat.

Nun kann aus der Anerkennung des Zukunftsbezuges zweiter Art nicht einfach geschlossen werden, dass es auf den Zukunftsbezug erster Art nicht ankomme, dass also Technikgestaltung nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum funktioniere, weil vermeintlich die Folgen von den Intentionen unabhängig seien, wie das obige Kathedralenbeispiel suggeriert. Dies wäre eine radikale Antwort auf die am Ende von 3.2 formulierte Frage nach der Reichweite einer sozialdeterministischen Technikgenese in den Folgenbereich hinein: diese Reichweite wäre danach Null.

Ebenso kann aus der Anerkennung des Zukunftsbezuges erster Art nicht geschlossen werden, dass es eine (planungsoptimistische) Möglichkeit gebe, durch geschickte soziale Gestaltung der Geneseprozesse die Folgendimension komplett zu determinieren. Dies wäre ebenfalls eine radikale Antwort, dieses Mal die entgegen gesetzte Antwort einer maximalen Reichweite.

Zur Aufhellung des Zwischenraumes, der entsteht, wenn beide radikalen Antworten abgelehnt werden, ist daran zu erinnern, dass es in *beiden* Zukunftsperspektiven um *Folgen* geht: zum einen um intendierte oder befürchtete, jedenfalls um hypothetische und prospektive Technikfolgen³, zum anderen um empirisch beobachtbare Folgen. Die zentrale Frage nimmt dann die Gestalt an, dass es darum geht zu untersuchen, inwieweit es gelingt, durch prospektive Überlegungen und entsprechende Prozessgestaltung das zu präjudizieren, was später dann einmal empirisch beobachtbar sein wird. Inwieweit prospektive Überlegungen empirische Folgen beeinflussen, ist Gegenstand von Wirkungsforschung. Hier zeigt sich die oben angedeutete Fruchtbarkeit von Sozial- und Technikdeterminismus als generalisierten Wahrnehmungsmustern.

3.4 Die Kontingenz der Unterscheidung

Sozial- und Technikdeterminismus als generalisierte Wahrnehmungsmuster oder „Formen der Anschauung“ zu verstehen, führt auf die Frage, woher denn diese selbst kommen und warum sich manch einer für die eine, und manch anderer für das Gegenteil entscheidet. Auch kann nach den *Folgen* einer bestimmten Wahl gefragt werden. Denn diese Begriffe enthalten wesentlich ein Element der *Selbstbeschreibung der Gesellschaft*. Gesellschaftliche Akteure, die mit diesen Begriffen operieren, *deuten gesellschaftliche Prozesse* in bestimmter Weise – eben als technologischen Determinismus, als Evolution oder als intentionale Gestaltung. Diese Beschreibungen jedoch sind nicht nur externe Beschreibungen, sondern entfalten faktische Kraft, wenn es z. B. da-

3 Diese bilden eine Teilmenge der Technikzukünfte. Im Kontext dieses Bandes könnte die Frage des vorliegenden Beitrags dahingehend umformuliert werden, in welcher Beziehung Technikzukünfte zu den später sich einstellenden Technikgegenwarten stehen.

rum geht, auf der Basis einer spezifischen Deutung Aufgaben für die Technikfolgenabschätzung zu definieren und entsprechende Institutionen zu entwerfen und zu implementieren. Generalisierende Beobachter und Deuter des Verhältnisses von Technik und Gesellschaft sind nicht nur außen stehende Beobachter und Deuter, sondern auch *Teilnehmer* an entsprechenden Meinungsbildungs- und Entscheidungsprozessen. Deutungsmacht ist auch eine Form von Macht.

Wenn Technikentwicklung z. B. als evolutionärer, naturwüchsig ablaufender Vorgang angesehen wird, dessen Folgen fatalistisch nur als Schicksal hingenommen werden können, besteht keine Motivation zu vielleicht mühsamen und kostenintensiven Gestaltungsversuchen in gesellschaftlicher Perspektive. Wenn andererseits Technik als in starkem Sinne sozial konstruierbar angesehen wird, kann dies nach hinreichend vielen Misserfolgen zu Frustration führen und ins Gegenteil umschlagen. Reflexion auf die Grundbegriffe gesellschaftlicher und wissenschaftlicher Technikdebatten ist daher ein wichtiges Mittel der Selbstaufklärung, um nicht blind in die Fallen der eigenen Voreinstellungen und der auf dieser Basis gewählten Wahrnehmungsmuster zu laufen.

Was sich hieran auch erkennen lässt, ist ein Moment der Kontingenz. Wenn Hoffnung bestünde, zwischen Technik- und Sozialdeterminismus empirisch zu entscheiden, läge ein klassisches Wissensdefizit über beobachtbare Entwicklungen vor, das durch Forschung geschlossen werden können sollte. Wenn die Analyse in diesem Beitrag zutreffend ist, geht genau das hier jedoch nicht. Denn dann sind Technik- und Sozialdeterminismus gerade nicht empirisch beobachtbare Kausalverhältnisse, sondern generalisierte Wahrnehmungsmuster und als solche nicht Eigenschaften des beobachteten Systems, sondern beide soziale Konstrukte, mittels derer wir bestimmte Phänomene an der Schnittstelle zwischen Technik und Gesellschaft beobachten. Insbesondere wäre der Sozialkonstruktivismus radikaler zu verstehen als üblich: die Disposition des Sozialkonstruktivismus wäre selbst gesellschaftlich konstruiert und würde damit kontingent. Wie selbstverständlich dann auch eine gesellschaftliche Disposition des Technikdeterminismus sozial konstruiert wäre – auf dieser Ebene sind Technik- und Sozialdeterminismus als generalisierte Wahrnehmung gleichberechtigt. Es wäre dann nicht einfach so, dass sich Technik sozial konstruieren ließe, sondern bereits die vorgängige Unterscheidung zwischen Technik- und Sozialdeterminismus wäre sozial konstruiert.

Wenn es also in diesen Dispositionen in den letzten Jahrzehnten zu dem beobachteten „Schwanken“ gekommen ist, lässt sich nunmehr die Ursache recht leicht angeben: es ist das Schwanken in den gesellschaftlichen Wahrnehmungsmustern, in den relevanten wissenschaftlichen „Formen der Anschauung“ und den entsprechenden dominanten Dispositionen. Es könnte weiter gefragt werden, warum zu bestimmten Zeiten bestimmte Dispositionen dominant waren und sind – aber das führt über den vorliegenden Beitrag weit hinaus.

4 Schlussfolgerungen für die Technikfolgenabschätzung⁴

Technikfolgenabschätzung (TA) ist auf Modelle der technischen Entwicklung und ihrer Einbettung in die Gesellschaft angewiesen. Als intendierter Beitrag zu gesellschaftlichen Meinungsbildungen und Entscheidungsprozessen kommt sie ohne Modelle dieser Praxen nicht aus. Von der Modellierung hängen Aussagen über Gegenstände, Ziele und Adressaten der aus dem Technikfolgenwissen folgenden Handlungsoptionen ab (Grunwald 2010). Die in der TA verwendeten Modelle sind jedoch häufig implizit, ebenso wie darin versteckte Zukunftsverständnisse (Grunwald 2003). Die Implizitheit gefährdet das Ideal der Transparenz. Aus der hier vorgelegten Analyse ergeben sich daher in Kürze folgende Konsequenzen für die TA:

- (1) *Transparenz*: Es ist genau zu konkretisieren, was kontextuell als das sozial Gestaltbare und was als durch Technik determinierte Folgen angesehen wird. Selbstverständlich ist zu begründen, warum die Einschätzung so und nicht anders ausfällt. Die Unterscheidung zwischen dem Gestaltbaren und dem Nicht-Gestaltbaren gehört zu den wesentlichen Weichenstellungen einer TA-Studie, mit erheblichen Folgen bereits für die Auslegung der Studie, noch mehr vermutlich für ihre Ergebnisse. Versteckte Determinismen können das Erkennen vorhandener Handlungsspielräume be- oder verhindern, sie können zu Sachzwangargumentationen Anlass geben, die den Blick für Alternativen verbauen. Nicht von ungefähr gehört es zu den Üblichkeiten in vielen TA-Projekten, Handlungsoptionen zu entwickeln und vermeintliche Eigendynamiken zu durchbrechen (Grunwald 2010). Umgekehrt können allzu optimistische Annahmen über eine soziale Gestaltbarkeit den Blick für die vorhandenen Eigendynamiken und Zwänge trüben und motivationale Energien ins Leere und in die Frustration laufen lassen. Transparenz in Bezug auf Gestaltbarkeits- oder Determinismusannahmen – und nicht nur in Bezug auf normative Bestandteile und Wertungen – gehört zu den wesentlichen Voraussetzungen einer reflektierten TA.
- (2) *Methodik*: Die eingesetzte Methodik muss die genannten Probleme reflektieren und die Grenze zwischen dem Gestaltbaren und dem als nicht gestaltbar Angenommenen deutlich machen. Prognosen im klassischen Sinne beziehen sich gerade auf als eigendynamisch angenommene Entwicklungen vor dem Hintergrund deterministischer Vorstellungen (Grunwald 2003). Szenarienbildungen hingegen sind offen in Bezug auf als gestaltbar und als deterministisch angenommene Anteile (Grunwald 2010). Sie enthalten stets einen als unveränderlich angesehenen Rah-

4 Diese Schlussfolgerungen stellen eine Weiterentwicklung der Schlussfolgerungen des vorigen Beitrags dar mit inhaltlichen Überlappungen. Diese wurden nicht eliminiert, um die getrennte Lesbarkeit der Texte zu erhalten.

men (z. B. so genannte Megatrends), innerhalb dessen dann Handlungsoptionen als Gestaltungselemente entwickelt werden können. In dieser Sicht stellen Szenarien verschlüsselte Manifestationen von Unterscheidungen zwischen als determiniert und als gestaltbar angenommenen Entwicklungen.

- (3) *Verhältnis von Teilnehmer- und Beobachterperspektive*: Gestaltung, für die die TA Wissen und Orientierung bereitstellen soll, erfolgt grundsätzlich in einer Teilnehmerperspektive, während die Sichten auf Technik- oder Sozialdeterminismus beobachtungssprachlich gemeint sind. Hier gilt es grundsätzlich zwischen Beschreibung und Beschriebenem zu unterscheiden. Der Unterschied zwischen Sätzen wie „Technikentwicklung lässt sich als Evolution beschreiben“ (Halfmann 1996, S. 104) und „Technikentwicklung ist Evolution“ ist ein Unterschied ums Ganze. Die verschiedenen Zeitverhältnisse, die sich in Technik- und Sozialdeterminismus zeigen, sind unter den jeweiligen Perspektiven der Teilnehmer und der Beobachter transparent zu differenzieren.
- (4) *Reflexive Sorgfalt*: TA ist, mehr noch als die sozialwissenschaftliche Technikforschung, nicht ein außen stehender Beobachter des Geschehens, sondern auch ein Teilnehmer, durch dessen Handeln und Wissen Einfluss genommen wird. Einschätzungen zu Determinismusfragen seitens der TA haben daher möglicherweise auch eine „selbst erfüllende“ oder „selbst zerstörende“ Qualität, wenn sich z. B. die Adressaten bestimmten Einschätzungen in diesen Determinismus-Hinsichten anschließen. Diese Situation erfordert eine besondere „reflexive“ Sorgfalt mit generalisierenden Einschätzungen vom Typ des Sozial- oder Technikdeterminismus. Der Erfolg und die jeweilige Aufgabe von TA liegen im Einzelfall, für den die generalisierende Rede nur heuristische und orientierende Funktion haben kann. Voreilige Generalisierungen und die Ineinssetzung des dadurch Beschriebenen mit der generalisierenden Beschreibung führen zu Aporien und Polemik.

Literatur

- Bender, G. (2006): Technologieentwicklung als Institutionalierungsprozess. Zur Entstehung einer sozio-technischen Welt. Edition Sigma, Berlin
- Bijker, W., Law, J. (Hg.) (1994): *Shaping Technology Building Society*. MIT Press
- Bijker, W. E., Hughes, T. P., Pinch, T. J. (Hg.) (1987): *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technological Systems*. Cambridge (Mass.) London
- Dierkes, M. (1999): In: T. Petermann, Coenen, R. (Hg.): *Technikfolgenabschätzung in Deutschland*. Frankfurt a. M./New York: Campus
- Dierkes, M. (Hg.) (1997): *Technikgenese. Befunde aus einem Forschungsprogramm*. Edition Sigma, Berlin
- Dierkes, M., Hoffmann, U., Marz, L. (1992): *Leitbild und Technik. Zur Entstehung und Steuerung technischer Innovationen*. Berlin. Campus Verlag, Frankfurt a. M./New York

- Dolata, U. (2002): Unternehmen Technik. Akteure, Interaktionsmuster und strukturelle Kontexte der Technikentwicklung: Ein Theorierahmen. Edition Sigma, Berlin
- Grunwald, A. (2000): Technik für die Gesellschaft von morgen. Möglichkeiten und Grenzen gesellschaftlicher Technikgestaltung. Campus, Frankfurt a. M.
- Grunwald, A. (2003): Die Unterscheidung von Gestaltbarkeit und Nicht-Gestaltbarkeit der Technik. In: A. Grunwald (Hg.): Technikgestaltung zwischen Wunsch und Wirklichkeit. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag 2003, S. 19-38.
- Grunwald, A. (2010): Technikfolgenabschätzung – eine Einführung. Berlin, 2. Auflage
- Grunwald, A., Banse, G., Coenen, C. Hennen, L. (2006): Netzöffentlichkeit und digitale Demokratie. Tendenzen politischer Kommunikation im Internet. Edition Sigma, Berlin.
- Grunwald, A., Langenbach, C. (1999): Die Prognose von Technikfolgen. Methodische Grundlagen und Verfahren. In: Grunwald A (Hg.) Rationale Technikfolgenbeurteilung. Konzeption und methodische Grundlagen. Berlin, S. 93-131
- Grunwald, A., Julliard, Y. (2005): Technik als Reflexionsbegriff – Überlegungen zur semantischen Struktur des Redens über Technik. *Philosophia naturalis* 42 (2005) 1, S. 127-157
- Halfmann, J. (1996): Die gesellschaftliche „Natur“ von Technik. Leske + Budrich, Opladen
- Hellige, H. D. (1993): Von der programmatischen zur empirischen Technikgeneseforschung. In: Technikgeschichte 60, S. 186-223
- Hocke-Bergler, P., Grunwald, A. (Hg.) (2006): Wohin mit dem radioaktiven Abfall? Berlin: Edition Sigma
- Janich, P. (2002): Modelle und Modelliertes. In: Gethmann, C. F., Lingner, S. (Hg.): Integrative Modellierung zum Globalen Wandel. Berlin et al.: Springer
- Knie, A. (1994): Gemachte Technik. Zur Bedeutung von „Fahnenträgern“, „Promotoren“ und „Definitions-macht“ in der Technikgenese. In: Rammert, W., Bechmann, G. (Hg.): Konstruktion und Evolution von Technik. Technik und Gesellschaft Jahrbuch 7, Campus, Frankfurt a. M., S. 41-66
- Lutz, B. (1991): Was sind Defizite von TA-Forschung? Drei einleitende Überlegungen. In: Albach, H., Schade, D., Sinn, H. (Hg.): Technikfolgenforschung und Technikfolgenabschätzung, Berlin-Heidelberg. S. 65-79
- Mittelstraß, J. (1974): Die Möglichkeit von Wissenschaft. Suhrkamp, Frankfurt a. M.
- Paschen, H. (1975): Technology Assessment als partizipatorischer und argumentativer Prozess. In: Haas, H. (Hg.): Technikfolgen-Abschätzung (Technology Assessment, TA: Bewertung technischer Entwicklungen). München, Wien, S. 45-54
- Petermann, T. (Hg.) (1991): Technikfolgen-Abschätzung als Technikforschung und Politikberatung. Campus, Frankfurt a. M.
- Rammert, W. (1994) Konstruktion und Evolution von Technik. In: Rammert, W., Bechmann, G. (Hg.): Konstruktion und Evolution von Technik. Technik und Gesellschaft Jahrbuch 7. Campus, Frankfurt a. M., S. 7-11
- Rapp, F. (1978) Analytische Technikphilosophie. Freiburg
- Riehm, U., Krings, B.-J. (2006): Abschied vom „Internet für alle?“ Der „blinde Fleck“ in der Diskussion zur digitalen Spaltung. *Medien & Kommunikationswissenschaft* 54 (2006) 1, S. 75-94
- Rip, A.; Misa, T.; Schot, J. (Hg.) (1995): *Managing Technology in Society*. London
- Ropohl, G. (1982) Kritik des technologischen Determinismus. In: Rapp, F., Durbin, P. T. (Hg): *Technikphilosophie in der Diskussion*. Braunschweig, S. 3-18

- Ropohl, G. (1999): Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. Hanser, München. Ältere Fassung: Eine Systemtheorie der Technik. Suhrkamp, Frankfurt a.M. (1979)
- Schwemmer, O. (1987): Handlung und Struktur. Frankfurt a.M.
- Spencer Brown, G. (1979): Laws of Form (Neudruck). New York
- Weingart, P. (Hg) (1989): Technik als sozialer Prozeß. Suhrkamp, Frankfurt a.M.
- Weyer, J. (1997): Partizipative Technikgestaltung. Perspektiven einer neuen Forschungs- und Technologiepolitik. In: Weyer, J.; Kirchner, U.; Riedl, L.; Schmidt, J. F. K. (1997): Technik, die Gesellschaft schafft. Soziale Netzwerke als Ort der Technikgenese. Edition Sigma, Berlin, S. 329-346
- Weyer, J.; Kirchner, U.; Riedl, L.; Schmidt, J. F. K. (1997): Technik, die Gesellschaft schafft. Soziale Netzwerke als Ort der Technikgenese. Edition Sigma, Berlin

Innovation: Ambivalenzen des Neuen und Bedingungen des Erfolgs

1 Einleitung

Seit den 1980er Jahren zeigen sich in vielen industrialisierten Volkswirtschaften zunehmende ökonomische Probleme und mangelnde Wettbewerbsfähigkeit, die sich nicht zuletzt in erheblicher Arbeitslosigkeit mitsamt den Folgen für die sozialen Sicherungssysteme manifestieren. Ursachen sind zum einen die ökonomische Globalisierung, die zu einer Abwanderung von Teilen der Wertschöpfungskette in andere Weltregionen führt. Zum anderen ist in den hoch industrialisierten Ländern in einigen Bereichen eine sozusagen kulturelle Innovationsmüdigkeit festzustellen. Die Bereitschaft, sich auf Neues und Unbekanntes einzulassen und auf Altes und Vertrautes zu verzichten, sinkt im Grenznutzenbereich, wie dies z. B. bei neuen Software-Versionen im Büro der Fall ist.

Vielfach wird einer verstärkten Innovationsfreudigkeit eine Schlüsselrolle für die Bewältigung dieser Probleme zugesprochen. Dabei reicht es sicher nicht, Innovationen *auf der Angebotsseite* zu stimulieren („technology push“), z. B. durch veränderte Anreize in der Forschungsförderung, in der verstärkt auf Anwendungen gezielt wird. Denn wissenschaftlich-technische Neuerungen führen nicht automatisch zu gesellschaftlich relevanten Innovationen. Das Angebot aus Wissenschaft und Technik muss in der Gesellschaft angenommen werden, damit man von Innovation sprechen kann, und dies wiederum hängt von ökonomischen, sozialen, politischen und kulturellen Bedingungen ab. Es reicht nicht, ein Angebot möglicher Innovationen bereitzustellen, sondern der Blick muss auch auf die Bedingungen gerichtet werden, unter denen Angebot und Nachfrage bzw. Akzeptanz in der Gesellschaft zusammen passen. Fragen nach einer nachfragegerechten Technikgestaltung oder nach dafür günstigen gesellschaftlichen Rahmenbedingungen sind ungelöst. Ihre Beantwortung ist Aufgabe der Innovationspolitik, deren Begriff den älteren Begriff der Technologiepolitik teils abgelöst hat.

Viele Innovationsgeschichten werfen grundsätzliche Fragen auf. Was ist eine Erfindung, was ist eine Innovation, wie kommen sie in die Welt, wie können wir sie planen und wovon hängt letztlich ihr Erfolg ab (Gausemeier 2001; Braun-Thürmann 2004)? Angesichts der deutschen Abhängigkeit von Innovationen, mit der sich Wertschöpfung und Arbeitsplätze kreieren lassen, steht besonders die Frage im Mittelpunkt, was poli-

tisch und gesellschaftlich getan werden kann bzw. getan werden muss, um den Innovationsprozess als Motor des Wohlstands pfleglich zu behandeln.

In diesem Beitrag werden vier semantische Schichten des Innovationsbegriffs unterschieden (Kap. 2): (1) Das Wort „Innovation“ steht begrifflich für die Differenz des Neuen zum Alten (Bechmann/Grunwald 1998). Ist diese die Differenz zunächst wertneutral, so fügt der übliche Sprachgebrauch vielfach eine implizite Wertung hinzu: Innovation als das Neue sei auch das Gewünschte und das Bessere (2). Das Neue wird (3) *konstruiert*, nicht entdeckt: wissenschaftlich und sozial konstruiert in komplexen Prozessen. Schließlich muss (4) das Neue in die Gesellschaft integriert werden. Dort hat es Folgen, in die Präsenz von Innovation die Lebens- und Reproduktionsbedingungen von Menschen und Gemeinschaften verändert.

Im Durchgang durch diese vier Schichten des Innovationsbegriffs zeigt sich rasch, dass dem Innovationsprozess – verstanden als zentraler Entwicklungsmechanismus moderner Gesellschaften – eine erhebliche Komplexität innewohnt. Hierzu werde ich die folgenden Thesen entwickeln und begründen (Kap. 3):

- der genannten häufig erfolgenden Gleichsetzung von Innovation mit dem Guten oder Besseren ist ihre *Ambivalenz* entgegenzuhalten. In der Integration von Innovation in Gesellschaft können sich neben den erwarteten positiven Effekten auch unerwartete negative Folgen einstellen, bis hin zu Situationen, wo man im Nachhinein, also im Wissen über die negativen Seiten, die Innovation lieber nicht eingeführt hätte.
- Innovation als *schöpferische Zerstörung* (Schumpeter) hat (fast) immer mit Substitution und damit Entwertung des Alten zu tun. Durch Neues wird Altes verdrängt und entwertet. Der Innovationsprozess hat damit auf Akteursebene Gewinner und Verlierer zur Folge, wenngleich die Hoffnung besteht, dass auf gesellschaftlicher Ebene insgesamt eher eine positive Bilanz besteht.
- Innovation und *Risiko* hängen unmittelbar zusammen. Gerade dadurch, dass das Neue neu ist, kommt zwangsläufig Unsicherheit über die Folgen ins Spiel. Innovation ist bereits begrifflich mit dem Wunsch nach „Nullrisiko“ unverträglich.
- Innovation ist zwar nicht begrifflich und konzeptionell, aber vielfach in der Praxis mit neuen Technologien und ihrer Umsetzung in Produkte, Dienstleistungen und Systeme korreliert. Technikzukunft durchziehen daher viele Innovationsbereiche.

Innovation muss zu bestimmten gesellschaftlichen Kontexten „passen“, damit sie auf Resonanz stößt und akzeptiert wird – dies umfasst ökonomische, soziale aber auch kulturelle Faktoren bis hin zu Lebensstilen und Zeitgeist. Die kontextuellen Anforderungen an Innovation im Automobilbereich haben sich in den letzten Jahrzehnten durch Ölkrise, Umwelt- und Klimadebatte sowie das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung (Grunwald/Kopfmüller 2012) deutlich verändert. Innovation erfolgt in komplexen

Zeitverhältnissen und in unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Es kann zu früh oder zu spät für eine Innovation sein, und zunächst gescheiterte Innovationen können zu anderen Zeiten zu großen Erfolgen werden. Innovation in einer reichen Gesellschaft ist schwerer als in einer armen. Vieles ist selbstverständlich geworden, so auch das Automobil. In vielen Haushalten gibt es mehr Autos als Führerscheinbesitzer. Der Stellenwert des Autos bei Jugendlichen scheint zu sinken. Das ist aber kein Krisensymptom, sondern Anzeichen der Selbstverständlichkeit des Automobils in Deutschland, sozusagen der notwendige Preis für die Erfolgsgeschichte.

Innovation darf nicht politisch zum Sachzwang erklärt werden, sondern muss überzeugen, durch Qualität, Leistung, Preis und Einpassung in die Kontexte, für die sie gemacht wurde. Dies erfordert mehr als nur technische Brillanz. Der Blick auf die Kontexte muss sich über technisch-ökonomische Fragen und Umweltbelange hinaus verstärkt auch auf soziale, kulturelle und ethische Fragen erstrecken. Darin liegen die Herausforderungen von Innovation im 21. Jahrhundert.

2 Zur Semantik der Innovation

Der Innovationsbegriff ist zu einem der meistverwendeten Begriffe der technik-, wissenschafts-, wirtschafts- und standortpolitischen Diskussion der letzten zehn bis fünfzehn Jahre geworden. Dabei wird er in vielfältigen Bedeutungsfacetten verwendet, die oftmals nicht erkennen lassen, worüber eigentlich geredet werden soll (Priddat/Seele 2008). Die Auslobung von Erfinderpreisen, der politische Ruf nach wissenschaftlich-technischen Innovationen über Parteigrenzen hinweg, die Standortrhetorik und die Debatten in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft über die deutsche Position im internationalen Wettbewerb zeigen die zentrale Bedeutung von Innovation für Wohlstand, Fortschritt und den Arbeitsmarkt.

Das Verhältnis von Neuem und Innovationen ist keineswegs *a priori* klar: nicht alles Neue wird man als Innovation bezeichnen (z. B. wohl kaum die neue Sommermode oder den Neubau eines normalen Wohnhauses) und nicht jede Innovation besteht nur aus Neuem, sondern zumindest zum großen Teil aus Bekanntem. Sicher aber kommt keine Innovation ganz ohne Neues aus. Eine gewisse Neuheit, bestimmte neue Aspekte – wie auch immer diese bestimmt sein mögen – sind *notwendige Bedingung* für eine Innovation (Priddat/Seele 2008). Bevor man sich also komplexeren Fragen nach wissenschaftlichen oder wirtschaftlichen Innovationen stellt, sollte man sich der scheinbar einfachen Frage zuwenden, was eigentlich „neu“ bedeutet und welche die Kriterien für Neues sind. Wodurch wird das Neue zum Neuen?

Das Kriterium für „neu“ in der temporalen Unterscheidung (Luhmann 1990, Groys 1997) ist die Differenz zu gegenwärtig Vorhandenem. Neu heißt demzufolge „anders als bisher“ – eine Identifikation des Neuen mit dem Besseren oder gar dem

Guten ist damit nicht verbunden. Neues Wissen manifestiert sich darin, dass es sich nicht einfach aus dem „Archiv“ der Gesellschaft ergibt (Groys 1997), einer Sammlung geprüften Wissens – sozusagen grob vereinfacht, des „Standes der Technik“ als der Summe allen Lehrbuchwissens. Die Frage ist dann, ob Wissen, das auf der Basis des „Archivs“ in irgendeiner Form *erwartbar* war, etwa in Form logischer Deduktionen oder praktischer Rekombinationen verfügbaren Wissens, überhaupt als neu eingestuft werden soll. Daran schließt sich die Frage an, ob ein gewisses Überraschungsmoment für die Definition des Neuen konstituierend sein soll oder ob Neues auf der Basis des Alten auch geplant werden kann: sind Innovationen nur die *ungeplanten* Differenzen zum Plan (wie Luhmann 1990 meint), haben also Widerfahrnischarakter, oder auch *intendierte* Planungsresultate (Grunwald 2001)?

Die Unterscheidungen neu/alt bzw. neu/vertraut sind, so wie sie bisher thematisiert wurden, unabhängig von der Unterscheidung gut/schlecht (Luhmann 1990, S. 220, Groys 1997). Neues als bloßes Anderes oder als überraschend Anderes ist von sich aus weder gut noch schlecht; letzteres bedürfte der Einführung weiterer Unterscheidungen und Kriterien. Trotzdem wird der Kurzschluss, dass „neu“ gleich „gut“ oder zumindest „besser“ sei, oft vorgenommen und kennzeichnet die politisch allgegenwärtige Innovationsrhetorik (vgl. z. B. bereits Nowotny 1997). Die Identifizierung des Neuen mit dem Guten bzw. Besseren machte genau den klassischen Fortschrittsoptimismus aus, und die gegenwärtige politische Innovationsrhetorik könnte als von oben verordnete Wiederkehr des Fortschrittsoptimismus angesehen werden.

Dies ist jedoch nur vordergründig der Fall. Wenn der Referenzpunkt für Neues – unabhängig von den genannten Problemen der Begriffsdefinition – immer im *gegenwärtigen Zustand* des „Archivs“ besteht, unterscheidet dies die Innovationsdebatte krass vom Fortschrittsoptimismus. Denn dort bildeten substantielle Zielvorstellungen für „gutes Leben“ und eine „bessere“ Gesellschaft in Form marxistischer oder bürgerlicher Utopien den Hintergrund für die Forderung nach Erneuerung der Gesellschaft auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse und technischen Könnens. Mit dem faktischen Zusammenbrechen sowohl der bürgerlichen Utopie der unbegrenzten Wohlstandsvermehrung wie auch der marxistischen Utopie der klassenlosen Gesellschaft stehen derartige Referenzen für die Rechtfertigung des Neuen nicht mehr zur Verfügung. Auch ist das Utopische aufgrund seiner Anfälligkeit für totalitäres Denken generell in Verdacht geraten. Heute wird das Neue um des Neuen willen gesucht und als Anlass, auf dieser neuen Basis weiteres Neue zu suchen (Luhmann 1990, S. 216). Das Innovationsprinzip ist in der modernen Gesellschaft nicht mehr verhandelbar, sondern zählt zu ihren konstitutiven Elementen (Bechmann/Grunwald 1998; zu den Konsequenzen bis hin zum „Zwang“ zur Innovation s. u.).

Welche Entitäten bzw. Objekte können überhaupt neu sein? Gemeinhin wird *neues Wissen* gemeint, vor allem natürlich im wissenschaftlichen Kontext (Luhmann 1990, S. 216 ff., 371 f.). Darüber hinaus kann auch ein *technisches Können* neu sein. Können

ist nicht auf Wissen reduzierbar, wiewohl Können und Wissen aufeinander bezogen sind. Wissen und Können sind Kategorien in der Zweck/Mittel-Rationalität, jedenfalls in einer handlungstheoretischen Beschreibung. Planungstheoretisch kann zwischen neuem Handlungswissen (Zweck/Mittel-Relationen, Nebenfolgenwissen) und neuem Kontextwissen (Situationswissen, Prognosen) unterschieden werden (Grunwald 2000a). Neu sein können aber auch die verfolgten Zwecke selbst, sei es, weil neues technisches Können bisher unerreichbare Zwecksetzungen ermöglicht, weil vorhandene technische Mittel für andersartige Zwecke als ursprünglich geplant eingesetzt werden können (Zweckumwidmungen), oder weil sich aus anderen Perspektiven neue Zwecksetzungen aufdrängen oder anbieten, zu denen dann die Mittel erst noch zu entwickeln sind (so fällt etwa die Zielsetzung nachhaltigen Wirtschaftens unter diese „Neuheiten“). Hierunter fällt auch das Stellen „neuer“ Fragen – ein Fall für Querdenker. In all diesen Fällen – weitere Unterscheidungen und Präzisierungen sind sicher anschließbar – sind unterschiedliche Akteurs- und Wissenskonstellationen sowie unterschiedliche Bedingungen für Neuheit zu berücksichtigen mit entsprechenden Folgen für den Wissenschaftsbetrieb (Luhmann 1990, S. 298 ff.).

Das Neue wird *konstruiert*, nicht entdeckt: wissenschaftlich und sozial konstruiert (Gausemeier 2001, Braun-Thürmann 2004). Die Suche nach Innovationen ist methodisch nicht analog zur Entdeckungsreise Sven Hedins zu sehen, sondern analog dem planmäßigen Experimentieren in einem Labor. Auch „Überraschungen“ in einem physikalischen Experiment sind *als* Überraschungen nur bestimmbar, wenn vorgängig ein Plan des erwarteten Verlaufs aufgestellt wurde (Grunwald 2001). Auch wenn Neues über ein Überraschungsmoment definiert wird, haben daher die Planung von Prozessen und die Analyse des Erwartbaren eine unverzichtbare Bedeutung im Innovationsprozess (Gausemeier 2001). Nicht umsonst kann man die Erfolgsgeschichte des naturwissenschaftlichen Experimentierens seit Galileo als eine Methode zur planmäßigen Erzeugung von Neuem lesen, etwa durch das Mittel der *gezielten* Veränderung von Experimentierparametern, um auf reproduzierbare Überraschungen zu stoßen. Neues Wissen wird daher konstruiert in der Spannung zwischen geplantem Erwartetem und unerwarteten Widerfahrnissen. Gleichwohl gilt, dass man „planlos“ auch nichts Neues findet (Grunwald 2001).

Neues kann man weiterhin differenzieren nach verschiedenen Bereichen, z. B. den Wissenschaften, der Ökonomie und der Öffentlichkeit. Die Produktion neuen Wissens gehört zum Selbstverständnis der Wissenschaften (z. B. Luhmann 1990), die Produktion neuer Waren und Dienstleistungen zum Programm der Wirtschaft. Die Neuigkeitsbedingungen und Prozeduren der Konstruktion und Kennzeichnung des Neuen in beiden Bereichen sind verschieden – ein Unterschied, der verwischt wird, wenn unterschiedslos von Innovationen gesprochen wird. Dabei liegt gerade in der Frage, wie denn neues Wissen bzw. Können in neue marktfähige Produkte überführt werden kann, ein Kern der gegenwärtigen Innovationsdebatte (Stichworte Technologie-Trans-

fer, Kompetenzzentren; Innovationsmanagement vgl. bereits Rammert 1989; zu einer aktuellen Fallstudie Bräutigam/Gerybadze 2011).

Innovationen haben eine Geschichte. Sie verweisen auf Schritte im Innovationsprozess, die je nach Innovationstheorie (Braun-Thürmann 2004, Priddat/Seele 2008) als spezifischer Zusammenhang von wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Schritten dargestellt werden. Innovationen können langsam entstehen und sich verbreiten, z. B. in Form der allmählichen Substitution traditioneller durch neue Materialien, oder sie können einen disruptiven Charakter haben und in ganzen Wirtschaftszweigen Produktionsverfahren oder Wertschöpfungsketten revolutionieren. Innovationen können evolutionär durch allmähliche Diffusion oder revolutionär als „Durchbruch“ auftreten. Die Einführung der Fließbandfertigung in der amerikanischen Automobilindustrie war eine solche disruptive Innovation, ebenso die Umstellung auf weitgehend automatisierte Fertigungsstrecken in den letzten Jahrzehnten.

Das Wort „Durchbruch“ wird vielfach in der massenmedialen Kommunikation über den wissenschaftlichen und technischen Fortschritt verwendet und meistens sehr positiv dargestellt. Gemeinsam ist wissenschaftlich-technischen Durchbrüchen die Zurückdrängung des „Unverfügbaren“. Das, was menschlichem Zugriff entzogen war, was als unbeeinflussbare Natur akzeptiert werden musste, wird zum Gegenstand wissenschaftlicher Erkenntnis und technischer Manipulation oder Gestaltung. Wissenschaftlichen Durchbrüchen folgen dann mehr oder weniger oft und meist mit deutlicher Zeitverzögerung technische Durchbrüche, wie dies etwa die Wege von der Kernphysik zur Kerntechnik oder von der Genforschung zur Gentechnik zeigen. Erst die technischen Durchbrüche bilden die Basis, dass reale Folgen für Mensch und Gesellschaft in Form von Innovationen entstehen können. Auch wenn der *technische* Durchbruch erfolgt ist, ist es oft noch ein langer Weg bis zu marktfähigen Produkten und Dienstleistungen. In der Materialforschung beispielsweise wird geschätzt, dass der Weg aus dem Forschungslabor bis zum fertigen Produkt ca. zehn bis zwanzig Jahre dauert. Es nimmt vielfach viel Zeit in Anspruch, bis wissenschaftliche Durchbrüche in der Gesellschaft „ankommen“, z. B. in Form neuer Produkte oder Dienstleistungen.

Das Neue muss schließlich in die Gesellschaft integriert werden (z. B. Degele 1997). Dass hierbei in der Regel Ambivalenzen auftreten und dass für Innovationen vielfach ein Preis zu zahlen ist, ist evident (Kap. 3). Der Widerstand gegenüber dem Neuen, der die Moderne stets begleitet hat, ist Ausdruck einer latenten Bedrohung des Bestehenden durch das Neue. Die Maschinenstürmer ahnten, dass die neuen Maschinen ihr vertrautes Leben stark verändern und vielleicht zerstören würden. Auch in der verbreiteten Sehnsucht nach dem Alten (Nostalgie, Museen, Denkmalschutz) äußert sich Skepsis gegenüber dem Neuen.

3 Die Ambivalenz von Innovation

Innovationen und wissenschaftlich-technischer Fortschritt zeigen in der Regel Ambivalenzen, vor allem durch nicht intendierte Nebenfolgen (Grunwald 2010, Kap. 1). Technische Risiken und Unfallgefahren, negative Gesundheits- oder Umweltfolgen durch Emissionen, Missbrauchsmöglichkeiten von technischen Systemen, die zunehmende Abhängigkeit der Gesellschaft vom reibungslosen Funktionieren der „großen“ technischen Systeme und Infrastrukturen, teils ungerechte Verteilungen von Nutzen und Nachteilen durch neue Technologien – vor allem bei Standortfragen – und Verdrängungsprozesse sind Ausdruck dieser Ambivalenz. In den industrialisierten Gesellschaften haben sich bestimmte Umgangsweisen zur Erforschung und Bewältigung der Nebenfolgen des technischen Fortschritts und seiner Ambivalenzen etabliert (Grunwald 2010).

Eine zentrale Ambivalenz liegt im sozialen Kontext von Innovationen begründet. Denn Innovationen haben in der Regel nicht nur Gewinner, sondern Gewinner *und Verlierer* zur Folge, häufig mit den Entscheidern als Gewinnern und den Betroffenen als Verlierern (Grunwald 2000b, Kap. 3). Unterschiedliche Perspektiven, Werte und Interessen von Betroffenen und Entscheidern führen zu unterschiedlichen Wahrnehmungen von Chancen und Risiken (Bechmann 2007) und zu teils schwerwiegenden Akzeptanzproblemen von Technik sowie gelegentlich zu gravierenden Technikkonflikten. Hier ist vor allem zu denken an die Anti-Kernkraft-Bewegung, an die Probleme beim Ausbau von Flughäfen, an die ungelöste Frage der Endlagerung radioaktiver Abfälle (Hocke-Bergler/Grunwald 2006), an Freilandversuche mit gentechnisch veränderten Pflanzen, aber auch an regionale und lokale Konflikte um Mülldeponien, Müllverbrennungsanlagen oder die Ansiedlung von chemischen Produktionsanlagen.

In besonderer Schärfe zeigen sich die divergierenden Perspektiven von Entscheidern und Betroffenen anhand von Standortproblemen (Renn/Webler 1998). Die Bestimmung eines Standorts z. B. einer Mülldeponie entscheidet darüber, welche Anwohner dadurch belästigt, gefährdet oder benachteiligt werden, z. B. durch fallende Immobilienpreise. Entscheider versuchen, durch ihre Entscheidungen ihre eigenen Probleme zu lösen, z. B. zur Bewältigung eines kommunalen Abfallproblems. Die von diesen Entscheidungen Betroffenen sind in der Regel andere Personen und Gruppen, die von der Lösung des Problems der Entscheider kaum oder gar nicht profitieren, jedoch mit den Folgen der Entscheidung auf meist negative Weise konfrontiert werden. Was für die Entscheider bloße Nebenfolgen sind, sind für Betroffene oft die Hauptfolgen (Gloede 2007).

Das Problem der Gewinner und Verlierer entsteht zwangsläufig und geht über die genannte Problematik divergierender Interessen hinaus, weil eine innovative Gesellschaft immer auch eine *zerstörende* Gesellschaft ist (Schumpeter 1934, Rammert 1989). Durch die Entscheidung für eine Innovation wird Bestehendes ersetzt, abgewertet und

als überflüssig markiert. Simultan werden erlernte Handlungsweisen, Bedienungsmechanismen, technikspezifisches Wissen und Können bis hin zu liebgewordenen Gewohnheiten entwertet und als veraltet diskriminiert. Ohne potentielle Verlierersituationen und ohne resultierende Zumutungen diesen Verlierern gegenüber ist kaum eine Innovation denkbar. Da Entscheidungen *für* eine bestimmte Innovation immer auch Entscheidungen *gegen* andere Innovationen sind, stehen je nachdem, wie die Entscheidung ausfällt, *verschiedene* Personen und Gruppen auf der Seite der Verlierer oder Gewinner. Die Frage der Legitimation solcher Entscheidungen stellt sich besonders im Hinblick auf die mutmaßlichen Verlierer.

Auch technikrelevante *politische* Entscheidungen können Gewinner und Verlierer zur Folge haben. Ganze Industriezweige können in der Folge von Regulierungen, z. B. im Steuerrecht, einen ungeahnten Aufschwung erleben, andere werden dem Niedergang ausgesetzt. Die Altautoverordnung z. B. bedeutete das Aus für viele kleine Schrottplätze, die die erforderlichen Investitionen und Nachweise nicht erbringen konnten, um eine Lizenz als Verwertungsbetrieb zu bekommen. Verlierer sind auch die Besitzer alter Autos, die die erhöhten Kosten tragen müssen. Ein aktuelles Beispiel: Energiewende und Atomausstieg haben direkte Folgen für die vier großen Energieversorger. Oder noch aktueller: das Zurückfahren der Unterstützung für die Photovoltaik führte unmittelbar zu wirtschaftlichen Schwierigkeiten bis hin zur Insolvenz in diesem Wirtschaftsbereich. Die Interessen und Ziele der Entscheider sind andere als die Interessen der von diesen Entscheidungen und ihren Folgen Betroffenen.

Gleichzeitig bleiben jedoch Fortschrittsoptimismus und hohe Erwartungen an innovative Technik erhalten; die Überzeugung ist verbreitet, dass innovative Technik die Mängel der traditionellen Technik überwinden und Technikfolgenprobleme lösen helfen werde.¹ So wird beispielsweise die Energiewende in Richtung auf nachhaltige Energieversorgung bislang im Wesentlichen als *technische* Herausforderung in Bezug auf erneuerbare Energieträger und Effizienzsteigerungen aufgefasst.² Handeln und Entscheiden in dieser unhintergehbaren Spannung zwischen der Angewiesenheit auf weiteren technischen Fortschritt und dem auf Erfahrung beruhenden Wissen, dass auch dieser wieder nicht intendierte Folgen produzieren wird, bedürfen der wissenschaftlichen Unterstützung – eine zentrale Motivation für Technikfolgenabschätzung (Grundwald 2010).

Diese Ambivalenzen, die nicht intendierten Nebenfolgen und teils problematische Aspekte von Innovation liefern keine pauschalen Argumente gegen weitere Innovation, sondern sind Ansporn gerade für ihre „innovative“ Weiterentwicklung und Ausgestal-

1 Insbesondere die visionären Technikzukünfte zur Nanotechnologie und zur Synthetischen Biologie sind Beispiele, in denen der Technikoptimismus weiterhin präsent ist (vgl. Teil II in diesem Band).

2 Diese Einschätzung dürfte falsch sein, da die Transformation des Energiesystems auch und zwar starke gesellschaftliche Anteile hat (vgl. den Beitrag zur Energiewende im Teil III dieses Buches).

tung. Ambivalenzen von Innovation und ihre Widersprüche zu manchen gesellschaftlichen Zielsetzungen führen zu weiterem Innovationsbedarf. Nicht erwünschte Nebenfolgen von Technik sind immer auch Motivationen und Ansatzpunkte für „bessere“ Innovationen und stellen selbst ein wichtiges Moment des wissenschaftlich-technischen Fortschritts dar, sei es durch inkrementelle Verbesserungen z. B. des Wirkungsgrads von Antriebssträngen oder durch Substitutionsinnovationen, z. B. durch den verstärkten Einsatz von Leichtbaumaterialien.

Allerdings steht der ökonomischen Notwendigkeit einer hohen Innovationsgeschwindigkeit in den industrialisierten Ländern zusehend eine gewisse „Innovationsmüdigkeit“ entgegen. Rasche Innovation ist anstrengend, erfordert dauerndes Umlernen und Umdenken und führt ständig zu Gewinner/Verlierer-Situationen. In relativ reichen Gesellschaften, in denen es etwas zu verlieren gibt, in denen daher schneller nach möglichen Risiken und Ambivalenzen gefragt wird und in denen die Lebensstandards für weite Bevölkerungsteile hoch sind, gerät Innovation in einen „Grenznutzenbereich“ und muss höhere Hürden überwinden. Man kann dies teils an dem in den letzten Jahrzehnten stark gestiegenen Werbeaufwand erkennen. Scheinbar ist immer mehr Werbung erforderlich, um Produkt- und Dienstleistungsinnovation zum Kunden und Konsumenten zu bringen.

Auch die politische Innovationsrhetorik der letzten ca. zehn bis fünfzehn Jahre lässt sich vor diesem Hintergrund erklären. Die Akzeptanz von Innovation ist essentiell für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Volkswirtschaft, die zu erhalten und zu stärken ein wichtiges Anliegen der Politik ist. Also muss Politik bestrebt sein, gegen die genannte Innovationsmüdigkeit anzugehen. Allerdings baut die vorwiegend aus Politik und Wirtschaft kommende Innovationsrhetorik vor allem bloß auf einem Sachzwangargument auf: der Ruf nach mehr Innovationsbereitschaft, die Sicht auf Innovation auf grundsätzlich begrüßenswert, die teils geringe Bereitschaft, Ambivalenzen des technischen Fortschritts zu thematisieren und die inflationäre Verwendung von Innovations- und Potentialbegriff werden politisch *als Zwang* transportiert: die Argumentationsfigur geht von einem globalen Wettbewerb aus, unter dem eine ‚Pflicht zur Innovation‘ bestehe. Wer dieser Pflicht nicht nachkomme, werde absteigen, in Bezug auf Wohlstand und Einfluss. Damit bekommt das Argument einen Drohcharakter. Nicht substantielle Versprechungen einer ‚besseren Gesellschaft‘, zu deren Erreichung Innovationen notwendig seien, stehen hinter der Innovationsrhetorik, sondern hauptsächlich die Angst vor dem Abstieg. Für die ‚Sinnfrage‘, wofür, wozu und in welche Richtungen Innovation gewünscht wird, bleibt kein Platz. Ob eine solche Argumentation in der modernen Gesellschaft ‚nachhaltig‘ ist, bleibt abzuwarten, erscheint aber zumindest hinterfragenswert.

Inmitten dieser Innovationsrhetorik sollte angesichts der genannten Ambivalenzen eine der konstitutiven Erfahrungen der Technikfolgenabschätzung (Grunwald 2010) nicht vergessen werden. Die Unterscheidungen neu/alt bzw. neu/vertraut, wie sie eine

Innovation per definitionem charakterisieren, sind unabhängig von der Unterscheidung gut/schlecht (Luhmann 1990, S. 220, Groys 1997): Innovationen als Neues oder als überraschend Neues sind von sich aus weder gut noch schlecht; diese Beurteilung bedürfte der Einführung weiterer Unterscheidungen und Kriterien. Auch die Nutzung von Asbest war einmal eine vielfach begrüßte Innovation. Der Kurzschluss von ‚neu‘ mit ‚gut‘ kennzeichnet Teile der gegenwärtigen Innovationsrhetorik, in denen die Ambivalenzen und dialektischen Spannungsfelder des wissenschaftlich-technischen Fortschritts in den Hintergrund zu geraten drohen.

4 Innovation und Technikzukünfte

Innovationen finden also nicht wie von selbst ihren Markt, sondern ihr Erfolg hängt von vielen Faktoren ab, sowohl von technischen Parametern – Innovation, die technisch nicht funktioniert, wird nicht erfolgreich sein –, aber auch von nichttechnischen – eine geniale technische Idee wie der Transrapid scheiterte nicht an technischer Intelligenz, sondern weil er nicht in eine bereits vorhandene Infrastruktur passte. Wissenschaftlich oder technisch geniale Technikzukünfte können mit Innovation verbunden sein, müssen es aber nicht. Wenn Einrichtungen der Forschung und Entwicklung nicht nur auf Erkenntnis, sondern auch auf Innovation zielen, sollten sie dies berücksichtigen. Denn der Erfolg von Innovation scheint immer weniger von der technischen Brillanz abzuhängen, sondern stärker auch von ökonomischen Kriterien und zunehmend von den teils als „weich“ bezeichneten Kriterien wie der kulturellen Passfähigkeit, der Übereinstimmung mit gesellschaftlichen Werten und Lebensstilen sowie der ethischen Verantwortbarkeit. Dies erhöht die Notwendigkeit für Innovatoren, sich auf diese Faktoren stärker einzulassen und bereits in frühen Phasen der Entwicklung zu berücksichtigen. Technikzukünfte sind im Hinblick auf Innovation also immer mehr als nur Zukünfte technischer Neuerungen; sie beinhalten Zukunftsvorstellungen über die jeweiligen kulturellen, ökonomischen und sozialen Kontexte, in denen aus den technischen Neuerungen Innovationen werden sollen.

Die Aufnahme von „Innovation“ als gleichberechtigtes Ziel des Karlsruher Institut für Technologie (KIT) neben „Forschung“ und „Lehre“ ist ein großer Schritt. Eine spezielle Folge dieses Schrittes ist, dass KIT sich viel stärker mit gesellschaftlichen Entwicklungen befassen und auf sie einlassen muss. Denn gelingende Innovation hängt nur zum Teil von einem guten „Innovationsangebot“, zu einem anderen Teil aber von der „Nachfrageseite“ und den dortigen Randbedingungen ab, z. B. kultureller, rechtlicher, sozialer oder politischer Art.

Diese Situation hat Auswirkungen auf die Wissenschaften am KIT, die sich nicht nur, aber insbesondere mit der „Nachfrageseite“ befassen, also Geistes-, Sozial-, Wirtschafts-, Rechts- und Kulturwissenschaften, und führt zu erhöhten Erwartungen und

Anforderungen, zum Gesamtprofil und Erfolg des KIT beizutragen. Mit der Gründung des KIT-Schwerpunkts „Mensch und Technik“ wurde – im Rahmen der vorhandenen Ressourcen – ein erster Schritt in diese Richtung gegangen, der auf sehr konkrete, anwendungs- und projektbezogene, Verbindungen zu Natur-/Ingenieurwissenschaften abzielt.

Das weiter gehende Konzept des Instituts für Technikzukunft (ITZ) stellt die sog. „Technikzukunft“ in den Mittelpunkt (vgl. Einleitung zu diesem Band). Insofern KIT auf gelingende *Innovation* zielt, bedarf es aus mehreren Gründen der systematischen Befassung mit *Technikzukunft*: zur Orientierung der eigenen Forschung, zur Berücksichtigung gesellschaftlicher Entwicklungen und zur pro-aktiven Positionierung in den gesellschaftlichen Debatten um Technik und Innovation. Aufgabe des Instituts für Technikzukunft wird es sein, Technikzukunft in Bezug auf ihr Entstehen, ihre Verbreitung und ihre Wirkungen interdisziplinär zu erforschen und die Ergebnisse dieser Forschung sowohl für die thematische Weiterentwicklung und Profilierung des KIT als auch für die öffentliche Debatte fruchtbar zu machen. Damit können Erfolg oder Misserfolg von Innovation in diesen Bereichen bereits in frühen Stadien der Entwicklung in den Blick genommen werden.

Literatur

- Bechmann, G. (2007): Die Beschreibung der Zukunft als Chance oder Risiko? Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 16 (2007) 1, S. 24-31
- Bechmann, G., Grunwald, A. (1998): Was ist das Neue am Neuen, oder: wie innovativ ist Innovation? TA-Datenbank-Nachrichten 7 (1998) 1, S. 4-11
- Braun-Thürmann, I. (2004): Innovation – Eine Einführung. Bielefeld
- Bräutigam, K.-R., Gerybadze, A. (Hg.) (2011) Wissens- und Technologietransfer als Innovationstreiber. Mit Beispielen aus der Materialforschung. Heidelberg, Dordrecht, London, New York
- Degele, N. (1997): Kreativität rekursiv. Von der technischen Kreativität zur kreativen Aneignung von Technik. In: G. Bechmann, W. Rammert (Hg.): Jahrbuch Technik und Gesellschaft 9. Frankfurt a. M., S. 55-64
- Gausemeier, J. (2001): Produktinnovation – Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen. München
- Gloede, F. (2007): Unfolgsame Folgen. Begründung und Implikationen der Fokussierung auf Nebenfolgen bei TA. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 16 (2007) 1, S. 45-53
- Groys, B. (1997): Technik im Archiv. Die dämonische Logik technischer Innovation. In: G. Bechmann, W. Rammert (Hg.): Jahrbuch Technik und Gesellschaft 9. Frankfurt a. M., S. 15-32
- Grunwald, A. (2000a): Handeln und Planen. München
- Grunwald, A. (2000b): Technik für die Gesellschaft von morgen. Möglichkeiten und Grenzen gesellschaftlicher Technikgestaltung. Frankfurt a. M.

- Grunwald, A. (2001): Vom Alten zum Neuen. Zur Planbarkeit technischer Erfindungen, in: G. Banse, H.-P. Müller (Hg.): *Johann Beckmann und die Folgen. Erfindungen – Versuch der historischen, theoretischen und empirischen Annäherung an einen vielschichtigen Begriff*. Berlin, S. 277-291
- Grunwald, A. (2010): *Technikfolgenabschätzung. Eine Einführung*. Berlin, 2. Auflage
- Grunwald, A., Kopfmüller, J. (2012): *Nachhaltigkeit*. Frankfurt a. M., 2. Auflage
- Luhmann, N. (1990): *Die Wissenschaft der Gesellschaft*. Frankfurt a. M.
- Nowotny, H. (1997): Die Dynamik der Innovation. Über die Multiplizität des Neuen. In: G. Bechmann, W. Rammert (Hg.): *Jahrbuch Technik und Gesellschaft 9*. Frankfurt a. M., S. 33-54
- Priddat, B. P., Seele, P. (2008): *Das Neue in Ökonomie und Management: Grundlagen, Methoden, Beispiele*. Wiesbaden
- Rammert, W. (1989): *Das Innovationsdilemma*. Opladen
- Renn, O., Webler, T. (1998): Der kooperative Diskurs – Theoretische Grundlagen, Anforderungen, Möglichkeiten. In: Renn, O., Kastenholz, H., Schild, P., Wilhelm, U. (Hg.) (1998): *Abfallpolitik im kooperativen Diskurs*. Zürich, S. 3-103
- Schumpeter, J. (1934): *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*. Berlin 1993
- Siune, K., Markus, E., Calloni, M., Felt, U., Gorski, A., Grunwald, A., Rip, A., de Semir, V., Wyatt, S. (2009): *Challenging Futures of Science in Society*. Report of the MASIS Expert Group. Brüssel, European Commission
- Smits, R., J. Leyten (1991): *Technology Assessment. Watchdog or Tracker*, Kerkebosch/Zeist
- Smits, R., P. den Hertog (2007): TA and the management of innovation in economy and society. *International Journal on Foresight and Innovation Policy* 3, S. 28-52

Teil II

Visionäre Technikfelder

Technikbasierte Visionen sind ein spezifischer Typus der Technikzukünfte. Sie haben in Form futuristischen, teils technikutopischen Denkens in der Technikgeschichte in verschiedenen Formen eine bedeutende Rolle gespielt, so z. B. in der bemannten Raumfahrt. Seit über zehn Jahren finden solche Visionen verstärkt Wiederhall in verschiedenen gesellschaftlichen Debatten und in den Massenmedien. Im Umfeld der so genannten NEST (new and emerging science and technologies) hat sich eine rege Debatte über teils recht spekulative, weit in die Zukunft reichende Visionen entwickelt. Von diesen wissenschaftlich-technischen Entwicklungen (man spricht aufgrund der abnehmenden Separierbarkeit von Wissenschaft und Technik auch von Technowissenschaften) erwarten manche die Lösung praktisch aller großen gegenwärtigen Probleme, vom Umweltschutz über Gesundheit bis hin zu Armut und Hunger. Auch die ‚technische Verbesserung‘ des Menschen gehört zum Spektrum der Visionen.

Die Kommunikation über technische Visionen und ihre Folgen für die zukünftige Gesellschaft macht einen offenbar zunehmenden Anteil an der Gesamtkommunikation zwischen Wissenschaft und Technik auf der einen und Politik und Öffentlichkeit auf der anderen Seite aus. Dies hat in Ethik, Sozialwissenschaften und Technikfolgenabschätzung zu einem wachsenden Interesse geführt. Dabei sind auf der technischen Seite vor allem die neuen Technologien im Blick, die als Schlüssel- oder Querschnittstechnologien des 21. Jahrhunderts gelten: Nanotechnologie, Synthetische Biologie, die Neurowissenschaften sowie die ‚Converging Technologies‘, in denen diese und möglicherweise weitere Technikbereiche zusammengeführt werden sollen. In diesem Teil des Buches werden folgende Themen behandelt:

- Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft
- Menschengukünfte im Medium der Technik. Orientierungsprobleme und Herausforderungen
- Die ‚technische Verbesserung‘ des Menschen: von Fiktionen zur Realität?
- Können Roboter planen, und was bedeutet eine Antwort auf diese Frage?
- Technikzukünfte des Lebens: Nanobionik und Synthetische Biologie
- Visionäre Technikfelder: explorative Philosophie statt spekulativer Ethik

Aufgrund des teils spekulativen Charakters und der schlechten Beurteilbarkeit dieser Visionen in Bezug auf ihre kognitiven und normativen Gehalte, aber auch in Bezug auf ihre Realisierbarkeit, erweist sich in diesen Feldern der Bedarf nach einer Hermeneutik der Technikzukünfte als besonders groß.

Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft

1 Einführung und Überblick

Die wissenschaftliche Debatte, aber auch und vielleicht noch mehr die gesellschaftliche Rezeption und die politische Rhetorik im Umfeld der Nanotechnologie ist von teils weit reichenden Zukunftserwartungen, Zukunftsvisionen, aber auch Zukunftsbefürchtungen durchzogen. Die Ausgangsthese des vorliegenden Beitrags ist, dass sich in diesen Debatten allgemeinere gesellschaftliche ‚Verhaltungen‘ zu ihrer eigenen Zukunft zeigen und dass Nanotechnologie und auch die ‚Converging Technologies‘¹ (CT) über sie selbst hinaus weisende Platzhalter – eben ‚Chiffren‘ – für eine gesellschaftliche Zukunftsdiskussion beträchtlicher Reichweite sind. Dabei geht es nicht ‚nur‘ um die Zukunft einer bestimmten Technologielinie oder sich daraus ergebende gesellschaftliche Folgen, sondern um solche ‚großen Themen‘ wie die Zukunft der menschlichen Natur, die Zukunft des Verhältnisses von Mensch und Technik oder auch die Nachhaltigkeit der menschlichen Wirtschaftsweise. Die (relativ) große Zahl der reflexiven Arbeiten aus Philosophie und den Sozialwissenschaften zu diesen Zukunftsaspekten weist auf die Berechtigung dieser Hypothese hin.² Vor diesem Hintergrund werde ich in diesem Beitrag vor allem zwei Thesen entfalten, vertreten und zu begründen suchen:

- Die ‚visionäre‘ Kommunikation über Nanotechnologie und die konvergierenden Technologien haben bereits zu einer ganz erheblichen Steigerung der Kontingenz der *conditio humana* geführt. Vor allem die Debatte über eine technische Verbesserung des Menschen hat ganz neue Räume für neuartige Fragestellungen eröffnet, dabei gleichzeitig bisherige Selbstverständlichkeiten in Frage gestellt.³
- Um mit diesen neuen Kontingenzen umzugehen, wird verstärkt auf Überlegungen zur Zukunft des Menschen und der Gesellschaft zurückgegriffen. In dem Moment, da Traditionen nicht mehr als Orientierung hinreichen, wird die Orientie-

1 Der Zukunftsdiskurs, der Thema dieses Beitrages ist, hat seinen Ausgang in Überlegungen zur Nanotechnologie genommen (vor allem Drexler 1986) und wird zurzeit vor allem zu den ‚Converging Technologies‘ (Roco/Bainbridge 2002) geführt, deren Basistechnologie für die Konvergenz die Nanotechnologie darstellt. Im Folgenden wird die Debatte um die Converging Technologies im Hinblick auf die gesellschaftliche Thematisierung von Zukunftsfragen als Fortsetzung der Nanotechnologie-Debatte begriffen.

2 Vgl. stellvertretend Nordmann 2003, 2005; Dupuy 2005; Dupuy/Grinbaum 2004; Selin 2007; Brown et al. 2000 sowie die dort jeweils zitierten Arbeiten.

3 Vgl. hierzu die beiden folgenden Beiträge in diesem Band.

rung über Zukunftsentwürfe und Visionen gesucht. Diese Situation erfordert auch neue analytische und reflexive Umgangsformen mit entsprechenden Kommunikationsmedien (z. B. futuristischen Visionen).

Das Ziel dieses Beitrages ist es, über die Entfaltung und Begründung dieser Thesen die in der Nanotechnologiedebatte anzutreffenden Zukunftsbilder in ihrer Funktion und Auslegung *als Zukunftsbilder* zu untersuchen. Es geht um Fragen, welche Zukunftsverständnisse unterstellt werden, was unter Zukunftswissen verstanden wird, wie die Verlässlichkeit von Zukunftswissen in diesem Feld eingeschätzt wird, wie mit Unsicherheiten umgegangen wird und in welchen Funktionen dabei die Sprache eingesetzt wird. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den ‚futuristischen Visionen‘ (zu diesem Begriff Grunwald 2004), d. h. auf den zeitlich teils weit ausgreifenden Zukunftsbildern, wie sie die gesellschaftliche Diskussion um Nanotechnologie und Konvergenztechnologien prägen. Das Erkenntnisinteresse ist dabei vor allem auf Fragen ausgerichtet, was Zukunftsvisionen belastbar aussagen, wie es um ihre ‚Geltung‘ bestellt ist und ob divergierende Visionen miteinander in Bezug auf Geltungsaspekte verglichen werden können. In diesem Sinne geht es um eine aufklärende Analyse der Debatte in der Erwartung, durch Aufdeckung erkenntnistheoretischer Voraussetzungen des ‚visionären Redens‘ über Zukunft zur Rationalität und Transparenz beitragen zu können.

Bereits in einer strukturierten Materialsammlung (Kap. 2) zeigen sich bestimmte wiederkehrende Muster der Thematisierung von Zukunft in den Debatten um Nanotechnologie, die häufig mit der Wahl bestimmter sprachlicher Mittel verbunden sind. Diese Beobachtung bietet Anlass, in Form einer propädeutischen Reflexion auf die Verwendungsweise des Wortes ‚Zukunft‘ und auf bestimmte sprachliche und pragmatische Implikationen einzugehen. Wesentliches Ergebnis ist die Feststellung einer ‚Immanenz der Gegenwart‘ (Kap. 3), deren Ernstnehmen erhebliche Auswirkungen auf die kritische Analyse der Zukunftsdebatten über Nanotechnologie hat. Auf dieser Basis lassen sich bestimmte Argumentationsmuster der Visionäre der Nanotechnologie genauso kritisieren wie Argumentationsmuster mancher Kritiker (Kap. 4).

Im weiteren Verlauf wird dann der Fokus auf die Rolle, Bedeutung und Belastbarkeit weit reichender Zukunftsvisionen gerichtet, die sich einerseits als höchst relevant für den gesellschaftlichen Diskurs um Nanotechnologie erweisen, simultan aber auch als unvermeidbar ambivalent (Kap. 5.2). Aus diesen Überlegungen ergeben sich Vorsichtsregeln für den Umgang mit Zukunftsaussagen, insbesondere mit weit reichenden Visionen, und Prüfkriterien für die kritische Analyse vorgebrachter Zukunftsaussagen durch Technikphilosophie, Gesellschaftstheorie und Technikfolgenabschätzung. Die Analyse mündet in den Vorschlag eines ‚Vision Assessment‘ als Teil der wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Analyse und Bewertung von Zukunftstechnologien (Kap. 5.3). Nanotechnologie stellt sich schließlich in der Tat als eine Chiffre der Zukunft heraus – eine Chiffre, deren Interpretation angesichts der ‚Immanenz der Ge-

genwart‘ allerdings überraschend gegenwärtig ausfallen muss und die, paradox formuliert, in dieser Immanenz die zunehmende Zukunftsabhängigkeit der modernen Gesellschaft verdeutlicht (Kap. 6).

2 Zukunftsdimensionen der Nanotechnologie

Die in der Literatur und in der gesellschaftlichen Debatte über Nanotechnologie thematisierten Zukunftsaspekte lassen sich auf einer ersten Unterscheidungsebene in positive Zukunftsvisionen (Teil 2.1) und negative (Horror-)Szenarien (Kap. Teil) einteilen. Die strukturiert erfolgende, aber dennoch primär deskriptive Darstellung in diesem Kapitel erlaubt die Präzisierung der Fragestellung für die folgenden Übelregungen (Paschen et al. 2004; Coenen 2004; Schmid et al. 2006; Fleischer/Grunwald 2005).

2.1 Zukunftsversprechungen

Positiv besetzte Zukunftsbilder begleiten die Nanotechnologie von Anfang an, besonders seit Drexlers ‚Engines of Creation‘ (1986). Nanotechnologie galt bis etwa 2000 als *die* ideale Technologie: klein, smart, vielseitig, sauber, dabei mit einem ökonomischen Potential für eine dritte Industrielle Revolution. Nanotechnologie als ‚enabling technology‘ (Fleischer/Grunwald 2008) soll Durchbrüche und Fortschritte in vielen Anwendungs- und Technikbereichen ermöglichen, ohne dass der Nanotechnologieanteil in den entsprechenden Produkten direkt sichtbar sein muss.

Für neue Materialien und Informations- und Kommunikationstechnik sowie für medizinische Anwendungen werden bereits für die nahe Zukunft erhebliche Anwendungsmöglichkeiten gesehen (Paschen et al. 2004). Beispielhafte Stichworte sind: neue Möglichkeiten der Oberflächenbehandlung, Durchbrüche im Leichtbau, Hochleistungsbetone in der Bauwirtschaft, neue Katalysatoren und neue Synthesewege in der Chemie, oberflächenaktive Membranen, kleinere oder schnellere Bauelemente in der Informationsspeicherung und -verarbeitung, Verbesserungen bei medizinischer Diagnose und Therapie, Lab-on-a-Chip-Technologie, drug-delivery-Systeme oder die Verbesserung der Biokompatibilität künstlicher Implantate. Diese nanotechnologisch ermöglichten neuen Verfahren oder Produkte sind in der innovationstheoretischen Begriffslandschaft zum großen Teil vom eher traditionellen Typ der Substitutionsinnovationen. Revolutionär in diesen Bereichen ist die Breite, in der quer zu nahezu allen Technikbereichen Änderungen in Produktionsverfahren und Produkten erwartet werden. Wenn auch in den einzelnen Anwendungsbereichen die angepeilten Fortschritte teils sehr groß sind und hohes wirtschaftliches Potential haben, so sind die Kommunikationsmuster zu diesen Potentialen durchaus vom gleichen Typ, der kennzeichnend für jede Technologiefrüherkennung und Potentialanalyse ist.

Demgegenüber werde ich mich im Folgenden mit Zukunftsaspekten der Nanotechnologiedebatte befassen, die in Bezug auf zeitliche Reichweite, beanspruchte Eindringtiefe in die Gesellschaft und ‚visionäres Potential‘ darüber hinaus reichen. Solche visionären Aspekte finden sich auch bereits in Texten, die ansonsten auf der eher technisch-vorsichtigen Ebene operieren. Eine gewisse Emphase ist kaum zu überhören, wenn es z. B. heißt:

„Although many of the ideas developed in nanomedicine might seem to be in the realm of science fiction, only a few more steps are needed to make them come true, so the ‚time-to-market‘ of these technologies will not be as long as it seems today. Nanotechnology will soon allow many diseases to be monitored, diagnosed and treated in a minimally invasive way and it thus holds great promise of improving health and prolonging life. Whereas molecular or personalised medicine will bring better diagnosis and prevention of disease, nanomedicine might very well be the next breakthrough in the treatment of disease“ (Kralj/Pavelic 2003, S. 1012).

Interessant ist hier die explizite Erwähnung der Science Fiction als Referenzrahmen der betreffenden revolutionären Ideen im medizinischen Fortschritt, gefolgt aber sofort von der Versicherung, dass „only a few more steps are needed“, um bestimmte Erwartungen zu realisieren. Hier wird ein erstes Kennzeichen der Nanotechnologie-Debatte deutlich, nämlich dass es mit Nanotechnologie möglich werde, vieles von dem, was bislang allenfalls in Science Fiction diskutiert wurde, nun mit handfesten wissenschaftlich-technischen Mitteln konkret zu realisieren. Hinzu kommt, dass als Redemodus ein ‚konstatives Futur‘ (dazu s. u.) verwendet wird („will soon allow [...], will bring“), das den Eindruck erweckt, die genannten Potentiale würden mit Sicherheit eintreten.

Stehen diese medizinischen Erwartungen besserer Diagnose- und Therapieverfahren noch im Zusammenhang mit einem traditionellen Verständnis des Heilens, so sieht dies anders aus vor dem Hintergrund visionärer Annahmen über die möglicherweise erhebliche Verlängerung der menschlichen Lebenszeit durch Nanotechnologie. Nanoroboter könnten im menschlichen Körper darüber wachen, dass ein optimaler Gesundheitszustand permanent aufrechterhalten wird (Drexler/Peterson 1991). Diese Maschinen müssten in der Regel deutlich kleiner als eine Zelle und in der Lage sein, biologisches Gewebe umfassend zu manipulieren. Auf diese Weise könnte es gelingen, Verletzungen innerhalb kurzer Zeit perfekt ausheilen zu lassen:

„In the hunt for pathogens, doctors send tiny machines into the furthest recesses of the body. These ‚mini-submarines‘ are so small that they are not visible to the naked eye even as a speck of dust. Rotating cutting devices from the same dwarf world burrow

their way through blocked blood vessels to eliminate the causes of heart attacks and strokes“ (Münchener Rück 2002, S. 3).

Auf diese Weise würde – so die Vision – ein nahezu unbegrenztes Leben möglich. Eine Aussicht, die zu den alten Menschheitsträumen gehört und im Kontext der Nanotechnologiedebatte hohe Aufmerksamkeit erreicht hat (bis zu der Tatsache, dass sich bereits Ethiker Gedanken um eine Gesellschaft gemacht haben, in der die Lebenserwartung 500, 5000 oder 50.000 Jahre betragen würde, vgl. Moor/Weckert 2003). Technische Basis ist die Vorstellung eines nanotechnologisch ermöglichten molekularen Assemblers (Drexler 1986):

„In short, replicating assemblers will copy themselves by the ton, then make other products such as computers, rocket engines, chairs, and so forth. They will make disassemblers able to break down rock to supply raw material. [...] Teams of nanomachines in nature will build whales. [...] Assemblers will be able to make virtually anything from common materials without labour, replacing smoking factories with systems as clean as forests“ (Drexler 1986, Kap. 4).

Als charakteristische Zeitform tritt hier – wie in dem Buch von Drexler zumeist – das bereits genannte ‚konstative Futur‘ auf, das die Zukunft als eine in die Zukunft hinein zeitversetzte Gegenwart beschreibt.

Die Kommunikation mit Hilfe weit reichender technikbasierter Visionen hat in den USA, aber auch in Europa und Asien, die Nanotechnologie als faszinierende Entwicklung und als Schlüssel zur Lösung nahezu aller großen Menschheitsprobleme erscheinen lassen. Diese Emphase wird seit einigen Jahren durch Forschungsarbeiten im Rahmen der NSF-Strategie zu den ‚Converging Technologies‘ (CT) fortgesetzt, die zu einer technischen Verbesserung des Menschen führen sollen (vgl. Roco/Bainbridge 2002). Beispiele für den darin zum Ausdruck kommenden Fortschrittsoptimismus sind folgende Entwicklungen, die Meilensteine auf dem Weg zu einer derartigen neuen Gesellschaft und zu einem neuen Menschen sein sollen:

- „Fast, broad-bandwidth interfaces directly between the human brain and machines will transform work in factories, control of automobiles, ensure superiority of military vehicles, and enable new sports, art forms and modes of interaction between people.
- Robots and software agents will be far more useful for human beings, because they will operate on principles of human goals, awareness and personality.
- The human body will be more durable, healthy, energetic, easier to repair, and resistant to many kinds of stress, biological threat and aging process“ (Roco/Bainbridge 2002, S. 4 ff.).

- „Convergences of many technologies will enhance the performance of human warfighters and defenders“ (Roco/Bainbridge 2002, S. 287).

Die Zukunftsbehauptungen in diesen Zitaten sind sämtlich wiederum im ‚konstativen Futur‘ abgefasst. Daneben finden sich aber in den programmatischen Texten auch – im NSF-Bericht allerdings nur in geringer Zahl – Konjunktiv- und Konditionalformen, die den Potentialcharakter der Nanotechnologie formulieren, sowie Formulierungen, die normativ einen zielorientierten und gestaltenden Zugang nahe legen. In dem Bericht ‚Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies‘ (Nordmann 2004) sind in prägnanter Weise diese verschiedenen Formen des Redens über Zukunft bereits in der Executive Summary (S. 3) anzutreffen:

- der Absatz zur ‚Embeddedness‘ ist im konstativen Futur geschrieben: „CTs will form [...], we will notice [...], society will be confronted“;
- im Absatz ‚Unlimited reach‘ überwiegt eine konjunktivisch formulierte Beschreibung des Möglichen: „it would appear that [...] can all be engineered, [...] could be dangerous“;
- im Passus über ‚Engineering the mind and the body‘ wird sprachlich empfehlend eine gestaltungsorientierte Perspektive bezogen („The expert group proposes [...] CT research should focus“), die zur Vermeidung von konditional formulierten Folgen einer andersartigen Entscheidung dienen soll („either way, humans may end up“).

Die Wirkung auf den Leser, damit auf die Verbreitung in den Medien und die öffentliche Wahrnehmung, hängt, wie bereits an diesen wenigen Beispielen zu erkennen ist, stark von der verwendeten Sprache ab. Die Redeweise im einfachen Futur („it will be“) konstatiert prädiktiv die betreffenden Entwicklungen, als wären es nur zeitversetzte Tatsachenfeststellungen – daher meine Bezeichnung *konstatives Futur*. Darüber hinausgehend wird in den Formulierungen ein technischer Fortschritt in bestimmte Richtungen als gegeben vorausgesetzt, der dann in selbst wieder prädiktive Statements eingeht. Als Beispiel: In dem obigen Zitat „Fast, broad-bandwidth interfaces“ ist die Behauptung über die Folgen der technischen Innovation „broad-bandwidth interfaces directly between the human brain and machines“ rein konstativ, als sei es eine Tatsachenfeststellung „will transform work in factories“. Die zukünftige Verfügbarkeit der technischen Innovation „broad-bandwidth interfaces“ selbst ist dabei gar keiner Frage mehr Wert, sondern wird als evident schon vorausgesetzt. Zu dieser Sicherheit suggestierenden Sprachverwendung bei Drexler und im NSF-Report kontrastiert stark die im Nordmann-Report (2004) häufig verwendete konjunktivische oder konditionale Redeweise, die die Möglichkeiten, aber auch die Unsicherheiten der Entwicklung hervorhebt. Bereits diese kleine Analyse macht deutlich, wie verschieden mit der Zukunfts-

perspektive in programmatischen Schriften umgegangen werden kann, und welche subtile Rolle die Sprache dabei spielt.

2.2 Horrorszenarien

In der Folge des berühmt gewordenen Beitrages von Bill Joy (2000) kam zu den vielen positiven Zukunftserwartungen hinsichtlich der Nanotechnologie eine apokalyptische Dimension hinzu. Nachdem die Nanotechnologie bis dahin als ideale und saubere Technologie galt, entstand innerhalb weniger Monate eine internationale Risikodiskussion. Für viele überraschend, waren die hoch spekulativen Diskussionen über mögliche dramatische Gefahren *in weiter Zukunft* ihr Auslöser, während die viel konkreteren Risiken durch neue Materialeigenschaften auf der Nanoebene, insbesondere durch Nanopartikel (Krug et al. 2004), erst im Anschluss breiter thematisiert wurden. Ausgangspunkt waren Sorgen, dass selbst replizierende Nanoroboter auf der Basis des Drexlerschen Assemblers eines Tages außer Kontrolle geraten und den Menschen überflüssig machen (Joy 2000) oder dass Menschen zur Beute ihrer eigenen technischen Leistungen werden könnten. Obwohl sich diese ‚dunkle Seite‘ der primär positiv gemeinten Visionen teils schon in Drexlers frühem Buch findet – so z. B. „Tough, omnivorous ‚bacteria‘ could out-compete real bacteria: they could spread like blowing pollen, replicate swiftly, and reduce the biosphere to dust in a matter of days“ (Drexler 1986, S. 172) – wurde dies erst in der Folge des genannten Joy-Beitrages zu einem öffentlichen Thema. Besonders drei dieser Horrorszenarien sind hervorzuheben (Schmid et al. 2006, Kap. 7.4):

- das ‚grey goo‘ Szenario: außer Kontrolle geratene sich selbst replizierende Nanoroboter könnten sich rasch unbegrenzt und unkontrollierbar vermehren und dabei alles organische Material der Biosphäre verbrauchen. Es könnte sein, dass innerhalb weniger Tage nur noch eine Schicht von Abfallprodukten dieses Prozesses übrig wäre und in Form eines ‚grauen Schleims‘ die Erde überziehen würde. Dieser Typ eines apokalyptischen Szenarios ist aus der Science Fiction Literatur bekannt. Vor dem Hintergrund von Hans Jonas‘ (1979) Primat der schlechten Prognose und seiner Heuristik der Furcht als Orientierungen für eine vorsichtige und im Zweifelsfall lieber auch übervorsichtige Herangehensweise an die Zukunft wäre die reine Denkmöglichkeit solcher Entwicklungen bereits Anlass für einen Ausstieg aus der Nanotechnologie, zumindest aus den Bereichen, wo dieses Szenario in den Blick geraten könnte. In dieser Tradition steht die bekannte Forderung nach einem Moratorium für die Nanotechnologie (ETC 2003).
- das ‚prey‘ Szenario basiert ebenfalls auf der Vorstellung der Konstruktion von Nano-Robotern, und es geht ebenfalls um einen Kontrollverlust des Menschen. Anders als im ‚grey goo‘ Szenario steht hier jedoch nicht die Möglichkeit eines ra-

schen Endes der gesamten Biosphäre durch einen Amoklauf dieser Roboter im Blickpunkt, sondern die Übernahme der Macht durch die Roboter. Dieses war die Idee in ‚Why the future doesn’t need us‘ (Joy 2000): statt menschlich gesetzten Zwecken zu dienen, etwa in der Blutbahn, könnten die Roboter sich selbständig machen und die Kontrolle über den Planeten Erde übernehmen. Eine technische Zivilisation wäre dann auf den Menschen nicht mehr angewiesen. Das Aufkommen eines solchen Szenarios ist nicht überraschend, begleiten doch Kontrollverluste und die Sorge vor der Übernahme der Macht durch die Technik den technischen Fortschritt permanent.

- das ‚cyborg‘-Szenario setzt an der Überwindung der Grenze zwischen dem Lebendigen und dem Technischen an. Cyborgs könnten technisch verbesserte Menschen sein oder mit menschlichen Zügen angereicherte technische Systeme. Die Grenze zwischen Mensch und Technik könnte undeutlich werden. Im Umfeld der US-amerikanischen National Nanotechnology Initiative (NNI) wurde erwartet, dass innerhalb der nächsten 25 Jahre künstliche Gehirne geschaffen werden können (Cauller/Penz 2002). Solche Visionen werfen die Frage auf, inwiefern auch technische bzw. teils technisch, teils biologisch konstruierte Mensch/Maschine-Mischwesen den Status einer Person beanspruchen können. Auch dieses Szenario mit seinen für viele ebenfalls, wenngleich in anderer Hinsicht apokalyptischem Gehalt, ist nicht wirklich neu. Golem und Frankenstein begleiten den wissenschaftlich-technischen Fortschritt seit langem.

An diesen Horrorszenarien sind unter der Fragestellung dieses Beitrages mehrere Aspekte interessant. Zunächst einmal selbstverständlich, dass es sich um Zukunftsbetrachtungen mit einer großen zeitlichen Reichweite und hohen Unsicherheiten handelt. Auch die am meisten besorgten Skeptiker befürchten den Eintritt dieser Entwicklungen nicht für die nächsten Jahre. Aber dennoch haben diese Zukünfte bereits Wirkungen für die heutige Situation: sie beeinflussen die gesellschaftliche Diskussion zur Nanotechnologie, sie ziehen Risikodebatten hinter sich her und führen dazu, dass Vorsorgeüberlegungen bis hin zur Forderung nach einem Moratorium (ETC 2003) oder gar einer völligen ‚Abkehr‘ von der Nanotechnologie (Dupuy 2005) angestellt werden.

Auch hier ist die Sprachverwendung interessant. Konstatives Reden über die (ferne) Zukunft kennzeichnet die Überschrift ‚Why the future doesn’t need us‘ (Joy 2000). Sie erlaubt sprachlich gar keine Nachfrage mehr, ob denn die Zukunft uns wirklich nicht mehr braucht, gefragt wird nur noch nach den Gründen dafür. Konstatives Reden erweckt den Anschein von Tatsachenfeststellungen, wo es doch um spekulative Zukunftserwartungen und -befürchtungen geht. Eine andere, viel vorsichtiger und stärker tastende, oft fast unsicher wirkende Sprache dominiert allerdings den Beitrag selbst. Die außerordentlich hohe Wirkung dieser Publikation auf die öffentliche Debatte dürfte viel mit seinem die Sicherheit der Katastrophe suggerierenden Titel zu tun

haben, wenig dagegen mit den vorsichtigen Formulierungen im Text selbst. Auch die vorsichtig und zurückhaltend formulierten Passagen bei Drexler (1986) über mögliche Risiken seines Assemblers haben keine sonderliche Wirkung auf die Debatte gehabt – bis sie im Lichte eines vermeintlichen ‚Katastrophismus‘, wie sie die Joy’sche Überschrift suggeriert – neu interpretiert wurden (Dupuy 2005).

2.3 Fragen

Der Diskurs um Nanotechnologie ist ein Zukunftsdiskurs. Unabhängig von den jeweils konkreten Themen geht um die Zukunft des Menschen, der menschlichen Natur, der Gesellschaft, der Wirtschaft, der Technik und der Wissenschaft. In welche Richtungen dabei gedacht wird, und wie diese Gedanken formuliert werden, unterscheidet sich jedoch ganz erheblich. Hieraus ergeben sich konkretere Fragen für die weitere Untersuchung.

- das Reden-Können über Zukünftiges gehört zu den Elementen einer ‚Sonderstellung des Menschen‘ und ist als solches von anthropologischer Relevanz (Kamlah 1973). Angesichts der Diagnose der Vielfalt der verwendeten sprachlichen Mittel ist genauer nachzufragen, mit welchen Mitteln welche Botschaften unter welchen Voraussetzungen transportiert werden. Die Rolle der Sprache ist fundamental in Zukunftsdiskursen, denn Zukunft existiert nur sprachlich (Kap. 3).
- die Verschiedenheiten der vorgestellten Zukünfte der Nanotechnologie und ihrer gesellschaftlichen Folgen wirft die Frage nach dem erkenntnistheoretischen Status dieser Zukunftsbetrachtungen auf, oder, wenn das Wort bei Zukunftsaussagen überhaupt angemessen ist, die Frage nach ihrer Geltung. Wäre es möglich, durch Geltungsanalysen eine Abstufung der Geltung verschiedener Zukunftsaussagen herbei zu führen und wie müsste dies geschehen (Kap. 3.3)?
- in erratischen Verläufen der gesellschaftlichen Reaktionen – rasches ‚Umkippen‘ von einer Nano-Begeisterung in eine Risikodebatte in 2001/2002 – zeigt sich die Ambivalenz futuristischer Visionen (dazu dann Kap. 5.2).
- die genannten Visionen, ob positiv oder negativ, eröffnen neue Räume des Denkens, neue Potentiale der menschlichen und gesellschaftlichen Zukunft, oder auch neue Katastrophenpotentiale mit Überlegungen zu ihrer Verhinderung. Nicht überraschend, kommt es dabei zu Orientierungsproblemen zwischen diametral entgegengesetzten Zukunftsprojektionen oder -erwartungen, was die Frage nach neuen analytischen und reflexiven Umgangsformen mit diesen Visionen nahe legt (Kap. 5.3).

Die Relevanz dieser Fragen, die über die konkrete Nanotechnologie weit hinaus weist, rechtfertigt es, im folgenden Kapitel in Form eines Exkurses etwas grundsätzlicher

nach den Weisen unseres Redens über und des Umgangs mit Zukunft zu reflektieren. Die Ergebnisse werden im weiteren Verlauf dann auf die visionären Aspekte der Nanotechnologie bezogen.

3 Reden über Zukunft

Zukunft besteht nur als sprachlich formulierte Zukunft. Wir machen futurische Aussagen, Prognosen, simulieren zeitliche Entwicklungen, formulieren Erwartungen und Befürchtungen, setzen Ziele und denken über Pläne zu ihrer Realisierung nach. Dies alles geschieht im Medium der Sprache. Zukunft ist nicht anders als sprachlich erfassbar. Weder lebensweltlich noch wissenschaftlich haben wir einen außersprachlichen Zugriff auf zukünftige Gegenwarten. Niemand kann zukünftige Gegenwarten beobachten. Daher kommt der Art und Weise unseres Redens über Zukunft eine entscheidende Bedeutung zu.

Mit den oben geschilderten Zukunftsaussagen zur Nanotechnologie werden praktische Ansprüche verbunden: aus den Zukunftsprojektionen soll etwas für heutige Entscheidungen folgen, z. B. im Hinblick auf Forschungs- oder Technologieförderung und die wissenschaftliche Agenda oder die öffentliche Wahrnehmung. Politik, Gesellschaft und Wissenschaft sollen diese Zukunftsvisionen als valide annehmen und sich entsprechend darauf einstellen. So haben z. B. die Energiebedarfsprognosen der sechziger und siebziger Jahre, die von einem mit dem Wirtschaftswachstum linear wachsenden Energieverbrauch ausgingen, wesentlichen Einfluss auf den Ausbau des Kraftwerksparks einschließlich der Kernenergie gehabt. Da es zu solchen Fragen aber in der Regel divergierende und unvereinbare Zukunftseinschätzungen gibt – aktuell z. B. in der Frage, welche Rolle erneuerbare Energien zur Deckung des Energiebedarfs in einigen Jahrzehnten spielen werden oder spielen können – ist jeweils zu entscheiden, auf welche dieser Zukunftsaussagen in konkreten Entscheidungen gesetzt wird. Es sind also zum Treffen von Entscheidungen vorgängige Entscheidungen erforderlich, welche Zukunftsaussagen als relevant, adäquat und zuverlässig angesehen werden. In einer gesellschaftlichen Situation, in der keine Autorität wie das Orakel von Delphi in der antiken Welt solche Entscheidungen treffen kann, ist hier der offene gesellschaftliche Dialog gefragt, informiert und beraten durch wissenschaftliche Analyse. Damit führt die Notwendigkeit, in der gesellschaftlichen Meinungsbildung zwischen verschiedenen Zukunftsaussagen zu entscheiden, zum Stellen der Frage nach ihrer ‚Geltung‘: mit welchem Grund sollte diese oder jene Zukunftsaussage als intersubjektiv akzeptabel und transsubjektiv gültig anerkannt werden?

Es ist kritisch nachzufragen, auf welchem Geltungsgrund die vorgebrachten Aussagen über Zukünftiges aufrufen und warum man ihnen folgen sollte (oder nicht). Verschärft stellt sich diese Frage angesichts der teils konträr zwischen Heilsverheißung

und Katastrophenerwartung divergierenden Zukunftsaussagen in der Nanotechnologie. Es stellt sich dann die Frage, welchen Zukunftsaussagen unter welchen Kriterien und mit welchen Gründen besser ‚zu trauen‘ ist. Was sollte hier aber ‚besser‘ oder ‚schlechter‘ oder mehr oder weniger belastbar heißen? Haben Zukunftsaussagen überhaupt eine ‚Geltung‘, so dass man verschiedene Zukunftsaussagen hinsichtlich ihrer Geltung abwägen könnte? Kann man von einer ‚argumentativen Qualität‘ oder Belastbarkeit von Zukunftsaussagen sprechen und in welchem Sinne wäre dies zu verstehen? Wie können Qualität und Geltung von Zukunftsaussagen ‚gemessen‘ werden?

3.1 Die Immanenz der Gegenwart

Der Begriff der Zukunft gehört zu den scheinbaren Selbstverständlichkeiten in der Alltagssprache. Wir alle scheinen zu wissen, was Zukunft ist: das, was zeitlich vor uns liegt, das, was noch nicht ist. Man kann über Zukunft reden in dem Sinne der *zukünftigen Gegenwart*, d.h. wie über einen Zustand, der dem Erleben der Gegenwart entspricht, der allerdings mit einem anderen Zeitindex, einem anderen Datum versehen ist. In dieser Redeweise versetzen wir uns wie in einem Gedankenexperiment in die Perspektive eines Teilnehmers jener ‚zukünftigen Gegenwart‘: wir stellen die Uhr bzw. das Datum vor. Auf der anderen Seite können wir über *mögliche* Zukünfte reden, über alternative Möglichkeiten, wie die zukünftige Gegenwart aussehen kann. Das Verständnis von ‚Zukunft‘ als Bezeichnung für eine oder mehrere – nahe oder ferne – zukünftige Gegenwart(en) ist unser lebensweltliches Zukunftsverständnis. Wenn wir über Urlaubspläne, den Wetterbericht, die Aussichten für das Wirtschaftswachstum im nächsten Jahr oder den demografischen Wandel reden, jeweils denken wir dabei zu meist an zukünftige Gegenwarten.

In der gleichen Weise wird ‚Zukunft‘ wissenschaftlich verwendet, insofern die Wissenschaften Zukunft überhaupt als einen legitimen Begriff wissenschaftlicher Aktivitäten ansehen und sich nicht puristisch auf die Erklärung dessen, was ist, beschränken und Zukunftsaussagen höchstens methodisch in der Überprüfung von Hypothesen zulassen. Wissenschaften, die sich Zukunftsaussagen zutrauen wie die Volkswirtschaftslehre, denken dabei auch an zukünftige Gegenwarten, über die man heute schon etwas wissen könne. Dieses Zukunftsverständnis scheint unproblematisch zu sein. Es besteht scheinbar weder ein disziplinäres noch ein interdisziplinäres noch ein philosophisches Verständnisproblem zum Begriff ‚Zukunft‘. Die Prämisse im Folgenden ist, dass diese Sicherheit trügerisch ist.

Der erste Schritt der Analyse besteht darin nachzufragen, worüber Zukunftsaussagen eine Aussage machen, die Geltung beanspruchen kann. Hierbei ist offenbar eine kritische Position vonnöten, welche darüber entscheiden hilft, welche Aussagen Geltung beanspruchen können und welche nicht (Nordmann 2005). Der ‚kritische Punkt‘, von dem aus z. B. Visionen der Nanotechnologie zu kritisieren seien, ist hier relativ ein-

fach zu bestimmen: der Proponent einer Zukunftsaussage wird mit seinem eigenen Anspruch konfrontiert. Sobald die beanspruchte Geltung den Möglichkeiten der Einlösung des Geltungsanspruchs gegenübergestellt wird, besteht der Ausgangspunkt für Kritik in den üblichen Anforderungen an die Geltung von Aussagen. Hierzu sind z. B. die in der Theorie des kommunikativen Handelns (Habermas 1988) angegebenen Rationalitätskriterien und Argumentationsverfahren verwendbar. Das heißt letztlich, dass die Nanotechnologie-Visionen einem rationalen Diskurs zu überantworten wären, in dem ein Opponent und ein Proponent nach den Prinzipien diskursiver Verfahren gegeneinander argumentieren würden. Ein solcher Diskurs würde sich auf eine sprachliche Argumentation beschränken müssen. Die Zukunft oder mögliche Zukünfte sind uns nicht als zukünftige Gegenwarten empirisch zugänglich, sondern bestehen nur sprachlich. Medium von Zukunftsbetrachtungen ist ausschließlich die Sprache, und jede Auseinandersetzung über Zukunft wird sprachlich geführt.

Ein solcher Diskurs kann hier selbstverständlich nicht simuliert werden. Es ist jedoch möglich, zu begründbaren Aussagen über die Interpretationsmöglichkeiten und -grenzen von Zukunftsaussagen allgemein und den Nanotechnologievisionen im Besonderen zu gelangen, ohne auf die konkrete Ebene der einzelnen Behauptungen und ihrer Bestreitungen im Einzelfall zu gehen. Dabei werde ich mich unter dem Aspekt der kritischen Nachfrage nach ‚Geltung‘ im Folgenden auf ‚prädiktive Aussagen‘ beschränken. Diese sind Aussagen des Typs ‚es wird sein‘, gelegentlich auch als Aussagen in ontischer oder mellontischer Modalität bezeichnet (Lorenzen 1987). Der Grund für diese Beschränkung liegt darin, dass dieses konstative Futur in den Texten zur Zukunft der Nanotechnologie eine große Bedeutung hat (Kap. 2).

Das Attribut ‚prädiktiv‘ ist mit Absicht gewählt. Es vermeidet einerseits den Nachteil des Attributes ‚prognostisch‘, das zumeist mit wissenschaftlich abgesicherten Prognoseverfahren in Verbindung gebracht wird, andererseits die Nachteile der Begriffe ‚antizipierend‘ oder ‚antizipativ‘, die in sich suggerieren, als sei die Antizipation des Zukünftigen bereits gelungen. Prädiktive Aussagen sind durch die Sprachform ‚es wird etwas sein‘ gekennzeichnet und bezeichnen Zukunftsaussagen ohne eine Festlegung darauf, dass sie überhaupt begründet sind, und, wenn ja, ohne Festlegung auf den Typ der Begründung. Sie umfassen damit wissenschaftlich-prognostische Aussagen, Prophezeiungen von Wahrsagern oder Hellsehern und lebensweltliche Zukunftsaussagen. Im Folgenden seien Prognosen als begründete prädiktive Aussagen und Prophezeiungen als sonstige Prädiktionen unterschieden.

Die erste Frage ist, worüber prädiktive Aussagen etwas aussagen. Der Anspruch ist zumeist, dass über die Zukunft als eine vorgestellte zukünftige Gegenwart etwas Bestimmtes ausgesagt wird. Der Anspruch ist damit einer der Vorausschau oder Antizipation. Im Fall der Prophezeiung wird der Proponent die kritische Nachfrage des Opponenten, warum er denn einer bestimmten prädiktiven Aussage und nicht ihrem Gegenteil vertrauen solle, nicht beantworten können. Denn eine Antwort müsste, ent-

sprechend den Anforderungen einer diskursiven Geltungsprüfung, in der Angabe von transsubjektiv nachvollziehbaren Gründen bestehen. Wenn solche angegeben werden könnten, wären wir per definitionem in der Rubrik der Prognose (dazu s. u.). Eine Prophezeiung kann jedoch nicht mit transsubjektiver Geltung etwas über eine zukünftige Gegenwart aussagen. Das Einzige, was mit Geltung darüber gesagt werden kann ist, dass jemand in der Gegenwart etwas nicht transsubjektiv Nachvollziehbares für eine zukünftige Gegenwart behauptet. Damit bleibt eine Prophezeiung grundsätzlich in der Gegenwart verhaftet.

Im Falle der Prognose wird der Proponent Gründe für die prädiktive Aussage angeben. Diese können z. B. in Verlaufsgesetzen oder Trends bestehen. Damit verweist der Proponent auf ein transsubjektiv gültiges Wissen und kann damit – möglicherweise – den Opponenten überzeugen. Die Frage ist nun, was ein solcher Diskurserfolg für die Interpretation der Zukunftsaussage bedeutet. Die im Folgenden begründete Behauptung ist, dass auch in diesem Fall die Zukunftsaussage nicht in einer Vorausschau einer zukünftigen Gegenwart besteht, sondern in der gegenwärtigen Gegenwart verhaftet bleibt. Hierfür gibt es (mindestens) zwei Gründe:

Zum einen kann Wissen immer nur ein gegenwärtiges Wissen sein. Das einer prädiktiven Aussage zugrunde liegende Wissen ist ein Wissen, das zum gegenwärtigen Zeitpunkt als ein angemessenes und zuverlässiges Wissen eingeschätzt und anerkannt wird. Wir wissen heute einerseits, dass dieses gegenwärtige Wissen unvollständig und vorläufig ist, wissen andererseits jedoch nicht, welches Wissen wir morgen haben werden und wir können dieses nicht vorwegnehmen (Popper). Auch der für die Debatte wichtige Nachweis, dass der Drexlersche Assembler auf ernsthafte Probleme der naturwissenschaftlichen Machbarkeit stößt (Smalley 2001), ist vor diesem Hintergrund als ein Nachweis auf der Basis heutigen Wissens zu relativieren.

Zum anderen ergibt sich eine unabdingbare Gegenwartsbeschränkung aus der Struktur des Prognosewissens. Vom Prognostiker wird eine der eigentlichen Prognoseerstellung methodisch vorgängige Unterscheidung getroffen, nämlich zwischen prognoserelevantem Wissen einerseits und nicht prognoserelevanten Anteilen des Wissens andererseits (Grunwald/Langenbach 1999). Die Prognose hängt daher auch von der angemessenen Justierung der Grenze zwischen dem für den Prognosezweck und das betreffende System betrachteten und dem dabei ausgeschlossenen Wissen ab. Die Angemessenheit dieser Vorentscheidung kann dabei, und das ist für das Argument entscheidend, immer nur nach gegenwärtigen Kriterien diskursiv beurteilt werden. Erst ex post lässt sich dann feststellen, ob diese Grenze ‚angemessen‘ gezogen war, oder ob ‚unerwartete‘ Widerfahrnisse zum Fehlgehen der Prognose geführt haben (Grunwald 2000, Kap. 3).

Wollte man nun versuchen, diese beiden Gegenwartsbezüge von Prognosen dadurch zu umgehen, dass die auch zukünftige Gültigkeit des Prognosewissens und die auch zukünftige Angemessenheit der Relevanzunterscheidung selbst prognostiziert

würden, so geriete die Argumentation in einen unendlichen Regress. Denn eine prädiktive Aussage, dass das Wissen im Prognosezeitraum extrapoliert werden dürfte, stellt selbst wiederum eine Prognose dar, die zu ihrer Berechtigung einer weiteren Prognose bedürfte etc. (Urban 1973, S. 45).

Der Gegenwartsbezug von Zukunftsaussagen ist daher durch keinen Kunstgriff abzustreifen. Der Prognostiker kann nicht aus der Gegenwart ausbrechen, sondern ist grundsätzlich auf gegenwärtiges Wissen und gegenwärtige Relevanzeinschätzungen angewiesen. Die Existenz zukünftiger Sachverhalte oder Verläufe lässt sich nicht aus gegenwärtigem Wissen ableiten (dies ist ein Spezialfall des Goodman'schen Fortsetzungsparadoxes, Goodman 1988). Was mit Geltung abgeleitet werden kann, ist nicht die Existenz, sondern nur die Erwartbarkeit der Existenz zukünftiger Sachverhalte oder Verläufe auf der Basis des gegenwärtigen Wissens und gegenwärtiger Relevanzeinschätzungen.

Die ‚Geltung‘ von prädiktiven Aussagen bemisst sich daher ausschließlich nach Kriterien der Gegenwart, nicht nach einem späteren Zutreffen oder Nichtzutreffen, denn Wissen darüber ist in der jeweiligen Gegenwart, in der die Geltung beurteilt wird, prinzipiell nicht verfügbar. Diese Erkenntnis findet sich in der Auffassung von Prognosen als ‚begründeten Erwartbarkeiten‘ (Lorenzen 1987) – die Gründe, damit wir ‚mit Recht‘ etwas für die Zukunft erwarten können, sind nach dem Gesagten immer ‚unser‘ und damit gegenwärtige Gründe. Prädiktive Aussagen, auch noch so gut begründete Prognosen, führen nicht aus der gegenwärtigen Gegenwart hinaus in eine zukünftige Gegenwart. Die Immanenz der Gesellschaft als die Immanenz der Kommunikation (Luhmann 1984) ist auch eine Immanenz der Gegenwart.⁴ Prädiktive Aussagen sagen daher nichts über die Zukunft als eine zukünftige Gegenwart aus, sondern kombinieren gegenwärtige Wissensbestände und Relevanzentscheidungen in einer spezifischen Weise. Es gibt daher keine Möglichkeit, mit Geltung ‚in die Zukunft zu blicken‘. Der vielfach beanspruchte Blick in die Zukunft führt immer in die Gegenwart zurück, allerdings unter einem spezifischen Blickwinkel.

Wenn es denn also darum geht, verschiedene prädiktive Aussagen gegeneinander im Diskurs abzuwägen, muss eine Abstufung des Wissens, das jeweils in die Zukunftsaussage eingeflossen ist, und der jeweiligen Prämissen nach Geltungsaspekten vorgenommen werden. Die Geltung von Zukunftsaussagen – die immer eine gegenwärtige Geltung ist – ist an der Geltung des in ihnen enthaltenen (gegenwärtigen) Wissens zu bemessen. Hier kann zunächst folgende Abstufung vorgenommen werden:

- gegenwärtiges Wissen, das nach anerkannten (z.B. disziplinären) Kriterien als Wissen erwiesen ist (Geologie, Wirtschaftswissenschaften, Technikwissenschaften, ...);

⁴ Diese Immanenz der Gegenwart gilt auch für historische Aussagen – wir können über die Vergangenheit immer nur etwas aus unserer gegenwärtigen Perspektive heraus sagen.

- Einschätzungen zukünftiger Entwicklungen, die kein gegenwärtiges Wissen darstellen, sich aber durch gegenwärtiges Wissen begründen lassen (z. B. demografischer Wandel, Energiebedarf ...);
- ad-hoc Annahmen, die nicht durch Wissen begründet sind, sondern die „gesetzt“ werden (wie z. B. die Endgültigkeit des deutschen Kernenergieausstiegs, das Nicht-eintreten eines katastrophalen Kometeneinschlags auf der Erde ...)

Für den Vergleich von Zukunftsaussagen unter Geltungsaspekten ist demnach die ‚Qualität‘ des enthaltenen Wissens, der Einschätzungen und der ad-hoc-Annahmen und ihrer Zusammenstellung zu hinterfragen, genauso wie die diskursive Haltbarkeit der oben genannten Relevanzentscheidungen. Qualitätsbeurteilungen dürfen nicht die *Ergebnisse* vergleichen, sondern müssen sich mit den Prämissen und Wissensbestandteilen befassen. Die ‚Geltung‘ von Zukunftsaussagen hat daher nichts mit dem zukünftigen Eintreffen zu tun, sondern mit ihrer ‚argumentativen Härte‘ in der Immanenz des Gegenwartsdiskurses. Hier allerdings ist sie häufig entscheidend – sind doch Zukunftserwartungen und -befürchtungen ein wesentliches Moment gegenwärtiger Entscheidungen: „constructing possible futures serves the present today“ (Sanz-Mendez/Cabello 2000, S. 229). Dies verdeutlicht die praktische Relevanz von zunächst recht theoretisch anmutenden Geltungsdiskursen.

Die also auch prädiktive Aussagen umfassende Immanenz der Gegenwart erklärt Alfred Nordmanns (2005) Unbehagen daran, über die Zukunft der Nanotechnologie zu sprechen, und seinen Vorschlag, stattdessen die Nanotechnologie besser als Reise in den Raum denn als Reise in die Zukunft vorzustellen. Denn, ganz zutreffend, wir können uns selbst in der Tat nicht als zukünftige Akteure denken, sondern wir stellen, wenn wir über die Zukunft nachdenken, uns – ganz in der Immanenz der Gegenwart – als heutige Menschen in der vorgestellten zukünftigen Gegenwart vor:

„Da dieses Zukünftige nicht bloß ein naher oder ferner Punkt in gleichförmig fortschreitender Zeit ist, sondern eine veränderte historische Situation bedeutet, kann nicht vorausgesetzt werden, dass heutiges Wissen, heutige Werte und heutige Wertkonflikte, heutige Handlungsspielräume auf diese Zukunft angewiesen sind – selbst wenn wir jetzt schon wissen könnten, was sie technisch zu bieten hat“ (Nordmann 2005).

Wir drehen die Uhr und die Datumsanzeige vor, empfinden, nehmen wahr und deuten aber nach wie vor als *gegenwärtige* Menschen, denn wir können nicht die Wahrnehmung der zukünftigen Menschen antizipieren oder simulieren. Dieses unausweichliche Dilemma stellt eine Ausprägung der Immanenz der Gegenwart dar. Von daher ist ‚Zukunft‘ keineswegs das, was sich in zukünftiger Zeit ereignen wird. Zukunft ist nicht die oder eine mögliche zukünftige Gegenwart. Zukunft ist hingegen immer das, von dem heute *erwartet wird*, dass es sich ereignen wird. *Zukunft ist damit etwas je Gegenwärtige*

ges und verändert sich mit den Veränderungen der Gegenwart. Prädiktive Aussagen sind Elemente des Gegenwartsdiskurses.

Vor diesem Hintergrund würde ich jedoch trotzdem nicht (wie Nordmann 2005) dafür plädieren, den Zukunftsbezug der Nanotechnologie aufzugeben. Der Wechsel zu einer Reise in den Raum hätte andere problematische begriffliche Konnotationen. Mein Plädoyer wäre vielmehr, einen haltbaren, d.h. methodisch ‚aufgeklärten‘ Zukunftsbegriff im Sinne der Immanenz der Gegenwart zu verwenden. Wenn Zukunft etwas in der (Immanenz der) Gegenwart bedeutet, dann werden zwar bestimmte Hoffnungen auf ein ‚echtes‘ Vorausschauen auf zukünftige Gegenwarten enttäuscht. Es gelingt aber, ‚Zukunft‘ als Reflexionsbegriff für gegenwärtige Einschätzungen eines zukünftig Möglichen zu konzeptualisieren, mit sehr verschiedenen Graden der Notwendigkeit bzw. Erwartbarkeit. ‚Zukunft‘ ist dann nicht eine Gegenwart mit einem gegenüber heute zeitversetztem Datum, sondern ‚Zukunft‘ meint das, was wir gegenwärtig unter Zukunft verstehen, wie wir darüber reden, denken und streiten. ‚Zukunft‘ stellt somit einen Reflexionsbegriff über heutige Vorstellungen von Zukünftigem dar. Damit können auch die Begriffe des Zukunftswissens und der Zukunftsforschung ‚gerettet‘ und mit einer nachvollziehbaren Bedeutung versehen werden:

- Zukunftsforschung: nach dem Gesagten kann es keine Forschung über Zukunft als zukünftige Gegenwart geben. Aber es könnte sich die Forschung den gegenwärtigen Zukunftsbildern, Projektionen, Befürchtungen, Hoffnungen etc. widmen: das erforschen, was heute mit ‚Zukunft‘ verbunden wird.
- Zukunftswissen kann nach dem Gesagten kein Wissen über die Zukunft als zukünftige Gegenwart sein. Wissen ist immer Wissen in der Immanenz der Gegenwart. Wenn wir unter Zukunft unsere heutigen Vorstellungen von Zukunft verstehen, dann bedeutet Zukunftswissen ein Wissen über die gegenwärtigen Zukunftsvorstellungen in Verbindung mit einem ‚Metawissen‘ über die entsprechenden Geltungshintergründe.

Ein Zukunftswissen der Nanotechnologie kann nur in Aussagen über gegenwärtige Erwartbarkeiten, z. B. der zukünftigen Verfügbarkeit über bestimmtes nanotechnologisches Wissen oder bestimmte Produkte, unter bestimmten Bedingungen bestehen. Ein solches Wissen, das nicht nur mit Geltungsanspruch *auftreten* würde, sondern dessen Geltung im Diskurs *verteidigbar wäre*, könnte nur ein *konditional-prädiktives Wissen* sein. Die Voraussetzungen, die zu prädiktiven Aussagen führen, sozusagen die Antezedentia in Wenn/Dann-Ketten, sind in Geltungsfragen entscheidend. Die Antezedentia prädiktiver Aussagen enthalten die relevanten Wissenshintergründe, die Extrapolationen, die ad-hoc-Annahmen etc. Eine diskursive Prozedur der Geltungsprüfung besteht wesentlich in der Aufdeckung und Prüfung der Antezedens-Bedingungen.

Diese Feststellung hat weit reichende Konsequenzen. Wer Geltung beanspruchend über zukünftige Entwicklungen redet, muss – soweit wie vom Opponenten gefordert, denn eine Vollständigkeit ist grundsätzlich nicht erreichbar – die Antezedentia angeben, die als Bedingungen für eine transsubjektiv begründbare Zukunftsaussage angenommen werden müssen. Ein Diskurs um Geltungsfragen von Zukunftsaussagen wird dadurch zu einem Diskurs über die – jeweils gegenwärtig gemachten – Voraussetzungen, die zu der Zukunftsaussage geführt haben. Ein Streit über die ‚Geltung‘ von Zukunftsaussagen bezieht sich daher nicht auf die vorausgesagten Ereignisse in einer zukünftigen Gegenwart, sondern auf die Gründe, die auf der Basis gegenwärtigen Wissens und gegenwärtiger Relevanzbeurteilungen in Anschlag gebracht werden können.

3.2 Verständnisse zukünftiger Gegenwarten

Die Immanenz der Gegenwart betrifft, das wäre leicht zu zeigen, nicht nur die prädiktiven Aussagen, sondern auch andere Redeformen über Zukünftiges wie etwa Sol-lensaussagen (deontische Modalität) oder Möglichkeitsaussagen. Wenn wir nun diese Redeformen mit in Betracht ziehen, lassen sich danach verschiedene ‚Verständnisse zukünftiger Gegenwarten‘ analytisch unterscheiden (nach Grunwald 2003):⁵

- dem prädiktiven⁶ Zukunftsverständnis entspricht die Verwendung ontischer Modalformen in einem konstativen Futur: ‚es wird sein‘
- dem gestalterischen Verständnis entspricht das Reden in deontischen Formen (‚es soll sein‘) mit daraus in instrumenteller Rationalität abgeleiteten Handlungsanweisungen
- dem evolutiven Zukunftsverständnis entsprechen Möglichkeitsformen des ‚es kann oder könnte sein‘.

Diese Verständnisse liegen verschiedenen Zukunftsaussagen bereits als Präsuppositionen zugrunde (Grunwald 2003). Es handelt sich um in der Regel implizite *Annahmen* über die Beschaffenheit der zukünftigen Gegenwarten und unser Verhältnis dazu. Angesichts der oben diskutierten Immanenz der Gegenwart kann diesen Präsuppositio-

5 Vgl. die Erläuterungen im Beitrag „Rationale Gestaltung oder blinde Evolution?“ im Teil I des vorliegenden Bandes.

6 Das prädiktive Zukunftsverständnis habe ich in Grunwald 2003 als ‚prognostisch‘ bezeichnet (vgl. auch den Beitrag „Rationale Gestaltung oder blinde Evolution?“ im Teil I des vorliegenden Bandes). ‚Prognostisch‘ enthält jedoch die Konnotation einer zugrunde liegenden (häufig wissenschaftlich erstellten) Prognose, was mir zur Bezeichnung des sprachlich auf konstativem Futur aufbauenden Zukunftsverständnisses nun als zu eng erscheint. Gerade die Drexlerschen Zukunftsvisionen und die der ‚Converging Technologies‘ sind typischerweise in konstativem Futur geschrieben und fallen daher in die Kategorie eines prädiktiven Verständnisses, obwohl ihnen keine Prognosen in einem methodisch strengen Sinne zugrunde liegen.

nen keine Geltung zukommen. Sie prägen vielmehr als – vielleicht am ehesten als rudimentär geschichtsphilosophisch zu bezeichnende – Voreinstellungen die Verhaltenskonkreter Akteure zu Zukunftsfragen. Ihre Abstraktionsebene ist in etwa die, auf der Fatalisten mit Voluntaristen über Fragen der Gestaltbarkeit streiten.

In einigen Fällen ist es möglich, diese Zukunftsverständnisse einzelnen wissenschaftlichen Disziplinen oder Forschungsrichtungen zuzuordnen. Die gestalterische Sicht auf Zukunft prägt die Technikwissenschaften, was besonders deutlich wird, wenn es um Konstruktion und Design geht (Banse et al. 2006): es wird in der Intention der Zukunftsgestaltung etwas entwickelt, was es noch nicht gibt. Die evolutive Sicht prägt z. B. die soziologische Tradition der Luhmann-Schule, aber auch die evolutiv-ökonomische Ökonomik. Die prädiktive Sicht ist die, auch durch das deduktiv-nomologische Schlusschema methodisch abgesicherte Sicht vieler Bereiche der Physik, deren Ideal in linearen Differentialgleichungen mit Anfangsbedingung besteht.

Diese Zukunftsverständnisse liegen verschiedenen Entwürfen zur Zukunft der Nanotechnologie und zur Zukunft der Gesellschaft mit der Nanotechnologie zugrunde: eine häufig Sicherheit suggerierende, prädiktive Sicht vor allem in den technikoptimistischen US-amerikanischen Ansätzen (Roco/Bainbridge 2002), die gestalterische Sicht unter starker Berücksichtigung von Nebenfolgen und entsprechend aufgrund der unvermeidlichen Unsicherheiten des Wissens unter Beteiligung auch evolutionärer Aspekte in der europäischen Sichtweise (Nordmann 2004). Auf diese Weise wird der nanotechnologischen Entwicklung eine je verschiedene Bedeutung verliehen – eine Bedeutung allerdings in der gegenwärtigen Gegenwart, nicht in einer zukünftigen Gegenwart, und damit eine Bedeutung, durch die die gegenwärtigen Bilder der Zukunft den weiteren Verlauf der Dinge beeinflussen können. Hier wird erkennbar, dass das Reden über Zukunft nicht als distanzierte Beobachtung der Gesellschaft von einem ausgedachten externen Standpunkt aus angesehen werden kann, sondern auch immer in der Teilnehmerperspektive mit Gestaltungsmöglichkeiten oder -notwendigkeiten erfolgt (Dupuy/Grinbaum 2004). Diese Beobachtung erklärt die Probleme, die sich aus dem Versuch des Durchhaltens ausschließlich prädiktiver Argumentation ergeben. Denn statt prädiktiv zukünftige Gegenwarten auszumalen, deren scheinbare prädiktive Gewissheit uns heute von Handlungsnotwendigkeiten entlasten würden, fallen prädiktive Ansätze immer wieder auf die Ebene des Handelns und Gestaltens zurück – und widersprechen damit ihrem eigenen Anspruch. Dies gilt es im nächsten Schritt auszuarbeiten.

4 Widersprüche, Paradoxa und Anachronismen

Zukünftige Gegenwarten sind nur sprachlich erfassbar. In der Rede über Zukunft wird dies allerdings häufig nicht reflektiert. Dann wird über zukünftige Gegenwarten genau-

so geredet wie über die gegenwärtige Gegenwart, am deutlichsten im genannten konstativen Futur in Form von vermeintlichen Tatsachenbehauptungen über zukünftige Ereignisse. Diese Redeform führt jedoch zu Widersprüchen und zu paradoxen Effekten (vgl. dazu auch Rescher/Urquhardt 1971). Diese lassen sich unter Ernstnehmen der ‚Immanenz der Gegenwart‘ identifizieren und auflösen. Im Folgenden werden prädiktive Fehlschlüsse, Anachronismen in der Folge selektiver prädiktiver Fehlschlüsse und die Paradoxien katastrophischer Extrapolation thematisiert.

4.1 Zwischen Prädiktion und Gestaltung

In prädiktiven Aussagen werden häufig die Antezedentia, die ihre Geltungsbedingungen darstellen, nicht erwähnt. Zukunftsaussagen erscheinen auf diese Weise als *kategoriale Aussagen*, als Tatsachenbehauptungen über zukünftige Gegenwarten. Sie werden im konstativen Futur vorgebracht. Möglichkeiten und Potentiale werden als vorweggenommene Realitäten formuliert. Viele der utopischen oder auch der dystopischen Zukunftsaussagen zur Nanotechnologie fallen in diese Kategorie (Kap. 2).

Diese Redeform verwickelt sich jedoch in Widersprüche. Die vermeintliche Sicherheit eines prädiktiven Futur – die Zukunft als ein heute bereits ‚beschriebenes Blatt‘, Kap. 3.2 – erweckt den Eindruck, dass diese Zukunft heute schon feststehe und damit unabhängig von unseren heutigen Entscheidungen und Handlungen sei. Dann jedoch wäre eine aktive Forschungspolitik zur Förderung von Nanotechnologie oder konvergierenden Technologien nicht erforderlich – eine Forschungspolitik, zu deren Beförderung oder Orientierung die prädiktiven Aussagen zumindest auch entworfen werden. Zwischen Prädiktion – die ein deterministisches Geschichtsverständnis unterstellt, jedenfalls in den Bereichen, für die prädiktive Aussagen gemacht werden (Grunwald 2003) – und Gestaltung kommt es zu einem Widerspruch: „Wer sich die Zukunft prophezeien lässt, hat es aufgegeben, sie aktiv gestalten zu wollen“ (Urban 1973, S. 168). Hier seien zwei Beispiele aus der Nanotechnologiedebatte angeführt.

Eine aufschlussreiche Passage findet sich im NSF-Report zu den Konvergenztechnologien (Roco/Bainbridge 2002). Ist der Bericht in seinen programmatischen Teilen zu weiten Teilen im konstativen Futur in einem prädiktiven Zukunftsverständnis geschrieben, so scheint den Autoren an einer Stelle die ansonsten erkennbare prophetische Sicherheit zweifelhaft geworden zu sein. Wo es um die Erwartung einer ‚Neuen Renaissance‘ geht, gerät die vermeintliche Sicherheit des prädiktiven Verständnisses, in dem über zukünftige Gegenwarten geredet wird, aus dem Gleichgewicht. Hier wird thematisiert, was geschehen würde, wenn nicht politisch und gesellschaftlich alles getan wird, um die ‚Neue Renaissance‘ zu erreichen (sprich: wenn die gewünschte Forschungsförderung und politische Unterstützung nicht erfolgt). Schon die Thematisierung dieser Frage verlässt das prädiktive Verständnis zukünftiger Gegenwarten zugunsten eines gestalterischen Verständnisses, nach dem die zukünftigen Gegenwar-

ten von heutigen Entscheidungen abhängen (Kap. 3.2). Überraschend dann aber, dass geradezu mit Strafe gedroht wird, wenn der Pfad der ‚technischen Verbesserung des Menschen‘ nicht beschriftet würde:

„However, we may not have the luxury of delay, because the remarkable economic, political, and even violent turmoil of recent years implies that the world system is unstable. If we fail to chart the direction of chance boldly, we may become the victims of unpredictable catastrophe“ (Roco/Bainbridge 2002, S. 3).

Sprachlich erinnert diese Argumentationsfigur der Androhung krasser Sanktionen im Falle der Verweigerung gegenüber bestimmten Ratschlägen geradezu an die Prophezen des Alten Bundes und gewinnt damit geradezu biblisches Format. Methodisch gerät jedoch der prädiktive Ansatz in einen Selbstwiderspruch: die behauptete Evidenz der Aussagen zu den zukünftigen Gegenwarten bricht zusammen und zukünftige Ereignisse werden – im Rahmen eines gestalterischen Zukunftsverständnisses, Kap. 3.2 – als abhängig von heutigen Entscheidungen begriffen. Es zeigt sich, dass ein prädiktives Zukunftsverständnis allein nicht trägt. Es kommt zu einem Widerspruch zwischen der prädiktiv behaupteten Notwendigkeit der CT-Entwicklungen und der nicht abstreitbaren Abhängigkeit ihres Eintretens von Entscheidungen – eine Situation, die den Ausgangspunkt für eine ganz andere Konzeptualisierung von ‚Zukunft‘ bildet (Dupuy/Grinbaum 2004).

Ein anderes Beispiel stellt die Frage nach der ‚Realität‘ von visionären Aussagen zur Nanotechnologie dar: „If the future is not real, there is nothing in it, that we should fear, or hope for“ (Dupuy/Grinbaum 2004, S. 24). Die Autoren meinen, dass nur eine ‚reale‘ Zukunft Auswirkungen auf unser Handeln – z. B. in Form einer Abkehr von der Nanotechnologie – haben könne. Eine reale Zukunft, verstanden als reale zukünftige Gegenwart, würde, nach dem Gesagten, in Gegensatz zu der ‚Immanenz der Gegenwart‘ stehen. Es lässt sich jedoch leicht zeigen, dass die Forderung einer realen Zukunft, verstanden als eine reale zukünftige Gegenwart, auch in den genannten Widerspruch zwischen Prädiktion und Gestaltung führt und daher nicht haltbar ist. Denn gerade im Falle realer Zukunft würde ein heutiges Handeln keinen Einfluss mehr haben können, und die Frage, ob man aus Zukunftshoffnungen oder -befürchtungen etwas für das Handeln lernen sollte, wäre gegenstandslos. Wenn man dagegen die ‚Realität‘ der Zukunft in der Immanenz der Gegenwart als eine gegenwärtig wahrgenommene Realität interpretiert, als eine Realität in der gegenwärtigen Gegenwart, dann löst sich der scheinbare Widerspruch auf. Visionen der Nanotechnologie sind Elemente des Gegenwartsdiskurses und entfalten ihre Wirkung dort unabhängig von einer – sowieso heute nicht beurteilbaren – zukünftigen Realität.

4.2 Katastrophismus als Folge selektiver Prädiktion

Häufig wird in Technikfolgendebatten die Extrapolation in die Zukunft in verschiedenen Bereichen in verschiedener Weise vorgenommen:

- für die technische Entwicklung werden im Rahmen eines prädiktiven Verständnisses zukünftiger Gegenwart ganz erhebliche Fortschritte erwartet (vgl. für die Nanotechnologie Kap. 2.1),
- für die Möglichkeiten der Gesellschaft hingegen, mit diesen Fortschritten umzugehen, wird von der heutigen Problembewältigungskapazität ausgegangen.

Diese Ungleichbehandlung führt zu einer anachronistischen Situation mit vermeintlichem Katastrophenpotential: die Technik entwickelt sich danach rasch dynamisch weiter, während die Gesellschaft statisch als eine heutige vorgestellt wird. Die heutige Gesellschaft hätte offensichtlich kaum Kapazität, mit Cyborgs, selbst replizierenden Robotern oder extrem alt werdenden Menschen umzugehen, wenn diese plötzlich, ohne Vorbereitung, in großer Zahl in der Mitte der Gesellschaft auftauchen würden. Hier wird also eine anachronistische Situation erzeugt: die *prädiktiv extrapolierten* Möglichkeiten der Technik werden den Verarbeitungskapazitäten der Gesellschaft *von heute* gegenüber gestellt. Aus dem Anachronismus folgt zwangsläufig eine dystopische Vision einer dramatischen Überforderung der Gesellschaft durch das rasche Fortschreiten von Wissenschaft und Technik.

Das ist methodisch analog zu dem Vorgehen als wäre Anfang des 20. Jahrhunderts prognostiziert worden, dass gegen Ende desselben 40 Mio. PKW Deutschlands Straßen befahren würden. Im Sinne Dupuys (2005) wäre das aus damaliger Sicht vermutlich die Katastrophe schlechthin gewesen – eben weil keinerlei gesellschaftliche ‚Umgangsformen‘ mit einem solchen Verkehrsaufkommen bekannt waren –, von der nur eine völlige Abkehr bewahrt hätte. Die Analogie zeigt aber auch die Schwachstelle der Argumentation: denn es entwickelt sich nicht nur die Technik weiter, sondern auch die Gesellschaft. Dabei werden in Form einer ‚Ko-Evolution‘ vielfältige Formen der gesellschaftlichen Einbettung der Technik entwickelt und angewendet. Regularien wie Sicherheits- und Umweltstandards, neue und oft differenziertere Formen im moralischen Umgang mit Leben und Tod, geänderte Wertschöpfungsketten, neue Konsummuster und Lebensstile und vieles mehr sind solche Elemente.

Methodisch gesehen handelt es sich bei dieser – für Technikkritik leider häufig genutzten – Argumentationsfigur um einen simplen Fehlschluss. Die prädiktive Zeitreise (zu deren eigenen Problemen vgl. Kap. 4.1) wird nur für die technische Entwicklung angetreten, nicht aber für die Menschen und ihre gesellschaftlichen Problembewältigungsmechanismen. Für letztere wird Stationarität angenommen, nicht aber für die Technik. Diese willkürliche Ungleichbehandlung ist weder methodisch noch empirisch

gerechtfertigt. Es mag höchstens sein, dass es leichter ist, sich einen technischen Fortschritt prädiktiv auszumalen als einen gesellschaftlichen. Aber selbst wenn das so wäre, folgte hieraus keine Berechtigung zu selektiven Schlussweisen. Insofern in diesen Debatten Geltungsfragen thematisiert würde, würden derartige selektive Prädiktionen mitsamt ihrer argumentativen Fragwürdigkeit rasch aufgedeckt.

4.3 Paradoxien von Prophezeiungen

Dupuy und Grinbaum (2004) machen mit Recht darauf aufmerksam, dass das Reden über Zukunft nicht nur ein teilnahmslos-beobachtendes sein kann, sondern aktiv unsere Bilder von der Zukunft und damit Handlungen und Entscheidungen mitbestimmt. Durch das Reden über Zukunft wird der Gegenstand verändert, über den man redet – solange unter ‚Zukunft‘ die zukünftige Gegenwart verstanden wird. Die Begriffe der ‚self-fulfilling prophecy‘ und der ‚self-destroying prophecy‘ machen genau hierauf aufmerksam (Grunwald 2000, Kap. 4.4.2.4).

Die Unsicherheiten des Wissens über die Nanotechnologie und ihre Folgen in Verbindung mit dem immensen Schadenspotential möglicherweise katastrophaler Folgen nehmen die Autoren (und dann Dupuy 2005) zum Anlass, das Vorsorgeprinzip als unzureichend zur Behandlung derartiger Fragen einzustufen. Stattdessen gehe es darum, die Offenheit der Zukunft, vorgestellt als Verzweigungsbäume auf einer linearen Zeitskala, zu ersetzen durch eine ‚projektierte Zeit‘, in der der Kreis zwischen dem heutigen Reden über Zukunft und dem Hervorbringen der zukünftigen Gegenwart geschlossen werden soll. Letztlich geht es darum, die selbst erfüllende Prophezeiung zu instrumentalisieren, um auf diese Weise Zukunft ‚zu setzen‘. Das ist – in meiner Interpretation konträr zu Nordmanns Deutung (2005), dass Dupuy die Zukunft als schon gegeben ansieht – der ultimative Triumph des gestalterischen Zukunftsverständnisses: die zukünftige Entwicklung wird nicht als Evolution sich selbst überlassen, sie wird auch nicht prognostiziert, sondern sie wird gesetzt, weil das die einzige Möglichkeit sei, mit den Unsicherheiten umzugehen. Wir können nur der Zukunft sicher sein, die wir selbst bestimmen, und wir können nur auf diese Weise der Katastrophe entkommen.

In Bezug auf Nanotechnologie nimmt dieser voluntaristische Akt des Setzens von Zukunft in der Erwartung, dass man durch die Setzung eine Eigendynamik ihrer späteren realen Erfüllung in Gang setzt, eine spezifische Form an. Nach Dupuy (2005) ist die Katastrophe im „Logos“ der Nanotechnologie selbst angelegt und sei deswegen unausweichlich, wenn wir die Nanotechnologie weiter betreiben. Die Diagnose der Nanotechnologie als Katastrophe ist eine prädiktive Aussage. Hierfür wäre jedoch nach den Gründen zu fragen, vor allem nach den Antezentia dieser Aussage. Die Sicht der Zukunft einer Gesellschaft mit Nanotechnologie lässt nach Dupuy als

Ausweg nur die existenzielle Abkehr offen. Genau diese ist das Ziel der folgenden Argumentation:

- Man kann nichts über die Zukunft der Nanotechnologie wissen – außer dass sie die Katastrophe schlechthin ist
- Wenn alle davon überzeugt werden können, dass Nanotechnologie die Katastrophe ist, könnte es eine allgemeine Abkehr geben, so dass
- die Katastrophe vermieden werden könnte.

Diese Argumentation ist von pädagogischen Zwecken geleitet: wenn alle an die Behauptung glauben, dass Nanotechnologie schlichtweg ‚die Katastrophe‘ ist, und sich dann von Nanotechnologie ‚abkehren‘, dann würde die Katastrophe nicht eintreten, obwohl sie heute als sicher behauptet wird. Auf den Punkt gebracht: die Katastrophe würde also deswegen nicht eintreten, weil alle davon überzeugt sind, dass sie mit Sicherheit eintreten wird. Unter Geltungsaspekten liegt hier ein nicht auflösbarer Widerspruch vor. Dieser Widerspruch erscheint zwischen den Zeilen in Dupuys eigener Argumentation: „a catastrophe must necessarily be inscribed in the future with some vanishing, but non-zero weight, this being the condition for this catastrophe not to occur“ (Dupuy/Grinbaum 2004, S. 22). Die Katastrophe ist also doch nicht ganz unausweichlich, kann damit nicht im Logos der Nanotechnologie angelegt sein, sondern lässt eine Ausstiegsmöglichkeit offen. Hier ist klar erkenntlich, dass dieser Katastrophenbehauptung keinerlei Geltung zukommen kann, solange man am Ideal der Widerspruchsfreiheit festhält (dazu Kap. 5.2). Die Annahme der Unausweichlichkeit der Katastrophe hat keine ‚Geltung‘ im diskursiven Sinne, sondern dient pädagogischen Zwecken, eine ‚Abkehr‘ zu motivieren.

Von Geltungsansprüchen würde allerdings Dupuy vielleicht kaum reden wollen. Sein Anliegen ist die ‚Abkehr‘. Die ‚Heuristik der Furcht‘ von Hans Jonas (1979) noch übertreffend, setzt er eine ‚Pflicht zur Erwartung der Katastrophe‘ an, um die Katastrophe zu verhindern. Wenn allerdings die Abkehr das Ziel wäre und die als sicher gesetzte Zukunftserwartung der Katastrophe das Mittel, diese Abkehr zu erreichen, dann ist dies eine missionarische und letztlich ideologische Argumentation. Sie wird dort scheitern, wo – mit Recht – nach den Erkenntnisgründen für die Diagnose der Nanotechnologie ‚als Katastrophe‘ gefragt wird. Schließlich redet auch die argumentative ‚Gegenseite‘ von Katastrophen, nur im gegenteiligen Sinn: „If we fail to chart the direction of change boldly, we may become the victims of unpredictable catastrophe“ (Roco/Bainbridge 2002, S. 3). Wenn jedoch die ultimative Katastrophe in beiden Richtungen als Drohmittel eingesetzt wird, führt dies zu einer Beliebigkeit der Konklusionen. Stattdessen ist darauf hinzuweisen, dass in einem Rationalität beanspruchenden Diskurs ‚Geltung‘ nicht zugunsten pädagogischer Maßnahmen oder ideologischer Drohkulissen geopfert werden darf, sondern dass die vorgebrachten prädiktiven Aussagen selbst über

ihre Antezedentia einer diskursiven Prüfung zu unterziehen wären. Hier käme es, das kann an dieser Stelle nicht weiter ausgearbeitet werden, vermutlich für die Katastrophenerwartungen aus beiden Richtungen zu keinem schmeichelhaften Ergebnis.

4.4 Konsequenzen

Zeitstrukturierte Argumentation ist voller Paradoxien und Widersprüche, die sich auf unterschwellige divergierende Zukunftsverständnisse zurückführen lassen. Prädiktive, evolutive und gestalterische Präsuppositionen führen in bestimmten Mischungen zu Paradoxien, die sich auflösen lassen, wenn die Immanenz der Gegenwart ernst genommen wird. Letztlich geht es in einem rationalen Diskurs immer darum, die vorgebrachten Zukunftsbehauptungen auf diskursiv haltbare Gehalte, d. h. auf die Geltung ihrer Antezedentia, zurückzuführen. Es geht um eine epistemologische „Entzauberung“ von Visionen, von Heils- und Katastrophenerwartungen. Dies gilt auch für die Visionen der Nanotechnologie.

Die Frage stellt sich, ob, wie von Dupuy und Grinbaum (2005) behauptet, die Nanotechnologie und die Converging Technologies eine grundsätzliche Neukonzipierung unseres Zukunftsverständnisses erfordern. Die Autoren konstatieren, dass die ‚klassischen‘ Umgangsweisen mit Zukunft und der entsprechenden Unsicherheit, nämlich das prognostische Modell des ‚Forecasting‘ und das gestalterische Modell der ‚Futuribles‘ angesichts der Nanotechnologie als Katastrophe nicht mehr hinreichen. Die Kontingenzerhöhung führe zu derartigen Steigerungen der Unsicherheit, dass Zukunft nur noch als ‚projektierte Zeit‘ verantwortlich sei. Unabhängig davon, ob das vorgeschlagene Modell eines ‚normativen Assessment‘ selbst geeignet sei, mit diesen Herausforderungen rational umzugehen – die Analyse in 4.3 lässt hieran erhebliche Zweifel erkennen – kann doch allein die Tatsache, dass neue Modelle und Konzeptualisierungen für ‚Zukunft‘ wieder breit diskutiert werden, als Indikator dafür genommen werden, dass hier eine zumindest graduell neue Situation vorliegt, die nach neuen Konzepten verlangt. Angesichts der Kontingenzsteigerung verläuft die Selbstverständigung der Gesellschaft hinsichtlich ihrer Identität und der sich daraus ergebenden Entscheidungsnotwendigkeiten immer stärker über die Bemühung von Zukunft, sei es in der Form von Heilserwartungen, Katastrophen oder weniger dramatisch formulierten, gleichwohl weit reichenden Visionen. Die Analyse aus Kap. 3, dass es sich hierbei grundsätzlich um gegenwärtige Zukunftsvorstellungen handelt, wirft diese Selbstverständigung in die Gegenwart zurück. Die Forderung nach neuen Konzeptualisierungen, Analyseformen und Reflexionsmöglichkeiten über ‚Zukunft‘ stellt sich dann als eine Forderung nach Analysen dieser gegenwärtigen Zukunftsvorstellungen und ihrer Verankerungen in den gegenwärtigen Wissensformen, Erwartungen und Befürchtungen heraus.

5 Visionen der Nanotechnologie: Relevanz und Ambivalenz

Im weiteren Verlauf werde ich mich konkreter mit den ‚futuristischen Visionen‘ (zu diesem Begriff vgl. Grunwald 2004) der Nanotechnologie und ihren Eigenschaften in der Nanotechnologiedebatte befassen. Bezogen auf die vorangegangenen Erörterungen zu Redeformen über die Zukunft können diese wie folgt näher charakterisiert werden: futuristische Versionen sind in der Regel im konstativen Futur formuliert und meinen damit eine zukünftige Gegenwart. Ihnen liegt damit ein prädiktives Zukunftsverständnis zugrunde. Ihre Geltung wird gesetzt und nicht begründet – damit handelt es sich um Prophezeiungen und nicht um Prognosen (zu dieser Unterscheidung vgl. Grunwald 2000, Kap. 3).

5.1 Relevanz

Technische Visionen sind ein verbreitetes Medium der Selbstverständigung von Wissenschaftlern und Ingenieuren. Häufig werden konkurrierende Zukunftserwartungen aus den verschiedenen Disziplinen und ‚Schulen‘ heraus intern kommuniziert und debattiert. In diesen Prozessen kristallisieren sich häufig längerfristige Visionen heraus, welche als Leitbild für eine ganze Forschungsrichtung dienen können. Wenn es heißt:

„but scientists must also become visionaries who can imagine possibilities beyond anything currently experienced in the world. [...] At times, scientists should take great intellectual risks, exploring unusual and even unreasonable ideas, because the scientific method for testing theories empirically can ultimately distinguish the good ideas from the bad ones“ (Roco/Bainbridge 2002, S. 26),

dann wird die Aufgabe der Wissenschaftler weit über ein traditionelles Selbstverständnis ausgedehnt. Visionen drücken die Motivationen mancher Wissenschaftler und ihre Vorstellungen von zukünftiger Wissenschaft und Technik (und teils von zukünftiger Gesellschaft) aus. Auf diese Weise gehen Visionen häufig der wissenschaftlich-technischen Forschung weit voraus (Dupuy 2005) und haben dennoch konkrete Folgen für die Gesellschaft. Ziele und Folgen der öffentlichen Kommunikation von technikbasierten Visionen können z. B. sein:

- öffentliche Aufmerksamkeit auf Forschungsfelder lenken und eine positive Wahrnehmung erzeugen,
- Politiker und Forschungsförderer von der Förderungswürdigkeit des Gebietes überzeugen,
- die Gesellschaft frühzeitig an neue und revolutionäre Entwicklungen ‚gewöhnen‘,

- Fachkollegen und andere Disziplinen zur Mitarbeit bewegen;
- wissenschaftlich-technischen Nachwuchs motivieren.

Weit reichende Visionen können also – auf dem Umweg über die öffentliche und politische Kommunikation und ihre Folgen dort – erheblichen Einfluss auf Erfolg, Langlebigkeit und Durchsetzungskraft von Forschungsrichtungen haben. In der Raumfahrt ist bekannt, wie sehr die visionäre Kraft der Ideen von Wernher von Braun und seine Fähigkeit, damit Politiker zu begeistern, den Gang der technischen Entwicklung quer zu Anwendungsfeldern und politischen Hintergründen vorangebracht hat (Weyer 1999). Vor kurzem war in der Stammzellforschung zu beobachten, wie die Vision, in allerdings nicht allzu naher Zukunft möglicherweise Alzheimer heilen zu können, eine wesentliche Rolle in der rechtlichen Ermöglichung von Stammzellforschung gespielt hat. Das dortige Argumentationsmuster ist sehr einfach. Alzheimer ist ein evident wachsendes Problem, und sobald es Hoffnungsschimmer für Heilungsmöglichkeiten gibt, wird sofort die Beweislast umgekehrt: können wir uns im Namen des Embryonenschutzes leisten, diesem Hoffnungsschimmer *nicht* nachzugehen? Wäre das nicht ‚unterlassene Hilfeleistung‘ an den zukünftigen Alzheimer-Kranken? Wichtig für das Folgende ist noch, dass diese Argumentationsfigur in der öffentlichen und politischen Kommunikation funktioniert, ohne Rücksicht darauf, welche Erfolgsaussichten eine Realisierung der Vision hat, und ob es nicht vielleicht bessere oder moralisch weniger problematische Alternativen gibt.

Der wesentliche Grund für die Notwendigkeit, sich in den technikreflektierenden Disziplinen stärker mit technikbasierten Visionen zu befassen, liegt genau in dieser faktischen Bedeutung von futuristischen Visionen an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft auf der einen und Politik und Öffentlichkeit auf der anderen Seite. Diese faktische Bedeutung besteht, wie zurzeit vor allem an der Nanotechnologie und den ‚Converging Technologies‘ gesehen werden kann, vor allem in ihrer erheblichen Wirkung auf die Wahrnehmung in der Öffentlichkeit, sowohl in Bezug auf die positiven Erwartungen an den Fortschritt, als auch – als ambivalente Kehrseite – auf die Risikofragen. Visionskommunikation geht häufig der Risikokommunikation voraus – ihre frühzeitige Analyse bietet damit Anhaltspunkte für eine ‚prospektive‘ Befassung mit noch nicht virulenten Risikodiskursen.

Insbesondere ist daran zu denken, dass weit reichende Visionen einen doppelten Einfluss auf die Agenda der Wissenschaften haben. Zum einen spielen sie, wie gesagt, in der wissenschaftsinternen Verständigung über neue Themen eine wesentliche Rolle. Zum anderen, sobald sie in politischer und öffentlicher Kommunikation auftauchen, beeinflussen sie – direkt oder indirekt – die gesellschaftliche Haltung und damit letztlich auch die Forschungsförderung. Visionen und ihre Rezeption in der Gesellschaft entscheiden daher mit darüber, woran mit welchen Budgets geforscht wird – und sind damit Teil einer wenigstens impliziten ‚Wissenspolitik‘ (Stehr 2003, Selin 2007). Seitens

der Gesellschaft muss daher großes Interesse daran bestehen, diese Prozesse transparent und gesellschaftlichem Einfluss gegenüber zugänglich zu machen.

5.2 Ambivalenz

Allerdings ist der Kommunikationsmechanismus über weit reichende Visionen hochgradig ambivalent und weist Gefahren erheblicher Rückschläge auf. Genau diese Ambivalenz macht die Verwendung futuristischer Visionen in der Kommunikation mit der Öffentlichkeit anfällig und in ihren Wirkungen schwer berechenbar. Ambivalenzgründe sind insbesondere (1) das visionäre Pathos sowie (2) die Gefahr übersteigerter Erwartungen.

- (1) Das Revolutionäre und das ‚wirklich‘ Neue ist keineswegs nur faszinierend, sondern erweckt auch Angst, Sorgen und Ablehnung. Das Neue passt per definitionem nicht zu den etablierten Wahrnehmungsmustern, sondern ist zunächst fremd in der vertrauten Welt. Das Neue entzieht sich den üblichen selbstverständlichen Beurteilungskriterien und stellt sie vielleicht gar in Frage. Revolutionen erzeugen nicht nur Begeisterung, sondern auch Angst. Denn Revolutionen haben Gewinner und Verlierer zur Folge, die Lebensumstände werden sich radikal ändern, Werte können in Gefahr geraten und traditionelle Strukturen zerbrechen. Die Metaphern des radikal und revolutionär Neuen in der Form wissenschaftlich-technischer Visionen zu verwenden, kann in sein Gegenteil umschlagen: der Versuch, durch positive Utopien zu faszinieren und zu motivieren, kann gerade zu Ablehnung und Widerspruch führen: „Tremendous transformative potential comes with tremendous anxieties“ (Nordmann 2004, S. 4). Diese Ambivalenz zeigt sich z. B. an der Vision einer ‚Neuen Renaissance‘ auf der Basis der ‚Converging Technologies‘ (vgl. Roco/Bainbridge 2002). Dort wird das Aufscheinen einer neuen Renaissance – als Folge eines dramatischen wissenschaftlich-technischen Fortschritts – als positive Utopie behandelt, in der Leonardo da Vinci als Idealbild des neuen Menschen gesehen wird. Die neue Renaissance wird als ein Zeitalter angekündigt, in der die Menschheitsprobleme gelöst werden und in der das ‚Prinzip Hoffnung‘ (vgl. Bloch 1959) seine Erfüllung finden soll. Jedoch kann die Ankündigung einer neuen Renaissance auch ganz anders gelesen werden. Denn das Urbild, die Renaissance des 16. Jahrhunderts, war zwar auch eine Zeit des Leonardo – vor allem aber eine Zeit der ungehemmten Gewalt (man denke an den Sacco di Roma, eine katastrophale Plünderung und Zerstörung Roms durch eine außer Kontrolle geratene Soldateska, der seine künstlerische Bewältigung in den düsteren Bildern des Jüngsten Gerichts von Michelangelo in der Sixtinischen Kapelle fand), der Bauernkriege, der Religionskriege und der Intoleranz, der Umverteilung und Umstürzung. Die heutige Wahrnehmung der Renaissance als Zeitalter des Lichtes und der Vernunft ist ein

Konstrukt der europäischen Aufklärung – die weitaus meisten Zeitgenossen Leonardos dürften das ganz anders empfunden haben. Das Neue kommt häufig nicht unter Begeisterungstürmen in die Welt, sondern unter Opfern, gesellschaftlichen Erschütterungen, Traditionsverlusten und Orientierungsproblemen. Das visionäre Pathos in vielen Technikutopien ist extrem anfällig gegenüber der einfachen Frage, ob nicht auch alles ganz anders sein könnte – und es ist so gut wie sicher, dass diese Frage in einer offenen Gesellschaft auch gestellt wird. Sobald sie aber gestellt ist, verpufft die erhoffte positiv motivierende Wirkung futuristischer Technikvisionen und kann gar in das Gegenteil umschlagen.

- (2) Aber auch wenn die positiven Visionen durchaus als positiv wahrgenommen werden, können sich Ambivalenzen in der Kommunikation zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit einstellen. Denn die durch Visionen hoch gespannten Erwartungen können selbst in zweierlei Hinsicht zu einem Risiko werden: (a) wenn sie nämlich nicht oder nicht in absehbarer Zeit erreicht werden können, oder (b) sogar, wenn sie wirklich erreicht werden. (a) Je größer die Erwartungen und Visionen, umso größer auch das Risiko der Enttäuschung. Enttäuschte Erwartungen jedoch können in das Gegenteil umschlagen und z. B. das Interesse der Politik und die Bereitschaft zur Forschungsförderung in diesem Bereich vermindern. Beispiele aus der Forschung gibt es dazu genug. Wurde noch Anfang der 90iger Jahre von Fabriken im Weltraum oder von Solar Power Satellites zur Energieversorgung der Erde geträumt, ganz zu schweigen von dauerhaft bewohnten Stationen auf dem Mond oder dem Mars, würden diese Träume heute nur Befremden auslösen. Dass mit bemannter Raumfahrt und der Eroberung des Weltraums einmal weit reichende Visionen verbunden waren (Weyer 1999), trägt zur heutigen gesellschaftlichen Beurteilung bemannter Raumfahrt eher in negativer Weise bei. Ein anderes Beispiel bildete die industrielle Nutzung der Mikrosystemtechnik, von der in den neunziger Jahren weit reichende Technologiedurchbrüche erwartet wurden, und die bei weitem nicht erfüllt wurden. Aktuelle Versprechungen im Umkreis von Nanotechnologie und ‚Converging Technologies‘ könnten die nächsten Kandidaten für solche Enttäuschungen sein. Frustrationen dieser Art können den zum Erfolg einer Entwicklungslinie erforderlichen ‚lange Atem‘ verhindern. Übermäßige Erwartungen können auf diese Weise zwar vielleicht ein Strohfeuer öffentlicher Förderung entfachen, sich aber – eine typische Ausprägung von Ambivalenz – mittel- und langfristig zum Negativen auswirken. (b) Aber auch wenn technische Visionen Realität werden, besteht die Gefahr der Frustration. Die Vision der menschlichen Mondexpedition wurde 1969 Realität – sogar im von Anfang an geplanten Zeitrahmen. Allerdings kam es nach den ersten, euphorisch begrüßten Apollomissionen, zu einer dramatischen Phase der Ernüchterung, welche rasch zum vorzeitigen Abbruch des Apollo-Programms führte. Der Grund für diese Frustration dürfte darin liegen, dass die Realisierung dieser Vision – sieht man vom Kontext des Kalten

Krieges ab – im Wesentlichen ein Selbstzweck war, der auf nichts anderes bezogen war. War nun das Ziel erreicht, wurde dies allzu offenkundig: die Probleme der Welt waren nach der Mondlandung die gleichen wie vorher. Auch diese ernüchternde Erkenntnis kann eine Form der Frustration darstellen.

Enttäuschte Hoffnungen, nicht eingelöste Visionen oder dramatisch daneben gegangene Prognosen können über solche Frustrationseffekte in einzelnen Entwicklungsrichtungen hinaus langfristig die gesellschaftliche Anerkennung des Wissenschaftssystems insgesamt gefährden. Wiederholte Übertreibungen vermindern die Seriosität. Auch hier zeigt sich, dass eine kurzfristig – z. B. zur Förderung der politischen Unterstützung – motivierte Kommunikation über futuristische Visionen sich in den langfristigen Auswirkungen in ihr Gegenteil verkehren kann – ein typischer Ambivalenzaspekt futuristischer Visionen.

Eine wohlfeile Empfehlung würde also darin bestehen, sparsam mit solchen weit reichenden Visionen umzugehen, um nicht die Glaubwürdigkeit ganzer wissenschaftlicher Bereiche zu gefährden. Angeheizt durch das Interesse der Medien und die dauernde Erhöhung der Reizschwelle würde sich Wissenschaft ansonsten in eine Spirale der immer weiter gehenden Versprechungen begeben. Wohlfeil ist eine solche Empfehlung, weil auch der genannte rationale Hintergrund selbst nicht die ‚Gesetze‘ von Massenmedien, Politikverhalten und Marketing-Notwendigkeiten außer Kraft setzt. Nimmt man einmal hin, dass an dieser Konstellation im Großen nichts zu ändern ist, schon gar nicht durch eine auf rationalen Gründen aufruhende Empfehlung, so bleibt nur, die beobachtbaren Kommunikationsmuster einer kritischen Analyse zu unterziehen, als Aufklärung im emphatischen Sinn und als epistemologische Grundlegung einer rationalen gesellschaftlichen Debatte. Hierfür wird im Folgenden ein Vorschlag unterbreitet.

5.3 ‚Vision Assessment‘ als Element der Technikreflexion

Vor dem Hintergrund der vorangegangenen Analysen stellt sich die Debatte über die Zukunft der Nanotechnologie als eine Debatte um gegenwärtig ‚vorgestellte‘ Zukünfte dar. Zukunftsdiskussionen sind Teil unserer gegenwärtigen wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Verständigung über Pfade in die Zukunft hinein, um dabei anzulegende Kriterien und um die zur Realisierung bestimmter Pfade erforderlichen Maßnahmen und Entscheidungen in der Gegenwart (z. B. der Forschungsförderung der der Regulierung von Nanotechnologie) bis hin zu einem entsprechenden Agenda-Setting in den Wissenschaften. Diese Situation ist näherhin gekennzeichnet durch

- die unvermeidliche und im Bereich der Nanotechnologie klar hervorgetretene Ambivalenz weit reichender Zukunftsaussagen (Kap. 5.2)

- das Auftreten von Fehlschlüssen und argumentativ nicht gedeckten Annahmen über zukünftige Entwicklungen (Kap. 4)
- das Ineinandergreifen von prognostischen, gestalterischen und evolutionstheoretischen Zukunftsverständnissen in einem oft ungeklärten Verhältnis untereinander (Kap. 4.1)
- die Vermischung verschiedener Typen von Zukunftsaussagen (prädiktive Formen, Konditionalformen, deontische Sätze) (Kap. 2)
- eine erhebliche praktische Relevanz dieser Zukunftsdiskussionen (Kap. 5.1).

Die Kombination von faktischer Relevanz und methodisch unklarem Status ist prekär und erschwert eine transparente öffentliche Diskussion. Diese Situation verlangt danach, dass nanotechnologische Visionen zu einem Analysegegenstand der technikreflektierenden Disziplinen werden, unter Geltungsaspekten (Kap. 3.1) genauso wie unter Aspekten ihrer empirischen Folgen in gesellschaftlicher Kommunikation: „studying the anatomy of the dream“ (Dupuy 2005). Bei aller Unklarheit über die Realisierungswahrscheinlichkeit von futuristischen Visionen haben sie ohne Zweifel weit reichende Folgen in den *gegenwärtigen* gesellschaftlichen Diskussionen über wissenschaftlich-technischen Fortschritt und seine Ausgestaltung:

„If the future depends on the way it is anticipated and this anticipation is made public, every determination of the future must take into account the causal consequences of the language that is being used to describe the future and how this language is being received by the general public, how it contributes to shaping public opinion, and how it influences the decision-makers“ (Dupuy/Grinbaum 2004, S. 17).

Ein ‚Vision Assessment‘ (vgl. Grunwald 2004) in Erweiterung zu etablierten Ansätzen der Technikfolgenabschätzung (vgl. Grunwald 2010) unter Beteiligung von Technikphilosophie und Wissenschaftstheorie einerseits und den empirischen Sozial- und Kommunikationswissenschaften andererseits würde Visionen als Kommunikationsmedium in ihren kognitiven und evaluativen Gehalten und Folgen untersuchen, um eine transparente und rationale Diskussion zu ermöglichen. Ein Vision Assessment wäre Baustein eines offenen, kognitiv informierten und normativ orientierten Dialoges, z. B. zwischen Experten und Öffentlichkeit oder zwischen Naturwissenschaft, Forschungsförderung und Regulierung, der erforderlich ist, um die Innovationspotentiale moderner Technologien ausschöpfen zu können, ohne in eine fundamentalistische verhärtete Risikodiskussion zu münden. Damit würde ein Vision Assessment auch die Aufgabe übernehmen, Brücken zu den anderen ‚Zukunftsdebatten‘ der Gesellschaft zu bauen, z. B. zur Nachhaltigkeit der menschlichen Wirtschaftsweise, zum demografischen Wandel oder zur Zukunft der Entwicklungsländer. Anknüpfungspunkte bestehen dabei

- an die von Latour (1987) identifizierten Kommunikationsformen einer ‚Übersetzung‘: „This story of nanotechnology and the debate between the Drexlerian vision and others in the scientific community can be usefully analyzed as translations“ (Selin 2007);
- an die prozeduralen und kommunikativen Erfahrungen in der Analyse von technologischen Risiken in frühen Phasen der Entwicklung (Schütz et al. 2004), sowie
- an erkenntnistheoretische Arbeiten aus der Philosophie zu Gehalt, Geltung und Logik von Zukunftsaussagen (z. B. Rescher/Urquhardt 1971).

Ein Vision Assessment hätte mehrere Ziele und würde verschiedene Schritte umfassen: (1) Analyse, (2) Bewertung und (3) Management von Visionen (vgl. Grunwald 2004). Diese bislang nur als grobe Skizze vorliegende Darstellung wäre anhand konkreter Fallstudien zu erhärten und zu einer Methodik weiterzuentwickeln.

- (1) Zunächst, in analytischer Hinsicht (*Vision Analysis*), würde es darum gehen, die *kognitiven* Gehalte der Visionen aufzudecken und ihren Realitäts- und Realisierbarkeitsgrad epistemologisch zu beurteilen, selbstverständlich auf der Basis des heutigen Wissens in der Immanenz der Gegenwart. Dies führt auf die genannten Geltungsfragen (Kap. 3). Sodann wäre ein wichtiger Aspekt, die *Bedingungen* der Realisierbarkeit und die dabei involvierten Zeiträume zu untersuchen. In beiden Analyseschritten spielt die Betrachtung der verwendeten Sprache einerseits und die Frage nach den Antezentia der prädiktiven Aussagen eine besondere Rolle: „[T]he nanoethics researcher must be attentive to the twists and turns of language which can be symptoms bringing light to the most hidden layers of the scientific or technological imagination“ (Dupuy 2005). Weiterhin sind auch die *normativen* Gehalte der Visionen analytisch zu rekonstruieren: die Bilder zukünftiger Gesellschaft oder der Entwicklung des Menschen sowie eventuelle Diagnosen jetzt aktueller Probleme, zu deren Lösung die visionären Entwicklungen beitragen sollen. Für eine ‚rationale‘ Diskussion ist die transparente Aufdeckung der in Visionen enthaltenen Bestände an Wissen, Nichtwissen und Werten erforderlich, vor allem in Bezug auf das Verhältnis von Fakten und Fiktion (Schmidt 2003). Der Beitrag derart reflektierender Analysen bestünde in dieser Hinsicht in der ‚Aufklärung‘ entsprechender Kommunikation: die Kommunikationspartner sollen als Vorbedingung rationaler Kommunikation explizit wissen, worüber sie sprechen. Es geht um ‚Selbstaufklärung‘ der Gesellschaft und Unterstützung entsprechender Lernprozesse. Im Rahmen der Analyse ist es auch Aufgabe des Vision Assessment, die Visionskommunikation in *strategischer* Hinsicht zu untersuchen: welche Akteure sind beteiligt, wie sind Interessenlagen und Machtverhältnisse verteilt, wie sich der bisherige Debattenverlauf rekonstruieren lässt und welche Lösungsvorschläge vorgebracht werden (Selin 2007).

- (2) Das Vision Assessment würde darüber hinaus beurteilende Elemente enthalten (*Vision Evaluation*). Dabei geht es um Fragen, wie die kognitiven Anteile eingeordnet werden sollen, wie sie nach dem Realisierungs- und Realisierbarkeitsgrad, nach Plausibilität und nach Evidenz beurteilt werden können, und welchen Status die normativen Anteile, z. B. relativ zu etablierten Wertesystemen oder zu ethischen Standards haben. Ziel ist die transparente Aufdeckung der Verhältnisse zwischen Wissen und Werten sowie zwischen Wissen und Nichtwissen und die Beurteilung dieser Verhältnisse. Hierzu kann zum einen auf die etablierten Bewertungsverfahren der Technikfolgenabschätzung zurückgegriffen werden, die häufig eine partizipative Komponente enthalten (Decker/Ladikas 2004; Grunwald 2010). Zum anderen stehen hier in normativer Hinsicht teils weit reichende Fragen zur Diskussion, welche der philosophischen Reflexion bedürfen (vgl. z. B. Habermas 2001 zu entsprechenden Analysen und Beurteilungen der Debatten über die Zukunft der Natur des Menschen).
- (3) Schließlich geht es um den Handlungs- und Entscheidungsbezug (*Vision Management*). Die Frage ist, wie Öffentlichkeit, Medien, Politik und Wissenschaft im Hinblick auf eine ‚rationale‘ Verwendung von Visionen beraten werden können. Zunächst steht dabei die Frage bestehender oder noch zu entwickelnder Alternativen zu den bereits im Umlauf befindlichen Visionen im Mittelpunkt, entsprechend der Grundhaltung der Technikfolgenabschätzung, stets in Alternativen und Optionen zu denken. Auf diese Weise können technikbasierte Visionen untereinander oder mit technikexternen Visionen verglichen werden. Schließlich geht es darum, die Reflexivität zu verstärken. Zu einer ‚verantwortlichen‘ Kommunikation unter Verwendung von Visionen gehört auch die Kommunikation über die kognitiven und normativen Hintergründe – die ‚Geltungsgründe‘, vgl. Kap. 3.1 – der Visionen, um eine transparente Diskussion zu ermöglichen.

Insbesondere wäre es Aufgabe eines Vision Assessment, in allen diesen Phasen die verschiedenen und teils komplett divergierenden Zukunftsbilder (für die Nanotechnologie vgl. Kap. 2) direkt miteinander zu konfrontieren. Dies kann einerseits durch analytische Arbeit erfolgen, andererseits sollten aber auch die Vertreter der verschiedenen Positionen in Workshops direkt ihre unterschiedlichen Einschätzungen mit- und gegeneinander diskutieren, um die jeweiligen Prämissen und Annahmen herauszupräparieren.

In methodischer Hinsicht kann dabei kaum auf das Leitbild Assessment (Dierkes et al. 1992) zurückgegriffen werden, da es zwischen den futuristischen Visionen und den Leitbildern der Technikgeneseforschung erhebliche Unterschiede gibt (Grunwald 2004). Sicher werden bestimmte methodische Teilstücke benötigt werden, etwa wenn in der Rekonstruktion der kognitiven und evaluativen Gehalte der Visionen die verwendeten Metaphern linguistisch untersucht werden (Mambrey/Tepper 2000). Die involvierte erhebliche Unsicherheit macht es jedoch erforderlich, auch Ansätze aus dem

Bereich der prospektiven Risikobewertung (Schütz et al. 2004) hinzuzuziehen, wo es eine lange Tradition der Auseinandersetzung mit hohen Unsicherheiten gibt (schließlich lassen sich bestimmte Risikobefürchtungen als negative Visionen fassen, die erkenntnistheoretisch häufig einen ganz ähnlichen Status haben dürften wie die hier interessierenden Visionen der Nanotechnologie).

Weiterhin ist erkennbar, dass die Kulturwissenschaften gefragt sind, insofern es in den betrachteten Visionen auch um die ‚großen Erzählungen‘ der Menschheit geht, die gelegentlich in einem modernen, technikbasierten Gewand wieder in Erscheinung treten, und deren Geschichte und Hintergründe in ein entsprechendes Vision Assessment einfließen sollten. Schließlich bedarf es in einem hohen Maße der Beteiligung der Philosophie in Form von Ethik und Wissenschaftstheorie, um Fragen der Geltung von Zukunftswissen und der Berechtigung bzw. der normativen Basis bestimmter evaluativer Gehalte beurteilen zu können.

6 Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft

Zum Schluss möchte ich auf den Titel des vorliegenden Beitrages zurückkommen. Chiffren sind Zeichen oder Abkürzungen, die in einem bestimmten Kontext eine Funktion und eine Bedeutung haben, die jedoch in der Regel – und dies ist kein Defizit, sondern gehört zu der Funktion als Chiffre untrennbar hinzu – zu einem Teil unscharf bleibt. Chiffren verweisen auf etwas außerhalb von ihnen Liegendes, ohne dieses aber in Gänze zu entbergen. Wenn Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft bezeichnet wird, dann verlangt dies nach einer Erläuterung, in welchem Sinne dies gemeint ist.

Zunächst ist in diesem Zusammenhang an die ‚Immanenz der Gegenwart‘ zu erinnern (Kap. 3.1). Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft kann danach nichts sein, was prospektiv im Sinne des Wortes ist und auf eine wie auch immer geartete zukünftige Gegenwart verweist, die wir erwarten, erhoffen oder befürchten können dürfen oder müssen, oder die wir als vermeintlich außen stehende Beobachter kommen und dann an uns vorbeiziehen sehen. In der Immanenz der Gegenwart meint auch Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft letztlich wieder nur Gegenwärtiges, nämlich die Verhältnisse, wie wir heute Zukunft denken, wie wir die Nanotechnologie darin sehen, wie wir uns in einer durch Nanotechnologie veränderten Welt mutmaßlich wieder finden werden, und wie wir über dies alles mit gegenwärtigen Worten reden.

Nanotechnologie im Kontext der Converging Technologies verweist auf das, was möglich ist, und auf das, was, gemessen an Gründen, über die intersubjektiv diskutiert und deliberiert werden kann und muss, zu erwarten ist. Im Kommunikationszusammenhang, der durch die Immanenz der Gegenwart charakterisiert ist, erfüllen Chiffren der Zukunft wichtige Funktionen der gegenwärtigen Selbstverständigung der Gesellschaft, auf deren Basis dann wiederum Meinungsbildung und Entscheidungsfindung

ablaufen. Diese Funktionen werden erfüllt unabhängig von einem möglichen Zutreffen oder einem Nichtzutreffen der unterstellten oder prognostizierten Zukunftsvläufe. Allein die Tatsache, dass gegenwärtig solche Chiffren der Zukunft kursieren, debattiert, bewertet und verhandelt werden, beeinflusst unseren Weg in die Zukunft, die doch angesichts der Immanenz der Gegenwart immer wieder auch nur eine Gegenwart sein wird. Chiffren der Zukunft verweisen auf Zukünftiges, entbergen dieses aber nicht und können das auch nicht. Ihre eigene Unbestimmtheit ist sogar notwendig, damit sie ihre Funktion erfüllen können, gesellschaftliche Selbstverständigungen zu katalysieren.

In diesem Sinne gehört Nanotechnologie zu den aktuellen Chiffren der Zukunft. Sie ist dabei in guter Gesellschaft. Andere prominente Chiffren dieses Typs sind z. B. der demografische Wandel, die Klimaveränderung, das Vorsorgeprinzip oder die nachhaltige Entwicklung. Jeweils werden dabei verschiedene Aspekte der Zukunft in den Blick genommen: bei der nachhaltigen Entwicklung z. B. die Endlichkeit natürlicher Ressourcen, bei der Klimaveränderung die Vulnerabilität menschlicher Wirtschafts- und Lebensweise, bei der demografischen Entwicklung vor allem das Fortpflanzungs- und Migrationsverhalten.

Wenn auf diese Weise unsere gegenwärtigen Debatten durch eine ganze Reihe solcher Chiffren der Zukunft mit gestaltet werden, so stellt sich die Frage, was das Spezifische an den einzelnen Chiffren ausmacht: worauf sie fokussieren und was sie ausblenden. Als spezifisch für die Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft erscheinen zwei Aspekte: (1) die reduktionistische Auffassung der Gestaltbarkeit jeglicher Materie Atom für Atom und (2) die zur Bewältigung der Kontingenzerhöhung ins Feld geführten Zukunftsargumentationen, die das Hauptthema in diesem Beitrag bildeten.

- (1) Die Radikalisierung und der ultimative Triumph des Homo faber, der sich, nanotechnologisch ausgerüstet, anschickt, die Welt Atom für Atom zu manipulieren (Shaping the World Atom by Atom, NNI 1999), ist eines der Kennzeichen der Nanotechnologie als ‚gegenwärtiger‘ Chiffre der Zukunft. In einer Wiederkehr und Radikalisierung des physikalischen, ja mechanischen Reduktionismus des 19. Jahrhunderts glaubt dieser neue Homo faber, alles einschließlich der Sphären des Lebendigen und des Sozialen, von der atomaren Basis her im Griff zu haben:

„Science can now understand the ways in which atoms form complex molecules, and these in turn aggregate according to common fundamental principles to form both organic and inorganic structures. [...] The same principles will allow us to understand and when desirable to control the behaviour both of complex microsystems [...] and macrosystems such as human metabolism and transportation vehicles“ (Roco/Bainbridge 2002, S. 2).

Nichts scheint diese These besser zu stützen als der Drexlersche molekulare Assembler und die Folgen, die er – unbeschadet seiner Machbarkeit, an der es naturwissenschaftlich begründete Zweifel gibt (Smalley 2001) – für die Zukunftsdebatte zur Nanotechnologie hatte und hat. Dieser Assembler würde den Triumph des atomaren Reduktionismus bedeuten und gleichzeitig den Menschen als denjenigen erweisen, der eine solche Wundermaschine, mit der man aus Felsen Wale machen kann, bauen könnte, und der sich selbst technisch neu erschaffen könnte: „When God fashioned man and woman he called his creation very good. Transhumanists say that, by manipulating our bodies with microscopic tools, we can do better“ (Hook 2004). Die Erzählung vom Homo faber scheint den nanotechnologischen Visionen gemeinsam zu sein, seien dies nun Heils- oder Unheilsvisionen. So sieht Dupuy (2005) in der Tradition von Anders und Sartre hinter den ‚Converging Technologies‘ ein metaphysisches Programm, dessen technische Basis ein universell einsetzbarer molekularer Assembler wäre:

„The aim of this metaphysical program is to turn man into a demiurge or, scarcely more modestly, the ‚engineer of evolutionary processes‘. [...] This puts him in the position of being the divine maker of the world“ (Dupuy 2005).

Denn der vermeintliche ultimative Triumph des Homo faber, und das ist letztlich die provokative Essenz aus dem Joy-Beitrag, könnte zu einem finalen Pyrrhus-Sieg über die Natur werden. Hier zeigen sich also, verborgen in futuristischen und spekulativen Deutungen der technischen Zukunft, ganz gegenwärtige Einschätzungen über Menschenbilder und das Verhältnis von Technik und Gesellschaft genauso wie in neuem Gewand ganz alte Erzählungen der Menschheit wiederkehren. Chiffren der Zukunft bilden nicht die Zukunft als zukünftige Gegenwart bereits heute ab, sondern vermitteln kommunikativ und über solche große Erzählungen zwischen Vergangenheit und der Gegenwart inklusive der darin vorgestellten Prädiktionen.

- (2) Die drastische Erhöhung der Kontingenz der *conditio humana*, wie sie vor allem in der Auflösung traditioneller Selbstverständlichkeiten in der Folge der Diskussion um eine technische Verbesserung des Menschen⁷ aufscheint, ist ein weiteres Kennzeichen der Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft. Kontingenzerhöhung ist ein ständiges Motiv im wissenschaftlich-technischen Fortschritt. Die Verwandlung von etwas als gegeben Hinzunehmendem in etwas Manipulierbares ist das Kennzeichen des technischen Fortschritts. In dem Maße, wie die menschliche Verfügungsmacht erhöht wird, eröffnen sich neue Räume für Visionen und Gestaltung, aber gleichzeitig, sozusagen als Nebenfolge, auch die Herausforderungen, den Verlust von Traditionen durch neue Formen der Orientierung zu kompensieren. Als

⁷ Vgl. hierzu den Beitrag „Menschenzukünfte im Medium der Technik“ in diesem Band.

wesentliche neue Form der Selbstverständigung moderner Gesellschaften fungiert die Orientierung an Zukünftigem (Luhmann 1984). Diese Orientierung kann allerdings, nach Maßgabe der methodischen Analyse in diesem Beitrag, nicht verstanden werden als Orientierung an zukünftigen Gegenwarten. Vielmehr kann es nur darum gehen, die Debatten über Zukunft – über Chancen wie über Risiken – als Katalysatoren zu begreifen, unter deren Zuhilfenahme sich eine derartige Selbstverständigung vollzieht. Gemessen an Rationalitätsansprüchen, genauso wie unter den demokratiethoretischen Ansprüchen einer deliberativen öffentlichen Debatte über derartige Selbstverständigungen, ist der Bedarf an einer epistemologischen Analyse der Geltungsgründe von dabei ins Feld geführten Zukunftsaussagen evident. Die Nanotechnologie ist dabei dasjenige Feld, in dem sich deutlich zeigt, welche zeitlich und thematisch ausgreifende Dimension diese Zukunftsaussagen annehmen können, und wie sie auf extreme Weise zwischen Heilerwartung und Katastrophe schwanken können. Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft in diesem Sinne einer *gegenwärtigen* Selbstverständigung der Gesellschaft bedarf daher neuer Instrumente der rationalen Durchdringung derartiger Zukunftsprojektionen.

Die Funktion von Nanotechnologie als einer Chiffre der Zukunft ist damit nicht, und das mag ernüchternd klingen, uns die Zukunft zu zeigen. Sie ist es auch nicht, alternative Zukünfte aufzuzeigen, zwischen denen wir dann wie im Supermarktregal auswählen können. Die Funktion der Chiffren der Zukunft besteht vielmehr darin, unsere Erwartungen an die Zukunft in unser gegenwärtiges Denken hin zu holen, sie dort zu reflektieren, die Ergebnisse der Reflexion zu kommunizieren und darüber zu deliberieren, und das Ganze dann schließlich für unsere gegenwärtigen Handlungen und Entscheidungen nutzbar zu machen – denn diese kommen ohne Begriffe vom Zukünftigen nicht aus. Nanotechnologie ist eine Chiffre der Zukunft – doch gerade indem sie das ist, wirft sie uns auf und selbst und unsere Gegenwart zurück. Letztlich ist es die Funktion der Nanotechnologie als einer Chiffre der Zukunft, gesellschaftliche Debatten zu katalysieren, die schließlich praktische Auswirkungen haben können oder sogar sollen. Das Ziel visionärer Spekulation ist die gegenwärtige Praxis. Die epistemologische Analyse der Geltung dieser Spekulationen dient der Aufklärung ebendieser Praxis.

Literatur

- Banse, G.; Grunwald, A.; König, W.; Ropohl, G. (2005) (Hg.): Eine Theorie der Technikwissenschaften. Berlin: Edition Sigma
- Basalla, G. (1988): The Evolution of Technology. Cambridge: University Press
- Bloch, E. (1959): Das Prinzip Hoffnung. Frankfurt a. M.: Suhrkamp

- Brown, N.; Rappert, B.; Webster, A. (2000) (Hg.): *Contested Futures. A sociology of prospective techno-science*. Burlington: Ashgate Publishing
- Cauler, L.; Penz, A. (2002): *Artificial Brains and Natural Intelligence*. In: Roco, M. C.; Bainbridge, W. S. (Hg.): *Converging Technologies for Improving Human Performance*, Arlington, Virginia: National Science Foundation, pp 227-230
- Coenen, C. (2004): *Nanofuturismus: Anmerkungen zu seiner Relevanz, Analyse und Bewertung. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 13, S. 67-76
- Decker, M.; Ladikas, M. (Hg.) (2004): *Bridges between Science, Society and Policy. Technology Assessment – Methods and Impacts*. Berlin: Springer
- Dierkes, M.; Hoffmann, U.; Marz, L. (1992): *Leitbild und Technik. Zur Entstehung und Steuerung technischer Innovationen*. Frankfurt a. M./New York: Campus
- Drexler, K. E. (1986): *Engines of Creation – The Coming Era of Nanotechnology*. Oxford: University Press
- Drexler, K. E.; Peterson, C. (1991): *Experiment Zukunft – Die Nanotechnologische Revolution*. Bonn
- Dupuy, J.-P.; Grinbaum, A. (2004): *Living with Uncertainty: Toward the ongoing Normative Assessment of Nanotechnology*. *Techné* 8, S. 4-25
- Dupuy, J.-P. (2005): *The philosophical foundations of Nanoethics. Arguments for a Method*. Lecture at the Nanoethics Conference, University of South Carolina, March 2-5, 2005
- ETC-Group (2003): *The Big Down. Atomtech: Technologies Converging at the Nanoscale*. <http://www.etc-group.org> [2.6.2005]
- Fleischer, T.; Grunwald, A. (2008): *Making nanotechnology developments sustainable. A role for technology assessment?* *Journal of Cleaner Production* 16 (2008), S. 889-898
- Fleischer, T.; Grunwald, A. (2005): *Innovationen in neuen Technikfeldern – Die Nanotechnologie*. *WSI Mitteilungen* 3 (2005), Berlin: Hans Böckler Stiftung, 58. Jahrgang, S. 137-143.
- Goodman, N. (1988): *Tatsache Fiktion Voraussage*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp. Ersterscheinung: *Fact Fiction Forecast* (1954).
- Grin, J., Grunwald, A. (Hg.) (2000): *Vision Assessment: Shaping Technology in 21st Century Society*. Heidelberg et al.: Springer
- Grunwald, A. (2000): *Handeln und Planen*. München: Fink
- Grunwald, A. (2003): *Die Unterscheidung von Gestaltbarkeit und Nicht-Gestaltbarkeit der Technik*. In: A. Grunwald (Hg.): *Technikgestaltung zwischen Wunsch und Wirklichkeit*. Berlin et al.: Springer, S. 19-38.
- Grunwald, A. (2004): *Vision Assessment as a new element of the Technology Futures Analysis Toolbox*. In: *Proceedings of the EU-US Scientific Seminar: New Technology Foresight, Forecasting & Assessment Methods*, Seville, May 13-14 2004; <http://www.jrc.es/projects/fta/index.htm> [2.6.2012]
- Grunwald, A. (2010): *Technikfolgenabschätzung – eine Einführung*. Berlin: Edition Sigma, 2. Auflage
- Grunwald, A.; Langenbach, Ch. (1999): *Die Prognose von Technikfolgen. Methodische Grundlagen und Verfahren*. In: Grunwald, A. (Hg.): *Rationale Technikfolgenbeurteilung. Methodische Grundlagen und Verfahren*. Heidelberg et al.: Springer, S. 93-131
- Habermas, J. (1988): *Theorie des kommunikativen Handelns*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp
- Habermas, J. (2001): *Die Zukunft der menschlichen Natur*. Suhrkamp: Frankfurt a. M.
- Hook, C. (2004): *The Techno Sapiens are Coming*. *Christianity Today Magazine*, January 2004

- Jonas, H. (1979): *Das Prinzip Verantwortung*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp
- Joy, B. (2000): *Why the Future Does not Need Us*. *Wired Magazine*
- Kamlah, W. (1973): *Philosophische Anthropologie. Sprachkritische Grundlegung und Ethik*. Mannheim: Bibliographisches Institut
- Kralj, M.; Pavelic, K. (2003): *Medicine on a small scale. How molecular medicine can benefit from self-assembled and nanostructured materials*. *EMBO reports* 4, No. 11, S. 1008-1012
- Krug, H.; Kern, K.; Diabaté, S. (2004): *Toxikologische Aspekte der Nanotechnologie. Versuch einer Abwägung. Technikfolgenabschätzung. Theorie und Praxis* 13, S. 58-64
- Latour, B. (1987): *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers through Society*. Cambridge: Harvard University Press
- Lorenzen, P. (1987): *Lehrbuch der konstruktiven Wissenschaftstheorie*. Mannheim: Bibliographisches Institut
- Luhmann, N. (1984): *Soziale Systeme*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp
- Mambrey, P.; Tepper, A. (2000): *Technology Assessment as Metaphor Assessment – Visions guiding the development of information and communications technologies*. In: Grin, J., Grunwald, A. (Hg.): *Vision Assessment: Shaping Technology in 21st Century Society*. Heidelberg et al.: Springer, S. 33-52
- Moor, J.; Weckert, J. (2003): *Nanoethics: Assessing the Nanoscale from an ethical point of view*. Lecture at TU Darmstadt, October 10, 2003
- Münchener Rück (2002) *Nanotechnology – What is in store for us? Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, München*. http://www.munichre.com/publications/302-03534_en.pdf (12.11.2005)
- NNI – National Nanotechnology Initiative (1999): *National Nanotechnology Initiative des US-amerikanischen Präsidenten*. Washington
- Nordmann, A. (2003): *Shaping the World Atom by Atom: Eine nanowissenschaftliche WeltBildanalyse*. In: A. Grunwald (Hg.): *Technikgestaltung zwischen Wunsch und Wirklichkeit*. Berlin et al.: Springer, S. 192-203.
- Nordmann, A. (2004): *Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies*. Report for the European Commission, Brüssel
- Nordmann, A. (2005): *Wohin die Reise geht – Zeit und Raum der Nanotechnologie*. In: G. Gamm, A. Hetzel (Hg.): *Unbestimmtheitssignaturen der Technik: Eine neue Deutung der technisierten Welt*. Bielefeld: transcript, S. 103-123.
- Paschen, H.; Coenen, C.; Fleischer, T.; Grünwald, R.; Oertel, D.; Revermann, C. (2004): *Nanotechnologie. Forschung und Anwendungen*. Berlin et al.: Springer
- Rescher, N.; Urquhardt, A. (1971): *Temporal Logic*. Wien/New York
- Roco, M. C.; Bainbridge, W. S. (Hg.) (2002): *Converging Technologies for Improving Human Performance*. Arlington, Virginia: National Science Foundation
- Sanz-Menendez, L.; Cabello, C. (2000): *Expectations and Learning as Principles for Shaping the Future*. In: Brown, N.; Rappert, B.; Webster, A. (Hg.): *Contested Futures. A sociology of prospective techno-science*. Burlington: Ashgate Publishing, S. 229-246
- Schmid, G.; Ernst, H.; Grünwald, W.; Grunwald, A.; Hofmann, H.; Janich, P.; Krug, H.; Mayohr, M.; Rathgeber, W.; Simon, B.; Vogel, V.; Wyrwa, D. (2006): *Nanotechnology – Perspectives and Assessment*. Berlin et al.: Springer

- Schmidt, J. (2003): Zwischen Fakten und Fiktionen: NanoTechnoScience als Anfrage an prospektive Wissenschaftsbewertung und Technikfolgenabschätzung. In: Bender, W.; Schmidt, J. (Hg.): Zukunftsorientierte Wissenschaft. Münster: agenda-Verlag, S. 207-220
- Schütz, H.; Wiedemann, P. M.; Hennings, W.; Mertens, J.; Cauberg, M. (2004): Vergleichende Risikobewertung. Konzepte, Probleme und Anwendungsmöglichkeiten. Jülich: Forschungszentrum Jülich
- Selin, C. (2007) Expectations and the Emergence of Nanotechnology. *Science, Technology and Human Values* 32 (2), S. 196-220
- Smalley, R. (2001): Antworten auf Eric Dexler, *Scientific American* 81, Number 48, S. 37-42
- Stegmüller, W. (1983): Probleme und Resultate der Analytischen Philosophie und Wissenschaftstheorie, Bd. 1, Berlin et al.: Springer
- Swiss Re (2004): Nanotechnologie. Kleine Teile – große Zukunft? Zürich: Risk Perception
- Urban, P. (1973): Zur wissenschaftstheoretischen Problematik zeitraumüberwindender Prognosen. Köln
- Weyer, J. (1999): Wernher von Braun. Reinbek

Menschenzukünfte im Medium der Technik. Orientierungsnotwendigkeiten und Herausforderungen

1 Orientierungssuche im wissenschaftlich-technischen Fortschritt

Wissenschaftlich-technischer Fortschritt führt zu einer Erweiterung der menschlichen Handlungsmöglichkeiten. Das, was menschlichem Zugriff entzogen war, was als unbeeinflussbare Natur oder als Schicksal akzeptiert werden musste, wird zum Gegenstand technischer Manipulation oder Gestaltung. Dies ist eine Steigerung der Kontingenz in der *conditio humana*: eine Vergrößerung der Wahlmöglichkeiten zwischen verschiedenen Optionen und damit eine Verringerung der menschlichen Abhängigkeit von der Natur und der eigenen Tradition.

Die Emanzipation von der Natur, von den Traditionen der Vergangenheit und vom Schicksal zeigt allerdings Kehrseiten: Verunsicherungen, Orientierungsverluste und die Notwendigkeit, die entstandenen neuen Freiheiten durch bewusste Entscheidungen zu gestalten. Mit der Steigerung der Handlungsmacht des Menschen steigt auch seine Verantwortung: aus dem Ruder laufende Entwicklungen werden zunehmend menschlichen Entscheidungen statt der Natur oder dem Schicksal zugeschrieben. Der wissenschaftlich-technische Fortschritt mit seiner Steigerung der Kontingenzen in der *conditio humana* zeigt, allgemein gesprochen, eine dialektische Ambivalenz zwischen Emanzipation und Verunsicherung (Lübbe 1997).

In dieser für die Moderne charakteristischen Situation werden die für Meinungsbildungen und Entscheidungen erforderlichen Orientierungen immer weniger aus den vorhandenen Traditionen und Werten, aber immer stärker aus Debatten über die zukünftige Entwicklung bezogen (Luhmann 1989). Die moderne säkulare und verwissenschaftlichte Gesellschaft orientiert sich statt an der Vergangenheit mehr an Wünschen und Hoffnungen, aber auch Befürchtungen in Bezug auf die Zukunft. Die Rede vom Vorsorgeprinzip (Harremoes et al. 2002), von der Risikogesellschaft (Beck 1992), oder eben, wie in diesem Beitrag behandelt, von Visionen der Verbesserung des Menschen legen davon Zeugnis ab.

Gegenwärtig genießen die „Converging Technologies“ (CT) große wissenschaftliche und öffentliche Aufmerksamkeit (Roco/Bainbridge 2002). CT haben eine eman-

zipatorische Seite, indem dem Menschen neue Handlungsmöglichkeiten zuwachsen, z. B. die technische Verbesserung oder Umgestaltung des menschlichen Körpers und Geistes. Dabei werden aber gleichzeitig bisherige Selbstverständlichkeiten in Frage gestellt, was zu einer tief greifenden Verunsicherung führt (Kap. 2). In der gesellschaftlichen Diskussion dazu geht es daher nicht nur um die Zukunft einer bestimmten Technologielinie oder sich daraus ergebende gesellschaftliche Folgen, sondern auch um solche ‚großen Themen‘ wie die Zukunft der menschlichen Natur (Habermas 2001), die Zukunft des Verhältnisses von Mensch und Technik oder auch die Nachhaltigkeit der menschlichen Wirtschaftsweise (Grunwald/Kopfmüller 2012). Vor diesem Hintergrund werde ich in diesem Beitrag folgende Thesen vertreten:

- die beobachtbare Zunahme der visionären und futuristischen Anteile an der Kommunikation über die Schnittstelle zwischen Technik und Gesellschaft ist zunächst ein Ausdruck dieser Kontingenzsteigerung und gleichzeitig ihr Medium (Kap. 3);
- visionäre Kommunikation¹ wird aber simultan auch dazu verwendet, um in dieser Situation größerer Kontingenz neue Orientierungen zu schaffen (Kap. 3);
- der genauere Blick zeigt jedoch, dass dies zunächst nicht gelingt – statt zu neuer Orientierung führt die visionäre Kommunikation zu einer weiteren Verunsicherung in der Spannung zwischen Paradieserwartung und apokalyptischer Katastrophenbefürchtung (Kap. 4);
- es erweist sich daher als notwendig, neue Instrumente der prospektiven Zukunftsanalyse zu entwickeln und einzusetzen, um den durch visionäre Kommunikation erhofften Orientierungsgewinn wenigstens teilweise realisierbar zu machen (Kap. 5).

Neue analytische und reflexive Umgangsformen mit entsprechenden Mustern und Elementen visionärer Kommunikation sind erforderlich, z. B. zur Aufdeckung der kognitiven und normativen Gehalte futuristischer Visionen. Erst dadurch können ihre Potentiale zur Orientierung einer offenen demokratischen Gesellschaft ausgeschöpft werden. Technikfolgenabschätzung und weiteren verwandten Formen der Reflexion über wissenschaftlich-technische Entwicklungen wachsen angesichts einer durch CT veränderten *conditio humana* neue Aufgaben zu.

2 Visionen der technischen Verbesserung des Menschen

Neue Möglichkeiten der Verbesserung des Menschen werden durch die Converging Technologies (CT) erwartet (Roco/Bainbridge 2002). Nach dem Modell der NBIC-Konvergenz wird angenommen, dass Entwicklungen aus den Technik- und

1 An dieser Stelle und in diesem thematischen Kontext würde ich heute von Technikzukünften sprechen.

Wissenschaftsbereichen der Nanotechnologie, der Bio- und Gentechnologie, der Informations- und Kommunikationstechnologie sowie der Cognitive Sciences und Hirnforschung konvergieren. Diese Nano-Bio-Info-Cogno-Konvergenz NBIC soll zu revolutionären wissenschaftlichen Erkenntnissen und technischen Anwendungsmöglichkeiten führen. Der Nanotechnologie kommt in dieser Konvergenzhypothese eine herausgehobene Bedeutung zu, da sie die gezielte Manipulation auf molekularer Ebene möglich macht.

Nanotechnologie und die konvergierenden Technologien bieten nach Roco/Bainbridge (2002) weit reichende Perspektiven, den menschlichen Körper und Geist als selbst gestaltbar anzusehen und ihn gezielt durch technische Maßnahmen zu verbessern und dadurch auch die gesellschaftliche Leistungsfähigkeit zu erhöhen. Hierzu gehören die

- *Erweiterung der sensorischen Fähigkeiten des Menschen:* die Fähigkeiten des menschlichen Auges könnten erweitert werden, z. B. im Hinblick auf die Sehschärfe („Adlerauge“) oder im Hinblick auf eine Nachtsichtfähigkeit durch die Erweiterung des erfassbaren elektromagnetischen Spektrums in Richtung auf das Infrarot; andere Sinnesorgane wie das Ohr könnten ebenfalls verbessert werden oder es könnten dem Menschen ganz neue sensorische Fähigkeiten erschlossen werden, wie z. B. die Radarfähigkeit der Fledermaus.
- *die Erweiterung von Gehirnfunktionen durch technische Hilfe:* durch einen Chip, der direkt am Sehnerv angeschlossen werden könnte, wäre es möglicherweise denkbar, alle visuellen Eindrücke in Echtzeit aufzuzeichnen und extern abzuspeichern. Auf diese Weise könnten alle visuellen Eindrücke, die im Laufe eines Lebens anfallen, jederzeit wieder abgerufen werden. Zusätzlich zu dieser Erhöhung der Speicherkapazität des Gehirns könnte auch seine Informationsverarbeitungskapazität verbessert werden.
- *Verlangsamung des Alterns:* Altern lässt sich, grob gesagt, nach gegenwärtigem Verständnis als eine Form der Degradation auf zellulärer Ebene auffassen. Wenn es gelänge, jegliche Formen solcher Degradation sofort zu entdecken und zu reparieren, könnte das Altern erheblich verlangsamt oder sogar abgeschafft werden.

Diese Beispiele zeigen das gewaltige Potential der Befreiung des Menschen von vorgefundenen und bislang als unveränderlich angesehenen Umständen seiner Existenz. Die Fähigkeiten, die dem Menschen im Laufe der Evolution zugewachsen sind und die bislang – genauso wie die Grenzen dieser Fähigkeiten – als nicht beeinflussbar galten, würden in diesem Szenario in gestaltbare Eigenschaften transformiert. Ganz in der Tradition des technischen Fortschritts, der zu jeder Zeit Zustände und Entwicklungen, die bis dato als vorgegeben, als unverfügbares Schicksal angesehen wurden, in beeinflussbare, manipulierbare und gestaltbare Zustände und Entwicklungen überführte, ge-

rät durch CT der menschliche Körper und seine Psyche in die Dimension des Gestaltbaren. Damit findet eine weitere Erhöhung der Kontingenz in der *conditio humana* statt: eine Ausdehnung dessen, was entscheidbar ist, und eine Zurückdrängung dessen, was aus der Tradition oder der Evolution unhinterfragt hingenommen werden muss.

Diese Kontingenzerhöhung ist einerseits emanzipatorisch eine Befreiung von den Zwängen der Natur (was z. B. das Altern oder das sensorische Vermögen des Menschen betrifft), wie dies emphatisch die europäische Aufklärung bezeichnet hat. Andererseits stellt sie traditionelle Selbstverständlichkeiten in Frage: der Mensch, wie wir ihn kennen, mit seinen Fähigkeiten und Grenzen, wird „verflüssigt“. In Bezug auf die Verbesserung des Menschen stehen damit neue Entscheidungsmöglichkeiten im Raum, zu denen sich „die Gesellschaft“ eine Meinung nicht nur bilden *darf*, sondern auch bilden *muss*: welche Typen oder Möglichkeiten des Verbesserns werden gewünscht oder akzeptiert, wo liegen ethische Grenzen des Verbesserns, wie steht es um Missbrauch entsprechender Technologien und welche Folgen hat das alles unter Aspekten der Verteilungsgerechtigkeit. Um Fragen dieses Typs zu beantworten, bedarf die Gesellschaft in der neuen *conditio humana* mit der weiter gesteigerten Kontingenz ebenso weiter entwickelter Formen zum konstruktiven Umgang mit dieser Kontingenz.

3 Kontingenzsteigerung und Zukunftskommunikation

In dieser Situation gesteigerter Kontingenz gehen also bislang als selbstverständlich geltende Orientierungen verloren. Traditionelle Evidenzen wie die, dass Menschen bei Dunkelheit nicht sehen können, dass Menschen nicht über eine Radarfähigkeit verfügen wie Fledermäuse, dass Schnittstellen zur Technik (z. B. zu einem Computer) nur über recht komplexe Vorgänge unter Einsatz von Kulturtechniken wie des Schreibens oder durch das Bedienen von Tastaturen realisiert werden können, oder dass das menschliche Leben endlich ist, gehen verloren. Das „naturalistische“ Argument, dass Menschen physiologisch eben so sind, wie sie durch die Evolution geworden sind, gilt nicht länger.

Daher bedarf es neuer Formen kultureller Orientierungen, wie zukünftig Fragen nach der physischen und psychischen Verfasstheit des Menschen beantwortet werden sollen. Diese können aus Überlegungen zur Zukunft der Natur des Menschen (Habermas 2001) stammen: wie stellen wir uns heute diese zukünftige Natur vor, wo sollen die Ziele der Entwicklung liegen und welche Entwicklungen sollen auf jeden Fall (nach gegenwärtigem Verständnis) vermieden werden? Orientierungen dieses Typs entstammen nicht mehr der Berufung auf Vergangenheit, Natur und Tradition, sondern beziehen sich auf eine erhoffte oder befürchtete Zukunft. Es geht also darum, Zukunftskommunikation zur Gewinnung von Orientierungen für heute einzusetzen (Luhmann 1989).

Vor diesem Hintergrund werde ich in diesem Kapitel die im Zusammenhang mit der Nanotechnologie und den konvergierenden Technologien beobachtbare starke Zunahme von futuristischer und weit ausgreifender Zukunftskommunikation interpretieren. Der Boom der Zukunftsvisionen und der reflexiven wissenschaftlichen Arbeiten hierzu (z. B. Nordmann 2004; Dupuy 2005; Dupuy/Grinbaum 2004; 2006) stellt eine gesellschaftliche Reaktion auf die durch die CT in den Blick geratene mögliche dramatische Steigerung der Kontingenz der *conditio humana* dar. In dem Moment, da gesellschaftliche Traditionen und die Orientierung an Vorgegebenem wie an Eigenschaften des „natürlichen“ menschlichen Körpers nicht mehr als Orientierung hinreichen, wird die Orientierung über Zukunftsentwürfe und Visionen gesucht.

Allerdings, und dies ist eine wesentliche These dieses Beitrags, ist dieser Ansatz selbst ambivalent und voraussetzungsreich. Denn futuristische Visionen (Grunwald 2004) und weit ausgreifende Zukunftskommunikation dienen nicht einfach dazu, in der Situation gesteigerter Kontingenz neue Orientierungen zu finden, sondern sind selbst auch wesentliches *Medium* dieser Kontingenzsteigerung. Sie sind *Ausdruck einer Diagnose und Ansatz zur Therapie zugleich*. Visionäre Zukunftskommunikation erfüllt an dieser Stelle mehrere Funktionen, zwischen denen teils gegenläufige und ambivalente Effekte auftreten: Zukunftskommunikation des Typs „Verbesserung des Menschen“ ist erstens *Medium* der Kontingenzsteigerung (Mediale Funktion), zeigt die Kontingenzsteigerung zweitens an (*Indikatorfunktion*) und soll drittens zur Bewältigung ihrer Folgen beitragen (*Orientierungsfunktion*). Diese analytische Unterscheidung sei etwas näher erläutert, da sie für die folgenden Ausführungen von zentraler Bedeutung ist.

- (1) *Medialfunktion*: Zunächst ist die Zukunftskommunikation (dabei ist es gleichgültig, ob es sich um visionäre Erwartungen wie Verlangsamung oder Abschaffung des Alterns oder um Katastrophenbefürchtungen handelt, vgl. Kap. 4) als solche ein Katalysator und Antreiber der Kontingenzsteigerung. Bisherige unhinterfragte Selbstverständlichkeiten (z. B. die Fähigkeiten eines gesunden menschlichen Auges und seine Grenzen) werden bereits dadurch aufgelöst, dass über zukünftige technische Verbesserungsmöglichkeiten gesellschaftsweit geredet wird. Unabhängig davon, ob und wann sich diese Möglichkeiten realisieren lassen werden, geraten bereits durch die visionäre Zukunftskommunikation *als solche* die möglichen Alternativen und damit die Wahlmöglichkeiten in den Blick. Traditionelle Selbstverständlichkeiten werden aufgelöst und Kontingenzen geschaffen, ohne dass die technischen Möglichkeiten dafür schon vorhanden wären. Auf diese Weise gehen Visionen häufig der wissenschaftlich-technischen Forschung weit voraus (Dupuy 2005).
- (2) *Indikatorfunktion*: Die Zunahme der Zukunftskommunikation um Visionen wie den molekularen Assembler (Drexler 1986) oder die Verbesserung des Menschen (Roco/Bainbridge 2002) zeigt die stattfindende Erosion traditioneller Selbstver-

ständnisse an. In der vermehrten Nutzung von Zukunftsbezügen in gesellschaftlichen Debatten zeigt sich deutlich einerseits das Aufbrechen traditioneller Überzeugungen und scheinbarer Gewissheiten sowie andererseits das Aufkommen neuer Fragen wie z. B. nach der Natürlichkeit oder der Gestaltbarkeit des menschlichen Körpers und Geistes. Zukunftskommunikation ist ein Indikator für die Kontingenzsteigerung und begleitet sie. Daher besteht die Möglichkeit, durch ihre wissenschaftliche Analyse und Deutung etwas über stattfindende Kontingenzsteigerungen in der *conditio humana* zu erfahren.

(3) *Orientierungsfunktion*: Im Sinne der eingangs genannten These von der zunehmenden Zukunftsorientierung moderner Gesellschaften stellt die Zukunftskommunikation aber auch immer bereits einen Versuch dar – in der durch sie selbst mit erzeugten Situation gesteigerter Kontingenz Entscheidungsmacht und Unsicherheit – neue Orientierung zu schaffen. Wenn es gelänge, durch eine gesellschaftliche Verständigung über angestrebte, gewünschte oder zu verhindernde Zukünfte Orientierung in anstehenden Entscheidungen zu schaffen, dann wäre die Situation gesteigerter Kontingenz konstruktiv bewältigt. Charakteristisch für diese Zukunftskommunikation auf der Basis wissenschaftlicher Visionen ist daher eine doppelte Ambivalenz:

- *Ambivalenz zwischen Auflösung und Schaffung von Orientierung*: Im Medium der Zukunftskommunikation vollzieht sich simultan die *Auflösung* vorhandener Orientierungen (Medialfunktion) wie auch die *Schaffung* neuer Orientierung (Orientierungsfunktion). Beispielsweise können die Visionen von Drexler (1986) und Roco/Bainbridge (2002) einerseits als Auflösung traditioneller Selbstverständlichkeiten gelesen werden, andererseits aber als klares Angebot, was – nach Meinung der Autoren – an deren Stelle treten sollte.
- *Ambivalenz innerhalb der Schaffung von Orientierung*: Die Schaffung von Orientierung durch Zukunftskommunikation gelingt selten ohne Probleme. Im Gegenteil, angesichts der extremen Diskrepanz zwischen Katastrophenbefürchtungen und Heilserwartungen wird die Unsicherheit vielfach noch verstärkt (Kap. 4).

Im Folgenden geht es daher zunächst darum, die *Ambivalenz innerhalb der Schaffung von Orientierung* näher zu untersuchen, um Bedingungen gelingender Orientierungsleistung durch visionäre Kommunikation zu bestimmen. Von dort aus ergibt sich sodann ein Bedarf an methodischen Weiterentwicklungen prospektiver Analysen (dazu dann Kap. 5).

4 Ambivalenzen der Orientierungssuche durch Visionen

Ambivalenzen der geschilderten Art zeigen sich in der Divergenz visionärer Aussagen zu den CT zwischen Katastrophenbefürchtung und Heilserwartung, zwischen Katastrophenbefürchtungen in gegensätzlichen Richtungen sowie in der Gefahr des Umschlagens sehr weit reichender Versprechungen in sehr weit reichende Befürchtungen.² Einige Entwicklungen der CT werden im Kontext der „Verbesserung des Menschen“ in einer Weise propagiert, dass man sie in den Kontext von Heilserwartungen und Paradieshoffnungen stellen kann: „Rapid advances in convergent technologies have the potential to enhance both human performance and the nation’s productivity. Examples of payoff will include improving work efficiency and learning, enhancing individual sensory and cognitive capacities, revolutionary changes in healthcare, improving both, individual and group efficiency, highly effective communication techniques including brain to brain interaction, perfecting human-machine interfaces including neuromorphic engineering for industrial and personal use, enhancing human capabilities for defence purposes, reaching sustainable development using NBIC tools, and ameliorating the physical and cognitive decline that is common to the aging mind“ (Roco/Bainbridge 2002, 1). Letztlich geht es darum, durch CT einerseits die großen gegenwärtigen Menschheitsprobleme zu lösen (anschaulich ist bei Drexler 1986 nachzulesen, wie – seiner Meinung nach – durch Nanotechnologie z. B. auch Entwicklungsprobleme und Armut beseitigt werden könnten), andererseits enthält das Programm der CT auch die Botschaft, dass damit die Menschheit zu neuen Ufern aufzubrechen könne und solle. Diese Erwartungen kontrastieren auf das Schärfste mit Befürchtungen, wie sie – in der Tradition der technikskeptischen Argumentationslinie von Joy (2000) – geäußert werden. Interessanterweise nimmt Joy genau die gleichen technischen Visionen, an die Drexler seine Heilserwartungen geknüpft hatte – selbst replizierende Nanoroboter auf der Basis des molekularen Assemblers (Drexler 1986) –, zum Ausgangspunkt seiner Überlegungen, warum „die Zukunft uns nicht braucht“. Die Unsicherheiten des Wissens über die CT und ihre Folgen in Verbindung mit dem immensen Schadenspotential möglicherweise katastrophaler Folgen nehmen Dupuy/Grinbaum (2004) und Dupuy (2005) zum Anlass, sogar das Vorsorgeprinzip als unzureichend zur Behandlung von weit reichenden Zukunftsfragen einzustufen. Stattdessen lässt Dupuys Sicht der Zukunft einer zukünftigen Gesellschaft mit CT als Ausweg nur die *existenzielle Abkehr* von der Nanotechnologie offen. Eine zwischen Heilserwartung und Katastrophenbefürchtung schwankende Debatte kann jedoch nicht zur Orientierung in der Situation gesteigerter Kontingenz beitragen, sondern verschärft die damit erzeugten Unsicherheiten weiter.

2 Hier kommt es zu inhaltlichen Überschneidungen mit dem Text „Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft“. Diese gaben Anlass, den ursprünglichen Text zu kürzen. Um jedoch die eigenständige Lesbarkeit der Texte zu erhalten, wurde ein gewisses Maß an Redundanz erhalten.

Die bereits genannten Katastrophenerwartungen von Joy (2000) oder Dupuy (2005) zeigen Befürchtungen hinsichtlich der Entwicklung und intensiven Nutzung von CT. In beiden Fällen handelt es sich um die Befürchtung einer „ultimativen“ Katastrophe, die die Entwicklung der Menschheit beenden würde. Allerdings reden auch die Befürworter der CT von Katastrophen, nur im gegenteiligen Sinn: „If we fail to chart the direction of change boldly, we may become the victims of unpredictable catastrophe“ (Roco/Bainbridge 2002, S. 3). Sprachlich erinnert diese Argumentationsfigur – die Androhung krasser Sanktionen im Falle der Verweigerung gegenüber bestimmten Ratschlägen – an die Propheten des Alten Bundes und gewinnt damit geradezu biblisches Format. Durch beide visionären Argumentationslinien soll Orientierung geschaffen werden: zum einen in Richtung auf eine „Abkehr“ von den CT (Dupuy 2005), zum anderen im Hinblick auf die Zuwendung und gesellschaftliche Akzeptanz. Diese Orientierungsleistung gelingt allerdings nicht. Wenn die ultimative Katastrophe in beiden Richtungen als Drohmittel eingesetzt wird, führt dies zu einer Beliebigkeit der Konklusionen. Wenn die ultimative Katastrophe mit und ohne CT droht, dann kann von einer Orientierung angesichts gesteigerter Kontingenz nicht die Rede sein. Diese Ansätze, über Zukunftserwartungen Orientierung zu schaffen, verstärken dann – in paradoxer Weise – nur den Eindruck der Orientierungslosigkeit.

Über diese aktuellen Beispiele hinaus weisen Visionen auch eine *inhärente Ambivalenz* auf. In futuristischen Visionen wird – wie in der Debatte zu der „Verbesserung des Menschen“ – das *ganz Neue* in den Vordergrund gestellt. Das Revolutionäre und das „wirklich“ Neue sind jedoch keineswegs nur faszinierend, sondern erwecken auch Angst, Sorgen und Ablehnung. Die Metaphern des radikal und revolutionär Neuen in der Form wissenschaftlich-technischer Visionen zu verwenden, kann in sein Gegenteil umschlagen: der Versuch, durch positive Utopien zu faszinieren und zu motivieren, kann gerade zu Ablehnung und Widerspruch führen. Das Neue kommt häufig nicht unter Begeisterungstürmen in die Welt, sondern unter Opfern, gesellschaftlichen Erschütterungen, Traditionsverlusten und Orientierungsproblemen. Das visionäre Pathos in vielen Technikutopien ist extrem anfällig gegenüber der einfachen Frage, ob nicht auch alles ganz anders sein könnte – und es ist so gut wie sicher, dass diese Frage in einer offenen Gesellschaft auch gestellt wird. Sobald sie aber gestellt ist, verpufft die erhoffte orientierende Wirkung futuristischer Technikvisionen und kann gar in das Gegenteil umschlagen.

Aus diesen kurzen Analysen der aktuellen Argumentationslage zu CT lässt sich folgendes für die Anliegen dieses Beitrags lernen. Zunächst scheint das Ausmaß der Kontingenzsteigerung maximal zu sein: zwischen Paradies und Katastrophe erscheint alles möglich. Dass visionäre Zukunftskommunikation eine Steigerung der Kontingenz einerseits betreibt und andererseits ein Anzeichen dafür ist (Kap. 3), wird dadurch eindrucksvoll illustriert. Die erwähnte – und gewünschte – Orientierungsfunktion dieser ‚Technikzukünfte‘ allerdings ist in keiner Weise zu erkennen.

Daraus resultiert ein ernsthaftes Problem für die erwartete „Orientierungsfunktion“ der Zukunftskommunikation (Kap. 3). Das Ziel der Orientierungsleistung und Kontingenzreduktion mittels der Zukunftskommunikation ist scheinbar nicht erreichbar. Visionen, eingesetzt zur Rückgewinnung von Orientierung, verstärken die Desorientierung. Wenn negative gegen positive Utopie steht, werden Unsicherheit und Verwirrung noch gesteigert. Wenn aber einerseits die Realisierung der Orientierungsfunktion der Zukunftskommunikation unverzichtbar ist, damit nicht gesellschaftliche Handlungsblockaden, Fundamentalismus oder destruktive weltanschauliche Grabenkämpfe die Folge sind, und andererseits diese Orientierungsfunktion wie beschrieben nicht von selbst greift, dann sind unterstützende Aktivitäten gefragt, um hier Abhilfe zu schaffen. Neue Tools zur Strukturierung, Deutung, Kritik, Rationalisierung und Bewertung dieser Zukunftskommunikationen sind erforderlich, möglicherweise auch neue Formen der Institutionalisierung analysierender und reflektierender wissenschaftlicher Unterstützung und ihrer gesellschaftlichen Anbindung.

5 Analyse von Technikvisionen als Ausweg?

Angesichts der Situation, dass die Steigerung der Kontingenz durch CT neue Orientierungen verlangt, diese aber in die geschilderten Schwierigkeiten der Zukunftskommunikation führt, stellt sich die Frage nach anderen Möglichkeiten, zur konstruktiven Bewältigung der Orientierungsprobleme beizutragen. Hierzu sind zunächst die Bedingungen gelingender Orientierung genauer zu klären, bevor an die Ausarbeitung konkreter Vorschläge zu denken ist.

Die faktische Bedeutung von weit ausgreifender Zukunftskommunikation besteht zu Nanotechnologie und den CT vor allem in ihrer erheblichen Wirkung auf die Wahrnehmung in der Öffentlichkeit, sowohl in Bezug auf die positiven Erwartungen an den Fortschritt, als auch – als ambivalente Kehrseite – auf die Risikofragen. Weiterhin ist daran zu denken, dass weit reichende Visionen einen Einfluss auf die *Agenda* der Wissenschaften haben. Sobald sie in politischer und öffentlicher Kommunikation auftauchen, beeinflussen sie – direkt oder indirekt – die gesellschaftliche Haltung und damit letztlich auch die Forschungsförderung.

Damit ist eine offene demokratische Auseinandersetzung zu Zukunftsvisionen und Befürchtungen entscheidend für eine konstruktive Bewältigung der geschilderten Orientierungsprobleme und für eine legitimierte Entscheidungsfindung über den Fortgang von Forschung, Regulierung und Forschungsförderung. Unverzichtbar unter demokratiethoretischen Ansprüchen ist dabei die Forderung nach Transparenz in Bezug auf die verwendeten Zukunftsprojektionen und die hinter ihnen stehenden Argumente, Prämissen und Imaginationen. Dies ist jedoch, wie die obigen Ausführungen gezeigt haben, keineswegs gegeben: der unbezweifelbaren faktischen Relevanz der futu-

ristischen Visionen steht ihr methodisch und erkenntnistheoretisch ungeklärter Status gegenüber. Diese Situation verlangt danach, dass Technikvisionen zu einem Analysegegenstand werden: „If the future depends on the way it is anticipated and this anticipation is made public, every determination of the future must take into account the causal consequences of the language that is being used to describe the future and how this language is being received by the general public, how it contributes to shaping public opinion, and how it influences the decision-makers“ (Dupuy/Grinbaum 2004, S. 17). Konzeptionelle Anforderungen an eine konstruktive Bewältigung der Orientierungsprobleme treten daher in mehrfacher Hinsicht auf:

- in epistemologischer Hinsicht geht es darum, die Inhalte und Prämisse der Zukunftserwartungen und -befürchtungen transparent aufzudecken;
- in normativer Hinsicht heißt dies analog, dass die Wertedimension ebenso konstruktiv und transparent aufgedeckt werden muss;
- in handlungsstrategischer Hinsicht geht es um Verfahren der Auseinandersetzung und um den verantwortlichen Umgang mit Zukunftsvisionen.

Ein ‚Vision Assessment‘ (vgl. Grunwald 2004) in Erweiterung zu etablierten Ansätzen der Technikfolgenabschätzung (vgl. Decker/Ladikas 2004) unter Beteiligung von Technikphilosophie und Wissenschaftstheorie einerseits und den empirischen Sozial- und Kommunikationswissenschaften andererseits würde Visionen als Kommunikationsmedium in ihren kognitiven und evaluativen Gehalten und Folgen untersuchen, um eine transparente und rationale Diskussion zu ermöglichen.³ Es wäre Baustein eines offenen, kognitiv informierten und normativ orientierten Dialoges, z. B. zwischen Experten und Öffentlichkeit oder zwischen Naturwissenschaften, Forschungsförderung und Regulierung, der erforderlich ist, um die Innovationspotentiale der CT ausschöpfen zu können, ohne in eine fundamentalistisch verhärtete Risikodiskussion zu münden. Damit würde ein Vision Assessment auch die Aufgabe übernehmen, Brücken zu den anderen ‚Zukunftsdebatten‘ der Gesellschaft zu bauen, z. B. zur Nachhaltigkeit der menschlichen Wirtschaftsweise, zum demografischen Wandel oder zur Zukunft der Entwicklungsländer.

Insbesondere wäre es Aufgabe eines Vision Assessment, in allen diesen Phasen die verschiedenen und teils komplett divergierenden Zukunftsbilder (vgl. Kap. 4) direkt miteinander zu konfrontieren. Dies kann einerseits durch analytische Arbeit erfolgen, andererseits sollten aber auch die Vertreter der verschiedenen Positionen in Workshops direkt ihre unterschiedlichen Einschätzungen mit- und gegeneinander diskutieren, um die jeweiligen Prämissen und Annahmen herauszupräparieren. Dies garantiert noch keine erfolgreiche Nutzung von Technikvisionen zur Orientierung gesellschaftlicher Meinungsbildung oder politischer Entscheidung – jedoch ist die Analyse

3 Dieses ist ausführlicher erläutert in dem Beitrag „Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft“.

der Technikvisionen (in diesem Band darf ich auch sagen: ihre Hermeneutik) eine *notwendige Bedingung* gelingender Orientierung.

Die Diskussion um eine technische Verbesserung des Menschen durch CT (Kap. 2) verändert die *conditio humana* bereits dadurch, dass sie stattfindet. Die *neue conditio humana* bezeichnet eine Welt, in der es keinen Idealzustand der körperlichen oder geistigen Verfasstheit eines gesunden Menschen mehr gibt, sondern in der dieser Idealzustand selbst gestaltbar erscheint, unabhängig davon, ob und wann die wissenschaftlich-technischen Möglichkeiten verfügbar sein werden, eine technische Verbesserung des menschlichen Körpers, Geistes und seiner Gesellschaft tatsächlich umzusetzen. In diese neuen *conditio humana* mit ihrer drastischen Erhöhung der Kontingenz und der entsprechenden Auflösung traditioneller Selbstverständlichkeiten entsteht in großem Umfang Bedarf an neuen Formen von Orientierung, um die neu entstehenden Wahlmöglichkeiten und Entscheidungsspielräume konstruktiv und legitimiert zu nutzen.

Angesichts der visionären Natur der Aussichten auf eine technische Verbesserung des Menschen und der längeren bis langen Zeiträume, in denen mit der Realisierung bestimmter Teilschritte zu rechnen ist, besteht aller Voraussicht nach genügend Zeit, sich mit den aufgeworfenen Fragen auseinanderzusetzen. Generell gilt dabei, dass diese reflexive Auseinandersetzung bereits in frühen Phasen der Entwicklung erfolgen sollte, denn dann bestehen die größten Möglichkeiten, Einfluss auf den Prozess der wissenschaftlichen Entwicklung zu nehmen. Die Gelegenheit ist günstig, dass im Fall der CT die ethische Reflexion und die gesellschaftliche Auseinandersetzung nicht zu spät kommen, sondern die wissenschaftlich-technische Entwicklung kritisch begleiten können.

Literatur

- Beck, U. (1992): *Risk Society, Towards a New Modernity*. London: Sage Publications [originally: Beck, U. (1986): *Risikogesellschaft*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp]
- Brown, N.; Rappert, B.; Webster, A. (2000) (Hg.): *Contested Futures. A sociology of prospective techno-science*. Burlington: Ashgate Publishing
- Decker, M.; Ladikas, M. (Hg.) (2004): *Bridges between Science, Society and Policy. Technology Assessment – Methods and Impacts*. Berlin: Springer
- Drexler, K. E. (1986): *Engines of Creation – The Coming Era of Nanotechnology*. Oxford: University Press
- Dupuy, J.-P. (2005): *The philosophical foundations of Nanoethics. Arguments for a Method*. Lecture at the Nanoethics Conference, University of South Carolina, March 2-5, 2005
- Dupuy, J.-P.; Grinbaum, A. (2004): *Living with Uncertainty: Toward the ongoing Normative Assessment of Nanotechnology*. *Techné* 8, S. 4-25
- Grunwald, A. (2004): *Vision Assessment as a new element of the Technology Futures Analysis Toolbox*. In: *Proceedings of the EU-US Scientific Seminar: New Technology Foresight, Forecasting & Assessment Methods*, Seville, May 13-14 2004; <http://www.jrc.es/projects/fta/index.htm> [2.6.2005]

- Grunwald, A. (2006): Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft. In: A. Nordmann, J. Schummer, A. Schwarz (Hg.): Nanotechnologien im Kontext. St. Augustin: Akademie Verlag, S. 49-80
- Habermas, J. (2001): Die Zukunft der menschlichen Natur. Frankfurt a. M.: Suhrkamp
- Harremoes, P., Gee, D., MacGarvin, M., Stirling, A., Keys, J., Wynne, B., Guedes Vaz, S. (Hg.) (2002): The Precautionary Principle in the 20th century. Late Lessons from early warnings. London
- Joy, B. (2000): Why the Future Does not Need Us. Wired Magazine, April 2000, S. 238-263
- Lübbe, H. (1997): Modernisierung und Folgelasten. Berlin et al.: Springer
- Luhmann, N. (1989): Paradigm lost. Frankfurt a. M.: Suhrkamp
- Nordmann, A. (2004): Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies. Brüssel: European Commission
- Porter, A. L. et al. (2004): Technology Futures Analysis: Toward Integration of the field & New Methods (manuscript)
- Roco, M. C., Bainbridge, W. S. (Hg.) (2002): Converging Technologies for Improving Human Performance. Arlington, Virginia: National Science Foundation
- Schmidt, J. (2003): Zwischen Fakten und Fiktionen: NanoTechnoScience als Anfrage an prospektive Wissenschaftsbewertung und Technikfolgenabschätzung. In: Bender, W.; Schmidt, J. (Hg.): Zukunftsorientierte Wissenschaft. Münster: agenda-Verlag, S. 207-220

Die ‚technische Verbesserung‘ des Menschen. Von der Fiktion zur Realität?

1 Konvergierende Technologien zur Verbesserung des Menschen

In den letzten Jahren hat, in der Folge eines Workshops der National Science Foundation und der daraufhin entstandenen Publikation (Roco/Bainbridge 2002), eine kontroverse internationale Debatte zur ‚technischen Verbesserung des Menschen‘ (Human Enhancement) eingesetzt. Vorangegangen waren dieser Debatte Diskussionen über eine gentechnische Veränderung bzw. Perfektionierung des Menschen, die zu philosophischer Kritik Anlass gegeben haben (z. B. Habermas 2001). Die neuere Debatte um die Zukunft des Menschen stellt vor allem die ‚technische Verbesserung‘ in den Mittelpunkt. Sie hat weit reichende Visionen von der Umgestaltung des menschlichen Körpers und Geistes sowie der weitgehenden Abschaffung des Todes und der Verschmelzung von Mensch und Maschine entwickelt (vgl. den vorhergehenden Beitrag in diesem Band). Im Kontext des Transhumanismus hat diese Debatte auch weltanschauliche Züge angenommen, die den Rahmen üblicher gesellschaftlicher Technikdebatten weit übersteigen (z. B. Coenen 2006).

Mein Thema in diesem Beitrag ist, aufbauend auf früheren Arbeiten¹, ob und wie mögliche Wege der technischen Verbesserung in die gesellschaftliche Realität hinein vorstellbar oder absehbar sind. Ob es solche Wege geben wird und wie sie aussehen, kann zurzeit niemand mit Sicherheit voraussagen. Daher können meine Einschätzungen nur Plausibilitätsüberlegungen auf Basis der heutigen Argumentationslage und heutiger Diagnosen sein. Für diese ist es notwendig, zunächst genauer zu präzisieren, was mit ‚Verbesserung‘ und insbesondere mit ‚technischer Verbesserung‘ gemeint ist (Teil 2). Weiterhin werden mögliche Wege in die Realität von ethischen Faktoren abhängen, deren überblicksartige Behandlung daher ebenfalls notwendig ist (Teil 3), bevor diese möglichen Wege und die Türöffner der technischen Verbesserung beschrieben werden können (Teil 4). Es zeigt sich schließlich, dass die Tatsache, dass engagiert

¹ Dieser Beitrag erscheint parallel in weitgehend identischer Form in den Abhandlungen der philosophisch-historischen Klasse der Sächsischen Akademie der Wissenschaften (vgl. Quellenverzeichnis). Das Kapitel 2 zur Hermeneutik ist eine Kurzfassung des entsprechenden Teils aus Grunwald 2008. Das Kapitel 3 zur Ethik ist eine Weiterentwicklung von Gedanken aus dem gleichen Buch, ergänzt um neuere Literaturverweise gemäß Grunwald 2012.

über diese Thematik gestritten wird, obwohl sie zurzeit weitgehend Fiktion ist, etwas über uns heute aussagt, unsere Befindlichkeiten und Sorgen – ganz im Sinne der ‚Immanenz der Gegenwart‘ (vgl. den vorhergehenden Beitrag in diesem Band).

2 Hermeneutik der ‚technischen Verbesserung‘

Ein ‚Verbessern‘ ist das Gegenteil von ‚Verschlechtern‘. Diese alltagssprachlich grundsätzlich positive Konnotation des Verbesserns führt jedoch bei näherer Betrachtung in die Irre, als gäbe es ein Verbessern „*als solches*“ (2.1). Erst die Verbindung eines differenzierten Verständnisses von Verbessern mit der grundlegenden Dynamik des wissenschaftlich-technischen Fortschritts (2.2) macht die einer ‚technischen Verbesserung‘ des Menschen innewohnende Brisanz deutlich.

2.1 Verbessern als Tätigkeit

Das Verbessern als Handlungsweise zu verstehen erlaubt, übliche handlungstheoretische Unterscheidungen heranzuziehen. Es gibt *Akteure* (Subjekte des Verbesserns), die *etwas* (das Objekt der Verbesserung) nach *Zweck- und Zielsetzungen* verbessern. Unterschieden werden muss dabei zwischen den *ex ante* vorgestellten Zielen einer verbessernden Maßnahme und den sich *ex post* einstellenden realen Folgen dieser Maßnahme. Eine als Verbesserung intendierte Maßnahme kann sich *ex post* als eine Verschlechterung herausstellen (das schöne Wort ‚Verschlimmbesserung‘ rekurriert darauf), oder es kommt zu anderen nicht intendierten und zumeist ‚unfolgsamen‘ Folgen (Gloede 2007). Wenn es also um die Beurteilung von Verbesserungen unter Aspekten der Zweck/Mittel-Rationalität geht, sind zu beachten: die Zwecke und Ziele der Verbesserung, die sich daran orientierenden Kriterien, die mit einer bestimmten Verbesserung möglicherweise in anderer Hinsicht verbundenen Verschlechterungen, Kriterien und Maße der Abwägung in derartigen Zielkonflikten sowie schließlich das mögliche Auftreten nicht intendierter Folgen der Verbesserungsmaßnahmen.

Die dreistellige sprachpragmatische Rekonstruktion „jemand verbessert etwas unter einem Kriterium“ dürfte die minimale semantisch sinnvolle Rekonstruktion des Wortes ‚verbessern‘ darstellen. Eine zweistellige Rekonstruktion ‚jemand verbessert etwas‘ wäre pragmatisch unterbestimmt. Die Angabe eines Kriteriums, unter dem verbessert wird, ist unabdingbar. Denn eine Verbesserung in der einen Richtung kann eine Verschlechterung in einer anderen sein. Aus der technischen Entwicklung ist dies vielfach bekannt: die Verbesserung eines Automobils unter Aspekten der Sportlichkeit kann auf Kosten der Umweltverträglichkeit gehen, eine Verbesserung unter Kostenaspekten kann die Anforderungen an Sicherheit gefährden. Zielkonflikte sind in technischen Verbesserungen oder auch in politischen Entscheidungen an der Tagesordnung:

Verbesserungen sind häufig mit Verschlechterungen verbunden, so dass komplexe Abwägungen erforderlich werden, um eine Entscheidung zu treffen.

Das Verbessern stellt somit eine Tätigkeit, ein Handeln dar, durch das ein Gegenstand, ausgehend von einem Ausgangszustand, in einer bestimmten Richtung in einem größeren oder kleineren Ausmaß verändert wird. Danach umfasst das ‚Verbessern‘ unverzichtbar drei semantische Dimensionen:

- einen Ausgangspunkt: eine Veränderung lässt sich nur als Veränderung erkennen, wenn der Ausgangspunkt angegeben wird, relativ zu dem die Veränderung erfolgt;
- ein Kriterium des Verbesserns: es muss ein normatives Kriterium angegeben werden, dessen Erfüllung darüber entscheidet, ob eine Veränderung als Verbesserung eingestuft wird. Ein Kriterium besteht aus der Angabe eines Parameters (quantitativ oder qualitativ) und der Richtung der Veränderung des Parameters, welche als Verbesserung angesehen wird;
- ein Maß des Verbesserns: wie kann die Größe einer Verbesserung gemessen werden? Dies ist vor allem von Bedeutung in Abwägungsprozessen, wenn der Verbesserung an einer Stelle eine Verschlechterung an anderer Stelle gegenüber steht und eine Bilanzierung erforderlich ist.

Eine häufig unterschlagene Differenz soll hier gerade betont werden. Während sich das Verbessern auf die Veränderung eines Ausgangszustands unter dem jeweiligen Kriterium der Verbesserung bezieht, unterliegen *Optimieren* und *Perfektionieren* weitergehenden Erfolgsbedingungen. Im Verbessern geht es nur um die *Richtung* einer Veränderung, beim Optimieren und Perfektionieren hingegen um die Orientierung an einem vorgestellten End- oder Zielzustand. Verbessern ist zwar richtungsgebunden, aber im Maß offen. Auch eine noch so kleine Verbesserung ist eine Verbesserung. Eine Optimierung hingegen zielt auf einen ‚optimalen‘ oder eben auf einen ‚perfekten‘ Zustand, enthält also eine teleologische Dimension. Dem evolutionären Verbessern steht das teleologische Optimieren gegenüber, planungstheoretisch und auch geschichtsphilosophisch eine völlig entgegen gesetzte Herangehensweise. Während das Verbessern einen unendlichen Raum immer weiterer möglicher Verbesserungen eröffnet, grenzt die teleologische Perspektive die Zukunft auf einen Zielzustand ein.

Vor diesem rein begrifflichen Hintergrund kann die Rede von einer Verbesserung des Menschen präziser formuliert werden. Dabei ist der generische Singular ‚des Menschen‘ zumindest deutungsbedürftig: handelt es sich um konkrete Menschen bzw. ihre Teile als Gegenstände des Verbesserns, unspezifisch um beliebige Menschen, alle Menschen oder die Menschheitsgattung? In diesem Beitrag wird er als Platzhalter und Abkürzung für die generalisierende Rede von ‚Verbesserungen von etwas am oder im individuellen Menschen‘ verwendet. Eingriffe ins Erbgut, die zunächst als ‚technische Verbesserung‘ eines individuellen Menschen gedacht wären, über den Vererbungsme-

chanismus aber auch an zukünftige Generationen weitergegeben würde, stehen in diesem Beitrag im Hintergrund.

In Bezug auf den Ausgangspunkt, von dem aus eine Verbesserung von etwas im oder am Menschen erfolgen sollte, bestehen weit reichende Wahlmöglichkeiten:

- der körperlichen oder geistigen Ausstattung eines bestimmten individuellen Menschen,
- dem Standard eines durchschnittlichen gesunden Menschen, gemessen etwa nach statistischen Erhebungen menschlicher Leistungsfähigkeit, oder in
- der Leistungsfähigkeit, die unter optimalen Bedingungen von Menschen erreicht werden kann, sozusagen dem oberen Ende der statistischen Verteilung der Leistungsfähigkeit.

Im ersten Fall wäre bereits eine Brille eine Verbesserung eines individuellen Menschen, dessen Augen nicht den Erwartungen an ein gesundes menschliches Auge entsprechen. Im zweiten Fall wäre erst dann von einer Verbesserung zu sprechen, wenn durch eine bestimmte Maßnahme der Standard eines gesunden Menschen überschritten würde, und im dritten Fall schließlich würde man nur von einer Verbesserung sprechen, wenn ‚übliche‘ menschliche Fähigkeiten überschritten würden: „Übermenschlich‘ kann dabei entweder den Abstand zu ‚normalen‘ menschlichen Leistungen bedeuten [...] oder eben eine die *conditio humana* grundsätzlich übersteigende Stufe“ (Siep 2006, S. 307).

Weite Teile der ‚Enhancement‘-Debatte machen keine Unterschiede zwischen diesen Alternativen, sondern versuchen ausschließlich die Grenze zwischen Heilen und Verbessern zu klären. Das Heilen ist an der regulativen Idee eines gesunden Menschen orientiert. Was dies konkret bedeutet, ist wurde und wird historisch und kulturell verschieden beantwortet, ist jedoch kontextuell zumeist hinreichend klar. Die Augenärztin, die ihren Patienten einem Sehtest unterzieht, hat ein objektivierbares Verständnis, was das ‚gesunde‘ menschliche Auge zu leisten in der Lage ist. Sie wird erst bei Abweichungen davon und erst ab einer gewissen Größenordnung dieser Abweichung technische Kompensationen vorschlagen (z. B. eine Brille). Das Ziel dieser Maßnahme ist die Erreichung einer ‚normalen‘ Sehfähigkeit, welche sich aus statistischen Analysen ergibt. Die Konstellation, dass ein angenommener Normalzustand als Basis zur Erkennung von Abweichungen und zur Diagnose von Eingriffsnotwendigkeiten besteht, ist zentral für das übliche ärztliche Handeln.

Es verbleibt die Frage, ob ein Verbessern sich auf den Ausgangszustand eines statistischen gesunden Menschen oder auf die Leistungsfähigkeit eines Menschen unter optimalen Bedingungen beziehen sollte. In diesem Beitrag wird die letztere Alternative gewählt. Unter einem Verbessern des Menschen wird daher im Folgenden ein Verbessern verstanden, das an dem Ausgangspunkt des gesunden Menschen unter optimalen Bedingungen orientiert und das über dessen Fähigkeiten hinaus führen soll,

je bezogen auf ein spezifisches Kriterium der Verbesserung. Entsprechende Kriterien sind nach den obigen Beispielen z. B. die Wahrnehmbarkeit elektromagnetischer Strahlung anhand des Parameters ihrer Wellenlänge, die Speicherkapazität des Gehirns oder die Rate des vergessenen Wissens. Unter Verbesserungen des Menschen werden daher nur Veränderungen verstanden, die Menschen in irgendeiner Hinsicht leistungsfähiger machen als man es von Menschen ‚üblicherweise unter optimalen Bedingungen‘ erwartet – und dieses ‚üblicherweise‘ sollte auch die Methoden des sportlichen Trainings, des Einübens von Techniken etc. umfassen. Weder die Verschreibung einer Brille noch die Ausbildung von Hochleistungssportlern würde demnach unter ‚Verbesserung des Menschen‘ fallen, sondern es geht um den Raum ‚jenseits‘ derartiger etablierter Ausprägungen individueller Fähigkeiten. Damit ist auch die übliche Schönheitschirurgie, entgegen der verbreiteten Redeweise, keine Verbesserung des Menschen, jedenfalls solange sie der Realisierung von Schönheitsidealen dient, die im Rahmen der kulturellen Entwicklung nicht gänzlich aus dem Rahmen fallen und sich z. B. auf antike Ideale zurückführen lassen. Zwischen Heilen und Verbessern liegt also ein semantischer Zwischenraum. Aus diesem Grund wird auf der Basis der obigen Unterscheidungen und einer zusätzlichen Anregung (Jotterand 2008) der folgende Wortgebrauch vorgeschlagen:

- Heilen als Behebung individueller Defizite relativ zu anerkannten Standards eines durchschnittlichen gesunden Menschen in dem Sinne wie ein Augenarzt ab einem bestimmten Maß der Abweichung individueller Sehfähigkeiten von einem Normalmaß eine Brille oder Kontaktlinsen verschreibt;
- Doping als Steigerung der individuellen Leistungsfähigkeit, ohne dass ein Defizit nach (1) vorliegt, aber in einem Maße, dass die dadurch erreichte Leistung im Rahmen des Spektrums der üblichen menschlichen Leistungen noch als ‚normal‘ vorstellbar erscheint;
- Verbessern (enhancement) als Leistungssteigerung über Fähigkeiten hinaus, die im Rahmen gesunder und leistungsfähiger wie auch leistungsbereiter Menschen unter optimalen Bedingungen als ‚normal‘ erreichbar angesehen werden;
- Verändern (alteration) der menschlichen Verfasstheit, z. B. Erfindung neuer Organe oder Körperfunktionen (nach Jotterand 2008).

2.2 Technische Verbesserung des Menschen

Jede Technik ist durch bestimmte Parameter beschrieben, zu denen auch die Leistungsmerkmale gehören. Verbesserung bedeutet hier, eines oder mehrere der bereits erreichten Leistungsmerkmale zu verbessern, nach gängigen Standards der Technik wie z. B. Motorleistung, Wirkungsgrad, Lebensdauer oder Preis. Kriterien und Richtung der Verbesserung ergeben sich durch Festlegung relativ zu der Ausgangssituation aufgrund

der Zwecke der Verbesserung. In der Regel ergibt sich das Maß für Verbesserungen direkt aus dem meist quantitativen Vergleich der Werte der entsprechenden Parameter vor und nach der Verbesserung. Technische Verbesserungen implizieren, dass die Leistungsparameter, um die es geht, in einer technischen Beschreibungssprache formuliert werden.

Häufig geht, wie dies z. B. Cochlea- und Retina-Implantate zeigen, der technischen Verbesserung die technische Kompensation von Defiziten, z. B. durch Krankheit oder als Unfallfolge ausgefallenen Organen voraus. Hierbei dient als zu erreichender Standard, als Ziel der technischen Kompensation, die Erreichung der ‚üblichen‘ menschlichen Leistungsfähigkeit durch das technische Implantat. Ziel ist, ganz im Sinne des ärztlichen Ethos, die Rückgewinnung der vollen Leistungsfähigkeit des Patienten, eben durch einen technischen, aber funktionsäquivalenten Nachbau der natürlichen Körperfunktionen. Dies setzt nicht voraus, dass die zu diesem Zweck eingesetzten technischen Abläufe den natürlichen nachgebildet werden – ein Retina-Implantat muss keineswegs einfallendes Licht mit dem gleichen Mechanismus detektieren wie die natürliche Retina –, aber es bedarf der Funktionsäquivalenz in dem Sinn, dass durch Sensoren empfangene und an das Gehirn weitergeleitete Daten dort die gleichen Eindrücke erzeugen wie das natürliche Organ. Als Kriterium der Erreichung dieses Ziels der resultategleichen Nachbildung kann z. B. ein Augenarzt mit dem implantierten Patienten einen Sehtest machen und ‚objektiv‘ die Sehleistung überprüfen und mit dem Standard eines gesunden und normal leistungsfähigen natürlichen Auges vergleichen.

Bei dem funktionsäquivalenten Nachbau wird es nicht bleiben. Die Idee des Verbesserns ist der neuzeitlichen Technik immanent und untrennbar mit dem Fortschrittsgedanken verwoben. Sobald etwas technisch realisiert ist, wird sofort nach Verbesserungen, teils auch nach Optimierungen in verschiedenen Hinsichten gefragt. Wenn es beispielsweise gelänge, das menschliche Auge technisch resultategleich nachzubauen, wäre es das ‚Auge mit der Versionsnummer 1.0. Leserinnen und Leser ahnen bereits, was nun kommt: es wird nicht bei der Version 1.0 bleiben. Sobald eine Version 1.0 entwickelt und erprobt ist, werden Ingenieure und Mediziner an die nächste Version denken: das Verbessern ist als ‚technologischer Imperativ‘ im Fortschrittsgedanken der modernen Technik angelegt. Der Ermöglichung und Erprobung funktionsäquivalenter – relativ zu den natürlichen Vorbildern – technischer Implantate würde dann die Funktionstranszendenz folgen: die technische Erweiterung der natürlichen Fähigkeiten. Der Übergang von wiederherstellenden zu verbessernden Eingriffen ist aus technischer Perspektive graduell und keineswegs revolutionär: die Erweiterung hinsichtlich einiger Leistungsmerkmale technischer Produkte ist ein im technischen Fortschritt gängiger Gedankengang. Durch graduelle und im Rahmen technischer Überlegungen kleine Erweiterungen des technischen Könnens könnten also in Hinsicht auf das übliche Verständnis heilenden Vorgehens und damit auch in Bezug auf den involvierten normativen Rahmen revolutionäre Schritte erfolgen.

Dieses technische Verbessern kennt keine Grenze und kein Maß in sich selbst, sondern eröffnet einen unendlichen Raum des Möglichen. Ein einmal erreichter Stand in der Verbesserung des Menschen führt nicht zum Anhalten des Verbesserungsprozesses im Sinne eines ‚Ziel erreicht‘, sondern dient als Ausgangspunkt für die nächste Verbesserung und so weiter. Diese Eigenschaft unterscheidet radikal das Heilen vom Verbessern: das Heilen kommt an ein Ende, wenn der Patient gesund ist. Das Verbessern kommt auch im Erfolgsfalle nicht an ein Ende, sondern wird von der Ruhelosigkeit des technologischen Imperativs immer weiter getrieben. Dies ist die eigentlich Brisanz der aktuellen Debatte der technischen Verbesserung des Menschen: die Abwesenheit eines Zieles zugunsten der Offenheit eines unendlichen Verbesserungsprozesses – es sei denn, dass Gestaltungsansätze, Begrenzungen oder Verlangsamungen von außen, durch gesellschaftliche Gestaltungsmaßnahmen greifen würden. An deren Ursprung liegen ethische Fragen, die daher im nächsten Teil in den Blick genommen werden sollen.

3 Stand der ethischen Diskussion

In Bezug auf die Zukunft des Menschen stehen neue Entscheidungsmöglichkeiten im Raum, zu denen sich die Gesellschaft durch die normativen Unsicherheiten hindurch eine Meinung bilden *muss* (wenn auch zum Glück nicht sofort). Wenn Körper und Geist des Menschen technisch gestaltbar würden, stünde die Frage im Raum, wie weit Menschen bei der (Um-)Gestaltung des menschlichen Körpers und Geistes zum Zweck seiner Verbesserung gehen *dürfen, sollen oder wollen*, so die ganz allgemeinen Anfragen an Ethik. Diese lassen sich in folgende konkretere Fragen ausfalten, die mittlerweile so etwas wie einen Kanon der ethischen Fragen an die technische Verbesserung des Menschen darstellen (nach Grunwald 2008; vgl. auch Jömann/Ach 2006; Siep 2006; Schöne-Seifert et al. 2009):

- nach welchen Kriterien wird verbessert bzw. soll verbessert werden? Sind alle Kriterien ethisch gerechtfertigt? Wie wird über die Kriterien entschieden und wer entscheidet? Lässt sich eine ethisch begründete Prioritätenreihenfolge der Kriterien angeben?
- sind Verbesserungen in einer Hinsicht mit Verschlechterungen in anderer Hinsicht verbunden? Wie wäre in solchen Fällen abzuwägen? Wie kann das ‚Maß‘ von Verbesserungen bestimmt werden?
- werden Rechte von Betroffenen berührt, ohne dass diese um Einwilligung nachgefragt worden wären oder nachgefragt werden könnten?
- stößt das technische Verbessern des Menschen einen unendlichen Raum immer weiterer Verbesserungen auf, wie es der technologische Imperativ nahe legt, oder

bestehen Grenzen des Verbesserns? Wie können Grenzen begründet werden und wie belastbar sind sie in argumentativer Hinsicht? Wovon hängt ihre Rechtfertigung ab und unter welchen Prämissen stehen sie?

- welche Risiken für die betroffenen Individuen sind zu beachten und wie kann ein Missbrauch von Verbesserungstechnologien vorbeugend verhindert werden? Reicht der ‚informed consent‘, oder sind Situationen vorstellbar, in denen Verbesserungswillige vor sich selbst geschützt werden müssen?
- welche Folgen hat eine technische Verbesserung des Menschen unter Aspekten der Verteilungsgerechtigkeit, z. B. für eine vertiefte Spaltung der Gesellschaft in technisch verbesserte ‚Übermenschen‘ und nicht verbesserte Menschen, die dadurch in eine Position der Unterlegenheit kommen würden?
- werden durch akzeptierte Optionen des Verbesserns bislang akzeptierte und praktizierte Lebensformen wie z. B. das Leben als behinderte Personen abgewertet oder unmöglich gemacht?
- wie stehen wir zu den Leistungssteigerungen individueller Menschen, die längst Teil unserer Gesellschaft sind: Schönheitschirurgie, Doping im Sport oder Leistung stimulierende Pharmazeutika?
- kann eine Spirale in Gang gesetzt, die zu einem Zwang immer weiterer Verbesserungen führt, um z. B. auf dem Arbeitsmarkt konkurrenzfähig zu bleiben?
- sollen öffentliche Forschungsgelder bereitgestellt werden, um Angebote des Verbesserns wissenschaftlich zu entwickeln und in die Praxis zu überführen? Welche Rolle dürfen hierbei ökonomische Argumente spielen?

Diese Fragen markieren bestimmte Punkte in einer breiten, recht unübersichtlichen und sich noch formierenden Debatte. Ethische Argumentationen basieren teils auf anthropologischen Überlegungen zur Natur des Menschen, teils bestehen sie in Einschätzungen der möglichen Folgen einer Diffusion von Verbesserungstechnologien in die moderne Gesellschaft hinein. Es ist evident, dass sich im Falle einer tief gehenden Verbreitung von Verbesserungstechnologien weit reichende Folgen ergeben. Welche dies jedoch sein werden, ist ungewiss. Prospektives Folgenwissen ist erkenntnistheoretisch fragil und gerät gelegentlich in die Nähe bloßer Spekulation (Nordmann 2007). In diesem Sinne handelt es sich bei den ethischen Überlegungen nicht bereits um handlungspraktisch relevante Orientierungssuche, wie dies in der Angewandten Ethik üblicherweise der Fall ist, sondern eher um ‚explorative‘ Überlegungen (Grunwald 2010), welche vorwiegend dem hermeneutischen Zweck dienen, Verbesserungstechnologien und ihre möglichen Folgen für Mensch und Gesellschaft zuallererst zu verstehen.²

2 Diese Konstellation ist ein starkes Argument für die These dieses Buches, dass in vielen Debatten um Technikzukünfte eher eine Hermeneutik der Technikzukünfte gefragt ist statt konkreter Angewandter Ethik.

Die Natürlichkeit des Menschen: Häufig wird angesichts der neuen Möglichkeiten der technischen Verbesserung des Menschen auf die Natürlichkeit des Menschen als jegliche technische Verbesserung begrenzenden oder gar verhindernden Faktor hingewiesen. Dürfe der Mensch sich, wie er sich vorfindet, geschaffen z. B. von einem Schöpfergott oder als Ergebnis der Evolution, aus diesem Zusammenhang befreien und seine Natürlichkeit zugunsten einer von ihm selbst geschaffenen ‚künstlichen‘ Zukunft aufgeben? In öffentlichen Debatten erwächst viel Unbehagen gerade an dieser Stelle.

Die Situation stellt sich jedoch in anthropologischer und auch in ethischer Hinsicht als komplex dar. Der Mensch ist nicht einfach ein Natur-, sondern auch ein Kulturwesen. Damit lässt sich aus der Natürlichkeit des Menschen kein eindeutiges Argument hinsichtlich seiner technischen Verbesserung gewinnen: eine technische Verbesserung ist einerseits unnatürlich, weil sie den gegenwärtigen natürlichen Zustand übersteigt; andererseits aber ist es für Menschen auch natürlich, nicht auf einem einmal erreichten Stand stehen zu bleiben, sondern den nächsten Schritt ins Auge zu fassen:

„While some authors [...] declare human ‚nature‘ to be sacrosanct, others are of the opinion that human striving for perfection and self-transcendence are part of being human and are therefore to a certain extent actually ‚natural‘“ (Jömann/Ach 2006, S. 35).

Die Natürlichkeit des Menschen kann also in beliebiger Weise, simultan für und gegen technische Verbesserung eingesetzt werden und daher auf diesem Wege argumentativ nichts Grundsätzliches beitragen. Nur in einer Hinsicht kann daraus ein allerdings nicht sehr spezifisches Argument gewonnen werden. Die Spezies ‚Mensch‘ ist im Laufe von Millionen Jahren evolutionär entstanden. In diese langsam gewachsene ‚Natur‘ mit technischen Mitteln sehr weitgehend und auf einer im Vergleich zu den evolutionären Zeiträumen sehr kurzen Zeitskala einzugreifen, erscheint als *per se* risikoverdächtig. Mehr als ein allgemeines Vorsichtsgesetz folgt hieraus allerdings nicht.

Verteilungsgerechtigkeit: Eine Verbesserung individueller menschlicher Fähigkeiten wäre wahrscheinlich mit hohem Aufwand an Ressourcen, Wissen und Kapital verbunden, was den Kreis der Nutznießer stark einschränken würde. Daher erscheint die Annahme einer gleichen Verteilung der Zugangschancen naiv. Es stellt sich die Frage, wer es sich leisten könne, sich verbessern zu lassen, und welche Folgen eine entsprechende Ungleichverteilung der Möglichkeiten des Verbesserns für diejenigen hätte, die sich nicht verbessern lassen können. Die immer schon vorhandene Spannweite in der Verteilung individueller Fähigkeiten über die Gesellschaft würde weiter gespreizt; der Abstand von den ‚Leistungsträgern‘ zu den ‚einfachen Leuten‘ größer. Ebenso dürften stark unterschiedliche Zugangschancen zwischen reichen und armen Ländern bestehen und bestehende Ungleich- und Ungerechtigkeiten weiter vergrößern. Technisch verbesserte Menschen könnten auf die Idee kommen, ihren Vorsprung zu sichern oder

zu vergrößern, indem sie die Möglichkeiten zur technischen Verbesserung anderer einschränken. Es könnte zu einer gesellschaftlichen Verwerfung zwischen den ‚Übermenschen‘ und den ‚normalen‘ Menschen kommen „Sich einen derartigen evolutionären Vorteil über ehemalige Argenossen zu verschaffen, stellt sicher eine Schädigung dar“ (Siep 2006, S. 318). Der ethische Grund sei, dass durch diese Entwicklung die Rechte der nicht Verbesserten (also derjenigen ohne Zugang zu Verbesserungstechnologien) verletzt würden.

Einschränkungen der Wahlfreiheit: Eine technische Verbesserung von Menschen würde, auf diesen Aspekt beschränke ich mich in diesem Beitrag, an erwachsenen einwilligungsfähigen Personen im Rahmen einer informierten Einwilligung („informed consent“) vorgenommen. Scheinbar ist dadurch die Wahlfreiheit der Menschen gesichert und sind ethische Probleme zunächst nicht erwartbar. Im Zuge einer Ausbreitung von Verbesserungstechnologien könnte jedoch aus der vermeintlichen Autonomie der Betroffenen ein Zwang entstehen. „If neurocognitive enhancement becomes widespread, there will inevitably be situations in which people are pressured to enhance their cognitive capabilities“ (Farah et al. 2004, S. 423). Der Grund läge darin, dass die Verweigerung gegenüber einer technischen Verbesserung mit Nachteilen, z. B. am Arbeitsleben, verbunden sein könnte. Technische Verbesserungen könnten in bestimmten Berufsgruppen zum Standard werden so wie heute in vielen Berufen ein Führerschein als selbstverständlich vorausgesetzt wird. Jemand, der sich diesem Standard entzieht, muss mit Nachteilen rechnen.

„With the advent of widespread neuro-cognitive enhancement, employers and educators will also face new challenges in the management and evaluation of people who might be unenhanced or enhanced (for example, decisions to recommend enhancement, to prefer natural over enhanced performance or vice versa, and to request disclosure of enhancement)“ (Farah et al. 2004, S. 422).

Hier würde zwar formal die Autonomie der Betroffenen aufrechterhalten. Faktisch jedoch würde diese konterkariert durch einen Anpassungszwang, dem gegenüber eine Verweigerung schwerwiegende Folgen hätte. Beispiele dieses Typs von Anpassungszwang gibt es bereits heute: niemand ist gezwungen, telefonisch erreichbar zu sein oder einen Stromanschluss zu haben – aber die Nachteile einer Verweigerung wären beträchtlich. Die Eröffnung ‚verbesserter‘ Formen menschlichen Lebens könnte bislang übliche Formen nicht verbesserten menschlichen Lebens abwerten oder unmöglich machen. Auch hierdurch könnte ein gesellschaftlicher Druck entstehen, der die Wahlfreiheit auf der individuellen Ebene einschränkt.

Risiken für die Probanden: Auch auf der individuellen Ebene muss über nicht intendierte Folgen und ihre Akzeptierbarkeit nachgedacht werden. So könnten geplante Verbesserungen von Menschen misslingen und im konkreten Fall zu einer Verschlechterung, zu gesundheitlichen Problemen oder zum Tod führen. Hier stellen sich Verantwortungs- und Haftungsfragen in der aus dem medizinischen Bereich bekannten Weise. Aber auch im Erfolgsfall könnten nicht erwünschte Effekte auftreten wie z. B. eine Abhängigkeit von der Verbesserungstechnologie, welche zu einer Hilflosigkeit im Versagensfall führen kann, oder psychische Veränderungen. Überlegungen zu möglichen unerwünschten individuellen Folgen technischer Verbesserungen münden einerseits in Postulate nach einer möglichst umfassenden Aufklärung der Betroffenen vor der Implementation der Maßnahme, andererseits in die Forderung, die Verbesserung möglichst reversibel zu gestalten.

Insgesamt sind m.E. bislang keine *starken* Argumente gegen technische Verbesserung des Menschen aufgedeckt worden, wobei unter ‚starken Argumenten‘ solche verstanden werden sollen, die sich auf *notwendig eintretende* Folgen einer Einführung von Verbesserungstechnologien erstrecken und die daher nicht von *unsicheren* Zukunftsannahmen abhängig sind.

Insofern im Fall der technischen Verbesserung des Menschen diese Verbesserungen nicht an Embryonen oder an nicht einwilligungsfähigen Personen vorgenommen würden, und auf diesen Fall beschränke ich mich an dieser Stelle, könnte und müsste hier ein ‚informed consent‘ hergestellt werden. Wenn nur einwilligungsfähige Personen nach erfolgter Information über Risiken und einer entsprechenden Einwilligung einer technischen Verbesserung unterzogen würden, wäre die ethische Brisanz deutlich entschärft. Der ‚informed consent‘ nimmt eine zentrale Stellung in der ethischen Argumentation ein und verhindert, dass ‚starke‘ ethische Argumente im obigen Sinne aufkommen können. Stattdessen kreist die ethische Debatte um nicht intendierte ‚Nebenfolgen‘ wie die genannten möglichen Probleme der Verteilungsgerechtigkeit und aufkommender Verbesserungszwänge. Argumente dieses Typs sind jedoch eher ‚schwach‘, weil sie von einer Reihe von mehr oder weniger unsicheren Annahmen über zukünftige Entwicklungen abhängen (Nordmann 2007).

Hinzu kommt, dass Argumente, die auf dem möglichen Auftreten nicht intendierter Nebenfolgen beruhen, nicht als Argumente gegen die neue Technologie per se gelesen werden müssen, sondern als Argumente verstanden werden können, dass politisch und gesellschaftlich, vielleicht auch technisch, etwas getan werden müsse, um das Auftreten dieser nicht intendierten Folgen zu begrenzen, zu verhindern oder sie in geeigneter Weise zu kompensieren. Dies gilt üblicherweise auch für Missbrauchsbefürchtungen, die keine grundsätzlichen Argumente gegen eine neue Technologie liefern, sondern Verpflichtungen generieren, Vorkehrungen gegen Missbrauch zu treffen. Daher dienen diese teils spekulativen Folgenreflexionen weniger dazu zu entscheiden, ob

Verbesserungstechnologien gesellschaftlich wünschenswert oder wenigstens akzeptabel sind. Vielmehr geht es darum, sich bereits frühzeitig Gedanken über mögliche Probleme zu machen, damit ebenso frühzeitig über Problemvermeidungen oder Problemlösungen nachgedacht werden kann und die Gesellschaft nicht von den Folgen unvorbereitet überrascht wird.

Insgesamt zeigt sich, dass die ethische Debatte bislang einen eher explorativen und hermeneutischen Charakter (im Sinne von Grunwald 2010) hat statt bereits konkrete Argumente zum Umgang und zur Regulierung von Verbesserungstechnologien bereitstellen zu können. Diese Situation – und die Erwartung, dass sich daran im Fall des ‚informed consent‘ sobald nichts ändern wird – legt es nun nahe, sich Gedanken über die weitere Entwicklung im Bereich der ‚technischen Verbesserung‘ zu machen.

4 Auf dem Weg in die gesellschaftliche Realität?

So gesehen, in der Abwesenheit ‚starker‘ ethischer Gegenargumente, erscheint die Einführung von Verbesserungstechnologien, insofern sie faktisch verfügbar wären, nach einem Marktmodell nicht unplausibel. Eine Nachfrage nach Verbesserungstechnologien ist nicht nur vorstellbar, sondern wahrscheinlich und wird mit verschiedenen Entwicklungen begründet.

„[...] several market pressures leading to rapid development of HE [Human Enhancement] technologies: 1) global competitiveness; 2) brain drain/depopulation economics; 3) national security concerns; and 4) quality of life/consumer life-style demands“ (Williams/Frankel, S. 3).

Eine Regulierung nach Maßgabe eines öffentlichen Interesses wäre in einem marktliberalen Modell auf die Kompensation von Nebenfolgen im Sinne eines Marktversagens beschränkt, z. B. durch die Klärung von Haftungsfragen für den Fall des Fehlschlagens einer Verbesserung und zur Sicherstellung von Verteilungsgerechtigkeit und Zugangsmöglichkeiten, aber auch zur Abwehr von Missbrauch. Diese Regulierungsstrategien würden einen großen Teil der aktuellen ethischen Debatte (Teil 3.2) abdecken. Unterhalb dieser Regulierungsbedingungen gälte die Wahlfreiheit derjenigen, die sich mit dem Gedanken an eine Verbesserung tragen, im Rahmen eines ‚informed consent‘-Modells.

Eine derartige Diffusion von Verbesserungstechnologien könnte z. B. von Ausgründungen aus wissenschaftlichen Einrichtungen und Universitäten aktiv betrieben werden. Seitens der Wissenschaften würde ein Katalog von Angeboten technischer Verbesserungen entwickelt und über derartige Ausgründungen auf einem „Markt“ angeboten. Eine Nachfrage ist leicht vorstellbar, wie es zurzeit auch in der ökonomisch

sehr erfolgreichen und weiter expandierenden Schönheitschirurgie der Fall ist. Es könnte auf diese Weise zu ‚Verbesserungskliniken‘ kommen (die Werbestrategen werden sich hierfür ein schöneres Wort einfallen lassen), die ganz ähnlich wie heutige Praxen plastischer Chirurgie funktionieren würden. In einem schicken Foyer gäbe es Ansichtsmaterialien über die angebotenen Verbesserungsmöglichkeiten, Hochglanzbroschüren über die zu erwartenden positiven Effekte, vielleicht Hintergrundinformationen über die Funktionsweise der Verbesserungsmaßnahmen und – wohl notgedrungen – auch Kleingedrucktes zu den Risiken und möglichen Nebenfolgen.

Ein solcher Markt bedarf der Nachfrage und der Akzeptanz der angebotenen Dienstleistungen. Hier sind verschiedene Mechanismen der ‚Normalisierung‘ technischer Verbesserung und der Steigerung der Attraktivität denkbar:

Das versteckte Verbessern im Heilen: Häufig ist bereits im Heilen – dem Wiederherstellen bestimmter Körperfunktionen – ein Element des Verbesserns in anderen Hinsichten enthalten. Denn es kann eine ‚Heilung‘ als nicht intendierte Nebenfolge dazu führen, dass sich in einer anderen Hinsicht eine Verbesserung ergibt. Der Ersatz von Gliedmaßen durch künstliche Ersatzteile kann nicht nur zu einer Wiederherstellung verloren gegangener Körperfunktionen führen, sondern dabei auch Verbesserungen beinhalten, wie z. B. eine höhere mechanische Stabilität der künstlichen Gliedmaßen oder eine längere Lebensdauer. Dem unterschenkelamputierten Sportler Pistorius wurde genau dies zur Last gelegt. Seine Prothesen wurden als Grund herangezogen, ihn von einem Wettkampf (wenigstens zunächst) auszuschließen, weil sie Vorteile gegenüber einem Leichtathleten üblicher Verfasstheit mit sich brächten (Wolbring 2008a). Auf diese Weise können Verbesserungen sozusagen als nicht intendierte Nebenfolge intentional heilenden Handelns in den medizinischen Alltag und damit in die Lebenswelt der Betroffenen einziehen. Technische Verbesserungen des Menschen würden auf diese Weise ‚schleichend‘ eingeführt und normalisiert. Man gewöhnt sich daran und sieht, dass es funktioniert: das Heilen als unfreiwilliger Türöffner für Verbesserungen.

Dual-use von Heilung und Wiederherstellung: Eingriffe, die in bestimmten Situationen zu heilenden oder wiederherstellenden Zwecken vorgenommen werden, können in anderen Situationen als technische Verbesserungen genutzt werden. Die technischen Erfordernisse, einem Kriegsversehrten verloren gegangene Körperfunktionen technisch zurückzugeben, sind nicht sehr verschieden von den Erfordernissen, z. B. Soldaten technisch aufzurüsten. So

„zeichnet sich in der Fokussierung der einschlägigen Debatten auf die sozialen Rollen ‚Behinderter‘ und ‚Soldat‘ bereits eine konkrete Strategie zur Akzeptanzbeschaffung für leistungsverbessernde Modifikationen menschlicher Körperlichkeit und Psyche ab. An diesen ‚Testgruppen‘ einer Leistungssteigerungsgesellschaft dürfte für die Promoto-

ren eines radikalen ‚Human Enhancement‘ attraktiv sein, dass im militärischen Kontext, mit seinen Befehls- und Gehorsamstrukturen, eine Ablehnung stark interventionistischer Verfahren durch den Einzelnen relativ schwierig durchzuhalten wäre und dass bei beiden Gruppen ohnehin oft eine hohe Motivation und Risikobereitschaft in Bezug auf solche Verfahren bestehen dürfte“ (Coenen 2008, S. 2).

Das Heilen beim Kriegsversehrten, auf dessen Akzeptanz sicher gesetzt werden kann, kann im Sinne eines ‚dual use‘ zu einer Verbesserung beim normalen Soldaten genutzt werden. Auch dies ein Effekt, in dem das Heilen und Wiederherstellen sozusagen unfreiwillig den Weg zu einem Verbessern ebnet.

Lifestyle-Anwendungen und Trendsetter: Künstler und Selbstdarsteller wie der bekannte Cyborg-Fan Ken Warwick könnten zum Vorbild werden. So wie vor einigen Jahren eine Welle der technischen Ausstattung menschlicher Haut mit Tätowierungen und des Einbaus von Piercing-Accessoires an verschiedensten Körperteilen stattfand und teils bis heute reicht, könnten Elemente technischer Verbesserungen ‚hip‘ oder schick werden und sich auf diese Weise ausgehend von wenigen technikbegeisterten Trendsettern verbreiten.

Lapidar, aber wohl am mächtigsten: der Wettbewerbsdruck: Der wirkmächtigste Effekt, durch den Verbesserungstechnologien Verbreitung finden könnten, ist freilich nicht von der doch eher ‚netten‘ Art wie die vorstehend genannten. Sondern es ist eine starke, vielleicht die stärkste Kraft der modernen globalisierten Welt: der Wettbewerb. Die Spirale des Wettbewerbs und seine Ausdehnung auf den gesamten Globus rufen geradezu nach Verbesserungen: jede und jeder, der oder die sich verbessern lässt, kann auf Wettbewerbsvorteile gegenüber der Konkurrenz hoffen, in welchem Bereich auch immer.

Anzeichen dafür gibt es bereits. Zwar ist die Datenlage schlecht, aber immerhin ist nicht daran zu zweifeln, dass ein nicht unerheblicher Teil der Studenten an amerikanischen Universitäten vor Prüfungen (angeblich) konzentrationsförderliche Mittel einnimmt. Insbesondere Ritalin wird hier immer wieder genannt. In Deutschland hat bei einer Umfrage der DAK 2009 ein unerwartet hoher Anteil der Befragten angegeben, zur Einnahme leistungsförderlicher Präparate im Beruf bereit zu sein, wenn sie denn auf dem Markt verfügbar wären.

Auch das Doping zeigt die Kombination von Wettbewerbsdruck und Verbesserungsmöglichkeiten deutlich an. Da Doping und Verbesserung sich technisch gesehen nur graduell unterscheiden und weil der ‚technologische Imperativ‘ direkt vom ersten zum zweiten führt (vgl. Grunwald 2008, Kap. 9.3.3), wird der Wettbewerbsdruck zu einer Überschreitung des Doping in Richtung auf ein Verbessern führen. So gesehen erweist sich der Sport geradezu als ein Modell der Gesellschaft (Sauter/Gerlinger

2011), als Labor, in dem zu besichtigen ist, wohin extremer Wettbewerb und Leistungsdruck führt, nämlich bis hin zur Untergrabung der unverzichtbaren ethischen Voraussetzungen wie z. B. der Fairness.

Gerade eine Gesellschaft, die als zentralen Motor den Wettbewerbsgedanken auf nahezu allen Ebenen von der Wirtschaft über das Militär bis hin zum Lebensstil eingesetzt hat, wird mit dem Bemühen um ständige ‚Verbesserung‘ konfrontiert sein. Anders formuliert: Wettbewerbsgedanke und Verbesserung gehören untrennbar zusammen. Hier liegt eine erhebliche Brisanz, da das gegenseitige Verstärken zu einer unendlichen Spirale der immer weiteren Verbesserung, verbunden mit immer weiterer Selbstausschöpfung vor allem in der Arbeitswelt, führen kann. Diese Brisanz gibt Anlass, diesen Aspekt im letzten Teil noch etwas zu vertiefen.

5 Die hermeneutische Wendung von der Fiktion zur Gegenwart

Das erwähnte Szenario einer allmählichen Diffusion von Verbesserungstechnologien in die Gesellschaft – der Weg von der Fiktion zu Fakten – mag für viele in kultureller, anthropologischer oder ethischer Hinsicht wenig attraktiv oder gar skandalös erscheinen. Vielfach wird möglichen technischen Verbesserungen des Menschen mit erheblichem Unbehagen begegnet, auch wenn die Entwicklungen zeitlich und inhaltlich weit weg und weitgehend spekulativ erscheinen. Immerhin fällt in dem Bereich des Enhancement, der am ehesten noch nah an der Realisierung zu sein scheint, dem ‚Cognitive Enhancement‘ über pharmakologische Mittel, in dem es letztlich also um Medikamente und Tabletten zur geistigen Leistungssteigerung geht, die empirische Prüfung mehr als ernüchternd aus (Sauter/Gerlinger 2011),

Wenn das so ist und die ‚großen‘ Verbesserungen doch mehr oder weniger Fiktion sind, stellt sich die Frage, warum so intensiv darüber gestritten wird und was aus diesen Auseinandersetzungen zu lernen wäre. Meine These ist: wir lernen daraus nichts über die Zukunft, sondern diese Debatte hält uns einen Spiegel vor. Wir lernen etwas über uns selbst, über unsere Gesellschaftsform und über Unbehagen an bestimmten Entwicklungen. Die Debatte über spekulative Formen der technischen Verbesserung des Menschen ist deswegen so faszinierend, weil wir in einer Gesellschaft leben, in der man sich allzu gut vorstellen kann, dass Verbesserungstechnologien, wenn sie denn verfügbar wären, sich rasch durchsetzen würden. Der amerikanische Philosoph Michael Sandel (2008) hat sehr schön gezeigt, wie die amerikanische Mittelschicht von einem, in meinen Worten gesagt, ‚Verbesserungswahn‘ besessen ist, vor allem im Feld der Kindererziehung bzw. der ‚Verbesserung‘ von Kindern für bestimmte Zwecke durch ehrgeizige Eltern, die etwa medikamentös das Längenwachstum der Kinder vergrößern, um sie zu besseren Baseball-Spielern zu machen. Es ist der unbeschränkte Wettbewerb

einer Leistungssteigerungsgesellschaft mit einer unendlichen Spirale immer weiterer Verbesserungen, die durch Konkurrenzdruck dieses Denken antreibt.

Insbesondere die Arbeitswelt ist betroffen. Es erscheint im globalen Wettbewerb vielfach nicht mehr ausreichend, in einem durch ein angestelltes Arbeitsverhältnis definierten Rahmen eine erwartete Leistung zu erbringen. Immer mehr Menschen sind gefordert, die Voraussetzungen ihrer Leistungsfähigkeit und Handlungsmöglichkeiten in einer flexibilisierten Arbeitswelt ständig zu verbessern. Bildungsorientierte Konzepte wie das ‚lebenslange‘ Lernen, das bereits auf diese Entwicklung reagiert, könnten in Zukunft durch technische Verbesserungen ergänzt oder ersetzt werden. Eine überdurchschnittliche und ständig verbesserte Leistungsfähigkeit im Beruf, ein schöner und starker Körper, eine hohe Stressresistenz: diese ‚abilities‘ (Wolbring 2008b) rücken auf der Agenda vieler Menschen nach oben und sind Ausdruck einer Atmosphäre, in der ständige Verbesserung bereits zum Erhalt der Lebensqualität erforderlich ist, geschweige denn zu ihrer Verbesserung. Auf diese Weise gehören auch der Wettbewerbsgedanke und die technische Verbesserung des Menschen untrennbar zusammen, gekoppelt über den ‚technologischen Imperativ‘ (Teil 2.2) und die Perspektive eines durch das Verbessern aufgespannten unbegrenzten Möglichkeitsraumes.

Der Gedanke, dass das Human Enhancement mit Entwicklungen hin zu einer Leistungssteigerungsgesellschaft verbunden sein könnte, in der Verbesserungstechnologien nach einem Marktmodell entwickelt und sich dann verbreiten würden, wird bislang kaum geäußert. Stattdessen herrscht eine individualistisch verengte Perspektive in der Tradition von Bio- und Medizinethik vor. Wenn sich jedoch die genannte Verbindung erhärten ließe – einige Indizien wurden genannt –, dann wäre damit etwas über die Ausrichtung der gesellschaftlichen Debatte ausgesagt, die hierüber geführt werden müsste: es ginge dann nicht einfach um ethische Fragen, die in der einen oder anderen Richtung beantwortet werden könnten, sondern auch um die Gesellschaftsform, in der wir leben, so z. B. um die Frage, wie viel Wettbewerb einer menschlichen Gesellschaft zuträglich ist, um einerseits die kreativen Potentiale der Menschen zu mobilisieren, ohne andererseits aber zu ungewollten und letztlich selbstzerstörenden endlosen Steigerungen der Selbstausbeutung zu führen.

So gesehen erzählen die Visionen und Zukünfte der technischen Verbesserung des Menschen vielleicht gar nicht an erster Stelle etwas über zukünftige Entwicklungen, sondern sind – ganz in der ‚Immanenz der Gegenwart‘ (vgl. den Beitrag zur Nanotechnologie in diesem Band) – Ausdruck gegenwärtiger Befindlichkeiten, Problemwahrnehmungen, Diagnosen und Befürchtungen. Diese Zukünfte, die ja nicht nur Technik-, sondern auch ‚Menschenzukünfte‘ sind (vgl. den vorhergehenden Beitrag), stellen, wenn meine Überlegungen zutreffen, ein Medium der gesellschaftlichen Selbstbeobachtung und Selbstdiagnose dar. Sie werden nicht nur von uns heute entwickelt, kommuniziert, reflektiert und kritisiert, sondern sie zielen auch mit ihrer Botschaft auf uns heute. Eine Hermeneutik der Technikzukünfte würde uns als nicht etwa etwas über

das Verständnis zukünftiger Welten erzählen, sondern uns helfen, uns selbst besser zu verstehen.

Literatur

- Ach, J., Pollmann, A. (Hg.) (2006): No body is perfect. Baumaßnahmen am menschlichen Körper. Bioethische und ästhetische Aufrisse, Bielefeld.
- Clausen, J. (2009): Ethische Fragen aktueller Neurowissenschaften: Welche Orientierung gibt die »Natur des Menschen«? In: Hildt, E., Engels, E.-M. (Hg.): Der implantierte Mensch. Freiburg
- Coenen, C. (2006): Der posthumanistische Technikfuturismus in den Debatten über Nanotechnologie und Converging Technologies. In: A. Nordmann, J. Schummer, A. Schwarz (Hg.): Nanotechnologien im Kontext. Akademische Verlagsgesellschaft, S. 195-222
- Coenen, C. (2008): Von der Leistungs- zur Leistungssteigerungsgesellschaft? TAB-Brief 33, Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung, S. 21-27
- Farah, M. J., Illes, J., Cook-Deegan, R., Gardner, H., Kandel, E., King, P., Parens, E., Sahakian, B., Wolpe, P. R. (2004): Neurocognitive Enhancement: what can we do and what should we do? *Nature Reviews: Neuroscience* 5, S. 421-425
- Gloede, F. (2007): Unfolgsame Folgen. Begründung und Implikationen der Fokussierung auf Nebenfolgen bei TA. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 16 (2007) 1, S. 45-53
- Grunwald, A. (2007): Orientierungsbedarf, Zukunftswissen und Naturalismus. Das Beispiel der „technischen Verbesserung“ des Menschen. *Deutsche Zeitschrift für Philosophie* 55, S. 949-965
- Grunwald, A. (2008): Auf dem Weg in eine nanotechnologische Zukunft. *Philosophisch-ethische Dimensionen*. Freiburg
- Grunwald, A. (2010): From Speculative Nanoethics to Explorative Philosophy of Nanotechnology. *NanoEthics* Bd. 4, Nr. 2, S. 91-101
- Grunwald, A. (2012): *Responsible Nanobiotechnology. Philosophy and Ethics*. Singapore
- Habermas, J. (2001): *Die Zukunft der menschlichen Natur*. Frankfurt a. M.
- Jotterand, F. (2008): Beyond Therapy and Enhancement: The Alteration of Human Nature. *Nanoethics* 2, S. 15-23
- Nordmann, A. (2007): If and Then: A Critique of Speculative NanoEthics. *Nanoethics* 1, S. 31-46
- Roco, M. C., Bainbridge, W. S. (Hg.) (2002): *Converging Technologies for Improving Human Performance*. Arlington, Virginia: National Science Foundation
- Sandel, M. (2008): *The Case against Perfection*. Dt. Fassung: Plädoyer gegen die Perfektion. Berlin
- Sauter A., Gerlinger K. (2011): *Pharmakologische Interventionen zur Leistungssteigerung als gesellschaftliche Herausforderung*, TAB-Arbeitsbericht Nr. 143., TAB, Berlin.
- Schöne-Seifert, B., Ach, J. S., Talbot, D., Opolka U. (Hg.) (2009): *Neuro Enhancement. Ethik vor neuen Herausforderungen*, Paderborn
- Siep, L. (2006): Die biotechnische Neuerung des Menschen. In: G. Abel (Hg.), *Kreativität. Akten des XX. Deutschen Kongresses für Philosophie*. Hamburg, S. 306-323

- Williams, E., Frankel, M. S. (2006): Good, Better, Best: The Human Quest for Enhancement. Summary Report of an Invitational Workshop. Convened by the Scientific Freedom, Responsibility and Law Program. American Association for the Advancement of Science, June 1-2, 2006.
- Wolbring, G. (2008a): Oscar Pistorius and the future nature of Olympic, Paralympic and other sports. In: *scripted*, Bd. 5, Nr. 1
- Wolbring, G. (2008b): Why NBIC? Why human performance enhancement? *The European Journal of social science research* 21, S. 25-40.

Können Roboter planen, und was bedeutet eine Antwort auf diese Frage?

1 Fragestellung und These

Fensterputzroboter ersetzen Fensterputzkolonnen, Suchmaschinen übernehmen Rechercheaufgaben im Internet, Autopiloten lenken Flugzeuge, Wartungsroboter übernehmen Aufgaben in Chemieanlagen oder Kernkraftwerken, automatisierte Überwachungssysteme ersetzen oder ergänzen eine menschliche Wachmannschaft. Insofern von den Menschen, die diese Tätigkeiten bislang ausüben, üblicherweise gesagt wird – und wohl ohne Zweifel gesagt werden kann –, dass sie beim Fenster putzen oder in der Wartung technischer Systeme *handeln*, ist es eine Überlegung wert, ob und unter welchen Bedingungen und mit welchen Implikationen dieser Handlungsbegriff auf Roboter übertragen werden kann. Dies geschieht insbesondere vor dem Hintergrund einer Debatte in der Techniksoziologie, in der, vor allem im Rahmen der Akteur-Netzwerk-Theorie (Latour 1995) eine Handlungsträgerschaft von Technik (Schulz-Schäffer/Rammert 2002) bis hin zu einer völligen handlungstheoretischen Symmetrie zwischen Mensch und Technik angenommen wird.

In diesem Beitrag dient die Frage, ob Robotern Planungskompetenz zugeschrieben werden kann oder soll – wie dies gängige Sprachverwendung in der Robotik ist –, als Anschauungsbereich (vgl. Teil 2). Im Fokus stehen dabei ‚autonome‘ Roboter, die sich z. B. in einer fremden Umgebung zurechtfinden müssen und nicht ferngesteuert werden. Da Planen eine spezifische Art des Handelns darstellt (dazu Teil 3), müssen Roboter, wenn sie *planen* können (bzw. wenn ihnen diese Fähigkeit zugeschrieben wird), auch *handeln* können (bzw. würden es Konsistenzargumente erfordern, ihnen auch die Handlungskompetenz zuzusprechen). Die Frage ist, in welcher Weise, mit welchem Recht und zu welchen Zwecken davon gesprochen werden kann, dass diese Roboter „planen“, welches Handlungs- und Planungsverständnis dabei zugrunde gelegt wird und welche begrifflichen Implikationen damit verbunden sind. Hinter dieser scheinbar simplen Frage verbergen sich tief reichende begriffliche Fragen hinsichtlich der Unterscheidung zwischen Mensch und Roboter.

Die im Folgenden zu entfaltende und zu begründende These ist, dass es – basierend auf der Fassung von „Handeln“ und „Planen“ *als Zuschreibungsbegriffen* – eine empirisch gehaltvolle Frage ist, ob gemäß einem einmal vereinbarten Handlungsbegriff Roboter handeln und planen können. Der technische Fortschritt erweitert die

„Autonomie“ von Robotern, daher kann es aufgrund des Fortschritts in unterschiedlichen Zeiten zu unterschiedlichen Antworten auf diese Frage kommen. Auf diese Weise eröffnet sich ein Feld, in dem Grenzverschiebungen zwischen Mensch und Technik beobachtet, diagnostiziert und gedeutet werden können (Decker/Gutmann 2012). Allerdings bedarf der Begriff der ‚Zuschreibung‘ einer Präzisierung. Die genannte These ist nur dann haltbar, wenn die Zuschreibung aus einer externen Beobachterperspektive heraus vorgenommen wird und wenn Fragen nach dem ‚Person‘-Status von Robotern vermieden werden.¹

2 Die Rede von planenden Robotern – kleine Phänomenologie

Im Reden über Roboter, insbesondere über autonome Systeme, werden oft Begriffe aus dem Bereich des Planens verwendet. Die Grundannahme der Robotiker ist,

„dass intelligente Leistungen von Rechnern erbracht werden können, die algorithmische Musterverarbeitung betreiben. Sensoren liefern Eingabedaten, die auf Muster abgebildet werden sowie ineinander nach gewissen Regeln umgeformt und verarbeitet werden. Das Resultat wird dann genutzt, um motorischen ‚Output‘ zu steuern, also Aktoren zu bewegen“ (Schlachetzki 1993, S. 72).

„Problemlösen, Suchen und Planen sind die Hilfsmittel, mit denen Handlungsanweisungen aus einer großen Wissensbasis [...] erhalten werden können. [...] es gilt, den Ausgangszustand zu definieren, das Ziel und eventuell bekannte Zwischenzustände. [...] Im Allgemeinen führen mehrere Wege zum Ziel. [...] Beim Planen wird zunächst eine Zweck/Mittel-Tabelle aufgestellt, um zentrale Entscheidungen zu erkennen“ (Decker 1997, S. 12).

Der klassische Anwendungsfall ist, dass sich ein Roboter in einer ihm unbekanntem Umgebung zurechtfinden soll, etwa im Überwinden von Hindernissen bei der Fortbewegung. Ein anderer Anwendungsfall betrifft Fußball spielende Roboter, bei denen zusätzlich die Herausforderung der Handlungskoordination mehrerer Agenten besteht. Auf der Seite der Konstrukteure wird eine Entwicklung hin zu einer weitergehenden ‚Autonomie‘ von Robotern erwartet, die die Planungsanforderungen, welche von Robotern in Erfüllung der ihnen zugeordneten Aufgaben erbracht werden müssen, genauso weiter erhöht, wie die Anforderungen an die Fähigkeiten dieser Roboter, ‚autonom‘

1 Das Feld der Robotik hat in den Debatten über Technikzukunft in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Der Fokus des Interesses ist nun, dass, anders als bei der Einführung der Industrierobotik in die Produktionsprozesse in den 1980er Jahren, die menschliche Lebenswelt mit autonomer Technik durchsetzt wird, sei die z. B. im Dienstleistungsbereich, im Haushalt oder im Pflegebereich.

zu planen und mit unvorhergesehenen, nicht einprogrammierten Situationen umgehen zu können:

„Roboter werden in Zukunft weit mehr sein als spezielle Werkzeugmaschinen. Sie werden bei der Lösung komplexer Aufgaben autonom mit Menschen zusammenarbeiten und vorgegebene Arbeiten ohne genaue Spezifizierung der Vorgehensweise in unbekannter oder sich ändernder Umgebung durchführen“ (Steusloff 2001, S. 7).

Planungsaspekte nehmen in der Theorie der Künstlichen Intelligenz und der Realisierung ‚autonomer‘ Artefakte eine zentrale Rolle ein (z. B. Pollock 1995). Die Schaffung eines ‚autonomen‘ technischen Problemlösers auf der Basis von Informationsverarbeitung und sensorgestützter Situationserkennung ist eine der zentralen Motivationen der Forschung zu KI (Künstliche Intelligenz) und KL (Künstliches Leben). Ein Roboter als autonomes System vor die Aufgabe gestellt, sich in einer fremden Umgebung zurecht zu finden und eine gestellte Aufgabe – z. B. einen Transportvorgang innerhalb eines Gebäudes – zu übernehmen, ist eine der wichtigsten Anwendungs- und Erprobungsfälle dieses Programms.

Dies wirft die Frage nach dem dabei angenommenen Planungsverständnis und dem Verhältnis dieses Planungsverständnisses zu menschlichen Planungen auf. In begrifflicher Hinsicht geht es darum, ob hier bloß anthropomorphe Redeweisen metaphorisch auf technische Artefakte übertragen werden, oder ob, wie vor allem in einigen technikoziologischen Überlegungen geäußert wird, es durch neuere Entwicklungen zu einer ‚Handlungsträgerschaft‘ von Technik kommt, die bis hin zu Symmetrieanahmen zwischen Mensch und Technik reicht. Wenn Robotern Planungskompetenz in einer mehr als nur metaphorischen Weise zugesprochen wird, werden sie in eine „Gemeinschaft der Planenden“ aufgenommen – ein Stück Sozialisierung von Technik (Joerges 2001). Die Reichweite einer solchen Zuschreibung wird einerseits im Vergleich mit Philosophischer Anthropologie deutlich, in der das Planenkönnen und die Verfügung über die dafür erforderlichen sprachlichen Mittel der Vergegenwärtigung von möglichen Zukünften als Element der Sonderstellung des Menschen gesehen wurde (Kamlah 1973). Andererseits werden Fragen der Verantwortung berührt – wer wäre für ‚Planungen‘ eines Roboters und ihre Folgen verantwortlich?²

2 In gewisser Weise kann die Entwicklung der Robotik als Spiegel der in den vorigen Beiträgen behandelten ‚technischen Verbesserung‘ des Menschen lesen, geht es hier doch um eine menschähnlichere im Sinne von stärker autonom operierender Technik. Technikzukünfte erstrecken sich hier zum Teil auf eine ‚Konvergenz‘ von technisierten Menschen und anthropogenisierter Technik in Form von Cyborgs.

3 Planen als Handeln

Das Planen stellt eine spezifische Form des Handelns dar (z. B. Habermas 1968, Grundwald 2000). Von daher beginnt die Einführung des Planungsbegriffs mit einer Bestimmung des Handelns. Wir beobachten auf der Ebene der Phänomene Veränderungen, die wir teils als Abläufe, Verläufe, Verhalten oder Handlungen rubrizieren. Die Art der Rubrizierung hängt von den zu Grunde gelegten Kriterien und Definitionen ab. Folgende Definition für Handeln – in Abgrenzung zu Verhalten – wird im Folgenden verwendet (vgl. dazu Hartmann 1996, Janich 2001):

- Handlungen können Akteuren (als Handlungsverursachern) zugerechnet werden; dies erfordert das Einnehmen einer Beobachterperspektive in Bezug auf das eigene Handeln oder das Handeln anderer;
- Handlungen können durchgeführt oder unterlassen werden, nicht im Sinne einer beliebigen Freiheit, sondern nach Maßgabe von Gründen; ob dies zutrifft, erfordert eine Deutungsleistung Außenstehender, wobei der/die Handelnde durchaus befragt werden kann;
- Handlungen können misslingen oder gelingen, d. h. es gibt Erfolgskriterien und Gelingenbedingungen; gängigerweise werden diese an Zielerreichung und Zweckrealisierung festgemacht und können auch graduelle Zielerreichung anzeigen.

Die Bestimmung von etwas *als Handeln* ist somit eine Deutungsleistung in einem kommunikativ strukturierten Raum. Die Deutung erfolgt rekonstruktiv durch außen stehende Beobachter oder den/die Handelnde selbst. In letzterem Fall ist eine Distanzierung des Handelnden von sich selbst erforderlich, um die Deutung vornehmen zu können. ‚Handeln‘ ist kein ontologisches Prädikat, sondern um von Handeln reden zu können, ist eine Deutung der entsprechenden Situation und eine argumentativ explizierbare *Zuschreibung* erforderlich. Wenn ein Lastwagen vorbeifährt, sagen wir nicht, dass der Lastwagen handelt, sondern dass der Fahrer des Lastwagens handelt, wobei dann eine Kausalbeziehung zwischen den Handlungen des Fahrers (Betätigen der Bremse) und den wahrnehmbaren Effekten dieser Handlungen (Lastwagen hält an) angenommen wird. Das Ausrutschen auf Glatteis oder ein Hustenanfall werden den Kriterien für Handeln in der Regel nicht entsprechen, sondern stellen „Widerfahrnisse“ dar (Kamlah 1973). Ein Hustenanfall kann weder gelingen noch misslingen. Dies ist nur scheinbar trivial denn es gibt Situationen, unter denen der Husten *als Handlung* verbucht werden kann: die Entfernung von Krümeln im Atembereich, das Auffallen-Wollen im Konzertsaal oder die Warnung eines Geschäftspartners, wenn er in einer Verhandlung einen Fehler zu begehen droht.

Dies verdeutlicht, dass die Klassifizierung eines Phänomens *als Handlung* über eine *Zuschreibung* erfolgt, die auf einer Deutung der jeweils spezifischen Situation und des

Kontextes beruht (Schwemmer 1987, S. 83). Zwei Husten mögen phänomenologisch identisch sein, können aber möglicherweise durch die Deutung einmal *als Verhalten* und Widerfahrnis und ein anderes Mal *als Handlung* rubriziert werden. Insofern Deutungen kontrovers sein können, kann auch die Zuschreibung des Handlungsbegriffs im Einzelfall umstritten sein.

Zuschreibungen von Begriffen stellen selbst Handlungen dar und können unter handlungstheoretischen Kategorien beurteilt werden. Auch mit Begriffsbestimmungen werden Zwecke verfolgt, z. B. des Unterscheidens, des Klassifizierens oder der Ordnungsstiftung. Um für oder gegen bestimmte Zuschreibungen zu argumentieren, bedarf es der Angabe der Zwecke, die sie erfüllen sollen. Nur relativ zu diesen kann beurteilt werden, ob sie zweckmäßig gewählt sind oder nicht. An dieser Stelle wäre also zu erläutern, welche Zwecke mit der oben genannten Bestimmung des Handlungsbegriffs verfolgt werden.

An erster Stelle ist hier der praktische Zweck des Lernens zu nennen. Aus den obigen Kriterien ist ableitbar, dass Handeln als *verbesserbar* angesehen wird, bloßes Verhalten jedoch nicht. Zweck/Mittel-Wissen und Störungsbeseitigungswissen sind nur auf Handlungen beziehbar, nicht auf Verhalten. Handeln steht unter Erfolgsbedingungen, woraus ein Maß für das Gelingen abgeleitet werden kann, und ermöglicht Lernen, da, technisch gesprochen, die Soll/Ist-Differenz eines nicht oder nicht vollständigen Gelingens genutzt werden kann, um nach den Ursachen dieser Abweichung zu fragen und mögliche Verbesserungen zu überlegen und einzuführen.

An zweiter Stelle ist die Verantwortungsfrage zu nennen. In Bezug auf Handlungen kann über Gründe, Folgen und Verantwortlichkeiten gesprochen werden. Indem Menschen sich als – zumindest immer wieder – handeln Könnende beschreiben, stellen sie sich in einen sozial-kulturellen Kontext und bestimmen sich als soziale Wesen, die vorbereitend über Handlungen reden können, die zwischen alternativen Handlungsoptionen auswählen können, die Handlungen durchführen und die sowohl ex ante als auch im Nachhinein über Folgen und Verantwortung sprechen können (z. B. Grunwald 1999). Der Handlungsbegriff in der Unterscheidung vom bloßen Verhalten ist Teil der Selbstkonstitution des (modernen) Menschen – und er ist nicht zwingend. Es sind Kulturen vorstellbar, die diese Unterscheidung nicht vornehmen, sondern die alles unter Verhalten subsumieren und z. B. Begriffe wie Verantwortung, Schuld, Recht und Unrecht nicht kennen. Die Unterscheidung von Handeln und bloßem Verhalten dient zur Klärung, auf welche Gegenstände eine Verantwortungsdiskussion erstreckt werden kann. Es ist also im Folgenden (Teil 4) zu fragen, ob und inwieweit eine Zuschreibung von Handlungsträgerschaft oder Planungskompetenz zu Robotern mit diesen Zwecken kollidieren oder sie erfüllen würde.

Im Planen geht es um die handelnde Beschäftigung mit *zukünftigem* Handeln zum Zweck der Erwägung und Vorbereitung. Planen ist ein antizipierendes Reflektieren von Zwecken/Zielen oder von Handlungsschemata, ohne diese direkt zu setzen bzw. zu ak-

tualisieren: ein Entwerfen zukünftiger Handlungsoptionen im Sinne eines „Probierhandeln“ (Schütz 1981, Stachowiak 1970). Zweck des Planens ist das ex ante-Entwerfen, Reflektieren und Beurteilen der möglichen Handlungsoptionen zum Zweck der Handlungsvorbereitung und seiner Optimierung. Planen führt nur in vermittelter Weise zur Zweckrealisierung. Erst die *Planausführung* soll den Zweck realisieren, nicht die Planerstellung selbst. Aus der Planung resultieren Pläne, während erst die *Umsetzung* eines Planes die Planungsziele erreichen soll. Planen ist ein (hypothetisches und experimentierendes) Handeln im Möglichkeitsraum und stellt sich dar:

„als ein dramatisches Ausprobieren verschiedener konkurrierender möglicher Richtungen des Handelns in der Phantasie [...] Experimentierend werden verschiedene ausgesuchte Elemente der Gewohnheiten und Antriebe miteinander kombiniert, um herauszufinden, wie das resultierende Handeln aussehen würde, falls es begonnen wird“ (Dewey 1922, S. 190).

Schütz (1971, 1981) analysiert, aufbauend auf Dewey, Zustandekommen und Abläufe singulärer Handlungen vom Standpunkt des Phänomenologen aus und betont ebenfalls die Differenz zwischen Entwurf und dem „wirklichen“ Handeln:

„[D]as Entwerfen von Handeln vollzieht sich prinzipiell unabhängig von allem wirklichen Handeln. Jedes Entwerfen von Handeln ist vielmehr ein Phantasieren von Handeln, d. h. ein Phantasieren von spontaner Aktivität, nicht aber die spontane Aktivität selbst“ (Schütz 1981, S. 77).

Planen ist das Entwerfen und Vorbereiten von Zielsystemen oder Handlungsgefügen, die prima facie nicht bekannt oder evident sind: wenn man etwas bereits könnte, d. h. eine Handlungsroutine zur Verfügung hätte, bräuchte man nicht zu planen: Planung als „gedankliche Vorwegnahme zukünftigen Handelns“ und als „Verfahren zur Erlangung geeigneter Handlungsantizipationen“ (Stachowiak 1970). Planen bezieht sich nicht auf das habituelle Handeln, das routinisierte und gewohnheitsmäßige Handeln, sondern betrifft immer nur Situationen mit Entwurfs-, Vorbereitungs-, Konstruktions-, Kompositions- oder Entscheidungsbedarf.

Wesentliches Attribut des Planungsbegriffs ist der *doppelt-zweckrationale Charakter* (Grunwald 2000). Erstens müssen die einzelnen Handlungsschritte eines Plans jeweils für sich zweckrational sein, indem sie je zur Realisierung bestimmter Teilziele führen sollen. Zweitens müssen diese Elemente aber auch in einer zweckrationalen Weise zusammengestellt werden. Die Komposition der im Einzelnen zweckrationalen Elemente muss so erfolgen, dass das Gesamtziel erreicht werden kann: Planung besteht in der zweckrationalen Komposition zweckrationaler Elemente (Habermas 1968). Gegenbeispiele, in denen einzeln durchaus zweckrationale Elemente in einer unsinnigen

Weise zusammengeführt werden, lassen sich leicht konstruieren. Allein die oft erforderliche zeitliche oder pragmatische Reihenfolge von Teilschritten führt zu Einschränkungen der Kombinierbarkeit der Teile.

Diese doppelte Zweckrationalität impliziert, dass Planung im Raum der Gründe und des Wissens stattfindet und diskursiv erfolgen muss (Grunwald 2000, Kap. 4). Ein Planungsdiskurs besteht aus (1) einem Diskurs über das Setzen der Zwecke und Ziele (*Zielplanung*), der Erarbeitung alternativer Optionen für Szenarien und Mittel, also *möglicher Pläne* und der *Entscheidung* zwischen den alternativen Optionen (Entscheidungsdiskurs).

4 Können Roboter handeln?

Die erste Teilfrage ist, ob durch die begriffliche Bestimmung von Handeln (s. o.) nicht bereits analytisch vorbestimmt ist, dass nichtmenschliche Akteure als Handelnde nicht in Frage kommen. Dies ist nicht der Fall. Denn das Modell, Handeln über rekonstruktiv nachvollziehbare Kriterien zu bestimmen, lässt offen, wer als Handelnder in Frage kommt. Es ist eine empirische Frage, ob die für „Handeln“ erforderlichen Kriterien nur von Menschen, von bestimmten Menschen in bestimmten Situationen, von vernunftbegabten Wesen im Sinne von Kant, von bestimmten Tieren (z. B. Primaten) – oder eben von Robotern erfüllt werden können. Die kriterienbezogene Bestimmung des Handelns ist in beiden Richtungen offen: nicht alle Menschen müssen handeln können, und Handelnde müssen nicht analytisch Menschen sein.

Dass nicht alle Menschen handeln können, zeigt der Blick auf sehr kleine Kinder, auf demente Personen, auf Komapatienten, auf bestimmte Formen von Behinderungen und auf Personen mit Zwangskrankheiten. In letzterem Fall beispielsweise ist das Kriterium, dass eine Handlung auch unterlassen werden kann, nicht erfüllt. Es ist eine zumindest auch empirische Frage mit möglicherweise rechtlich relevanten Folgen, welche Menschen in welchen Situationen handlungskompetent sind.

Umgekehrt sind Wesen zumindest vorstellbar, die nicht der Gattung *Homo sapiens* angehören, die aber gleichwohl handeln können. Logisch lässt sich dies nicht ausschließen, sondern ist eine empirische Frage nach der Erfülltheit der Kriterien anhand von Deutungen und Rekonstruktionen. Dabei kann es freilich zu erheblichen Beurteilungsproblemen kommen, wenn das Verhalten z. B. eines Schimpansen als Handeln eingestuft werden soll. Die erforderlichen Deutungen können in die Kritik bloßer anthropomorpher Unterstellungen geraten, da Menschen mit Primaten keine Diskursgemeinschaft pflegen. Letzteres trifft auch auf das Verhältnis von Mensch und Roboter zu. Ein Unterschied zu Primaten besteht allerdings darin, dass der Roboter als Konstrukt von Menschen in seiner Funktionsweise besser bekannt sein sollte als Primaten und dass Deutungen daher einfacher sein könnten.

Die Definition des Handelns beschränkt Handlungskompetenz nicht auf Menschen und ist nicht speziezistisch. Wenn behauptet wird, dass nur Menschen handeln können, müsste dies das Ergebnis einer empirischen Analyse im Hinblick auf die Erfüllung der Kriterien für Handeln sein. Diese Behauptung wäre damit fallibel, insbesondere da der technische Fortschritt neue „Wesen“ hervorbringt, die die genannte Behauptung prinzipiell falsifizieren könnten.

Ein Speziezismus im Hinblick auf den Handlungsbegriff wäre auch unfruchtbar. Wenn per definitionem nur Menschen Handeln könnten, wäre die Sonderstellung des Menschen begrifflich festgeschrieben, mit dem scheinbaren Vorteil der ewigen Beständigkeit, aber mit dem erheblichen Nachteil der Unfruchtbarkeit. Nichts könnte über im Laufe des technischen Fortschritts möglicherweise auftretende Grenzverschiebungen im Verhältnis von Mensch und Technik daraus gelernt werden. Nur wenn die Frage nach dem Handeln eine empirische Frage ist, lassen sich historische Veränderungen rekonstruieren, lässt sich über Entwicklungen und Verschiebungen sprechen. Der praktische Zweck der Ermöglichung von Lernprozessen durch die Bestimmung des Handlungsbegriffs lässt sich hier auf die Handlungsweise der Begriffsbestimmung selbst beziehen: den Zweck erfüllt nur eine Begriffsbestimmung, die es erlaubt, Veränderungen wahrzunehmen und zu reflektieren.

Damit ist als nächstes zu fragen, wie das in Teil 2 geschilderte ‚Roboterplanen‘ im Lichte der gegebenen Begriffsbestimmungen von ‚Handeln‘ erscheint. Die drei Kriterien im Kurzdurchgang erbringen folgende Einschätzung:

- *Handlungsverursachung*: es ist wohl keine Frage, dass ‚autonome‘ Roboter etwas verursachen in dem Sinne, dass die Wirkungen ihrer ‚Aktionen‘ ihnen kausal zugeordnet werden können. Dies ist für Handelnkönnen freilich nur eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung und trifft auch auf bloßes Verhalten zu.
- *Gelingen/Mislingen*: Insofern solche Roboter einen Auftrag haben (z. B. Minen zu entschärfen, Botengänge durchzuführen oder Rasen zu mähen), lässt sich das Gelingen bzw. Mislingen oder teilweise Gelingen aus einer Beobachterperspektive leicht feststellen.
- *Unterlassen*: Eine spezifische Roboterhandlung, z. B. das Ausweichen vor einem Hindernis, kann, gesehen aus der Perspektive eines externen Beobachters, hätte in analoger Weise unterlassen werden können wie die Handlung eines menschlichen Akteurs, nämlich wenn die Argumente, die den Ausschlag für die Handlung gegeben haben, andere gewesen wären, z. B. aufgrund einer anderen Situationsdiagnose. Insofern menschliche Freiheit nicht im Sinne eines Zufallsgenerators zu verstehen ist, sondern die Freiheit des Entscheidens nach Maßgabe guter Gründe meint, wäre einem Roboter, der aus einem Spektrum von Handlungsschemata ein zur Situationsdiagnose und den ihm gestellten Aufgaben passendes auswählt, auch zu-

gestehen, dass er diese Handlung unterlassen und eine andere ausgewählt haben würde, wenn die Gründe anders gelagert gewesen wären.

Damit ergibt sich keine begriffliche Handhabe, ‚autonomen‘ Robotern das Handelnkönnen abzusprechen. Nun wird immer wieder ein ‚konsequentialistisches‘, also mit den Folgen einer Zuschreibung von Handlungskompetenz an Roboter operierendes Argument vorgebracht, das Argument der damit verbundenen Verantwortungszuschreibung. Zunächst ist zu sagen, dass konsequentialistische Argumente an dieser Stelle logisch nicht treffen. Denn falls der Schluss ist, dass Robotern nach Maßgabe des kulturalistischen Handlungsbegriffs Handlungskompetenz zugeschrieben werden müsste, dann wäre es eben so, und ein Argument, das mit der Unerwünschtheit der Folgen dieser Zuschreibung operierte, ginge ins Leere. Dennoch sei dieses Argument im Folgenden widerlegt, weil daraus etwas zu lernen ist.

In Bezug auf den zweiten Zweck der Einführung des Handlungsbegriffs, diesen für Klärung von Verantwortlichkeiten einzusetzen (s. o.), wird gelegentlich gesagt, dass die Zuschreibung von Handlungskompetenz notwendig mit der Zuschreibung von Verantwortung verbunden sei und dass dies kontra-intuitiv sei. Ein etwas genauerer Blick auf den Verantwortungsbegriff zeigt den Kurzschluss in dieser Argumentation. Der Verantwortungsbegriff kann zunächst als ein *dreistelliger* Begriff rekonstruiert werden: *jemand* (ein Verantwortungssubjekt) verantwortet *etwas* (Handlungsergebnisse als Objekt der Verantwortung) vor einer *Instanz* (einer Person, einer Institution, einem Regelwerk, einer Moral etc.). Die dreistellige Rekonstruktion ist Basis desjenigen Verantwortungstyps, den Lenk als *Kausalhandlungsverantwortung* beschreibt (1992, S. 27 f., 82). Diese Verantwortung reflektiert auf nichts weiter als das Bewirkthaben von Handlungsergebnissen durch einen Akteur und hat für sich genommen keine moralische Dimension. Diese erschließt sich erst in der Rekonstruktion des Verantwortungsbegriffs als *vierstellig*, wenn nämlich gefragt wird, *relativ zu welchen Regelsystemen* Verantwortung übernommen werden *soll* (Grunwald 1999). Wenn gesagt wird, die Zuschreibung von Handlungskompetenz zu Robotern impliziere das Zuschreiben von rechtlicher oder moralischer Verantwortung, beruht dies auf einer Verwechslung des dreistelligen mit dem vierstelligen Verantwortungsbegriff. Die bloße Handlungsverursachungsverantwortung würde auf den Roboter zutreffen, insofern ihm ein Handeln zugestanden wird – aber das impliziert keinerlei rechtliche oder moralische Verantwortung. Es ist bloß die Konstatierung, dass der Roboter für bestimmte Handlungsergebnisse „kausal“ verantwortlich ist, um mit Lenk zu reden: die Handlungsergebnisse (z. B. dass ein Mensch beim Zusammenstoß verletzt wurde) lassen sich als Wirkung einer Handlung des Roboters deuten. Daraus folgt aber eben nicht automatisch auch eine moralische oder rechtliche Verantwortung, sondern deren Zuschreibung wäre ein eigenständiger Akt – formal die Erweiterung eines dreistelligen zu einem vierstelligen Verantwortungsbegriff. Auch bei einer Handlungsverursachungsverantwortung des Roboters

könnte die Zuschreibung der moralischen oder rechtlichen Verantwortung für die Körperverletzung auf den Halter, den Betreiber oder den Hersteller führen (Christaller et al. 2001).

Dies ist übrigens im menschlichen Handeln ganz ähnlich, wenngleich wir vermutlich die Handlungsverursachungsverantwortung häufig – aber eben nicht logisch – mit moralischen oder rechtlichen Verantwortlichkeiten verbinden. Grundsätzlich folgt aus der Tatsache, dass jemand durch seine Handlung etwas bewirkt hat, noch nicht, dass er/sie dafür auch moralisch oder rechtlich zur Verantwortung gezogen wird. Stattdessen kann diese Verantwortung auch beim Vorgesetzten, bei den Eltern oder in der Gestaltung institutioneller Strukturen gesucht werden. Wir kennen Situationen, in denen jemand etwas getan hat, aber jemand anderes dafür die Verantwortung übernimmt (z. B. der Vorgesetzte im Militär, der einen Befehl erteilt hat) genauso wie Situationen, in denen jemand zur Verantwortung gezogen wird, der mit einem in Frage stehenden Sachverhalt gar nichts unmittelbar zu tun hat (z. B. der Minister, der zurücktreten muss, weil Unregelmäßigkeiten aus seinem Ministerium bekannt werden, in die er persönlich gar nicht involviert war). Diese Beispiele verdeutlichen, dass zwischen Handlungsverursachungsverantwortung und rechtlich/moralischer Verantwortung zu unterscheiden ist. Auch wenn wir Robotern Handlungs- und Planungskompetenz zusprechen, nimmt dies keine Entscheidung über Verantwortlichkeiten im moralischen oder rechtlichen Sinne vorweg.

Die bislang vorgestellte Argumentation, Robotern Handlungskompetenz zuzuschreiben, unterliegt jedoch einer Prämisse, die zu weiterer Differenzierung Anlass gibt. ‚Handlung‘ als Zuschreibungsbegriff zu verstehen, wurde in dieser Argumentation in der Perspektive eines externen Beobachters vorgestellt, der ‚Phänomene‘ wie etwas Bewirkende Menschen oder Roboter beobachtet und diese Phänomene nach Maßgabe des eingeführten Handlungsbegriffs deutet. Würde zunächst ein Mensch in dieser Weise beobachtet, z. B. ein Krankenpfleger oder ein Bote, so könnte man angesichts einer funktionsäquivalenten Ersetzung dieser Menschen durch Roboter sich vorstellen, dass dieser Roboter als Mensch „verkleidet“ würde, so dass ein außen stehender Beobachter seine Zuschreibung nicht an Äußerlichkeiten orientieren könnte. Seine externe Deutung müsste damit unter den Voraussetzungen Funktionsäquivalenz und Verkleidung für Menschen und Roboter zum selben Ergebnis kommen. Da die Verkleidung nicht mit der Zuschreibung von Handlungskompetenz korrelieren kann, würde dieses Gedankenexperiment den obigen Gedankengang bestätigen: Roboter, die handelnde Menschen ersetzen, handeln.

Die entscheidende Voraussetzung ist allerdings, dass der beobachtete Mensch oder Roboter nicht nach seinen Aktivitäten, Aufgaben, Diagnosen und Gründen befragt wird, sondern dass die Deutung allein aus der beobachtenden und rekonstruierenden Außenperspektive erfolgt. Weitere Fragen, z. B. nach dem Bewusstsein des Handelnden von sich selbst oder nach seinem Status als Person werden nicht gestellt. Wenn dies als

Defizit kritisiert würde, müsste im Handlungsbegriff diejenige Stelle angegeben werden, an der derartige Fragen für die Zuschreibung von Handlungskompetenz werden.

5 Was tun Roboter, wenn sie „planen“?

Üblicherweise werden zwei Typen von planenden Robotern unterschieden, entlang den üblicherweise gemachten Unterschieden zwischen KI- (Künstliche Intelligenz) und KL- (Künstliches Leben) Robotern (vgl. Kinnebrock 1997, S. 101 ff.):

- Robotertypen, die auf der Basis einer Diagnose von Umweltdaten aus einer vorgegebenen Menge von Handlungsoptionen wählen können, gemäß einem ebenfalls vorgegebenen Kriterienraster.
- Auf neuronalen Netzen basierende Roboter, die Lerneffekte einbauen und damit die Planungs- und Entscheidungsgrundlagen verändern können.

In beiden Fällen spielt Planen als Entwurf und Vorbereitung zukünftiger Handlungen erkennbar eine Rolle. Der erste Typ ist dabei von eher schlichtem Charakter, weil Handlungsmenge und Kriterienraster vorbestimmt und nicht veränderbar sind. Das Planen erschöpft sich hierbei in einer Zuweisung von Handlungsoptionen zu Situationsdiagnosen. Der zweite Typ ist jedoch von besonderem Interesse, weil die Handlungsschemata, die in Frage kommen, möglicherweise erst im Roboter „erzeugt“ werden und nicht vorher als Teil einer vorgegebenen Menge einprogrammiert wurden. Das Lernen durch eine Akkumulation von „Erfahrungen“, die durch die Ausführung von „Handlungen“, etwa im Rahmen einer Fortbewegung in fremdem Gelände, gemacht wurden, ist das Herzstück dieses „Planens“. Hierbei ist auch die „Emergenz“ von neuen Handlungsweisen denkbar (Kinnebrock 1997, S. 102 ff.), welche sich über Lernvorgänge in einer unvorhersehbaren Weise ergeben. Dies führt u. a. dazu, dass eine *Kontrollarchitektur* erforderlich ist: das unvorhergesehene Verhalten eines Roboters muss nicht alleine darin bestehen, dass *erwünschte* innovative Problemlösungen generiert werden; schließlich sind auch *unerwünschte* Resultate denkbar, dass nämlich Roboter in einem negativen Sinne „außer Kontrolle geraten“ können. Die Kontrollarchitektur soll gewährleisten, dass die Handlungsweisen des Roboters in einem definierten Rahmen bleiben und dass der Roboter ansonsten abgeschaltet wird.

Es stellt sich, wenn das Planen als ein experimentierendes „Probearbeiten“ verstanden wird, die Frage nach den genaueren Abläufen in den Lernprozessen eines Roboters. Die Erklärung:

„Lernen besteht aus der Umorganisation und Umgewichtung der einzelnen Verbindungen innerhalb eines neuronalen Netzes [...] Wir haben bisher vom überwachten

Lernen gesprochen, bei dem z. B. der Mensch die Kontrolle ausübt. Wenn wir zum unüberwachten Lernen übergehen, dann ersetzen wir das überwachende System durch einen Satz wohldefinierter Lernregeln. Nach diesen Lernregeln optimiert sich das Gesamtsystem, während wir es sich selbst überlassen“ (Schlachetzki 1993, S. 78 f.),

führt darauf, dass es sich um ein Lernen aus empirischer Erfahrung handelt. In der Betrachtung eines autonomen Roboters des Typs AMOS (Knick et al. 1994) ist zunächst wichtig, dass dieser über kein vorher erstelltes Umweltmodell verfügt, sondern über diese empirische Erfahrung selbst eines erstellt und laufend verbessert und anpasst. Am Beispiel des Umgangs mit Hindernissen dargestellt: durch Sensorsignale generiert der Roboter (man denke z. B. an einen Zustellroboter innerhalb einer Behörde) während der Bewegung ein Modell seiner Umgebung. Solange diese Umgebung statisch ist, kann das erstellte Modell (bestehend aus Wänden, Türen, Aufzügen etc.) problemlos verwendet werden. Im Betrieb kontrolliert der Roboter über seine Sensorik (z. B. Videokameras) dauernd, ob sein Modell noch aktuell ist. Ist eine normalerweise geöffnete Tür aber einmal zufällig geschlossen, kommt es zu einem „Planzusammenbruch“, genauso wenn sich unerwartet ein Hindernis auf dem Weg befindet. Planzusammenbrüche bezeichnen Abweichungen der realen Situation von den Erwartungen. In diesen Fällen definiert der Roboter die Region, in der eine Differenz zwischen Umweltmodell und erkannter „Realität“ auftritt, als eine „Region of Interest“ (ROI, Knick et al. 1994, S. 78 ff.). Durch experimentelles Umgehen mit der unerwarteten Situation kann der Roboter „Erfahrungen“ sammeln. So kann durch Hupen versucht werden, das Hindernis zum Ausweichen zu bewegen (das Hindernis könnte ein Mensch sein, der aufgrund des Hupens zur Seite tritt), es könnte versucht werden, das Hindernis beiseite zu schieben (vielleicht handelt es sich um einen leeren Karton) oder der Roboter könnte, wenn alles nichts hilft, seinen Betreiber verständigen. Auch Manöver wie das Einparken oder das Wenden in einem Gang können auf diese Weise „geplant“ werden (Schlegel/Illmann 1995). Dabei ist eine Hauptherausforderung, die Planzusammenbrüche zu klassifizieren (Knick et al. 1994, S. 80 ff.), um dann später in der Lage zu sein, schnell den richtigen Typ zu diagnostizieren und entsprechende Maßnahmen einzusetzen (wenn ein Mensch im Gang steht, hupen statt zu versuchen, ihn zur Seite zu schieben).

Das zugrundeliegende planungstheoretische Paradigma besteht im Wesentlichen aus dem kybernetischen Planungsmodell der rückgekoppelten System/Umwelt-Wechselwirkung: Der Kern des Planungsbegriffs in der systemtheoretischen Ausrichtung (z. B. Stachowiak 1970, Chadwick 1978) besteht darin, die *Umsetzung* des Plans und, in Form einer kybernetischen Rückkopplung, die *Kontrolle der Ergebnisse* in den Planungsprozess einzubeziehen (Stachowiak 1970, S. 4; Chadwick 1978, S. 375 ff.). Planung besteht danach im Umgang eines „Systems“ mit seiner Umwelt: ein System ergreift Maßnahmen zur erwünschten Veränderung der System-Umwelt (Versuche). Irrtümer werden durch den Regelmechanismus detektiert und in den weiteren Maß-

nahmen berücksichtigt. Das Lernen besteht in einem wiederholten Durchlaufen dieses kybernetischen Zirkels mit einer entsprechenden Akkumulation an empirischer Information. Es können also in der Tat der experimentelle Umgang eines Roboters mit einer unbekanntem Umwelt und die Nutzung der daraus resultierenden empirischen „Erfahrungen“ als Planungsvorgänge im Rahmen der kybernetischen Planungstheorie gedeutet werden.

Der Bezug auf den oben eingeführten Planungsbegriff, die Spezifika der Zweckrationalität erster und zweiter Ordnung sowie der Kohärenz, die Baumstruktur von Handlungsplänen und die Notwendigkeit der Entscheidung zwischen alternativen Optionen (Grunwald 2000, Kap. 3) ergeben keine Handhabe, die Rede vom „planenden“ Roboter abzulehnen: Der Roboter nimmt über Sensoren eine Deutung seiner aktuellen Situation vor und vergleicht diese mit einem (streng oder in bestimmtem Rahmen vorgegebenen) Zielzustand. Aus einer Wissensbasis stellt er dann über Zweck/Mittel-Bezüge Szenarien und mögliche Handlungspläne zusammen und entscheidet über die Auswahl und Zusammenstellung gemäß einem (vorgegebenen) Kriterienraster. Die Spezifika des Planens, insbesondere der zweckrationale Entwurf erst auszuführender Handlungen, sind hier erkennbar enthalten. Die planungstheoretische Modellierung des Roboters durch den kybernetischen Regelkreis ist daher möglich und adäquat.

Allerdings handelt es sich bei diesem Roboterplanen um im Vergleich zur Komplexität menschlichen Planens (Grunwald 2000) außerordentlich eingeschränkte Planungsvorgänge. Dies sei in zwei Richtungen erläutert: (1) durch die Entlarvung der kybernetischen Rückkopplung als defizitäres Planungsmodell und (2) durch die Betrachtung der präplanerischen Festlegungen.

- (1) Der kybernetische Mechanismus besteht im Lernen aus empirischer Erfahrung durch mehr oder weniger gut vorgeprägtes Ausprobieren und praktisches Erproben von Handlungsschritten im kybernetischen Regelkreis. Im Modell einer ‚adaptiven Dauerplanung‘ adaptiert sich der Roboter an die Bedingungen seiner Umwelt. Der Normativität des Planens, nämlich einen Plan gemäß bestimmten Zwecksetzungen zu erstellen und ggf. umzusetzen, wird jedoch im kybernetischen Modell weder Rechnung getragen noch gibt es einen Mechanismus, der diese Normativität dort rekonstruieren könnte. Als Ersatz fungiert der Mechanismus der Kontrolle der Planungsergebnisse und der Vergleich von empirisch erfasstem Ist-Zustand mit dem Soll die Normativität der Setzung von Zielen der Planung einfach ersetzt. Der Roboter ist nicht gezwungen, ex ante Zwecke zu setzen und über Mittel zur Erreichung der Zwecke und eventuelle Nebenfolgen zu rasonieren, sondern er kann – auf einer konfigurierten Ausgangsbasis – ausprobieren und die Resultate klassifizieren. Was dort, etwa im betrachteten Beispiel des AMOS (s. o.), ohne Zweifel sinnvoll ist, versagt jedoch bei Planungsaufgaben anderen Typs wie der genannten Aufgabe der Planung eines Hausbaues oder von technischen Großprojek-

ten. Statt einer Anpassung an Umweltbedingungen geht es dort darum, Ziele zu definieren und diese umzusetzen. Spezifika dieses Typs singulärer Planung (zu denen auch hochkomplexe Planungen wie die Apollo-Mission zum Mond) gehören, sind die involvierte Normativität und die ex ante-Reflexion oder sogar Modellierung und Simulation des gesamten Vorganges. Demgegenüber ist kybernetische Planung nichts weiter als eine verfeinerte Methode von Versuch und Irrtum – eine Methode, die in üblichen menschlichen Planungen in der Regel keine große Rolle spielt.

- (2) Ein zweiter Typ von Einschränkungen der Planungskompetenz von Robotern ergibt sich durch die Frage nach den der Planung vorausliegenden Entscheidungen. Konkretes Planen operiert nicht voraussetzungsfrei, sondern basiert auf Vorentscheidungen, durch die der Möglichkeits-, Optionen- und Suchraum der Lösung der jeweiligen Planungsaufgabe vorgegeben ist. Die Art der Aufgabenstellung, Vorgaben für Planungsstrategien und zu beachtende Randbedingungen sind *selektiv*. Sie begrenzen die Art und Weise, wie geplant werden kann und wie mögliche Pläne aussehen können. Diese Vorentscheidungen stellen die *präplanerischen Vereinbarungen* dar (Grunwald 2000, Kap. 4.2). Aus Gründen beschränkter Zeit oder anderer Ressourcen können nie *alle* denkbaren Alternativen für die Lösung einer Planungsaufgabe berücksichtigt werden. Vielmehr werden, explizit oder implizit, stets nur Lösungen aus einem bestimmten Relevanzrahmen und Optionenspektrum zugelassen. Elemente eines solchen *relativen Planungsapriori* sind:

- die Eingrenzung des Planungsgegenstandes in Form der Festlegung zu berücksichtigender Zielbereiche, der Objektbereiche und des relevanten Kontextes in Modellbildung und Festlegung von Systemgrenzen;
- der „Stand der Technik“ als Menge des verfügbaren Planungs- und Kontextwissens als Ausgangslage für das Planen;
- Entscheidungen hinsichtlich der Zulassung oder des Verbotes von Zielen und Mitteln (z. B. aus religiösen Gründen) und
- Entscheidungskriterien für die Auswahl des Plans unter mehreren möglichen bzw. die Festlegung einer entscheidungstheoretischen Metaregel für den Auswahlprozess.

Präplanerische Vereinbarungen dieser Art stellen kontextuelle Einschränkungen der prinzipiell denkmöglichen Vielfalt dar und sind Elemente einer Kontingenzreduktion. Planungskontexte können im Rahmen eines „relativen“ Planungsapriori danach unterschieden werden, ob und inwieweit die präplanerischen Vereinbarungen unter der Kontrolle der Planenden stehen, also z. B. zu Beginn der Lösung einer Planungsaufgabe ausgehandelt wurden, oder ob sie den Planenden „von außen“ vorgegeben wurden.

Das Planen eines Roboters ist zwar, wie beschrieben, im kybernetischen Planungsmodell *abbildbar bzw. beschreibbar*. Zweck- und Zielsetzungen sind dabei beschränkt, es sind teils algorithmenhaft bestimmte Abläufe vorgegeben, die Wissensbasis ist teils prädefiniert, durch die Kontrollarchitektur sind dem Roboter Grenzen gesetzt usw. Es sind ausgesprochen restriktive *präplanerische Vereinbarungen* getroffen, die *vom planenden Roboter nicht revidiert werden können*. Das „Verhalten“ des Roboters kann zwar durchaus als „Planen“ bezeichnet werden; es handelt sich hierbei aber – trotz aller Möglichkeiten eines experimentellen, klassifizierenden und adaptiven Lernens – um einen sehr speziellen und reduzierten Planungstyp:

„Das Verhalten autonomer Roboter ist – bei Nutzung der heute verfügbaren Techniken der Informationsverarbeitung – geprägt durch ihre Wissensbasis, in Form von Programmen und Daten, und Vorwissen in wie immer gearteter Darstellung. Diese Wissensbasis, ihre Nutzung und Erweiterung, ist, selbst bei sogenannten selbstlernenden Systemen, durch den Menschen bei der Realisierung von Robotersystemen vorbestimmt.“ (Steusloff 2001, S. 7)

Nun ist aber zu beachten, dass die simple Gegenüberstellung eines „frei“ planenden Menschen und eines doch weitgehend kontrollierten Roboterplanens zu kurz greift. Denn auch das Planen von Menschen erfolgt oft in stark eingeschränkten Möglichkeitsräumen (z. B. innerhalb von restriktiven Arbeitsverhältnissen). Es scheint, und das wäre das Resümee, einen *fließenden Übergang* vom Planen eines simplen Roboters mit restriktiven präplanerischen Vereinbarungen zu „freien“ und komplexen Planungsprozessen zu geben, der nicht unbedingt beim Übergang vom Roboter zum Menschen einen qualitativen Sprung macht.

Auf diese Weise wird es möglich, Grenzverschiebungen zu rekonstruieren. Insofern der technische Fortschritt die „Planungskompetenz“ von Robotern vergrößern wird, werden sich bisherige Grenzen verschieben. Die Grenzen zwischen Mensch und Technik werden also auch in diesem Bereich fließend. Technik wird entwickelt in einer Weise, die es technischen Artefakten erlaubt, immer komplexere Tätigkeiten auszuführen. Dies dürfte in Planungsmodellen gut rekonstruierbar sein, wenn die Entscheidungsbefugnis der Roboter und damit ihre ‚Autonomie‘ durch technischen Fortschritt wächst.

Die Forderung von Latour (1995), in der gleichen Sprache über Technik und Menschen zu reden und eine völlige Symmetrie zwischen ihnen anzuerkennen, erweist sich hier als wenig hilfreich. Für den Planungs-begriff ist es zwar möglich, wie oben gezeigt wurde, in der Perspektive externer Beobachter von planenden Robotern wie von planenden Menschen zu reden. Eine vollständige Symmetrie zwischen Dingen und Artefakten ist damit aber *gerade nicht* verbunden. Die Verwendung der gleichen Sprache bedeutet noch keine Anerkennung der Symmetrie, sondern es müsse die Verwen-

dungsbedingungen der Sprache mit reflektiert werden (z. B. die oben genannten Unterschiede zwischen einem dreistelligen und einem vierstelligen Verantwortungsbegriff). Von der Verwendung der gleichen Handlungs- und Planungsterminologie auf eine Symmetrie zwischen Menschen und Robotern zu schließen, wäre nur bei krasser Missachtung der unterschiedlichen Planungsmodelle, der unterschiedlichen Verfügbarkeiten über präplanerische Vereinbarungen und der unterschiedlichen Behandlungen der normativen Ebene möglich. Die genauere Analyse hat gezeigt, dass gerade Unterschiede zu machen sind, um zu einem „besseren Verständnis“ von planenden Robotern und Menschen zu kommen. Erst die sorgfältige Herausarbeitung und Beachtung der Unterschiede ist instruktiv: man kann in der Gegenüberstellung von planenden Robotern und planenden Menschen auch etwas über planende Menschen lernen, nämlich Spezifika menschlichen Planens und ihrer in bestimmten, z. B. erwerbsarbeitsrechtlichen und teils sehr engen Grenzen.

Dass wir in der Reflexion über planende Roboter und Menschen durchaus Übersetzungs- und Vermittlungsarbeit leisten und uns selbst und die Mensch/Technik-Unterscheidung dabei auch jeweils neu „konstituieren“ (Joerges 2001, S. 176, mit Bezug auf Latour), funktioniert gerade auch dann, wenn wir Unterschiede machen. Dass es also scheinbar Planungsmodelle gibt, unter deren Verwendung wir von planenden Robotern sprechen können, heißt nicht, das Planen von Menschen und Robotern auf die gleiche Stufe zu setzen. Wenn wir das Attribut „planen“ Menschen und Robotern gleichermaßen zuschreiben, verbinden wir damit nicht unbedingt die gleichen Vorstellungen. Sondern im Einzelfall applizieren wir in dieser Zuschreibung ein bestimmtes Planungsverständnis und ein spezifisches planungstheoretisches Modell. In gewisser Weise paradox, verschärft die Verwendung der gleichen Sprache für planende Roboter und Menschen die Asymmetrie statt eine Symmetrie herzustellen.

Wenn wir die Tätigkeit eines Botenroboters rekonstruieren, werden wir formal die gleichen handlungstheoretischen Strukturen finden wie wenn wir das Handeln eines menschlichen Boten *als Boten* rekonstruieren. Die vermeintlich stark eingeschränkte Zwecksetzungskompetenz des Roboters (dem die Zwecke/Aufgaben einprogrammiert wurden) ist kein Gegenargument, denn in einem arbeitsrechtlich geregelten Umfeld hat auch der menschliche Bote eine sehr eingeschränkte Zwecksetzungskompetenz: er muss im Prinzip das tun, was vom Vorgesetzten verlangt wird, im Rahmen seiner Tätigkeitsbeschreibung, der er zugestimmt hat. Auf dieser Ebene sind die Aktivitäten von Bote und Botenroboter äquivalent – was ja auch logisch zwingend ist, sonst könnte der Botenroboter nicht den menschlichen Boten ersetzen. Und trotzdem besteht hier zwischen Botenroboter und Boten eine erhebliche Asymmetrie. Ein dem menschlichen Boten funktionsäquivalenter, d.h. die gleichen Botenleistungen erbringender Roboter plant die Botengänge und den Umgang mit dabei auftretenden Problemen in einem spezifischen Sinn und innerhalb vorgegebener Randbedingungen. Der menschliche Bote plant, indem er seine Rolle ausfüllt, nach einem analogen Planungsverständnis

und mit wahrscheinlich ähnlichen Kriterien. Während jedoch der Roboterbote durch Programmierung und Kontrollarchitektur auf seine Rolle als Bote festgelegt ist, kann der menschliche Bote diese Rolle verlassen. Die Forderung nach Unterlassbarkeit, um Handlungen von Verhalten zu unterscheiden, muss differenziert werden. Sie ist für den Roboter bereit erfüllt, wenn er die Auswahl zwischen wenigen alternativen Handlungsoptionen hat – dabei verbleibt er jedoch in der Rolle. Der menschliche Bote hingegen kann das „unterlassen“ erheblich radikaler verstehen und seine Rolle verlassen. Das Maß des Unterlassenkönnens erweist sich als zentral für die Unterscheidung von Mensch und Roboter und gleichfalls als Parameter, um zukünftig Grenzverschiebungen in diesem Bereich zu „messen“.

Literatur

- Chadwick, G. (1978), *A Systems View of Planning*, Oxford, 2. Auflage
- Christaller, T., Decker, M., Gilsbach, J. M., Hirzinger, G., Lauterbach, K., Schweighofer, E., Schweitzer, E., Sturma, D. (2001), *Robotik. Perspektiven für menschliches Handeln in der zukünftigen Gesellschaft*, Berlin: Springer
- Churchman, C. W. (1968), *The Systems Approach*, Dell Publishing
- Decker, M. (1997), *Perspektiven der Robotik. Überlegungen zur Ersetzbarkeit des Menschen*, Graue Reihe 8 der Europäischen Akademie, Bad Neuenahr-Ahrweiler
- Decker, M. (2011) *Service robotics: do you know your new companion? Framing an interdisciplinary technology assessment*. In: *Poiesis und Praxis* (2011) 8: S. 25-44
- Decker, M., Gutmann, M. (Hg.) (2012): *Robo- and Informationethics – Some fundamentals*. Zürich, Berlin: LIT
- Dewey, J. (1922), *Human Nature and Conduct*, New York
- Grunwald, A. (1999), *Verantwortungsbegriff und Verantwortungsethik*, in: A. Grunwald (Hg.), *Rationale Technikfolgenbeurteilung. Konzeption und methodische Grundlagen*, Berlin: Springer, S. 175-194
- Grunwald, A. (2000), *Handeln und Planen*, München
- Habermas, J. (1968), *Technik und Wissenschaft als Ideologie*, Frankfurt a. M.
- Hartmann, D. (1996), *Kulturalistische Handlungstheorie*, in: Hartmann, D., Janich, P. (Hg.) (1996), *Methodischer Kulturalismus. Zwischen Naturalismus und Postmoderne*, Frankfurt a. M., S. 70-114
- Janich, P. (2001): *Logisch-pragmatische Propädeutik*. Weilerswist: Vehbrück
- Joerges, B. (2001), *Technik – das Andere der Gesellschaft?*, in: G. Ropohl (Hg.), *Interdisziplinäre Technikforschung*, München: Hanser, S. 165-180
- Kinnebrock, A. (1997), *Künstliches Leben. Anspruch und Wirklichkeit*, München: Oldenbourg
- Knick, M., Schlegel, C., Illmann, J. (1994), *AMOS: Selbständige Generierung bedeutsamer Wahrnehmungsklassen durch ein autonomes System*, in: P. Levi, T. Bräunl (Hg.), *Autonome mobile Systeme, AMD 94*, Berlin: Springer, S. 77-88
- Latour, B. (1995), *Wir sind nie modern gewesen*, Berlin: Akademie-Verlag

- Lenk, H. (1992), *Zwischen Wissenschaft und Ethik*, Frankfurt a. M.: Suhrkamp
- Pollock, J.L. (1995), *Cognitive Carpentry*, Bradford: MIT Press
- Schlachetzki, A. (1993), *Künstliche Intelligenz und ihre technisch-physikalische Realisierung*, in: Verein Deutscher Ingenieure (Hg.), *Künstliche Intelligenz. Leitvorstellungen und Verantwortbarkeit*, VDI-Report 17, Düsseldorf, S. 72-82
- Schlegel, C., Illmann, J. (1995), *AMOS: Beherrschung vielfältiger Anforderungen durch dynamische Kombination und Konfiguration einfacher Mechanismen*, in: R. Dillmann, U. Rembold, T. Lüth (Hg.), *Autonome mobile Systeme, AMD 95*, Berlin: Springer
- Schütz, A. (1971), *Das Wählen zwischen Handlungsentwürfen*, in: Ders., *Gesammelte Aufsätze, Bd. 1, Das Problem der sozialen Wirklichkeit*, Den Haag, S. 77-110
- Schütz, A. (1981), *Der sinnhafte Aufbau der sozialen Welt*, Frankfurt a. M., 2. Auflage
- Schwemmer, O. (1987), *Handlung und Struktur*, Frankfurt a. M.: Suhrkamp
- Stachowiak, H. (1970), *Grundriß einer Planungstheorie*, in: *Kommunikation VI/1*, S. 1-18
- Steusloff, H. (2001), *Roboter, soziale Wesen, ...*, in: K. Kornwachs (Hg.), *Tagungsbericht der Gesellschaft für Systemforschung*, Karlsruhe, S. 7
- Strube, G. (1993), *Die Rolle psychologischer Konzepte in der Künstlichen Intelligenz*, in: Verein Deutscher Ingenieure (Hg.), *Künstliche Intelligenz. Leitvorstellungen und Verantwortbarkeit*, VDI-Report 17, Düsseldorf, S. 83-93

Technikzukünfte des Lebens: Nanobionik und Synthetische Biologie

1 Fragestellung und Überblick

Technik und Leben werden in der geistesgeschichtlichen Tradition und in der öffentlichen Wahrnehmung häufig als Gegensätze gedacht. Leben als das ‚von selbst‘ Wachsende (z. B. Karafyllis 2006) und Technik als das nach menschlichen Zwecken Gemachte erschienen (und erscheinen) vielfach als kategorial verschieden: Technik als das „kalt-rationale“, nach Zwecken instrumentell funktionierende, Leben hingegen als das sich selbst und unabhängig von menschlichen Zwecken Organisierende. Pate steht die auf Aristoteles zurück gehende Abgrenzung des Technischen als Reich der menschengemachten Mittel (*techné*), genauer der hergestellten Artefakte (Janich 2001, S. 48) gegenüber dem Reich der Natur (Janich 1996; Ropohl 1991). So hat Janich (1998) darauf aufmerksam gemacht, dass bestimmte basale Techniken wie z. B. das Rad oder der Draht Erfindungen des Menschen sind, die in der Natur kein Vorbild haben. Die These von der *Technik als Gegenatur* (z. B. Ropohl 1991, S. 51 ff.) verschärft diese klassische Gegenüberstellung.

Bionik ist der Bereich naturwissenschaftlich-technischer Forschung, in der der Anspruch besteht, dieser traditionellen Denkweise neue Formen der Vermittlung von Technik und Leben entgegenzusetzen. Bionik ‚als Versprechen‘ (von Gleich 2007) soll eine neue Phase im Verhältnis von Technik und Leben einleiten, indem Grundsätze des Lebens und seiner Entwicklung zur Gestaltung von Technik herangezogen werden. Damit werden einerseits Erwartungen in Bezug auf Ideen für technische Innovationen, andererseits aber und vor allem Hoffnungen auf eine naturnähere und nachhaltigere Technik verbunden (Kap. 19.2).

Wird Bionik häufig mit Otto von Lilienthals Versuchen, den Vogelflug nachzuahmen, oder mit dem Klettverschluss, also mit der technischen Nachahmung von Eigenschaften makroskopischer Organismen assoziiert, ist in den letzten Jahren im Zuge der Entwicklung der Nanotechnologie, insbesondere der Nanobiotechnologie, der Begriff der ‚Nanobionik‘ aufgekommen, in dem Grundgedanken der (vielfach als klassisch bezeichneten) makroskopischen Bionik auf die Ebene elementarer, molekularer und subzellulärer Lebensprozesse übertragen werden (als Überblick Kap. 19.3).

Das Ziel dieses Beitrages ist eine kritische Prüfung, inwieweit das ‚Versprechen der Bionik‘ im Bereich der Nanobionik als einlösbar erscheint. Dabei ist der Frage nach-

zugehen, ob sich hier neue Verhältnisse zwischen Technik und Leben zeigen. Es zeigt sich, dass die Verhältnisse differenzierter betrachtet werden müssen als in der häufigen Unterscheidung zwischen einer lebensfremden oder sogar lebensfeindlichen Technik einerseits und der bionischen, am Leben orientierten Technik andererseits. Stattdessen zeigen sich auch im bionischen Denken tief gehende Ambivalenzen im Blick auf das Leben, von dem für die Technik gelernt werden soll, denn dieses Lernen ist analytisch nicht ohne einen technomorphen Blick auf lebende Systeme vorstellbar. Statt zu einer lebensnäheren Technik kommt es also (zumindest auch), so die Hauptthese dieses Beitrags zu einer Technisierung des Lebendigen (Kap. 19.4), die bis hin zu einer technischen Neuerfindung des Lebendigen führt (Kap. 19.5).¹ Als konsequente Weiterentwicklung der Nanobiotechnologie erscheint eine Synthetische Biologie, in der technische Eingriffe in lebende Systeme oder ihre Um- oder Neugestaltung bis hin zur Schaffung von künstlichem Leben den Kern des Programms bilden. Sie kann den Triumph des technischen Denkens im Blick auf das Leben markieren und die Zukünfte des Lebens *als Technik* vorstellen: das Lebende wird mit technischen Mitteln gestaltbar gemacht, in der visionären Perspektive sogar als nach menschlichen Zwecken herstellbar vorgestellt. Die Zukunft des Lebens läge danach, konsequent zum Ende gedacht, in der Technik, wäre eine spezifische Technikzukunft.

2 Bionik und ihr Leitbild

2.1 Zur Charakterisierung der Bionik

Bionik bezeichnet eine Forschungsrichtung, die ein technisches Erkenntnisinteresse verfolgt, also auf der Suche nach Problemlösungen, Erfindungen und Innovationen ist, und die zu diesem Zweck Wissen aus der Beobachtung und Analyse lebender Systeme heranzieht. Die Bionik versucht, wie dies häufig metaphorisch ausgedrückt wird, mit wissenschaftlichen Mitteln von ‚der Natur‘ für technische Problemlösungen zu lernen (Nachtigall 2002, von Gleich et al. 2007).

Der offizielle Startpunkt für die Bionik im heutigen Verständnis wird in der Regel mit einem 1959 veranstalteten Seminar unter dem Leitthema „Living prototypes – the key to new technology“ im September 1960 in Dayton, Ohio, verbunden (Anonymus 1960). Ziel der Bionik ist, und hierin stimmen vorliegende Definitionen (hierzu Oertel/Grunwald 2006, S. 23 ff.) weitgehend überein, die Entwicklung von technischen

¹ Dieser Beitrag geht zurück auf eine Studie für den Deutschen Bundestag (Oertel/Grunwald 2006), die auf zwei Expertisen aufbaut (IÖW/GL 2005, der Inhalt ist weitgehend enthalten in von Gleich et al. 2007; UMSICHT 2005). Zu thematischen und textlichen Überschneidungen kommt es mit Grunwald 2008a und Grunwald 2008b (Kap. 8), in denen ebenfalls auf diese Grundlagen rekurriert wird.

Produkten, Prozessen oder Systemen bzw. die Erbringung von Beiträgen hierzu. Sie ist damit Teil des Innovationsprozesses und keine Naturwissenschaft wie Physik oder Biologie. Ihr letztendliches Ziel ist nicht das Erzielen von Erkenntnissen – dieses ist nur Mittel zum Zweck (vgl. hierzu für Technik generell Banse et al. 2006, Kap. 4.1.2) –, sondern die Erfindung und Entwicklung technischer Produkte oder Prozesse. Auf rein biologische Erkenntnisse zielende Arbeiten, wie es z. B. in der Technischen Biologie oft der Fall ist, gehören damit nicht zur Bionik (Nachtigall 2002, S. 7). Bionik stellt aber auch keine der etablierten Teildisziplinen der Technik- oder Ingenieurwissenschaften wie Maschinenbau oder Verfahrenstechnik dar, sondern in diesen Fächern werden (gelegentlich) bionische Lösungen oder Ideen verwendet, neben anderen, nicht-bionischen Lösungsstrategien. Bionik steht damit quer zu den üblichen Einteilungen der Ingenieurwissenschaften, wie sie etwa an den Technischen Universitäten etabliert sind.

Bedeutungsunterschiede in Bezug auf Bionik bestehen zwischen den Sprachräumen – z. B. zwischen ‚Bionik‘ und ‚bionics‘² – und es gibt konkurrierende oder zumindest parallel verwendete Begriffe wie ‚Biomimetik‘ oder ‚biomimicry‘.³ Gemeinsam ist allen Definitionen, dass das im Innovationsprozess zum Einsatz kommende Wissen aus der Beobachtung und Erforschung der belebten Natur stammt (z. B. in Form von Funktionswissen über biologische Prozesse). Kern des bionischen Gedankenganges ist danach, Wissen aus dem Studium des lebenden Vorbildes als Basis für technische Lösungen heranzuziehen (Oertel/Grunwald 2006, S. 24 ff.). Dabei geht es in der Bionik *nicht* um die Nutzung der lebenden Systeme selbst oder die Nutzung biotischen Materials, sondern um die Nutzung von *Wissen* über Zusammenhänge in lebenden Systemen für technische Kontexte, womit in der Regel keine Nutzung der entsprechenden Organismen verbunden ist.⁴

Im ‚Lernen von der Natur‘ geht darum, im Zuge der Evolution entstandene Prozesse und Strukturen als Möglichkeiten zur Lösung bestimmter Anforderungen in der belebten Natur zu erkennen, aus dem natürlichen Zusammenhang in Form von Prozess- oder Strukturwissen zu abstrahieren und als technische Lösungsideen in der Bewältigung von Problemen einzusetzen. Dieses Lernen kann in zunehmender Abstraktion unterschieden werden nach: Lernen (1) von den *Ergebnissen* der Evolution, (2) von

2 ‚Bionics‘ bezeichnet im englischen Sprachraum denjenigen Bereich, der sich im weitesten Sinne mit künstlichen Organen, insbesondere auf der Basis von Computertechnik und Robotik beschäftigt (IÖW/GL 2005).

3 Die Online-Zeitschrift ‚Bioinspiration & Biomimetics‘ umschreibt ihr Themenfeld folgendermaßen: „research involving the study and distillation of principles and functions found in biological systems that have been developed through evolution, and application of this knowledge to produce novel and exciting basic technologies and new approaches to solving scientific problems“ (IÖW/GL 2005).

4 So wird z. B. in wasserabweisenden Schutzanstrichen auf der Basis des Lotuseffekts[®] das mikroskopische Wissen über den Lotuseffekt genutzt (Barthlott/Feinhuis 2006), es werden aber keine Extrakte aus Lotuspflanzen den Schutzanstrichen beigefügt.

den evolutionären *Verfahren* und *Optimierungsstrategien* sowie (3) von den evolutionären *Erfolgsprinzipien* (folgend von Gleich et al. 2007, S. 25 ff.):

- (1) *Lernen von den heute vorliegenden Ergebnissen der Evolution*: Diese wohl älteste Form des Lernens von der Natur führte zu wichtigen bionischen Lösungen wie z. B. dem Klettverschluss, zum Fallschirm und zum Auftrieb gebenden Flügelprofil (Lilienthal). Vor Beginn der wissenschaftlichen Biologie spielte die unmittelbare Naturbeobachtung hier die zentrale Rolle. Heute erweitern Morphologie, Histologie, Funktionsbiologie, Verhaltensforschung und Ökologie sowie technische Biologie mit technischen Mitteln (Mikroskopie, hoch auflösende Kameras, Sender, satellitengestützte Beobachtung) dieses Spektrum ganz erheblich. In Erklärungen und Modellierungen, wie Organismen bestimmte Leistungen vollbringen, kommt das gesamte Methodenarsenal der Biologie und angrenzender Disziplinen zum Einsatz. Bionisch motivierte Forschung in diesem Feld reicht vom klassischen Studium der Fortbewegung von Organismen in den Umweltmedien bis Sinnesphysiologie und Biokybernetik.
- (2) *Lernen von den evolutionären Verfahren, Funktionen und Strukturen*: In dieser Hinsicht wird gefragt, *auf welche Weise* Organismen und Ökosysteme die unter (1) genannten Strukturen und Leistungen entwickeln können bzw. konnten. Damit stehen der entwicklungsbiologische und der evolutionsbiologische Zugang im Mittelpunkt. Die Aufklärung fundamentaler biologischer Steuerungsprozesse ermöglicht z. B. zunehmend den synthetischen ‚Nachbau‘ von Muschelschalen, Knochen oder Sinnesorganen.
- (3) *Lernen von ökologischen bzw. evolutionären Erfolgsprinzipien*: Auf dieser Ebene stellt sich die Frage, inwieweit es möglich ist, aus der Analyse der Evolution von Organismen und Ökosystemen allgemeine Funktionsprinzipien abzuleiten, die auch Leitfunktion bei der Gestaltung technischer Systeme haben können. Als Merkmale evolutionär erfolgreicher Systeme gelten vor allem die Robustheit biologischer Strukturen, die Resilienz von Ökosystemen und die Adaptivität bzw. Flexibilität evolutionärer Prozesse angesichts sich dynamisch verändernder Umgebungsbedingungen (vgl. von Gleich et al. 2007). Auf der Ebene von Ökosystemen bzw. des gesamten Evolutionsprozesses bekommt die Bionik dazu wesentliche Impulse aus der Verhaltensforschung, der Ökosystemtheorie, der Evolutionstheorie und aus entsprechenden Möglichkeiten zur Mathematisierung und Modellierung. Bekannte Beispiele sind das evolutionäre Programmieren und Optimieren sowie in jüngerer Zeit die ‚Schwarmintelligenz‘ (vgl. Oertel/Grunwald 2006, S. 128 ff. und die dortigen Literaturhinweise).

Aus der Natur könne auf diesen Ebenen gelernt werden, mit begrenzten Ressourcen, abfallarmen Produktionsprozessen und milden Milieubedingungen komplexe Struktu-

ren und hohe Funktionalität zu erreichen. Die Beobachtung, dass biologische Systeme auf Redundanz und Vielfalt aufgebaut sind und eine immanente Fehlerfreundlichkeit besitzen (von Weizsäcker/von Weizsäcker 1984; nach UMSICHT 2005), soll über den bionischen Gedankengang genutzt werden, um diese erwünschten Eigenschaften in moderner Technik zu realisieren. Diese Prinzipien können in bestimmten Hinsichten Vorbildcharakter für die Gestaltung des technischen Fortschritts haben, z. B. im Hinblick auf die Kreislaufwirtschaft oder auf die ‚Konsistenz‘ technisch induzierter Stoffströme mit natürlichen Stoffströmen (Huber 1995).

War Bionik zunächst vor allem auf das Lernen durch die Erforschung der Funktionsweisen makroskopischer Organismen ausgerichtet, wird etwa seit 1980, ausgelöst durch die zunehmenden Möglichkeiten der Modellierung und Simulation, der Visualisierung, der messtechnischen Erfassung und der Erzeugung immer kleinerer Strukturen die Bionik auch auf die Mikroskala und in den letzten Jahren auch auf die Nanoskala erweitert (zu letzterem vgl. Kap. 19.3). In dieser Erweiterung erhebt die Bionik den Anspruch, Eigenschaften biologischer Systeme auf sämtlichen Größenskalen von makroskopischen Organismen bis hin zu molekularen Vorgängen zu studieren und technisch zu verwerten (Nachtigall 2002). In diesem Beitrag geht es speziell um die ‚neue‘ Bionik, die letztlich mikrobiologisch oder molekularbiologisch ausgerichtet ist und die heute vielfach mit nanotechnologischen Mitteln arbeitet.

2.2 Zum Leitbild der Bionik

Das zentrale Leitbild der Bionik ist, statt dem Leben etwas Technisches entgegenzusetzen, das dem Leben kategorial fremd ist oder Grundsätzen des Lebens widerspricht, die Technik gerade an den Grundsätzen des Lebens auszurichten und auf diese Weise zur Überwindung des Gegensatzes zwischen Leben und Technik im Sinne einer Versöhnung beizutragen. Technikzukunft sollen nicht in einer vollständigen Indienststellung der Natur für die Technik bestehen, sondern zu einer ‚Versöhnung‘ zwischen Technik und Natur führen, wie dies vor allem der Begriff der ‚Allianztechnik‘ von Ernst Bloch auf den Punkt bringt.

Abgeleitet von diesem Leitbild besteht das ‚Versprechen‘ der Bionik (von Gleich et al. 2007) konkreter darin, von bionisch ausgerichteter Technik gerade aufgrund der Ausrichtung an Prinzipien des Lebens eine besondere Risikoarmut, Naturangepasstheit bzw. Nachhaltigkeit zu erwarten. Dahinter steht die Diagnose, dass die bekannten Probleme mit nicht intendierten Nebenfolgen von Technik (Gloede 2007), ihrer prinzipiellen Ambivalenz und der mangelnden Nachhaltigkeit der auf traditioneller Technik beruhenden Wirtschaftsweise sich zumindest zum Teil darauf zurückführen lassen, dass traditionelle Technik auf die Prinzipien des Lebens keine Rücksicht nimmt oder ihnen gar entgegen steht.

Der Leitbildcharakter der Lebens- und Naturnähe oder der Naturgemäßheit wird der Bionik vielfach *als konstitutiv* hinzugerechnet (von Gleich et al. 2007, S. 29 ff.). Bionik verspricht ‚angepasste‘, robuste, risikoärmere und ökologisch verträgliche Lösungen für gesellschaftliche Probleme, mit denen gewünschte Eigenschaften wie Einpassung in die natürlichen Kreisläufe, Risikoarmut, Fehlertoleranz und Umweltverträglichkeit besser realisiert werden könnten als mit traditioneller Technik (von Gleich 1998, von Gleich et al. 2007, Nachtigall 2002):

„Bionik betreiben bedeutet Lernen von den Konstruktionen, Verfahren und Entwicklungsprinzipien der Natur für eine positivere Vernetzung von Mensch, Umwelt und Technik“ (Nachtigall 2002, S. 5).

„Der normative Gehalt der Bionik bezieht sein Versprechen auf bessere, ökologischere, angepasstere Lösungen aus dem Hinweis auf die evolutionäre (Jahrmillionen währende) Optimierung und Erprobtheit der biologischen Vorbilder“ (von Gleich et al. 2007, S. 29).

Diese ‚Versprechen‘ gehören als normatives Leitbild zur Forschungsrealität der Bionik. Sie orientieren und motivieren die Forschungsrichtungen der Akteure und prägen Selbstverständnis und Außendarstellung der Bionik:

„Wenn es gelänge, die genialen Erfindungen der Schöpfung als Innovationspool nutzbar zu machen, [...] würde sich das Gesicht der Welt vermutlich von Grund auf ändern. [...] Eine systematische Erkundung der Kompetenz biologischer Systeme durch den Menschen ist längst überfällig. Tausende neue, vor allem umweltverträglichere Produkte könnten dadurch geschaffen werden, zahllose Probleme in Gesellschaft, Wirtschaft und Industrie einer naturorientierten Lösung zugeführt werden“ (Blüchel 2005, S. 44).

Bionik übt in diesem Sinne in der Öffentlichkeit vielfach eine große Faszination aus. Bionische Lösungen faszinieren vielfach auch Menschen, die sich ansonsten nicht unbedingt als ‚technikbegeistert‘ bezeichnen würden. Auch Hoffnungen auf in einem grundsätzlichen Sinne ‚alternative Technologien‘ spielen hier eine Rolle. Bionik wird damit auf der Ebene gesellschaftlicher Werte in unmittelbarem Zusammenhang zu Leitbildern wie Kreislaufwirtschaft, nachhaltige Chemie, biologische Landwirtschaft oder alternative Medizin gesehen, mit denen ein ‚anderes Denken‘ verbunden sei, wie auch bereits ganz zu Beginn der Bionik formuliert:

„The manner in which bionics will mark its greatest contribution to technology is not through the solution of specific problems or the design of particular devices. Rather

it is through the revolutionary impact of a whole new set of concepts, a fresh point of view“ (Steele in Anonymus 1960).

In bionischen Problemlösungen wird gemäß dem genannten Leitbild die Faszination an der Natur, insbesondere an den Eigenschaften des Lebens, mit der Faszination an Hochtechnologie verbunden. Das Staunen über ‚technische Hochleistungen‘ von Organismen, über die unendlich erscheinende Vielfalt in der Natur, über die Komplexität vieler Naturvorgänge und über die Originalität bzw. Genialität sowie die ‚Eleganz‘ vieler Lösungen sind hierbei wesentliche Elemente.⁵

3 Nanobiotechnologie

Der Begriff der *Nanobiotechnologie* – auch das Wort ‚Bionanotechnologie‘ wird gelegentlich verwendet (Goodsell 2004) – ist im Kontext der National Nanotechnology Initiative der USA (NNI 1999) entstanden. Nanobiotechnologie schlägt die Brücke zwischen der unbelebten und belebten Natur und zielt darauf ab, biologische Funktionseinheiten in molekularer Hinsicht zu verstehen sowie funktionale Bausteine lebender Systeme im nanoskaligen Maßstab unter Einbeziehung technischer Materialien, Schnittstellen und Grenzflächen kontrolliert zu erzeugen (VDI 2002; Schmid et al. 2006, Kap. 3.3). Nanobiotechnologie ist noch weitgehend im Stadium der Grundlagenforschung. Biologische Funktionseinheiten in grundlegender – d. h. letztlich molekularer – Hinsicht sollen erforscht werden, um auf dieser Basis funktionale Bausteine im nanoskaligen Maßstab unter Einbeziehung technischer Materialien, Schnittstellen und Grenzflächen kontrolliert zu erzeugen. Mit dem Aufkommen dieser so genannten ‚neuen Bionik‘ (Lu 2004) im Kontext der konvergierenden Technologien (‚Converging Technologies‘, vgl. Roco/Bainbridge 2002; Coenen 2008), zu denen neben Bio- und Nanotechnologie auch Informatik und Kognitionswissenschaften, gehören, ergeben sich neue Erkenntnismöglichkeiten und technische Zugänge der Bionik (von Gleich et al. 2007).

Forschungsrichtungen, die bislang im Bereich der Molekularbiologie angesiedelt waren, werden zusehends als Nanobiotechnologie bezeichnet, denn grundlegende Lebensprozesse und wesentliche Bausteine des Lebens haben diese Größenordnung. Während die Größe von Zellen im Mikrometerbereich liegt, liegen subzelluläre Einheiten und Prozesse in der Nanometerdimension. Beispielsweise hat die DNA, der Träger der Erbsubstanz und bevorzugtes Ziel von Analyse und Manipulation in der Gentech-

5 In diesem Sinne ist auch der überwiegende Teil der Berichterstattung in Massenmedien zur Bionik sehr positiv. Viele Berichte zeigen, dass gerade der Rückgriff auf das Vorbild des Lebens in der Technikgestaltung für die Medienberichterstattung von besonderem Interesse ist (UMSICHT 2005; vgl. auch Oertel/Grunwald 2006).

nik, einen Durchmesser von ca. 2 nm. Nanobiotechnologie besteht, abstrakt gesprochen, darin, Forschung im Bereich lebender Systeme mit nanotechnologischen Verfahren durchzuführen und damit den Gedanken technischer Analyse und Konstruktion in diesen Bereich zu tragen.

Berührungspunkte zwischen Nanotechnologie und Lebenswissenschaften ergeben sich dort, wo Nanotechnologie eingesetzt wird, um Ziele der Biowissenschaften zu erreichen („Nano2Bio“), und/oder Nanotechnologie von Erkenntnissen und Verfahren aus den Biowissenschaften profitiert („Bio2Nano“) (VDI 2002). Der hauptsächlich untersuchte Größenbereich ist die subzelluläre Ebene. Die Vorgänge in einer Zelle können mit nanotechnologischen Verfahren analysiert und technisch nutzbar gemacht werden. Molekulare ‚Fabriken‘ (Mitochondrien) und ‚Transportsysteme‘, wie sie im Zellstoffwechsel eine wesentliche Rolle spielen, können sodann, und hier wird der bionische Gedankengang sichtbar, Vorbilder für kontrollierbare Nanomaschinen sein (Nachtigall 2002, S. 122 ff.). Auch Mechanismen der Energieerzeugung und Transportsysteme sowie Datenspeicher und Datenlesesysteme großer Kapazität, in denen funktionelle Biomoleküle als Bestandteile von Lichtsammel- und Umwandlungsanlagen, Signalwandler, Katalysatoren, Pumpen oder Motoren arbeiten, stehen im Interesse der Nanobiotechnologie. Lebensvorgänge in Zellen werden als technische Vorgänge interpretiert und erforscht, und das auf diese Weise entstehende Wissen wird für technische Zwecke eingesetzt (bzw. soll in Zukunft so eingesetzt werden). Mögliche nanotechnologische Anwendungen nach biologischen Vorbildern sind der Einsatz biologischer Bausteine im Nanomaßstab oder von Funktions- oder Organisationsprinzipien für Nanoelektronik und Nanoinformatik zu nennen (nach Paschen et al. 2004 mit Bezug auf VDI 2002).

Um die vielfältigen Potentiale von basalen Prozessen des Lebens für technische Zwecke zu nutzen, sind neue interdisziplinäre Ansätze erforderlich, um zu lernen, wie biologische Nanostrukturen gebaut sind, wie sie funktionieren und innerhalb von größeren biologischen Systemen interagieren. Ein charakteristisches Beispiel ist der Versuch des technischen Nachbaus der Photosynthese (Darstellung nach Oertel/Grunwald 2006). Pflanzen und manche Bakterienarten sichern ihre Energieversorgung durch Photosynthese. Anders als die gegenwärtige Solarzellentechnik funktioniert dieses Prinzip auch bei diffusem oder sehr schwachem Lichteinfall. Das Photosyntheseprinzip, im Laufe der Evolution entstanden, technisch nachzubauen und zur Sicherung der menschlichen Energieversorgung zu nutzen, ist außerordentlich verlockend und würde auf der Linie bionischen Denkens liegen. Eine Energieversorgung auf der Basis dieses Prinzips wäre CO₂-neutral, würde leicht speicherfähige Energie bereitstellen, wäre dezentral realisierbar, praktisch unerschöpflich und würde keine problematischen Abfälle erzeugen.

Ein konkretes nanobiotecnisches Beispiel stellt die ‚biomimetische Lichtsamm lung‘ dar (Balaban/Buth 2005). Ausgangspunkt ist die Beobachtung, dass sich in der

Natur eine Vielzahl unterschiedlicher Lichtsammelverfahren entwickelt hat, die auf jeweils verschiedene Bedingungen hin optimiert sind. Insbesondere die Licht sammelnden Vorrichtungen – die ‚Antennen‘ – unterscheiden sich, z. B. je nach verfügbarem Lichtangebot. Da die molekularbiologischen Prozesse in der Photosynthese der Pflanzen zu kompliziert sind, um in künstlichen Lichtsammelnden Anordnungen nachgebildet zu werden, konzentriert sich aktuell die Forschung auf den Nachbau der einfacheren Bakteriochlorophylle durch synthetische Porphyrine, die eine strukturelle Ähnlichkeit zu den Bakteriochlorophyllen aufweisen, aber robuster und leichter verfügbar sind (Balaban/Buth 2005). Die Hoffnung ist, dass derartige Forschungsarbeiten – die sich allerdings zurzeit noch im Stadium der Grundlagenforschung befinden – zur Entwicklung künstlicher Antennen beitragen können, die auch bei schwachem und diffusem Lichteinfall noch funktionieren. Sie könnten damit für das Design von Hybridsonnenzellen auf Basis kostengünstiger Kunststofftechnologien von Nutzen sein (Balaban/Buth 2005, S. 207).

4 Nanobionik: Ambivalenzen im Verhältnis von Technik und Leben

Nanobiotechnologie wird gelegentlich als eine besondere Form der Bionik eingestuft und als Nanobionik bezeichnet (s. u.; vgl. Oertel/Grunwald 2006): „Der Begriff der Nanobionik [...] bezeichnet einen Zweig der Nanotechnologie, der Funktionsprinzipien biomolekularer Systeme auf technische Systeme überträgt“ (http://www.innovations-report.de/html/berichte/biowissenschaften_chemie/bericht-42349.html, 14.8.2012). Die oben genannten Prinzipien der allgemeinen Bionik kommen dabei auf der Nanoskala zur Anwendung (Hampp/Noll 2003). Es ist der klassische bionische Schritt von der Struktur- und Funktionsanalyse lebender Systeme oder ihrer Bestandteile zum Design technischer Problemlösungen auf der Basis des damit erzeugten Wissens:

„Nature has made highly precise and functional nanostructures for billions of years: DNA, proteins, membranes, filaments and cellular components. These biological nanostructures typically consist of simple molecular building blocks of limited chemical diversity arranged into a vast numbers of complex three-dimensional architectures and dynamic interaction patterns. Nature has evolved the ultimate design principles for nanoscale assembly by supplying and transforming building blocks such as atoms and molecules into functional nanostructures and utilizing templating and self-assembly principles, thereby providing systems that can self-replicate, self-repair, self-generate and self-destroy“ (Wagner 2005, S. 39).

Das Lernen von ‚der Natur‘ mit ihrer evolutionären ‚Erfahrung‘ steht hier auf der Nanoskala Pate, analog wie oben anhand des Leitbilds der makroskopischen Bionik erläutert. Wenn nun das oben erwähnte ‚Versprechen‘ der allgemeinen Bionik auf Nanobionik übertragen wird – und das legen die zitierten Literaturstellen nahe –, sollte sich der Eindruck einer ‚natürlicheren‘ und ‚lebensnäheren‘ Technik auf der Basis der Nanobionik einstellen. Technik und Leben sollten dadurch weitergehend ‚versöhnt‘ werden, hier nicht auf der Ebene von Organismen, sondern sozusagen von ihren molekularen Bestandteilen und Prozessen her.

Ein näherer Blick auf den Forschungsprozess der ‚Nanobionik‘ beugt jedoch vor-schnellen Erwartungen und Hoffnungen vor. Denn es geht im nanobionischen Erkenntnisprozess zwar darum, Wissen über Strukturen und Funktionen natürlicher Systeme zu erlangen, und zwar hier auf der Ebene vor allem subzellulärer Einheiten und Vorgänge. Dieser Wissenserwerb erfolgt jedoch erstens keineswegs kontemplativ oder durch distanzierte Beobachtung der lebendigen Natur, sondern durch *technische Intervention*. Gerade die hierfür erforderlichen nanotechnologischen Hilfsmittel (‚Nano-2Bio‘) machen deutlich, dass lebende Systeme technisch bearbeitet werden müssen, um technisch nutzbares Wissen zu erzeugen.

Zweitens werden in der Nanobionik wie in der Bionik generell lebende Systeme als *technische Systeme* gedeutet, was eine wesentliche Voraussetzung dafür sein dürfte, dass die Übertragung des an lebenden Systemen gewonnenen Wissens auf technische Systeme überhaupt gelingen kann. Lebende Systeme interessieren nicht *als solche*, z. B. in ihrem jeweiligen ökologischen Kontext, sondern sie werden analysiert in ihrem *technischen Funktionszusammenhang*. Bereits in der traditionellen makroskopischen Bionik interessieren die betrachteten Lebewesen nicht *als* lebende Systeme, sondern als Ideellieferant für technische Lösungen. In der beabsichtigten Erkennung von Funktions- und Strukturprinzipien der lebenden Natur wird ein technisches Erkenntnisinteresse appliziert. Leben interessiert als technisch gedeuteter Funktionszusammenhang, die Natur wird als ‚Ingenieur‘ mit Vorbildcharakter, aber eben doch als ‚Ingenieur‘ angesehen: „Die Natur [...] baut funktionelle, hochkomplexe ‚Maschinen‘ im molekularen Größenbereich“ (Nachtigall 2002, S. 125).

Drittens besteht ein Charakteristikum der Nanobiotechnologie, und diese Beobachtung ergänzt die beiden erstgenannten und führt zu einer konvergenten Diagnose, in der Ausweitung der klassischen Maschinensprache auf den Bereich des Lebendigen. Beispiele für derartige Sprachregelungen sind, das Hämoglobin als Fahrzeug, die Adenosin-Triphosphat-Synthase als Generator, Nukleosome als digitale Datenspeicher, Polymerase als Kopiermaschine oder Membranen als elektrische Zäune zu beschreiben (Oertel/Grunwald 2006, Kap. V.1.2.4).

Damit wird deutlich, dass Nanobionik erkenntnistheoretisch an eine technische Weltsicht und technische Intervention gebunden ist. Sie trägt den Gedanken des Technischen in das Lebende bis in dessen molekulare Bestandteile hinein, modelliert leben-

de Systeme technomorph und gewinnt aus dieser Perspektive bestimmtes technisches Wissen, das dann wieder in die Sphäre des ‚konstruiert‘ Technischen zurücktransferiert und dort in Problemlösungen eingebaut werden kann: „Die Bionik wählt einen technikorientierten Zugang zur Natur, um vom technisch verstandenen Leben zur lebensoptimierten Technik überzugehen“ (Schmidt 2002a, S. 141). Das Zitat „Biology is the nanotechnology that works“ (Brown 2004) bringt es auf den Punkt: Natur wird als Technologie verstanden, und zwar sowohl in ihren Teilen als auch als Ganzes:

„Hier verbindet sich ein naturwissenschaftlich-reduktionistisches mit einem mechanisch-technischen Weltbild, dem zu Folge die Natur auch nur ein Ingenieur ist [...] Da wir uns nun angeblich ihre Konstruktionsprinzipien zu Eigen machen können, sehen wir überall nur noch Maschinen – in den menschlichen Zellen einerseits, in den Produkten der Nanotechnologie andererseits“ (Nordmann 2007, S. 221).

Nanobionik wirft einen spezifischen erkenntnistheoretischen Blick auf die Natur, indem sie sie als Ensemble technischer Problemlösungen unter evolutionärem Druck betrachtet. Dies bedeutet, dass die Natur, die zum Vorbild genommen wird, durch Nanobiotechnologie selbst technisiert wird. Dabei finden Begriffe aus dem Maschinenbau wie ‚Miniaturkugellager‘, ‚Maschinenteile‘ und ‚Nanorotationsantriebe‘ Verwendung. Bereits Drexler (1981 zit. nach Bensaude-Vincent 2004) hat diesen Blickwechsel vorgenommen, indem er Funktionen bekannter Techniken Beispielen von Zellen oder Organismen gegenüber stellt und dadurch schließlich die Welt des Lebendigen als Ensemble von Maschinen interpretiert.

In diesem Sinne wäre auch die kontrovers diskutierte Idee von ‚Nanorobotern‘ letztlich als eine ‚bionische‘ Idee einzuordnen: Erzeugung künstlicher Lebewesen auf der Basis von Wissen, das an natürlichen Lebewesen und ihren Bestandteilen (z. B. Viren) gewonnen wurde.

Statt eine ‚natürlichere‘ Technik *per se* unter einem ‚Versprechen‘ der Bionik hervorzubringen, ist Nanobionik im Forschungsprozess auf eine Technisierung des Lebendigen, auf seine technomorphe Modellierung *notwendig* angewiesen. Im Ergebnis nanobionischer Forschung kommt es damit zu einer Technisierung des Lebendigen, auch wenn ‚von der Natur‘ gelernt werden soll, und nicht zu einer lebensnäheren Technik *per se*. Das Lernen ‚von der Natur‘ für technische Problemlösungen bedarf notwendig des vorgängigen technischen Blicks auf die Natur; dies liegt in der Natur des Forschungsprozesses.

Diese Beobachtung wertet Nanobionik ethisch weder auf noch ab; sie weist nur darauf hin, dass mit normativen Erwartungen und ‚Versprechen‘, die weithin mit dem Begriff der Bionik verbunden werden, sehr zurückhaltend umgegangen werden sollte. Ob und was dies in ethischer Hinsicht bedeutet, ist nicht pauschal für ‚die‘ Nanobionik zu

klären, sondern bedarf der Analyse von Einzelfällen in Bezug auf Umwelteffekte und Risiken (in diesem Sinne auch von Gleich et al. 2007).

In Bezug auf die in Kap. 2 genannten weit reichenden Erwartungen im Sinne eines Versprechens auf eine bessere Technik tritt damit eine doppelte Ernüchterung ein: weder gelingt mit nanobionischer Technik *per se* eine Versöhnung der traditionellen Gegensätze von Technik und Leben noch ist zu erwarten, dass nanobionische Technik *per se* risikoärmer oder naturnäher als traditionelle Technik ist. Eine tief greifende begriffliche Ambivalenz der Nanobionik liegt darin, dass jedoch in der Öffentlichkeit vielfach genau das erwartet wird, während der Forschungsprozess zum Gegenteiligen führt.

5 Der technische Blick auf das Leben: Synthetische Biologie

Diese Gedanken noch ein wenig weitergesponnen, sollen in diesem Abschnitt einige Indizien angeführt werden, dass die bereits angesprochene Technisierung des Lebens durch Nanobionik noch weiter, nämlich bis hin zur Schaffung künstlichen Lebens reicht, wie sie in der Synthetischen Biologie als Programm verfolgt wird. Charakteristisch ist in allen Definitionen der Synthetischen Biologie die Hinwendung zu künstlichen Formen des Lebens, entweder neu konstruiert oder durch Umgestaltung existierenden Lebens erzeugt und je mit einer spezifischen Nutzenerwartung versehen. Da die DNA als eine typische Einheit der technischen Beeinflussung oder Gestaltung einen Durchmesser von ca. 2 nm hat, und das technische Operieren daran unter Nanobiotechnologie fällt (s. o.), kann die Synthetische Biologie als ein Teilgebiet der Nanobiotechnologie aufgefasst werden: „[...] synthetic biology could be considered a specific discipline of nanobiotechnology“ (de Vriend 2006, S. 23), welche wiederum eine Fortführung der Molekularbiologie mit nanotechnologischen Mitteln ist.

Erkenntnisse der Nanobiotechnologie können genutzt werden, um *neue* Funktionalitäten lebender Systeme durch Modifikationen von natürlichen Biomolekülen, durch Modifikationen am Design von Zellen oder durch das Design von künstlichen Zellen zu erzeugen. Synthetische Biologie differenziert zwischen einer Ausrichtung, die *künstliche* Moleküle nutzt, um biotische Systeme zu reproduzieren, und einer Ausrichtung, die Elemente aus der ‚klassischen‘ Biologie nutzt und sie neu zu Systemen zusammensetzt, die dann in ‚nicht natürlicher‘ Weise funktionieren (Benner/Sismour 2005). Der Gedanke an die Erzeugung künstlichen Lebens (Artificial Life AI) oder eines technisch modifizierten, teils mit neuen Funktionen ausgestatteten Lebens steht hier Pate: „how far can it [life] be reshaped to accomodate unfamiliar materials, circumstances and tasks?“ (Ball 2005, S. R3). Beispiele für diese Bemühungen reichen vom Design künstlicher Proteine über die Virusnachbildung oder ihre Umprogrammierung bis hin zu Ansätzen der Zellprogrammierung im Hinblick auf gewünschte Funktionen (Ball

2005, Benner/Sismur 2005, S. 534-540). Dabei wird jeweils von der ‚Natur‘ für technische Zwecke gelernt, wie dies der Kern des bionischen Gedankengangs ist.

Der Ausgangspunkt der Synthetischen Biologie ist, Einheiten lebender Systeme als komplexe technische Zusammenhänge zu modellieren (technomorpher Blick auf das Leben, s. o.) und sie aufzulösen in einfachere technische Zusammenhänge (‚deconstructing life‘, nach de Vriend 2006). Wäre diese sozusagen noch eine *analytische* Biologie, so wird sie dann zu einer *synthetischen*, wenn das durch technische Modellierung und entsprechende Experimente gewonnene Wissen um einzelne Vorgänge des Lebens so kombiniert und genutzt wird, dass im Ergebnis bestimmte ‚useful functions‘ (s. o.) gezielt realisiert werden können: „Seen from the perspective of synthetic biology, nature is a blank space to be filled with whatever we wish“ (Boldt/Müller 2008, S. 388). Zellen werden dabei als Maschinen interpretiert, bestehend aus Bauteilen: „Dem Maschinenparadigma folgend, werden Proteine und Botenmoleküle als Bauteile begriffen, die der Mensch beliebig verändern oder einfügen kann“ (Boeing 2006, S. 33). Der Tradition des technikwissenschaftlichen Standardisierungsdenkens folgend wurde das ‚MIT-Verzeichnis biologischer Standardbauteile‘ begründet, in dem Gensequenzen als Vorlagen für verschiedene Zellmaschinenteile gespeichert werden (ebd.). Mit dem gezielten Design von künstlichen Zellen auf der Basis solcher Bauteile sollen Mikromaschinen erzeugt werden, die z. B. Informationen verarbeiten, Nanomaterialien herstellen oder medizinische Diagnosen vornehmen können. Dabei soll in der Tradition von Maschinenbau und Elektrotechnik Bauteil für Bauteil nach einem top-down entworfenen Bauplan zusammengesetzt werden, um ein funktionsfähiges Ganzes zu erhalten:

„Engineers believe it will be possible to design biological components and complex biological systems in a similar fashion to the design of chips, transistors and electronic circuits“ (de Vriend 2006, S. 18).

Darüber hinaus gibt es auch Ansätze, Prinzipien der Evolution zu nutzen, um bestimmte neue Effekte zu erreichen. So können z. B. Zellen einem künstlichen Evolutionsdruck ausgesetzt werden, indem bestimmte Gensequenzen ‚ausgeschaltet‘ werden, die für den Aufbau bestimmter Aminosäuren zuständig sind. Durch Zugabe von chemischen Substanzen, die der dann fehlenden Aminosäure chemisch hinreichend ähnlich sind, kann die Zelle dazu gebracht werden, die Substitute anstelle der Aminosäuren zu verwenden. Ergebnis ist dann eine Zelle mit intentional veränderten oder neu konstruierten Eigenschaften.

In der synthetischen Biologie wird der Mensch vom Veränderer des Vorhandenen zum Schöpfer von Neuem, jedenfalls nach den Zukunftsvisionen einiger Biologen: „In fact, if synthetic biology as an activity of creation differs from genetic engineering as a manipulative approach, the Baconian *homo faber* will turn into a creator“ (Boldt/Müller 2008, S. 387).

Das traditionelle, naturwissenschaftlich geprägte Selbstverständnis der Biologie, das auf ein *Verstehen* der Lebensvorgänge zielt, wird in der Synthetischen Biologie (Ball 2005; Woese 2004) zu einer *Neuerfindung* von Natur, auf die Schaffung von künstlichem Leben umgedeutet, auf der Basis des Wissens über das ‚natürliche‘ Leben. Biologie wird dadurch von einer *Wissenschaft vom Leben*, wie sie dies im Namen führt, zu einer *technischen Wissenschaft* (de Vriend 2006) mit einer Dualität von Erkennen und Gestalten, die unter dem Primat der Gestaltungsziele steht wie in den klassischen Technikwissenschaften (Banse et al. 2006) und wo „[...] the pre-existing nanoscale devices and structures of the cell can be adapted to suit technological goals“ (Ball 2005, S. R1).

„Although it can be argued that synthetic biology is nothing more than a logical extension of the reductionist approach that dominated biology during the second half of the twentieth century, the use of engineering language, and the practical approach of creating standardised cells and components like in an electrical circuitry suggests a paradigm shift. Biology is no longer considered ‚nature at work‘, but becomes an engineering discipline“ (de Vriend 2006, S. 26).

Was jedenfalls aus diesen eher episodischen Betrachtungen ersichtlich ist, ist, dass die Synthetische Biologie tief greifende Fragen nach dem Verhältnis von Technik und Leben provoziert, und zwar nicht als bloß akademische Fragen, sondern als Fragen mit wenigstens perspektivisch realem Hintergrund:

„Additionally, synthetic biology forces us to redefine ‚life‘. Is life in fact a cascade of biochemical events, regulated by the heritable code that is in (and around) the DNA and enabled by a biological machinery? Is the cell a bag of biological components that can be redesigned in a rational sense? Or is life a holistic entity that has metaphysical dimensions, rendering it more than a piece of rational machinery?“ (de Vriend 2006, S. 11).

Aus der Synthetischen Biologie heraus wird vielfach die Antwort gleich mitgeliefert: Leben ist nichts weiter als eine besondere Form des Technischen, die nun, mit nanotechnologischen Mitteln, endlich auf der molekularen Ebene ‚verstanden‘, nachgebaut und dann neu erschaffen werden könne. Entgegen dieser reduktionistisch-materialistischen Auffassung wird mit Statements der Art „While machinery is a mere collection of parts, some sort of ‚sense of the whole‘ inheres in the organism“ (Woese 2004) auch der holistische Standpunkt vertreten. In der Debatte zur Synthetischen Biologie kommt es damit zu einer Neuauflage der Diskussion zum Verhältnis zwischen Technik und Leben anhand der Positionen von Reduktionismus und Holismus.

6 Schlussfolgerungen

Der Umschlag in der Deutung der Nanobionik ist radikal: verleitet der Wortbestandteil „Bionik“ dazu, hier Erwartungen einer Versöhnung zwischen Leben und Technik zu vermuten, zeigt sich im Blick auf die Synthetische Biologie eindeutig der Primat des Technischen im Blick auf das Leben. Das Programm der Nanobionik besteht letztlich in der Neuerschaffung des Lebens. Die Natur wird als Ingenieur begriffen, deren Leistungen es gelte nachzubauen zum Zwecke der Steigerung der menschlichen Eingriffs- und Neugestaltungsmöglichkeiten.

Diese Ausrichtung passt zu einigen Stellungnahmen zur Nanotechnologie, vorwiegend aus ihren eigenen Reihen, in der die Rückkehr eines Gestaltungsoptimismus und eines bisherige Vorstellungen übersteigenden Kontroll- und Beherrschungsanspruchs über die Natur deutlich wird: „Wir befinden uns im Übergang vom Schachamateur zum Großmeister, vom Beobachter zum Lenker der Natur. [...] Das Zeitalter des Entdeckens geht zu Ende, und die Epoche des Beherrschens beginnt“ (Kaku 1998, zitiert nach Schmidt 2008). Diese neuen (und ausgesprochen unbescheidenen) Machbarkeitsvorstellungen speisen sich aus einem atomaren Reduktionismus, nach dem sich alles Geschehen in der Welt auf kausale Vorgänge in der atomaren Welt zurückführen lasse. Wenn durch die Nanotechnologie die Möglichkeiten bereitgestellt werden, diese technisch zu kontrollieren, habe der Mensch damit den Beginn aller Kausalketten in der Hand und könne somit praktisch alles kontrollieren, sowohl im anorganischen als auch im Bereich lebender Systeme. Diese Deutung sieht einen ultimativen Triumph des Homo faber, der sich, nanotechnologisch ausgerüstet, anschickt, die Welt Atom für Atom nach seinen Vorstellungen zu manipulieren – letztlich eine Wiederbelebung oder gar Vollendung Baconschen Denkens (Schmidt 2008). Die Kontrolle über die atomare Dimension bedeutet im physikalischen Reduktionismus auch eine Kontrolle über die Sphären des Lebendigen und des Sozialen:

„Science can now understand the ways in which atoms form complex molecules, and these in turn aggregate according to common fundamental principles to form both organic and inorganic structures. [...] The same principles will allow us to understand and when desirable to control the behaviour both of complex microsystems [...] and macrosystems such as human metabolism and transportation vehicles“ (Roco/Bainbridge 2002, S. 2).

Insofern hier der Mensch als Schöpfer und Kontrolleur dieser Entwicklungen gesehen wird, kommt es zu einem unbegrenzten Machbarkeitsdenken:

„The aim of this metaphysical program is to turn man into a demiurge or, scarcely more modestly, the ‚engineer of evolutionary processes‘. [...] This puts him in the position of being the divine maker of the world“ (Dupuy 2005).

In diese Richtung gehen auch Erwartungen, dass es durch nanotechnische Nachahmung der Funktionen der DNA möglich würde, einen zweiten Typ von Evolution zu begründen:

„Another example is given by the ribosome present in each cell, which is actually a nano-assembling machine which reads the DNA and translates the code into protein. It works wonderfully in nature. The difficulty is to mimic the idea and to use it in practicable technology. This type of Nanobionic requires a second type of evolution. This evolution II is the whole idea of Nano“ (Heckl 2004, S. 845).

Diese ‚nanobionische‘ Evolution wäre ein Evolutionsprozess, in welchem die „natürliche“ Evolution durch eine auf die vermeintlichen menschlichen Bedürfnisse bzw. industriellen Prozesse ausgerichtete Evolution ersetzt werden soll. Noch vor kurzem geäußerte Warnungen vor einer Hybris des Menschen und Forderungen nach einer ‚neuen Bescheidenheit‘ (z. B. Meyer-Abich 1984) würden von Vertretern dieser Deutungen wohl als eine historische Verirrung betrachtet.

Diese Entwicklung der Debatte steht nicht allein. Andere Positionen warnen vor den unbeherrschbaren Gefahren einer Nanobiotechnologie (z. B. Dupuy 2005) oder stellen die Unbestimmtheitssignaturen der Nanotechnologie heraus (Schmidt 2008). Was sich zeigt, ist, dass die Nanotechnologie, hier in Form der Nanobionik, weit reichende Fragen und erhebliche Deutungsprobleme aufwirft. Sie stellt gleichsam eine ‚Chiffre der Zukunft‘ dar (Grunwald 2006; vgl. den entsprechenden Beitrag in diesem Band), anhand derer wir – Wissenschaft, Politik und Gesellschaft – um die Deutungen ringen, die immer auch Momente einer Selbstvergewisserung des Menschen in Bezug auf die ‚großen Fragen‘ haben – hier in Bezug auf die große Frage nach dem Verhältnis von Mensch, Technik und Leben, insbesondere wenn Zukünfte des Lebens als Technik gefasst werden.

Literatur

- Anonymus (1960): Bionics symposium. Living prototypes – the key to a new technology. Wadt Technical Report 60-600, 5,000- März 1961 – 23 – 899. United States Airforce, Ohio
- Balaban, T., Buth, G. (2005): Biomimetische Lichtsammlung. FZK-Nachrichten 37, Nr. 4, S. 204-209
- Ball, P. (2005): Synthetic biology for nanotechnology. Nanotechnology 16, S. R1-R8

- Banse, G., Grunwald, A., König, W., Ropohl, G. (Hg.) (2006): Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften. Berlin
- Barthlott, W., Neinhuis C. (2001): Der Lotus-Effekt: Selbstreinigende Oberflächen nach dem Vorbild der Natur. *International Textile Bulletin* 1
- Benner, S. A., Sismour, A. M. (2005): Synthetic Biology. *Nature Reviews/Genetics*, Bd. 6 (July)
- Bensaude-Vincent, B. (2004): Two Cultures of Nanotechnology? *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry*, Bd. 10, S. 65-82
- Blüchel, K. G. (2005): BIONIK – Wie wir die geheimen Baupläne der Natur nutzen können, 3. Auflage, München
- Boeing, N. (2006): Projekt Genesis. In: *DIE ZEIT* 8/2006, S. 35
- Boldt, J., Müller, O. (2008): Newtons of the leaves of grass. *Nature Biotechnology* 26, S. 387-389
- Brown, C. (2004): BioBricks to help reverse-engineer life. *EE Times*, June 11 (2004)
- Coenen, C. (2008): Konvergierende Technologien und Wissenschaften. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Diskussionspapier Nr. 16, Berlin
- de Vriend, H. (2006): Constructing Life. Early social reflections on the emerging field of synthetic biology. *Rathenau Institute*, The Hague.
- Dupuy, J.-P. (2005): The philosophical foundations of Nanoethics. Arguments for a Method. Lecture at the Nanoethics Conference, University of South Carolina, March 2-5, 2005
- Gloede, F. (2007): Unfolgsame Folgen. Begründung und Implikationen der Fokussierung auf Nebenfolgen bei TA. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 16, S. 45-53
- Goodsell, D. S. (2004): *Bionanotechnology. Lessons from Nature*. New York
- Grunwald, A. (2008a): Bionik – naturnähere Technik oder technisierte Natur? In: Ders. (Hg.): *Technik und Politikberatung. Philosophische Perspektiven*. Frankfurt a. M., S. 180-197
- Grunwald, A. (2008b): Auf dem Weg in eine nanotechnologische Zukunft. *Philosophisch-ethische Fragen*. Freiburg: Alber
- Hampp, N., Noll, F. (2003): Nanobionics II – from Molecules to Applications. *Physik Journal* 2 (2), S. 56
- Heckl, W. (2004): Molecular Self-Assembly and Nanomanipulation – Two key Technologies in Nanoscience and Templating. *Advanced Engineering Materials* 6 (10), S. 843-847.
- Heckl, W. (2004): Molecular Self-Assembly and Nanomanipulation – Two key Technologies in Nanoscience and Templating. *Advanced Engineering Materials* 6, S. 843-847.
- Huber, J. (1995): *Nachhaltige Entwicklung. Strategie für eine ökologische und soziale Erdpolitik*. Berlin
- IÖW/GL – Institut für ökologische Wirtschaftsforschung gGmbH/Universität Bremen (2005): *Potenziale und Anwendungsperspektiven der Bionik. Gutachten für den Deutschen Bundestag*, Berlin
- Janich, Peter, 1998: Die Struktur technischer Innovationen. In: Hartmann, Dirk; Janich, Peter (Hg.): *Die kulturalistische Wende*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp, S. 129 –177
- Janich, Peter, 2000: *Logisch-pragmatische Propädeutik*. Weilerswist: Velbrück
- Lu, Y. (2004): Significance and Progress of Bionics. In: *Journal of Bionics Engineering* 1, S. 1 –3
- Lübbe, H. (1997): *Modernisierung und Folgekosten*. Berlin et al.
- Meyer, R., Grunwald, A., Rösch, C., Sauter, A. (2007): Chancen und Herausforderungen neuer Energiepflanzen – Basisanalysen. *TAB-Arbeitsbericht Nr. 121*, Berlin

- Nachtigall, W. (2002): Bionik: Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler. 2. Auflage. Berlin et al.
- NNI – National Nanotechnology Initiative (1999): National Nanotechnology Initiative. Washington
- Nordmann, A. (2007): Entflechtung – Ansätze zum ethisch-gesellschaftlichen Umgang mit der Nanotechnologie. In: Gázsó, A., Greßler, S., Schiemer, F. (Hg.): Nano – Chancen und Risiken aktueller Technologien. Wien, S. 215-229
- Nordmann, A. (2007b): Entflechtung – Ansätze zum ethisch-gesellschaftlichen Umgang mit der Nanotechnologie. In: Gázsó, A., Greßler, S., Schiemer, F. (Hg.): Nano – Chancen und Risiken aktueller Technologien. Wien, S. 215-229
- Paschen, H., Coenen, C., Fleischer, T., Grünwald, R., Oertel, D., Revermann, C. (2004): Nanotechnologie. Forschung und Anwendungen. Berlin et al.
- Roco, M. C., Bainbridge, W. S. (Hg.) (2002): Converging Technologies for Improving Human Performance. Arlington
- Ropohl, Günter, 1991: Technologische Aufklärung. Beiträge zur Technikphilosophie. Frankfurt a.M.: Suhrkamp
- Schmid, G., Ernst, H., Grünwald, W., Grunwald, A., Hofmann, H., Janich, P., Krug, H., Mayor, M., Rathgeber, W., Simon, B., Vogel, V., Wyrwa, D. (2006): Nanotechnology – Perspectives and Assessment. Berlin et al.
- Schmidt, J. (2002a): Vom Leben zur Technik? Kultur- und wissenschaftsphilosophische Aspekte der Natur-Nachahmungsthese in der Bionik. Dialektik 2002/2, S. 129-143
- Schmidt, J. (2002b): Wissenschaftsphilosophische Perspektiven der Bionik. Thema Forschung 2/2002, S. 2-7
- Schmidt, J. C. (2008): Unbestimmtheitssignaturen der Nanotechnologie. In: Hofmeister, G., Köchy, K., Norwig, N. (Hg.): Nanobiotechnologien. Philosophische, anthropologische und ethische Fragen. Freiburg
- UMSICHT – Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (2005): Bionik als Technologievision der Zukunft. Gutachten für den Deutschen Bundestag. Berlin
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure (2002): Nanobiotechnologie I: Grundlagen und Anwendungen molekularer, funktionaler Biosysteme. Düsseldorf
- von Gleich, A. (Hg.) (1998): Bionik – Ökologische Technik nach dem Vorbild der Natur? Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden
- von Gleich, A., Pade, C., Petschow, U., Pissarskoi, E. (2007): Bionik. Aktuelle Trends und zukünftige Potentiale. Bremen
- von Weizsäcker, C., von Weizsäcker, E. U. (1984): Fehlerfreundlichkeit. In: Kornwachs, K. (Hg.): Offenheit – Zeitlichkeit – Komplexität. Zur Theorie der offenen Systeme. Frankfurt a.M./New York, S. 167-201
- Wagner, P. (2005): Nanobiotechnology. In: Greco, R., Prinz, F. B., Lane, R. (Hg.): Nanoscale Technology in Biological Systems. Boca Raton
- Woese, C. R. (2004). A New Biology for a New Century. In: Microbiology and Molecular Biology Reviews 68, No. 2, S. 173 –186.

Visionäre Technologiefelder: Explorative Philosophie statt spekulativer Ethik

1 Einführung und Thesen¹

Der Entstehung (Mnyusiwalla et al. 2003) und der raschen thematischen Entfaltung der Nano-Ethik (z. B. Khushf 2004; Grunwald 2005) folgte schnell die Fundamentalkritik (Nordmann 2007; Keiper 2007; Nordmann/Rip 2009). Die Lücke, die zu Beginn der Nano-Ethik diagnostiziert wurde – eine Lücke zwischen dem raschen Fortschritt der Nanotechnologie und der zögerlichen ethischen Reflexion (Mnyusiwalla et al. 2003) – sei zwar weitgehend geschlossen. Aber stattdessen klaffe eine neue Lücke: Nano-Ethik habe sich viel zu sehr auf spekulative Entwicklungen eingelassen und befasse sich zu wenig mit real anstehenden Fragen der Gestaltung der Nanotechnologie und ihrer Anwendungen: „[B]ut a new gap has opened up because most nano-ethics is too futuristic, focusing on nano-enabled devices that can read our thoughts, for example, at the expense of ongoing incremental developments that are more ethically significant“ (Nordmann/Rip 2009, S. 273).

Wenn diese Diagnose stimmt, sind große Teile der Nano-Ethik fehlgeleitet, befassen sich mit irrelevanten und rein spekulativen Vorstellungen, während die wirklich wichtigen Entwicklungen nicht betrachtet werden. Eine derartige Fundamentalkritik müsste entweder eine radikale Umorientierung der Nano-Ethik zur Folge haben, oder sie muss mit guten Gründen zurück gewiesen werden. Ich werde in diesem Beitrag die zentralen Argumente der Kritiker prüfen und darauf aufbauend eine Antwort auf diese Alternative formulieren. Dabei werde ich folgende Thesen entwickeln:

- Die Diagnose „most nano-ethics is too futuristic“ (Nordmann/Rip 2009, 273) ist überzogen. Sie verdeckt, dass durchaus ein ansehnlicher Teil der aktuellen Nano-Ethik sich mit konkreten Fragen aktueller Entwicklungen befasst.
- Das zentrale Argument der Kritiker, das auf einer Betrachtung möglicher Opportunitätskosten aufbaut – die Befassung mit (irrelevanter) spekulativer Nano-Ethik

¹ Dieser Beitrag ist anlässlich einer Debatte speziell zur Nanotechnologie und zum Vorwurf, dass zu viel ‚spekulative Ethik‘ betrieben werde, entstanden. Die Argumentation und Schlussfolgerungen gelten jedoch auch darüber hinaus wohl für alle NEST-Bereiche (new and emerging science and technology) wie z. B. die Verbesserungstechnologien (enhancement) und die Synthetische Biologie.

nehme der Befassung mit relevanten ethischen Fragen der Nanotechnologie Ressourcen weg – ist nicht haltbar.

- Die philosophische Befassung mit spekulativen Fragen der Nanotechnologie sollte nicht unter ‚Angewandte Ethik‘ verbucht werden. Vielmehr geht es um explorative philosophische Analysen und Deutungen, die begriffliche, technikphilosophische, hermeneutische und anthropologische Fragen betreffen.²
- Aufgabe dieser explorativen Nano-Philosophie ist es, kommende Debatten, die zurzeit durchaus noch einen stark spekulativen Zug haben können, begrifflich, konzeptionell und methodisch vorzubereiten.
- Eine derartige explorative Philosophie muss epistemologisch aufgeklärt sein – und an dieser Stelle konvergiert die in diesem Beitrag vorgebrachte Kritik wieder mit einer der zentralen Forderungen der Kritiker einer spekulativen Nano-Ethik.

Um diese Thesen werde ich zu entfalten und zu begründen, werde ich zunächst die zentralen Argumente der Kritiker der spekulativen Nano-Ethik rekonstruieren und kritisch prüfen (Teil 2). Die Ergebnisse münden in Schlussfolgerungen, die den Titel dieses Beitrags ‚From speculative nano-ethics to explorative philosophy‘ zu erläutern und zu untermauern suchen (Teil 3).

2 Argumente und Gegenargumente – Kritik an der ‚spekulativen Ethik‘

Die Hauptdiagnose „*most nano-ethics is too futuristic*“: Am Anfang der Kritik steht eine Diagnose, nämlich „*most nano-ethics is too futuristic*“ und „*There is now a market for ethics of nanoscience and technology, and ethicists and others have responded to the demand for nanoethics with an over-supply of nano-ethics*“ (Nordmann/Rip 2009, 273). Diese Diagnose kritisiert quantitative Relationen (‚most‘; ‚over-supply‘) in zwei Facetten:

- zum einen sei ‚die meiste‘ Nano-Ethik zu futuristisch. Der größte Teil der Nano-Ethik (‚most‘) falle unter diese Kritik. Hier wird der Anteil der spekulativen Nano-Ethik an der gesamten Nano-Ethik kritisch bewertet.
- zum anderen handle es sich um einen ‚over-supply‘. Hier wird das ‚Angebot‘ an spekulativer Nano-Ethik mit einem Bedarf verglichen. Dies ist also ein komplett anderes Argument.

2 Dieser Punkt ist zentral für die Argumentation des vorliegenden Bandes. Ethische Reflexion von Technik-zukünften ist zwar wichtig; ihr methodisch vorausgehen müssen jedoch hermeneutische Bemühungen, sie in all ihren relevanten Facetten, Implikationen, Konnotationen, Konstellationen und Folgen zu verstehen.

Die kritische Prüfung der Behauptungen fällt schwer, weil die Diagnose unscharf bleibt: (a) es werden keine klaren Kriterien angegeben, ab welcher Grenze eine nanoethische Arbeit ‚too futuristic‘ sei, und es wird keine quantitative Analyse vorgenommen, wie viele Arbeiten oberhalb und unterhalb dieser Schwelle liegen; (b) die Autoren beschreiben nicht, wie ein ‚adäquates‘ Maß für das Angebot an Nano-Ethik bestimmt werden könnte und wo es liegen würde – was man aber wissen müsste, um einen ‚oversupply‘ im Verhältnis von Angebot und Nachfrage zu diagnostizieren.

Nun ist wahrscheinlich die Ausgangsdiagnose von Nordmann/Rip sehr viel elementarer gemeint: es gebe einfach zuviel an spekulativer Nano-Ethik. Die Kritiker erwecken den Eindruck, dass Nano-Ethik aus fast nichts anderem bestehe, denn sie erwähnen die nicht-spekulativen Anteile in keiner Weise. Auf diese Weise jedoch wird ein schiefer Eindruck erzeugt. Der Blick in die einschlägigen Sammelbände (z. B. Baird et al. 2004, Allhoff et al. 2007, ten Have 2007, Jotterand 2008), Monographien (Grunwald 2008a) und Zeitschriftenbeiträge (vgl. die bislang erschienen Ausgaben der ‚Nanoethics‘), so kann leicht festgestellt werden, dass es einen durchaus ansehnlichen Anteil nicht-spekulativer Nano-Ethik gibt. Hierzu gehören vor allem die ethischen, häufig auf EHS-Studien beruhenden Analysen zum Umgang mit den ungewissen Umwelt- und Gesundheitsrisiken von Nanomaterialien (z. B. Grunwald 2008b oder Weckert/Moor 2007) und die mittlerweile durchaus vielfältigen Überlegungen zu Gerechtigkeitsfragen, z. B. zur Bedeutung der Nanotechnologie für Entwicklungsländer (z. B. Schummer 2007, Invernizzi 2008, Foladori 2008).

An dieser Stelle will ich nicht der Diagnose von Nordmann/Rip widersprechen, dass es ‚viel‘ spekulative Nano-Ethik gibt. Ob und nach welchen Kriterien dieses auch ein ‚zu viel‘ ist, ist hingegen nicht so klar und bedürfte einer genaueren Analyse. Eine entsprechende Diagnose muss jedenfalls anerkennen, dass Nano-Ethik nicht ausschließlich in spekulativen Überlegungen besteht.

The speculative nature of ‚speculative nano-ethics‘: Der zentrale Vorwurf von Nordmann/Rip (2009, vgl. auch Nordmann 2007, Keiper 2007) an die gegenwärtige Nano-Ethik besteht darin, dass sie ‚too speculative‘ sei. Was ‚too speculative‘ heißt, wird durch die mangelnde Plausibilität der angenommenen nanotechnologischen Entwicklungen erklärt, bis hin dazu, dass vermeintlich sogar den Naturgesetzen widersprechende Entwicklungen Gegenstand der Nano-Ethik geworden seien (Nordmann/Rip 2009, 273).

Die Kritiker legen überzeugend dar, wie aus ursprünglich konditionalen Wenn/Dann-Ketten allmählich und unmerklich vermeintliche Erwartbarkeiten oder gar Gewissheiten werden: „As the hypothetical gets displaced by a supposed actual, the imagined future overwhelms the present“ (Nordmann/Rip 2009, S. 273). In der Tat kommt es nicht selten zu einer Konditionalität zweiter oder dritter Stufe: wenn nämlich über Folgen der Nanotechnologie geredet wird, die eintreten *könnten* als Folge des Einsatzes

nano-technischer Produkte, die aber selbst auch nur vielleicht entwickelt werden *würden* oder *könnten*, falls die jeweilige technische Entwicklung in der anvisierten Richtung erfolgen *würde*. In der Regel könnte in gestuft konditionalen Sätzen dieses Typs auch das Gegenteil des Angenommenen eintreten, und es wäre nicht entscheidbar, welche der kontradiktorischen Alternativen mit welchen Gründen bevorzugt werden sollte.

Der methodische Vorwurf an die spekulative Nano-Ethik ist dann klar: sie stütze sich auf bloße nicht validierbare Spekulationen und arbeite mit ‚mere possibility arguments‘: „I will use the term *mere possibility argument* (MPA) to denote an argument in which a conclusion is drawn from the mere possibility that the choice of an option, behaviour, or course of action may lead to, or be followed by, certain consequences“ (Hansson 2006, S. 317 f.). Es gebe in der Nano-Ethik nichts Belastbares zu verhandeln, sondern die Objekte der Reflexion seien reine Spekulationsblasen: „nanotechnology takes as its subject a science still aborning; many of the ethical and social ills it seeks to address are mere speculations“ (Keiper 2007, S. 55). Dies geschehe teils gar ohne Rücksicht darauf, ob die Objekte, mit denen man sich befasse, naturgesetzlich überhaupt möglich seien. Daher sei Nanoethik eine Frühgeburt: „Nanoethics [...] bears all the signs of prematurity. Its time may come some day but it is too soon to say just when and how“ (Keiper 2007, S. 67).

Die philosophische Debatte im Anschluss an das „Prinzip Verantwortung“ (Jonas 1979) hat jedoch gezeigt, dass die bloße Denkmöglichkeit von etwas als Argument oder Teil einer Argumentationskette nicht einsetzbar ist und nur zu Aporien führt. Wenn die Zukünfte, über die Ethik reflektiert, in einer radikalen Weise bloß spekulativ wären, folgte aus dem ethischen Rat, der sich aus der Reflexion ergeben kann, nichts. Wenn Folgen und Nebenfolgen von Technik prospektiv *in keiner Weise* einschätzbar wären, würde sich die Frage nach der Verantwortung erübrigen: was nicht gewusst wird, kann keiner ethischen Reflexion *ex ante* unterzogen und nicht verantwortet werden. In der Spekulativität der Folgenüberlegungen verschwände das Objekt der Ethik, die dadurch obsolet werde: nicht Ethik setze der Technik, sondern Technik durch ihre unsicheren Zukünfte der Ethik Grenzen, wie dies bereits 1993 lange vor der Kritik an der spekulativen Nano-Ethik (Nordmann 2007) diagnostiziert wurde (Bechmann 1993).

Die Frage allerdings ist, was aus diesem Befund folgt. Mit Sicherheit wäre es ein übereilter Fehlschluss (das tun auch Nordmann/Rip nicht), dass Ethik sich erst mit Entwicklungen befassen solle, die mit Sicherheit eintreten. Dann liefere sie in die entgegen gesetzte und häufig thematisierte Falle, mit einem möglichen Rat immer zu spät zu kommen und die Gestaltungsspielräume verpassen, die sich gerade in frühen Phasen und angesichts noch unsicherer Entwicklungen befinden (vgl. das kritisierte ‚ethics last‘ model bei Moor/Weckert 2004). Aus der zutreffenden Diagnose eines hohen Grades an Spekulativität in Teilen der Nano-Ethik folgt damit zunächst nichts weiter, außer der Forderung nach der Entwicklung von Verfahren, den Grad der Spekulativität bes-

ser beurteilen zu können (z. B. als Vision Assessment, vgl. Grin/Grunwald 2000 und Grunwald 2007). Eine direkte Konsequenz für die Ausrichtung der Nano-Ethik ergibt sich aus der bloßen Diagnose der spekulativen Natur jedenfalls (noch) nicht. Dazu benötigen Nordmann/Rip zwei zusätzliche Argumente: a) die Sorge vor artifiziell erzeugten Bedenken gegenüber der Nanotechnologie (vgl. 2.3) und b) das Opportunitätskosten-Argument (vgl. 2.4).

Die Sorge vor unberechtigten Sorgen: Selbstverständlich kann man sich fragen, welche Folgen die diagnostizierte Spekulativität vieler nano-ethischer Überlegungen hat. Nordmann/Rip nehmen in ihrer Antwort einen Argumentationsgang auf, der am Anfang der Nanoethik stand: die innovationspolitisch begründete Sorge, dass Nanotechnologie aufgrund unbearbeiteter ethischer Fragen an Akzeptanz verlieren könne: „We believe that there is danger of derailing NT [nanotechnology] if serious study of NT’s ethical, environmental, economic, legal and social implications [...] does not reach the speed of progress in the science“ (Mnyusiwalla et al. 2003, S. R9). Forschung und Reflexion zu ethischen Fragen der Nanotechnologie wurden als notwendig angesehen, um die Gefahr gesellschaftlicher Ablehnung zu reduzieren: „The only way to avoid such a moratorium [following ETC Group 2003, A. G.] is to immediately close the gap between the science and ethics of NT. [...] Either the ethics of NT will catch up or the science will slow down“ (Mnyusiwalla et al. 2003, S. R12). Die Überzeugung hinter dieser Diagnose ist, dass je früher ethische Überlegungen einsetzen, eine mögliche gesellschaftliche Zurückweisung umso besser vermieden werden könne.

Diese Argumentation drehen Nordmann/Rip um. Sie befürchten, dass aufgrund der Beliebigkeit der spekulativen Nano-Ethik völlig unbegründete und haltlose ethische Probleme der Nanotechnologie thematisiert würden, welche dann, trotz ihrer vollkommenen Künstlichkeit der weiteren Entwicklung der Nanotechnologie erheblichen Schaden zufügen könnten: „[W]orries about the most futuristic visions of nanotechnology can cast a shadow on all ongoing work in nanoscience and technology“ (Nordmann/Rip 2009, 274). Eine zu frühe und damit zwangsläufig teils spekulative Befassung mit ethischen Fragen der Nanotechnologie erzeuge artifizielle Probleme, deren öffentliche Kommunikation innovationspolitischen Schaden anrichten könne.

Das Problem hier ist, dass man nicht im Vorhinein weiß, welche Sorgen berechtigt sind und welche nicht. Das vermeintliche Gegenargument der Kritiker erweckt den Eindruck, man könne im Vorhinein berechnete von unberechtigten Sorgen unterscheiden. Wenn man die spekulative Nano-Ethik einstellt und sich auf die ‚wirklich drängenden‘ Probleme bezieht (wobei sich allerdings die Frage stellt, wer über diese Frage entscheidet), dann es sein, dass man wesentliche problematische Entwicklungen verschläft und im Ernstfall unvorbereitet ist. Umgekehrt: wenn Nano-Ethik sich, wie von Nordmann/Rip diagnostiziert, auf spekulative Nano-Ethik kapriziert, wird sie sehr wahrscheinlich (auch) unnötige Probleme diskutieren. Nur: man weiß nicht im Vor-

hinein, welche Probleme reale Relevanz erhalten werden und welche nicht, und kann die entsprechende Entscheidung – hier bloße Spekulation und dort berechtigte Sorge – nicht begründet treffen. Im Rahmen einer reflexiven Wissenschaft (Siune et al. 2009) ist das Argument, dass möglicherweise artifizielle Probleme aufgebracht werden und sogar innovationspolitischen Schaden anrichten könnte, auch dann kein Argument gegen spekulative Nano-Ethik, wenn der Fall tatsächlich einmal real eintreten würde, also wenn z. B. spekulative Diskussionen über Cyborgs die Chancen von Nanomaterialien in Lacken gefährden könnten (sehr wahrscheinlich erscheint der Fall jedoch nicht). Denn dies wäre eine implizite Bevorzugung von „wait and see“-Strategien gegenüber vorsorgender Befassung mit (selbstverständlich unsicheren) Folgen, was in einer reflexiven verantwortlichen Wissenschaft nicht zu legitimieren wäre.

Das Argument der Opportunitätskosten: Bleibt ein weiteres Argument von Nordmann/Rip gegen die spekulative Nano-Ethik. Ist es nicht so, dass wenn ein (zu) großer Teil der Nano-Ethik sich mit spekulativen Fragen befasst, nicht genügend Ressourcen (Personen, Zeit, Geld, Kreativität, Aufmerksamkeit etc.) für die nicht-spekulativen und gleichwohl ethisch relevanten Aspekte der Nanotechnologie übrig bleiben? Das Argument der Opportunitätskosten lautet: „There are good reasons to think that the opportunity costs of speculative ethics are too high, with less spectacular but more ‚here and now‘ ethical issues not getting the attention they deserve“ (Nordmann/Rip 2009, 273). Ethische Reflexion auf spekulative Visionen der Nanotechnologie bindet Ressourcen, die an anderer Stelle nicht zur Verfügung stehen (vgl. bereits Nordmann 2007).

Trotz der scheinbar intuitiven Plausibilität dieses Arguments reicht es nicht so weit wie behauptet. Denn es beruht auf zwei Prämissen, deren Geltung bezweifelt werden kann:

- Nordmann/Rip ordnen, scheinbar dem Wortlaut „Nano-ethics“ folgend, die gesamte spekulative Debatte zur Nanotechnologie der *Angewandten Ethik* zu. Einen guten Teil der beanspruchten Überzeugungskraft der Argumentation ziehen sie genau aus dieser Zuordnung: wenn sich Angewandte Ethik zu sehr auf Nano-Spekulationen stürze, dann könne für anwendungsnahe Felder – das eigentliche Gebiet der Angewandten Ethik – nicht mehr genügend Ressourcen frei sein. Jedoch lassen sich, wenn man die beteiligten Personen, die verwendeten Argumente und die herangezogene Literatur anschaut, viele der Überlegungen zu spekulativen Aspekten der Nanotechnologie in keiner Weise der Angewandten Ethik zurechnen. Vielmehr findet man Beiträge aus der Technikphilosophie, der Anthropologie, der Philosophie des Geistes, der Theorie künstlicher Intelligenz und vieles mehr.
- Zweitens hängt die Überzeugungskraft des Opportunitätskostenarguments grundsätzlich von der Endlichkeit und Konstanz der Bezugsgröße ‚verfügbare Ressourcen‘ ab. Metaphorisch gesprochen wird ein ‚Tortenmodell‘ zugrunde gelegt: wenn

von der Torte „Nano-Ethik“ ein größerer Teil für spekulative Themen aufgewendet werde, bleibe entsprechend weniger für die nicht-spekulativen Anteile. Das Tortenmodell ist hier jedoch nicht adäquat, und das hängt mit Punkt 1 zusammen. Denn gerade die spekulativen Themen der Nanotechnologie haben Philosophen und STS-Forscher von außerhalb der Angewandten Ethik motiviert, sich mit Fragen der Nanotechnologie zu befassen. Durch die neuen Visionen der Nanotechnologie sind zusätzliche Ressourcen für das Feld interessiert worden: die Torte ist erheblich gewachsen. Von daher trägt das Argument der Opportunitätskosten in keiner Weise.

*

Die Auseinandersetzung mit diesen vier Argumenten ergibt zusammengefasst, dass die Kritik von Nordmann/Rip nach der vorangegangenen Analyse einen, aber auch *nur einen* wunden Punkt trifft: diese weist auf das Problem einer möglicherweise ‚reinen Spekulativität‘ der spekulativen Nano-Ethik hin, in der die Aussagen in die Gefahr der Beliebigkeit geraten würden (Sektion 2.2). An diesem Punkt sollte die weitere Debatte ansetzen, und dazu werden im Folgenden einige Überlegungen angestellt.

Problematisiert werden kann hingegen bereits die Prämisse („most nano-ethics is too speculative“) und zurückgewiesen kann das Opportunitätskosten-Argument (2.4) und die innovationspolitische Befürchtung negativer Rückwirkungen auf die weitere Entwicklung der Nanotechnologie und die Ausbeutung ihrer Potentiale (2.2). Damit bleibt von der Fundamentalkritik nicht viel übrig.

3 Explorative Philosophie statt spekulativer Ethik

Oft wurde diagnostiziert, dass Ethik oftmals der technischen Entwicklung bloß ohnmächtig hinterherlaufe als den hohen Erwartungen an Orientierung zu entsprechen: „It is a familiar cliché that ethics does not keep pace with technology“ (Moor/Weckert 2004, S. 305). Ethische Reflexion, so die Annahme, werde erst unternommen, wenn Probleme erkannt seien; dann ist es jedoch für ein Umsteuern in der Regel zu spät: „Die Ethik als theoretische Reflexion [...] kommt daher immer erst nachträglich zum Zuge, d.h. nachdem entsprechende problematische Situationen eingetreten sind [...]“ (Rohbeck 1993, S. 269). Die Technik ist dann schon auf dem Markt bzw. so weit in der Entwicklung fortgeschritten, dass eine Umsteuerung ökonomisch und praktisch unmöglich ist. Die Bemühungen der letzten zehn Jahre, dieses Problem durch möglichst frühzeitige ethische Reflexion zu umgehen, lassen sich als Reaktion auf genau diese Diagnose beziehen. Jedoch ist hier das aus dem Technology Assessment bekannte Collingridge Dilemma (Collingridge 1980) zu beachten: danach sei zwar in frühen Phasen

prinzipiell der Gang der Dinge besser zu beeinflussen, allerdings fehle gerade aufgrund der frühen Entwicklungsphase das erforderliche Wissen, um gestaltend eingreifen zu können. Die oben dargestellte Kritik von Nordmann/Rip kann als Diagnose gelesen werden, dass ‚spekulative‘ Nano-Ethik, um der Scylla im Collingridge-Dilemma zu entgehen (also zu spät zu kommen), damit aber der Charybdis zum Opfer falle (und eben viel zu spekulativ bleiben müsse, um belastbare Orientierung zu erlauben).

Nun ist das Collingridge-Dilemma überspitzt. Die Frage, ob Ethik früh oder spät, prospektiv oder erst im Fall belastbarer Folgeaussagen einsetzen sollte, erscheint als falsche Alternative. Denn es geht hier nicht um ein Entweder-Oder, sondern um eine Differenzierung ethischer Reflexion je nach Problemstellung und nach Validität verfügbaren Folgenwissens. Ethische Reflexion fällt konzeptionell und methodisch anders aus, ob sie nun angesichts messbarer oder nur vorgestellter, vielleicht gar spekulativer Technikfolgen erfolgt, und sie dient vor allem auch *unterschiedlichen Zwecken*. Ist die Frage nach der Verantwortbarkeit des Einsatzes von Nanopartikeln in Lebensmitteln eine konkrete Frage im Rahmen von Überlegungen zu Regulierung, Kennzeichnungspflicht, Selbstverpflichtung von Unternehmen oder individueller Verantwortung, so dienen frühe Überlegungen zur synthetischen Biologie oder zum Human Enhancement eher z. B. der konzeptionellen Verständigung und Aufklärung dessen, worum es dabei in normativer Hinsicht geht, oder Herausbildung klarer Begrifflichkeiten und ethischer Alternativen, ohne dass aber bereits etwas direkt zu regulieren wäre.

Es wäre also zunächst zu fragen, welchen Zwecken eine ethische Reflexion der Nanotechnologie dienen soll. Erst dann wäre darüber zu befinden, ob und unter welchen Bedingungen eine ‚spekulative Nano-Ethik‘ zumindest einige dieser Zwecke erfüllen helfen würde, oder ob sie obsolet sei. Es ist ohne weiteres möglich, sinnvolle Zwecke ethischer Reflexion auch für eine eher spekulative ethische Reflexion zu bestimmen. Eine solche hätte einen stärker orientierenden, aber nicht einen direkt handlungsleitenden Charakter (Grunwald 2008a):

- eine tendenziell spekulative, gedankenexperimentartig operierende Reflexion der Nanotechnologie ist zwar mit den Gefahren der Beliebigkeit der betrachteten Zukünfte konfrontiert (Section 2.2) – wenn aber gar nicht die konkrete Handlungsorientierung ihr Zweck wäre, sondern z. B. eine aufklärende Vorbereitung für einen möglichen zukünftigen ‚Ernstfall‘ oder das begriffliche und inhaltliche Vorstrukturieren eines zukünftigen Feldes Angewandter Ethik, so geht das Argument der bloßen Spekulation ins Leere. Derartige explorative Reflexion wäre sicher keine Angewandte Ethik, aber vielleicht die Vorbereitung zukünftiger Angewandter Ethik.
- frühzeitige philosophische Reflexion von neuer Technik kann auf Aspekte aufmerksam machen, für deren Beurteilung besseres Folgenwissen erforderlich wäre, oder sie könnte auf kritische Fragen hinweisen, die in der weiteren Zukunft einer

genaueren Betrachtung bedürften. Auf diese Weise würde sie die Aufmerksamkeit für bestimmte, gleichwohl spekulative Zukünfte schärfen.

- frühzeitige Reflexion könnte trotz ihrer Spekulativität sogar konkrete Folgen für heutige Entscheidungen haben, z. B. die Forschungsförderung oder die Agenda der Wissenschaften betreffend. So wurde die Stammzelldebatte teils als spekulative Ethik geführt, insofern nämlich Eingriffe in die Rechte von Embryonen abgewogen wurden mit teils sehr unsicheren Erwartungen hinsichtlich der Möglichkeit, in zehn oder fünfzehn Jahren schwere Krankheiten mit den Ergebnissen der Forschung an diesen Embryonen heilen oder lindern zu können.
- durch frühzeitige (und teils spekulative) Ethik können wir etwas ‚über und für uns heute‘ lernen: „What do these visions tell us about the present, what is their implicit criticism of it, how and why do they require us to change?“ (Nordmann 2007, S. 41). Ein gutes Beispiel ist das ‚Human Enhancement‘, was man in Bezug auf viele Anteile der Debatte guten Gewissens als bloße Spekulation bezeichnen kann – die Debatte jedoch trägt unzweifelhaft zu einer verstärkten Befassung mit und einem besseren Verständnis bereits gegenwärtig laufender Entwicklungen ‚jenseits des Heilens‘ bei (wie z. B. für das Doping im Sport oder im Alltag, Grunwald 2008a).

Der Zweck der Reflexion verschiebt sich mit dem Grad der Spekulativität der Reflexionsobjekte. Je spekulativer die Folgenüberlegungen, umso weniger kann es um konkrete Handlungs- und Entscheidungsorientierung gehen. Stattdessen nimmt die Bedeutung begrifflicher, prä-ethischer, heuristischer und hermeneutische Fragen zu. Es geht dann vor allem darum zu klären, worum es in den betrachteten spekulativen Entwicklungen überhaupt geht, was auf dem Spiele steht, welche Rechte möglicherweise beeinträchtigt werden könnten, welche Menschen-, Natur- und Technikbilder sich bilden und wie sie sich verändern, welche anthropologischen Fragen involviert sind und welche Gesellschaftsentwürfe in den Zukunftsprojektionen mitschwingen: „Epistemology, moral philosophy, and natural sciences have always benefited from thought experiments on future technology [...]. In any case, it is always the stories we tell now that shape our attitudes to the technology of the future“ (Sethe 2007, S. 362).

Damit wird klar, dass es sicher nicht sinnvoll ist, derartige sehr frühzeitige Reflexion (z. B. die von Nordmann/Rip diagnostizierte spekulative Nano-Ethik) als Angewandte Ethik zu klassifizieren (vgl. Sektion 2.4) – der Ethik-Anteil ist eher gering. Hingegen nehmen begriffliche, hermeneutische, technikphilosophische oder anthropologische Überlegungen einen breiten Raum ein. Dies führt letztlich zu der Empfehlung, nicht von einer ‚spekulativen Nano-Ethik‘ zu sprechen, sondern die entsprechenden Reflexionsformen als Elemente einer explorativen Philosophie zu betrachten.

Eine derartige explorative Philosophie, die sich mit sehr frühen und teils spekulativen Einschätzungen neuer Entwicklungen in Wissenschaft und Technik sowie ihrer Folgen für Mensch und Gesellschaft widmet, ist keineswegs angehalten, in kon-

kreten Entwicklungsfeldern Handlungsorientierung zu geben. Damit macht sie der Angewandten Ethik weder Konkurrenz noch ist sie ein Teil von ihr (und genau deswegen funktioniert das Opportunitätskostenargument von Nordmann/Rip nicht, vgl. Sektion 2.4). Ihre Aufgabe ist vielmehr, kommende Debatten *vorzubereiten*, in begrifflicher, konzeptioneller und methodischer Hinsicht, aber auch mit Blick auf technikphilosophische und anthropologische Basisunterscheidungen und -verhältnisse wie z. B. Mensch/Technik, Leben/Technik oder Natur/Technik.

Auf diese Weise kann explorative Philosophie den Boden bereiten für Angewandte Ethik und für Technikfolgenabschätzung zu den dann konkreter werdenden Entwicklungen. Letztlich wird damit auch eine demokratische Auseinandersetzung mit dem wissenschaftlich-technischen Fortschritt befördert.

Aber auch eine explorative Philosophie darf erkenntnistheoretisch nicht blind sein. Sie bedarf einer Aufklärung über die kognitiven und normativen Gehalte der teils spekulativen Zukünfte und Folgen der Nanotechnologie: „Instead of welcoming without scrutiny anyone who cares to add to the stock of promises and concerns about nanotechnology, we need to encourage discussions about quality of promises“ (Nordmann/Rip 2009, 274). Ein ‚Vision Assessment‘ (Grin/Grunwald 2000, Grunwald 2007) würde in diesem Rahmen technikbasierte Visionen in ihren kognitiven und evaluativen Gehalten und in Bezug auf ihre Folgen untersuchen. Zentrale Aufgabe ist eine epistemologische ‚Dekonstruktion‘ dieser Zukünfte, um den Gegenstand einer sich anschließenden ethischen Reflexion in Bezug auf Geltung und Validität qualifizieren zu können.³

Der Begriff der Ethik hat in den letzten Jahren gerade im Kontext der Nanotechnologie und neuer Biotechnologien eine weite Verbreitung erfahren. Dabei ist jedoch seine Bedeutung zusehends unkenntlich geworden. Unter Nano-Ethik wird heute vielfach jeglicher Versuch verstanden, gesellschaftliche Aspekte der Nanotechnologie zu beschreiben (vgl. z. B. die Anthologie Allhoff et al. 2007, in der trotz des Titels „Nano-Ethics“ nur wenige Kapitel spezifisch ethischen Fragen gewidmet sind). Die Kritik an der ‚spekulativen Nano-Ethik‘ könnte in bestimmter Hinsicht mit dieser begrifflichen Aufweichung zu tun haben: einerseits wird in Kategorien von Angewandter Ethik gedacht, die trotz bestimmter Unklarheiten eine einigermaßen gut umrissene Teildisziplin der Philosophie ist. Andererseits wird der genannte extrem breite Begriff von Nano-Ethik verwendet, wenn es um die Diagnose geht, dass es zuviel Spekulatives darin gebe. Die Verwendung des hier vorgeschlagenen Begriffs der explorativen Philosophie könnte vielleicht manchen Missverständnissen vorbeugen.

3 Siehe für eine Erläuterung des ‚Vision Assessment‘ den Beitrag ‚Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft‘ in diesem Band.

Literatur

- Allhoff, F., Lin, P., Moor, J., Weckert, J. (Hg.) (2007): *Nanoethics. The Ethical and Social Implications of Nanotechnology*. New Jersey.
- Baird, D., Nordmann, A., Schummer, J. (Hg.) (2004): *Discovering the Nanoscale*. Amsterdam
- Bechmann, G. (1993): Ethische Grenzen der Technik oder technische Grenzen der Ethik? *Geschichte und Gegenwart. Vierteljahreshefte für Zeitgeschichte, Gesellschaftsanalyse und politische Bildung* 12, S. 213-225
- Dupuy, J.-P. (2007): Complexity and Uncertainty: a prudential approach to nanotechnology. In: F. Allhoff, P. Lin, J. Moor, J. Weckert (Hg.): *Nanoethics. The ethical and social implications of nanotechnology*. New Jersey, S. 119-132
- ETC Group (2003): *From Genomes to Atoms. The Big Down. Atomtech: Technologies Converging at the Nano-scale*, www.etcgroup.org
- Foladori, G. (2008): Converging Technologies and the Poor. The Case of Nanomedicine and Nanobiotechnology. In: Banse, G., Grunwald, A., Hronszky, I., Nelson, G. (Hg.): *Assessing Societal Implications of Converging Technological Development*. Berlin 193-216
- Grin, J., Grunwald, A. (Hg.) (2000): *Vision Assessment: Shaping Technology in 21st Century Society*. Berlin et al.
- Grunwald, A. (2005): Nanotechnology – A New Field of Ethical Inquiry? *Science and Engineering Ethics* 11, S. 187-201.
- Grunwald, A. (2007): Converging Technologies: visions, increased contingencies of the *conditio humana*, and search for orientation. *Futures* 39, S. 380-392
- Grunwald, A. (2008a): *Auf dem Weg in eine nanotechnologische Zukunft. Philosophisch-ethische Fragen*. Freiburg
- Grunwald, A. (2008b): Nanoparticles: Risk Management and the Precautionary Principle. In: F. Jotterand (ed.): *Emerging Conceptual, Ethical and Policy Issues in Bionanotechnology*. Berlin: Springer, S. 85-102
- Hansson, S. O. (2006): Great Uncertainty about small Things. In: Schummer, J., Baird, D. (Hg.): *Nanotechnology Challenges – Implications for Philosophy, Ethics and Society*. Singapur et al., S. 315-325.
- Invernizzi, N. (2008): Nanotechnology for Developing Countries. Asking the Wrong Question. In: Banse, G., Grunwald, A., Hronszky, I., Nelson, G. (Hg.) (2008): *Assessing Societal Implications of Converging Technological Development*. Berlin, 229-239
- Jotterand, F. (ed.) (2008): *Emerging Conceptual, Ethical and Policy Issues in Bionanotechnology*. Berlin et al: Springer Science + Business Media
- Keiper, A. (2007): Nanoethics as a Discipline? In: *The New Atlantis, A Journal of Technology & Science*, S. 55-67
- Khushf, G. (2004): The Ethics of Nanotechnology – Visions and Values for a new Generation of Science and Engineering. In: National Academy of Engineering (ed.): *Emerging Technologies and Ethical Issues in Engineering*. Washington, 29-55
- Mnyusiwalla, A., Daar, A. S., Singer, P. A. (2003): Mind the Gap. *Science and Ethics in Nanotechnology*. *Nanotechnology* 14, R9-R13

- Moor, J., Weckert, J. (2004): Nanoethics: Assessing the Nanoscale from an Ethical Point of View. In: Baird, D., Nordmann, A., Schummer, J. (Hg.). *Discovering the Nanoscale*, Amsterdam, 301-310
- Moore, D. (2007): Nanotechnology and the Military. In: Allhoff, F., Lin, P., Moor, J., Weckert, J. (Hg.): *Nanoethics – The Ethical and Social Implications of Nanotechnology*. New Jersey, S. 267-275
- Nordmann, A. (2007): If and Then: A Critique of Speculative NanoEthics. *Nanoethics* 1, S. 31-46
- Nordmann, A., Rip, A. (2009): Mind the gap revisited. *Nature Nanotechnology* 4, S. 273-274
- Pereira, A. G., von Schomberg, R., Funtowicz, S. (2007): Foresight Knowledge Assessment. *International Journal of Foresight and Innovation Policy* 4, S. 65-79
- Schummer, J. (2007): Impact of Nanotechnologies on Developing Countries. In: Allhoff, F., Lin, P., Moor, J., Weckert, J. (Hg.): *Nanoethics – The Ethical and Social Implications of Nanotechnology*. New Jersey, S. 291-307.
- Sethe, S. (2007): Nanotechnology and Life Extension. In: Allhoff, F., Lin, P., Moor, J., Weckert, J. (Hg.): *Nanoethics – The Ethical and Social Implications of Nanotechnology*. New Jersey, S. 353-365
- Siune, K., Markus, E., Calloni, M., Felt, U., Gorski, A., Grunwald, A. Rip, A., de Semir, V., Wyatt, S. (2009): *Challenging Futures of Science in Society*. Report of the MASIS Expert Group. Brüssel
- von Schomberg, R. (2007): From the ethics of technology towards an ethics of knowledge policy & knowledge assessment. EU working document EUR 2429
- Weckert, J., Moor, J. (2007): The Precautionary Principle in Nanotechnology. In: Allhoff, F., Lin, P., Moor, J., Weckert, J. (Hg.): *Nanoethics – The Ethical and Social Implications of Nanotechnology*. New Jersey, S. 133-146.

Teil III

Technikzukünfte und nachhaltige Entwicklung

In der Debatte zur nachhaltigen Entwicklung und in der Nachhaltigkeitsforschung spielen Technikzukünfte eine Rolle neben anderen relevanten Faktoren wie Konsum, Lebensstile, Bewusstseinswandel und Setzung geeigneter politischer Rahmenbedingungen. Weniger geht es darum, von einzelnen Technologien große Durchbrüche zu erwarten, wie dies z. B. in Teil II des Buches anhand einiger technischer Visionen für das Gebiet der NEST (new and emerging science and technology) für bestimmte Fragen wie die ‚technische Verbesserung‘ des Menschen zu erkennen war. Technik ist zwar auch für die nachhaltige Entwicklung zentral, es verschieben sich jedoch die Gewichte und die Ausrichtung. Zum einen spielt die in den in Teil II besprochenen Debatten vorherrschende ‚technology push‘-Perspektive im Feld der nachhaltigen Entwicklung eine geringere Rolle, während die ‚demand pull‘-Perspektive dominant wird: in welche Richtung sollte Technik erforscht, entwickelt und genutzt werden, damit nachhaltige Entwicklung unterstützt wird? Zum anderen ist dies nicht eine Herausforderung an wenige Technikfelder, sondern betrifft flächendeckend den Einsatz von Technik, ob in Freizeit oder Arbeitswelt, in Produktion oder Konsum, in den Bereichen Mobilität, Energie, Landwirtschaft oder wo auch immer. Sind also die Kontextbedingungen für und damit die Anforderungen an Technikzukünfte unterschieden von den im vorigen Teil diskutierten visionären Entwicklungen, so führt die Frage, ob und auf welche Weise es möglich ist, über Technikzukünfte Orientierung für heute anstehende Entscheidungen zu erlangen, auf durchaus ähnliche Probleme. Dies zeigt sich besonders deutlich im Energiebereich, wo die Vielzahl der angebotenen Zukünfte die Orientierung eher zu erschweren scheint. Vor diesem Hintergrund enthält der Teil II dieses Buches die folgenden Beiträge:

- Technik und Technikzukünfte in der Nachhaltigkeitsdebatte
- „Lasst uns die Erde kühlen!“ – neue Technikzukünfte zum Klimawandel
- Divergierende Energiezukünfte und die Herausforderung der Beliebigkeit
- Technikzukünfte in der Energiewende – mehr als Zukünfte der Energietechnik!

Im Ergebnis zeigt sich auch hier, dass die zur Debatte stehenden Zukünfte oft nicht gut in ihren Voraussetzungen, Implikationen und Folgen verstanden sind. Die Gehalte der jeweiligen Zukünfte besser zu verstehen, um darauf aufbauende Debatten informierter führen und die Zukünfte auf reflektiertere Weise zur Orientierung nutzen zu können, ist auch hier ein ernsthaftes Anliegen.

Technik und Technikzukünfte in der Nachhaltigkeitsdebatte

1 Einleitung

Technikentwicklung und -nutzung prägen Vergangenheit, Gegenwart und sicher auch die absehbare Zukunft des Menschen. Natürliche Umwelt und Gesellschaft werden durch Wissenschaft, Technik und Innovationen verändert. Technik entscheidet maßgeblich mit über gesellschaftliche Produktionsweisen, über Mobilität, über Lebensstile und über Fragen von Gesundheit und Krankheit. Herstellung und Nutzung von Technik setzt Stoffströme in Bewegung und bedarf des Energieeinsatzes. Technik setzt Rohstoffe in Abfälle und Emissionen um und verändert durch die dadurch möglichen Nutzeneffekte die menschliche Gesellschaft. Damit stellt Technik einen entscheidenden Faktor für die Nachhaltigkeit der menschlichen Wirtschaftsweise dar (Huber 1995; Grunwald 2002; Mappus 2005). Dies wird zukünftig noch zunehmen, vor allem angesichts der weiter ansteigenden Weltbevölkerung und der berechtigten Bedürfnisse nach einem nachholenden Wirtschaftswachstum in den Entwicklungs- und Schwellenländern. Die Nutzung und Gestaltung des technischen Fortschritts im Sinne der nachhaltigen Entwicklung wird zur dringlichen Aufgabe.

Das Verhältnis von Technik und nachhaltiger Entwicklung wird im Allgemeinen durchaus unter konträren Gesichtspunkten diskutiert: Technik gilt einerseits als *Problem* für die Nachhaltigkeit und als Verursacher vieler Nachhaltigkeitsprobleme, andererseits aber auch und gerade als *Lösung* oder wenigstens Bestandteil der Lösung von Nachhaltigkeitsproblemen. Diese Doppelgesichtigkeit ist der Anlass für die Bestimmung des Verhältnisses von Technik und Nachhaltigkeit als *ambivalent* (Fleischer/Grunwald 2002).

Einerseits hat Techniknutzung in der modernen Gesellschaft zahlreiche Folgen, die im Konflikt mit den Nachhaltigkeitsanforderungen stehen. Dies betrifft ökologische Konsequenzen, vor allem Probleme mit umwelt- und gesundheitsschädlichen Emissionen und mit der raschen Ausbeutung erneuerbarer und nicht erneuerbarer Rohstoffe. Auch in sozialer Hinsicht bringt der technische Fortschritt Nachhaltigkeitsprobleme mit sich, so z. B. durch die Folgen der technischen Rationalisierung für den Arbeitsmarkt. Ebenso widerspricht häufig die *Verteilung* der Nutzungsmöglichkeiten moderner Technik, aber auch der Risiken, dem Gerechtigkeitspostulat der Nachhaltigkeit – z. B. sind die Nutznießer technischer Innovationen häufig die Industrieländer, während

die Nachteile vor allem die Entwicklungsländer betreffen. Die „digitale Spaltung“, die unterschiedlichen Zugangschancen zum Internet zwischen Industrie- und Entwicklungsländern, aber auch innerhalb der Industrieländer ist hierfür ein bekanntes Beispiel (Grunwald et al. 2006).

Andererseits ist aber auch an viele im Sinne der Nachhaltigkeit *positive* Folgen des technischen Fortschritts zu denken. Der erreichte Wohlstand und die damit verbundene Existenzsicherung und Lebensqualität in vielen Teilen der Welt, die erfolgreiche Bekämpfung vieler in früheren Zeiten katastrophaler Krankheiten, die Sicherung der Ernährungslage in vielen (nicht allen!) Teilen der Welt sowie die Möglichkeit globaler Information und Kommunikation durch das Internet sind bekannte Beispiele. In den so genannten Effizienzstrategien nachhaltiger Entwicklung (vgl. z. B. Weizsäcker et al. 1995) fällt *innovativen* Techniken eine Schlüsselrolle zu. Moderne Technik kann teilweise bereits jetzt konventionelle Technik ersetzen und auf diese Weise zu mehr Nachhaltigkeit beitragen (z. B. durch weniger Emissionen oder geringeren Ressourcenverbrauch).

Dieses ambivalente Verhältnis von Technik und Nachhaltigkeit ist der Ausgangspunkt für Ansätze der Gestaltung von Technik und ihrer gesellschaftlichen Nutzungsweisen (Majer 2002), um die positiven Nachhaltigkeitsfolgen innovativer Technik zu realisieren und die negativen zu minimieren oder zu vermeiden, um durch technischen Fortschritt bestmöglich zur nachhaltigen Entwicklung beizutragen. Die Frage ist danach nicht, ob sich technischer Fortschritt generell pro oder kontra Nachhaltigkeit auswirkt, sondern wie der wissenschaftlich-technische Fortschritt und die Nutzung seiner Ergebnisse gestaltet werden müssen, damit positive Beiträge zur nachhaltigen Entwicklung die Folge sind. Zu den hierbei zu untersuchenden Fragestellungen zählen:

Welche und wie große Beiträge können Erforschung, Entwicklung und Nutzung neuer Techniken zur Nachhaltigkeit leisten? Wie verhalten sich die Beiträge von Technik zur Nachhaltigkeit im Vergleich zu Beiträgen anderer Herkunft (z. B. veränderter Lebensstile und eines „nachhaltigen Konsums“)?¹ In welchen Zeiträumen sind die nachhaltigkeitsrelevanten Auswirkungen zu erwarten?

Welche gesellschaftlichen Rahmenbedingungen können als Anreize dienen, damit innovative Technik als Beitrag zu mehr Nachhaltigkeit entwickelt, produziert und in den Markt integriert werden kann? Welche politischen Instrumente zu ihrer Unterstützung gibt es?

Mit welchen Methoden kann beurteilt werden, ob und inwieweit Technikeinsatz zu mehr oder weniger Nachhaltigkeit führt? Welche Nachhaltigkeitskriterien können

1 Vergleichende Untersuchungen kommen für Technik oft zu einer ernüchternden Einschätzung. Beispielsweise würde schon eine geringfügige Erhöhung der durchschnittlichen Besetzungszahl von Automobilen (die nur knapp über 1 liegt) mehr an Effizienzgewinn erbringen als ein großflächiger Einsatz von Telematik zur effizienteren Gestaltung des Verkehrsablaufs (Halbritter et al. 2002).

Grundlage dieser Bewertungen sein und wie werden sie begründet? Wo sind methodische Neu- oder Weiterentwicklungen erforderlich, z. B. in der Lebenszyklusanalyse?

Welche Vergleichsmaßstäbe, Gewichtungsregeln und Abwägungskriterien können in Situationen herangezogen werden, in denen gegenläufige Effekte und Zielkonflikte in Bezug auf Nachhaltigkeit auftreten?

Wie verlässlich oder unsicher sind Nachhaltigkeitsbewertungen von Technik? Wie wird mit der in Bezug auf Folgenwissen und Bewertungsprobleme unvermeidlichen Unsicherheit und Ambivalenz umgegangen?

Diese Fragen haben strukturell große Ähnlichkeit zu den Aufgabentypen, mit denen die Technikfolgenabschätzung (TA) befasst ist (Grunwald 2010). Letztlich geht es darum, nachhaltigkeitsrelevante Technikfolgen möglichst bereits während der *Entwicklung* einer Technik *prospektiv* zu erfassen und zu bewerten. Das Prinzip, derartiges Wissen über mutmaßliche oder wahrscheinliche Technikfolgen bereits frühzeitig in Entscheidungen zu berücksichtigen und damit für die Gestaltung der Technik selbst oder ihrer gesellschaftlichen „Einbettung“ (Majer 2002) nutzbar zu machen, ist Teil des Grundkonzepts der TA. Diese wurde in ihrer Anfangszeit als Frühwarnung vor technikbedingten Gefahren, dann auch als Früherkennung von Chancen und Potenzialen der Technik eingeführt (Paschen/Petermann 1991) und hat sich mittlerweile zu einem umfassenden Konzept der begleitenden Technikforschung für Zwecke der Gesellschafts- und Politikberatung entwickelt (Grunwald 2010). Zur Beantwortung der genannten Fragen einer prospektiven Nachhaltigkeitsbewertung von Technik kann daher auf die Erfahrungen der TA zurückgegriffen werden (Fleischer/Grunwald 2002). Dabei bringen die Anforderungen an Nachhaltigkeitsbewertungen und ihre Berücksichtigung in Entscheidungen, sogar im Hinblick auf ambitionierte Konzepte der TA, ganz erhebliche konzeptionelle und methodische Herausforderungen mit sich. Es ist nicht übertrieben zu sagen, dass die bekannten methodischen Probleme der Technikfolgenabschätzung in Prognose und Bewertung hier auf die Spitze getrieben werden.²

2 Nachhaltigkeitsbewertungen von Technik

Technikfolgenabschätzung als Beitrag zu einer gesellschaftlichen Technikgestaltung hat drei Seiten: Wissensbereitstellung durch Forschung über Technik und Technikfolgen, Analyse ihrer normativen Implikationen (Bewertung) und gesellschaftliche Kommunikation angesichts anstehender Meinungsbildungs- und Entscheidungsprozesse (Beratung). Für die Gestaltung von Technik unter Nachhaltigkeitsaspekten ist das beste verfügbare Wissen zu berücksichtigen, das die verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen bereitstellen können. Weiterhin ist über die Ziele der Gestaltung, über Visionen

2 Insofern hier Zukunftsbetrachtungen betroffen sind (in diesem Beitrag noch als ‚Prognosen‘ gefasst), stellt dies den Anknüpfungspunkt zu den Technikzukünften dar.

einer zukünftigen Gesellschaft, über Wünschbarkeit, Akzeptabilität und Zumutbarkeit technischer Entwicklungen, über Risiken und über die Verteilung von Chancen und Risiken ein breiter, ethisch aufgeklärter gesellschaftlicher Dialog zu führen. Dies führt für TA als Nachhaltigkeitsbewertung zu einer Verschärfung bereits aus anderen Feldern der TA bekannter Herausforderungen (dazu bereits Fleischer/Grunwald 2002): das zu berücksichtigende Spektrum wird in inhaltlicher Hinsicht ausgedehnt, in Bezug auf die zeitliche Reichweite und durch die Zunahme der relevanten Bewertungskriterien, was zu den folgenden konzeptionellen und methodischen Herausforderungen führt.

Systembetrachtungen – von Technik zur Innovation: Die Gesellschaft wird nicht direkt durch Technik verändert, sondern durch Innovationen. Damit Innovationen zustande kommen, bedarf es mindestens zweier Anteile. Erstens müssen wissenschaftlich-technische Inventionen, der Gesellschaft „angeboten“ werden, basierend auf neuem technischem Wissen, das durch technische Produkte oder Systeme verfügbar gemacht wird. Dies ist jedoch nicht hinreichend, denn zweitens bedürfen gesellschaftsverändernde Innovationen einer erfolgreichen „Einbettung“ von technischen Neuerungen in die Gesellschaft (Majer 2002), z. B. durch adäquate Regulierung, durch Akzeptanz auf dem Markt und durch entsprechende „Üblichkeiten“ auf der Nutzerseite. Das technische „Angebot“ muss auf eine „Nachfrage“ stoßen oder sie selbst erzeugen, bevor gesellschaftliche Veränderungen durch innovative Technik eintreten. Letztlich geht es also nicht um Technik allein, sondern um „soziotechnische Systeme“ (Ropohl 1979), bestehend aus Technik einerseits und den daran angeschlossenen gesellschaftlichen Herstellungsmustern und Nutzungsweisen. Ob z. B. technische Effizienzgewinne in der Antriebstechnik für Automobile dazu genutzt werden, den Verbrauch an fossilen Energieträgern und die CO₂-Emissionen zu senken, oder ob sie bei gleich bleibendem Verbrauch an fossilen Energieträgern und gleich bleibenden CO₂-Emissionen zu einer Leistungssteigerung genutzt werden, ist den Inventionen nicht anzusehen – hier kommt es auf die Innovationen an. Nachhaltigkeitsbewertungen von Technik müssen also grundsätzlich systemanalytisch vorgehen und die gesellschaftliche Einbettung von Technik berücksichtigen.

Es lassen sich verschiedene Techniken (Inventionen) zwar auch direkt unter Nachhaltigkeitsaspekten vergleichen, indem z. B. gezielt bestimmte technische Leistungsmerkmale in den Blick genommen werden (Emissionsverhalten, Ressourcenproduktivität etc.). Unter bestimmten *ceteris paribus*-Annahmen können dann komparative Nachhaltigkeitsbewertungen erfolgen. Als Beispiel: Ein technisches Verfahren, das energieeffizienter arbeitet als funktional vergleichbare Verfahren, ist immer vor dem Hintergrund der beiden Ressourcenregeln ‚nachhaltiger‘ – *ceteris paribus* zu den Anforderungen aus anderen Nachhaltigkeitsregeln. Daraus folgt aber keineswegs, dass durch dieses energieeffizientere Verfahren reale Nachhaltigkeitsgewinne eintre-

ten werden. Denn technische Effizienzgewinne auf der Ebene der Inventionen führen nicht automatisch zu Nachhaltigkeitsgewinnen, sondern Veränderungen der Konsumgewohnheiten und der Kundenansprüche können Effizienzgewinne kompensieren oder sogar überkompensieren (für den Bereich der automobilen Mobilität vgl. Halbritter/Fleischer 2002). Effizienzgewinne würden dann für mehr Komfort und höhere Leistung genutzt statt um den Ressourcenverbrauch zu senken. Solche „Rebound“-Effekte sind klassische Systemeffekte. Der Faktor 4 (Weizsäcker et al. 1995) muss keine Reduktion des Ressourcenverbrauchs um den Faktor 4 bei gleich bleibendem Wohlstand darstellen, auch keine Reduktion des Ressourcenverbrauchs um den Faktor 2 bei verdoppeltem Wohlstand, sondern wäre auch mit einer Vervierfachung des Wohlstands bei gleich bleibendem Ressourcenverbrauch verträglich. Das ist sicher erheblich besser als eine Vervierfachung des Ressourcenverbrauchs für eine Vervierfachung des Wohlstands – für die Ziele nachhaltiger Entwicklung ist dann aber noch nichts gewonnen. Hierbei kommt es letztlich nicht auf Faktoren, sondern auf die Absolutzahlen an, und diese ergeben sich erst auf der Systemebene von Innovationen und ihren gesamtgesellschaftlichen Nachhaltigkeitsfolgen.

Es folgt also daraus, dass man, um Nachhaltigkeitseffekte von technischen Neuerungen (vor allem im Hinblick auf Substitutionen herkömmlicher Technik) zu erfassen und zu bewerten, die Veränderungen auf der Seite der Inventionen verbinden muss mit (antizipierten) Veränderungen auf der Seite der Innovationen. Es sind Systembetrachtungen erforderlich, welche die technischen Elemente systemisch mit den wirtschaftlichen Produktionsprozessen und den gesellschaftlichen Konsummustern und Lebensstilen verbinden. Die Sprachregelung könnte dementsprechend so lauten: Inventionen haben Nachhaltigkeitspotenziale, über deren Realisierung in Innovationsprozessen entschieden wird (dazu auch Kap. 3).

Die Notwendigkeit der Lebenszyklusbetrachtung: Für eine Nachhaltigkeitsbewertung von Technik kommt es nicht nur auf die Nutzungsphase, sondern auch auf die „Biographie“ der Produkte und Systeme an, nämlich auf ihre Vorleistungsketten und ihre nach der Nutzungsphase erfolgende Entsorgung. Nachhaltigkeitsbewertungen von Technik sehen sich der Notwendigkeit von Lebenszyklusbetrachtungen ausgesetzt. Es darf nicht nur das fertige technische Produkt mit seinen Auswirkungen betrachtet werden, vielmehr sind auch seine Geschichte und seine Entwicklung mit einzubeziehen. Für eine belastbare Nachhaltigkeitsbewertung muss auch die gesamte Kette aller Vorgänge von den Lagerstätten der Erstrohstoffe und der Bereitstellung der Energie bis hin zur Nutzung berücksichtigt werden (Fleischer/Grunwald 2002). Jedes technische Produkt führt die positiven und negativen Nachhaltigkeitsbeiträge („Rucksäcke“) mit sich, die auf dem gesamten Weg seiner Herstellung und Verarbeitung angefallen sind. Auch nach der Nutzung fallen wichtige nachhaltigkeitsrelevante Entscheidungen (Entsorgung in Form von Stoffrückgewinnung, Deponierung etc.). Nur durch eine Lebens-

zyklusanalyse können die vollständigen nachhaltigkeitsrelevanten Wirkungen eines technischen Produkts erfasst werden. Nachhaltigkeit ist damit kein technisches Leistungsmerkmal, das an technischen Produkten oder Systemen wie ein Etikett zu befestigen wäre, sondern die Nachhaltigkeitswirkung von Technik wird erst im Gesamtzusammenhang von Herstellung, Nutzung und Entsorgung bestimmt.

In Bezug auf Ökobilanzen ist dieses Prinzip längst etabliert und durch die Lebenszyklusanalyse (LCA) zum Standard geworden. Es betrifft aber auch soziale Aspekte einer Technikbewertung, wenn sich z. B. auf dem Lebensweg eines technischen Produkts und seiner Vorprodukte in sozialer Hinsicht nicht hinnehmbare Prozesse wie Kinderarbeit, unzumutbare Zustände im Rohstoffabbau oder nicht sachgerechte Entsorgung aufweisen lassen. Technische Produkte tragen nicht nur ökologische ‚Rucksäcke‘, sondern auch ökonomische und soziale, insofern im Prozess der Herstellung entsprechende Nachhaltigkeitsregeln verletzt worden sind. Die klassische und nach ISO zertifizierte Lebenszyklusanalyse reicht daher nicht aus. Hier ist methodische Weiterentwicklung erforderlich. Diese ist jedoch mit erheblichen Problemen konfrontiert, die sich vor allem der Notwendigkeit verdanken, bereits in frühen Entwicklungsstadien einer Technikentwicklung ihren späteren Nutzungskontext hinreichend gut zu kennen, genauso wie die sich dann anschließenden Folgen der Nutzung. Die Geschichte der Technikfolgenabschätzung hat gezeigt, dass entsprechendes Prognosewissen nur unter hohen Unsicherheiten zu gewinnen ist (Grunwald/Langenbach 1999), und dass teils nur das „Management des Nichtwissens“ (Bechmann 1994) bleibt. Diese Erfahrungen haben dazu geführt, von Technikfolgenprognosen weitgehend Abschied zu nehmen und stattdessen stärker in Szenarien, also „möglichen Zukünften“, zu denken. Was diese Situation methodisch und konzeptionell für eine Nachhaltigkeitsbewertung von Technik in frühen Stadien ihrer Entwicklung bedeutet, ist bislang nur andeutungsweise geklärt.

Die Herausforderung integrativer Bewertungen: Bewertungen unter Nachhaltigkeitsaspekten müssen unterschiedlichste, teils sogar inkommensurable Aspekte integrieren. Auch kann es zu Zielkonflikten kommen, so dass ein Nachhaltigkeitsgewinn in der einen Richtung mit einem -verlust in einer anderen abgewogen werden muss (Grunwald/Kopfmüller 2012). Es ist daher eine anspruchsvolle Aufgabe, aus den Bewertungen unter vielen Kriterien zusammenführende und handlungsorientierende Schlussfolgerungen zu ziehen.

Vielfach wird versucht, die Vieldimensionalität von Bewertungen auf eine einheitliche Skala abzubilden. So könnte die Übersetzung aller partikularen Bewertungsaussagen in quantitative Kosten/Nutzen-Verhältnisse unter dem Postulat der Nutzenmaximierung auch eine Orientierung für die Gesamtbewertung unter Nachhaltigkeitsaspekten leisten. Diese Integrationsmöglichkeit stellt ein in sich konsistentes, allerdings in den Details (z. B. bei der Modellierung, dem Wohlfahrtsbegriff, der Diskontierungsfrage, der Substitutionselastizität, der Kompensierbarkeit, dem Nutzenver-

gleich, der Quantifizierung der Kosten und Nutzen usw.) hoch problematisches Instrumentarium einer integrativen Bewertung dar. Der ökonomische Zugang ist implizit normativ und führt daher auf normative Probleme in der konkreten Anwendung (Bemessung von Schadenshöhe, Berücksichtigung externer Effekte) und gerät daher vielfach in Widersprüche zu rechtlichen oder ethischen Bewertungen (z. B. wenn Naturgüter oder Menschenleben auf diese Weise in Geldeinheiten bewertet werden). Er ist daher nur begrenzt und mit äußerster methodischer Vorsicht zu verwenden, um nicht Ergebnisse zu erzielen, die weniger dem Sachverhalt als vielmehr der verwendeten Quantifizierungsmethode geschuldet sind.

Die üblichen Verfahren der multi-kriteriellen Bewertung, die auf der Aggregation verschiedener Bewertungsdimensionen und der Vorgabe bestimmter Gewichtungen der verschiedenen Kriterien und Dimensionen erfolgen (vgl. hierzu beispielsweise die Nachhaltigkeitsbewertung der Kernenergie in ILK 2004) können zwar als ein heuristisches Instrumentarium dienen, kritische Parameter zu identifizieren und die Sensitivität des Gesamtergebnisse gegenüber spezifischen Veränderungen zu untersuchen. Sie erzeugen jedoch dabei eine Scheingenauigkeit, die der Komplexität der Bewertungsaufgabe nicht gerecht wird. Hierfür bleibt es in der Regel nur übrig, qualitativ möglichst transparent zu argumentieren und abzuwägen. Einen transparenten Algorithmus integrativer Bewertung kann es bereits deshalb nicht geben, weil sich in Ziel- und Regelkonflikten normative gesellschaftliche Fragen verbergen, die unhintergebar politisch sind und nur auf politische Weise gelöst werden können. Die Kompetenz der TA in diesen Fragen bezieht sich einerseits auf eine möglichst klare Aufdeckung der normativen Aspekte sowie der Wissens- und Nichtwissensbestandteile in diesen Konflikten, auf eine Aufarbeitung der normativen Probleme mit Hilfe ethischer Ansätze, und schließlich auf die Anbindung dieser wissenschaftlichen Überlegungen an gesellschaftliche Dialoge (Brand 2001).

Unsicherheit des Folgenwissens und Vorläufigkeit von Bewertungen: Nachhaltigkeitsbewertung von technischen Optionen, Technikfolgen oder Innovationspotenzialen sind mit erheblichen und nicht eliminierbaren Unsicherheiten verbunden. Insbesondere erfolgen auch Bewertungen unter Unsicherheit. Dies betrifft zum einen die Bewertungskriterien, die selbst einem zeitlichen Wandel unterworfen sein können (man denke z. B. an das Aufkommen des Umweltbewusstseins in den siebziger Jahren und seine Folgen für Bewertungsprozesse). Auch erfolgen Bewertungen relativ zum Stand des Wissens und sind damit von der Ungewissheit, Unvollständigkeit und Vorläufigkeit dieses Wissens abhängig. Die Wissensproblematik (s. o.) hat daher unmittelbare Auswirkungen auf die Bewertungsfrage. Die Bewertung von Asbest z. B. änderte sich schlagartig, als die kanzerogene Wirkung erkannt wurde; analog änderte sich die Bewertung der Fluorchlorkohlenwasserstoffe mit der Entdeckung des zum Ozonloch führenden Mechanismus.

Daraus folgt, dass Gestaltung unter Hilfestellung von TA als Nachhaltigkeitsbewertung von Technik nicht als ein Planen auf ein festgelegtes Ziel hin, sondern nur als ein ständiger Prozess unter Einsatz von gesellschaftlichen Dialogen und Lernprozessen verstanden werden kann. Die Wissensfrage und die Bewertungsfrage machen abschließende Nachhaltigkeitsbewertungen von Technik unmöglich. Diese sind stattdessen kontextabhängig, vorläufig und der Weiterentwicklung durch gesellschaftliche Lernprozesse gegenüber offen: Schritte in einer Ko-Evolution von Gesellschaft und Technik auf dem „nachhaltigen“ Weg in die Zukunft (Grunwald 2000).

3 Nachhaltigkeitspotentiale – ein schillernder Begriff

Entscheidend für eine Bewertung von Technik unter Nachhaltigkeitsaspekten ist also, dass Technik als Ensemble von Produkten und Verfahren immer nur im Zusammenhang mit ihrer Entwicklung, ihrer gesellschaftlichen Nutzung und ihrer Entsorgung zur nachhaltigen Entwicklung beiträgt oder ihr zuwider läuft. Dies führt, wie gesagt, zu einer erheblichen Prognoseproblematik: streng genommen, ist erst im Nachhinein feststellbar, ob eine Technikentwicklung sich pro oder contra Nachhaltigkeit ausgewirkt hat – dies wäre aber für jede gestaltende Entscheidung zu spät und würde den wissenschaftlich-technischen Fortschritt sich selbst überlassen. Der in der Regel angesichts des Prognoseproblems gewählte Ausweg besteht darin, von *Nachhaltigkeitspotentialen* der betrachteten Technik zu reden, über deren *Realisierung* in konkreten Innovationsprozessen entschieden wird (z. B. Fleischer 2003).³ Der Grundgedanke ist, gezielt bestimmte technische Leistungsmerkmale in den Blick zu nehmen (Emissionsverhalten, Ressourcenproduktivität etc.). Unter bestimmten *ceteris paribus*-Annahmen können dann vergleichende Nachhaltigkeitsbewertungen vorgenommen werden. Über das Eintreffen dieser Annahmen besteht selbstverständlich (mehr oder weniger hohe) Unsicherheit. Es gibt daher keine Automatismen, dass aus technischen Nachhaltigkeits*potentialen* auch reale Beiträge zu einer nachhaltigen Entwicklung werden. Vorsicht ist in zweierlei Hinsicht angebracht:

- aus Potentialen muss nicht Realität werden – Nachhaltigkeitspotentiale von Schlüsseltechnologien sind und bleiben *Potentiale*. In den Entscheidungs- und Gestaltungsprozessen ist diese Unsicherheit zu berücksichtigen, genauso wie die Frage, *unter welchen Umständen* sie Realität werden können.
- neben den häufig genannten positiven Nachhaltigkeitspotentialen von Schlüsseltechnologien (Coenen/Grunwald 2003, Kap. 7) mag es auch negative geben (Nachhaltigkeitsrisiken). Auch sie sind hypothetisch, was aber einer frühzeitigen

3 An dieser Stelle besteht wieder ein unmittelbarer Bezug zu Technikzukünften: Nachhaltigkeitspotentiale von Technik stellen spezifische Technikzukünfte dar.

Beschäftigung mit ihnen (im Sinne etwa eines „early warning“ der TA, vgl. Bechmann 1994) nicht entgegenstehen sollte, um sie zu mildern oder zu verhindern.

Die Ambivalenz im Verhältnis von Technik und Nachhaltigkeit (s. o.) gilt daher auch für die Nachhaltigkeitspotentiale von Technik. Zutreffend, wenn auch etwas arg prinzipiell: „man weiß hinsichtlich einer technischen Innovation nie, ob sie die existierende Gesellschaft stabilisiert oder zugrunde richtet“ (Groys 1987, S. 18). Es besteht damit eine ständige Verpflichtung zur Beobachtung von Nachhaltigkeitsfolgen von Technik im Sinne eines „Monitoring“ und zu einer reflexiven Befassung mit ihren Ergebnissen, um auf ihrer Basis weitere Weichenstellungen ergreifen zu können. Eine Technikgestaltung unter Nachhaltigkeitsaspekten würde danach folgende Schritte umfassen:

- Analyse der (positiven und negativen) Nachhaltigkeitspotentiale von Technik bereits in möglichst frühen Entwicklungsstadien,
- Untersuchung des Grades und der Ausprägung ihrer Hypothesizität,
- Analysen der Faktoren, von denen es abhängt, ob die positiven Nachhaltigkeitspotentiale realisiert oder die Nachhaltigkeitsrisiken frühzeitig bewältigt werden können,
- Fortführung und Konkretisierung dieses mehrstufigen Prozesses im Verlaufe der weiteren Entwicklung.

Nachhaltigkeitsbewertungen von Technik sind also nur als *begleitender Prozess* zu realisieren (dazu auch Fleischer 2003). Es gibt vielfältige Möglichkeiten, die Gestaltung von Technik unter Nachhaltigkeitsaspekten als einen, z. B. durch das integrative Konzept der nachhaltigen Entwicklung orientierten gesellschaftlichen Lernprozess zu verstehen, in dem über Gestaltungsziele und Realisierungsoptionen diskutiert wird, in den wissenschaftliches Wissen und ethische Orientierungen eingehen, und in dem sich das Bild einer „nachhaltigen“ Technik allmählich, Schritt für Schritt, herausbildet. Die Gestaltung von Technik unter Nachhaltigkeitsaspekten im Sinne eines dauernden Lernprozesses erlaubt, auch aus praktischen Erfahrungen zu lernen und diese Erfahrungen dann für Modifikationen der Praxis zu nutzen.

4 Nachhaltigkeit und Technikzukünfte

Technikzukünfte spielen also in den Gestaltungsansätzen für nachhaltige Entwicklung und den darin enthaltenen Nachhaltigkeitsbewertungen eine Doppelrolle: einerseits sind sie einfach notwendiger Bestandteil von Nachhaltigkeitsbewertungen, da es um *zukünftige* Technik und ihre Rolle in *zukünftigen* gesellschaftlichen und ökonomischen Konstellationen geht. Andererseits verkomplizieren Technikzukünfte die Nachhaltig-

keitsbewertungen ganz erheblich dadurch, dass es eben nicht nur um Zukünfte bestimmter *Technologien* geht, sondern grundsätzlich um Technikeinsatz und -nutzung in zukünftigen *gesellschaftlichen Realitäten*. Die Nachhaltigkeitswirkung von zukünftigen Technologien – positiv wie negativ – liegt keineswegs nur in den technischen Parametern begründet, sondern ergibt sich aus dem Zusammenspiel von gesellschaftlichen Entwicklungen im Nutzungskontext der Technik (wie z. B. Konsummustern, Lebensstilen oder wirtschaftlichen Entwicklungen) mit den Eigenschaften der Technik selbst. Die damit notwendig verbundenen und häufig erheblichen prognostischen Unsicherheiten machen es erforderlich,

- sich in Bezug auf Technikzukünfte gerade nicht auf konkrete Prognosen einzulassen, sondern zu versuchen, im Rahmen von Szenarien ein breites Spektrum möglicher Zukünfte zu berücksichtigen,
- in diesem Spektrum von möglichen Zukünften nach ‚robusten‘ Gestaltungsmaßnahmen zu suchen, also solchen, die in jeder der betrachteten Zukunft positive Nachhaltigkeitseffekte haben (Coenen/Grunwald 2003),
- die Technikzukünfte in einem kontinuierlichen Lernprozess (s. o.) nachzuführen und dabei auftretende Modifikationen in den Bewertungen zu berücksichtigen.

Über diese konkrete Funktion von Technikzukünften in Nachhaltigkeitsbewertungen hinaus spielen Technikzukünfte in den Debatten zur Nachhaltigkeit ebenfalls, wie im Feld der visionären Technikzukünfte (Teil II in diesem Band) eine Rolle als *Medium*. In der Art und Weise, wie Technikzukünfte in die Debatte eingebracht und dort diskutiert werden, zeigen sich unterschiedliche Wahrnehmungen und Einschätzungen, durch die hindurch die Gesellschaft sich auf nächste Schritte in Bezug auf nachhaltige Entwicklung verständigen muss.

Dies ist zum einen in einer sehr konkreten Form der Fall. Ob nun nachhaltige Energiezukünfte in der verstärkten Biomassenutzung, in der Photovoltaik, in der Kernenergie oder der Geothermie oder in unterschiedlichen Mischungen dieser Energieträger gesehen werden, sagt etwas über die Art und Weise aus, wie nachhaltige Entwicklung gedacht wird, welche Probleme gesehen werden und welche Prioritäten gesetzt werden. Für andere Infrastrukturtechnologien, aber auch in Freizeit, Mobilität und Arbeitswelt, aber z. B. auch in der Landwirtschaft ist das vom Grundsatz her nicht anders. An der Einschätzung von teils sehr konkreten Technikzukünften macht sich zu einem guten Teil fest, auf welche Weise der Weg zu einer nachhaltigeren Entwicklung vorgestellt wird. Am Beispiel der Landwirtschaft wäre hier der Konflikt zwischen einem hoch technisierten und hoch effizienten Precision Farming (Rösch/Dusseldorf 2007) und einer extensiven Öko-Landwirtschaft zu nennen, der zwar mit Technikzukünften als Medium operiert, in dem sich aber vieles darüber hinaus zeigt wie z. B. Vorstellun-

gen vom zukünftigen Verhältnis zwischen Mensch, Technik und Natur oder von der Rolle der Agrarindustrie.

Andererseits spielen Technikzukünfte auch auf einer abstrakteren Ebene eine zentrale Rolle. Entscheidend für die Erreichung gesetzter Nachhaltigkeitsziele bzw. für die Lösung bestehender Probleme ist die Entwicklung geeigneter politischer und gesellschaftlicher Handlungsstrategien, in denen Technik unterschiedliche Funktionen zugewiesen bekommt.⁴ Eine frühe Facette der Nachhaltigkeitsdebatte verbindet sich mit den Begriffen Effizienz, Suffizienz und Konsistenz (Huber 1995). Die *Effizienz-Strategie* zielt auf eine Minimierung des Material- und Energieeinsatzes pro Produktionseinheit und Strategien der Entkopplung zwischen Wirtschaftsleistung und Umweltverbrauch (z. B. Weizsäcker et al. 1995). Diese Strategie ist mit den Grundsätzen einer stetig wachsenden Wirtschaft unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit vereinbar, wenn der jährliche Effizienzgewinn größer als das Wirtschaftswachstum ist – eine erhebliche Herausforderung an effiziente Technikzukünfte. Die *Konsistenz-Strategie* zielt auf die Anpassung der durch menschliches Wirtschaften erzeugten Stoffströme an die natürlichen Stoffströme und basiert vor allem auf der *stofflichen Substitution*, z. B. auf den Ersatz fossiler Energieträger durch regenerative. Die Notwendigkeit von Technikzukünften erstreckt sich hier vor allem auf die Erschließung von neuen Technologien, deren Stoffströme ‚konsistenter‘ mit natürlichen Prozessen sind. Vertreter einer *Suffizienz-Strategie* halten die Erreichung von Nachhaltigkeitszielen allein über Effizienz- und Konsistenzansätze für nicht möglich, sondern propagieren einen Lebensstil, der weniger dem Wachstumsparadigma und stärker dem Prinzip der Genügsamkeit und der Selbstbegrenzung folgt. Hinter dieser Debatte stehen unterschiedliche Einschätzungen, welche Beiträge Technik in einer zukünftigen, nachhaltigeren Gesellschaft spielen kann und was vom technischen Fortschritt erwartet werden kann. Selbstverständlich ist auch dies nicht prognostizierbar; die Debatten darüber mit ihren ‚Technikzukünften‘ prägen jedoch die gesellschaftliche Wahrnehmung und möglicherweise auch politische Entscheidungen. Technikzukünfte sind damit doppelt relevant: als Medium konkreter Debatten in konkreten Handlungsfeldern, aber eben auch als Medium verallgemeinernder Wahrnehmungsmuster und entsprechender Debatten.

Literatur

- Brand, K.-W. (2001): Wollen wir was wir sollen? – Plädoyer für einen dialogisch-partizipativen Diskurs über nachhaltige Entwicklung. In: Fischer, A., Hahn, G. (Hg.): Vom schwierigen Vergnügen einer Kommunikation über die Idee der Nachhaltigkeit. VAS Frankfurt a. M., S. 12-34
- Coenen, R., Grunwald, A. (Hg., 2003): Nachhaltigkeitsprobleme in Deutschland. Analyse und Lösungsstrategien. Berlin

4 Diese Passagen folgen inhaltlich Grunwald/Kopfmüller 2012, Kap. 5.

- Fleischer, T. (2003): Technikgestaltung für mehr Nachhaltigkeit: Nanotechnologie. In: R. Coenen, A. Grunwald (Hg.): Nachhaltigkeitsprobleme in Deutschland. Analyse und Lösungsstrategien. Berlin
- Fleischer, T., Grunwald, A. (2002): Technikgestaltung für mehr Nachhaltigkeit – Anforderungen an die Technikfolgenabschätzung. In: Grunwald, A. (Hg.): Technikgestaltung für eine nachhaltige Entwicklung. Von der Konzeption zur Umsetzung. Berlin, S. 95-146
- Groys, B. (1997): Technik im Archiv. Die dämonische Logik technischer Innovation. Jahrbuch Technik und Gesellschaft 9. Frankfurt a. M., S. 15-32
- Grunwald, A. (2002) (Hg.): Technikgestaltung für eine nachhaltige Entwicklung. Von der Konzeption zur Umsetzung. Berlin
- Grunwald, A. (2010): Technikfolgenabschätzung – eine Einführung. Berlin
- Grunwald, A., Banse, G., Coenen, C., Hennen, L. (2006): Netzöffentlichkeit und digitale Demokratie. Tendenzen politischer Kommunikation im Internet. Berlin
- Grunwald, A., Kopfmüller, J. (2012): Nachhaltigkeit. Frankfurt a. M./New York: Campus, 2. Auflage
- Grunwald, A.; Langenbach, C. (1999): Die Prognose von Technikfolgen. Methodische Grundlagen und Verfahren. In: Grunwald, A. (Hg.): Rationale Technikfolgenbeurteilung. Konzeption und methodische Grundlagen. Berlin, S. 93-131
- Halbritter, G., Fleischer, T. (2002): Nachhaltige Entwicklung im Verkehr. In: Grunwald, A. (Hg.): Technikgestaltung für eine nachhaltige Entwicklung. Von der Konzeption zur Umsetzung. Berlin, S. 179-208
- Huber, J. (1995): Nachhaltige Entwicklung. Strategien für eine ökologische und soziale Erdpolitik. Berlin
- Kopfmüller, J., Brandl, V., Jörissen, J., Paetau, M., Banse, G., Coenen, R., Grunwald, A. (2001): Nachhaltige Entwicklung integrativ betrachtet. Konstitutive Elemente, Regeln, Indikatoren. Berlin
- Majer, H. (2002): Eingebettete Technik – die Perspektive der ökologischen Ökonomik. In: Grunwald, A. (Hg.): Technikgestaltung für eine nachhaltige Entwicklung. Von der Konzeption zur Umsetzung. Berlin, S. 37-64
- Mappus, S. (Hg.) (2005): Erde 2.0 – Technologische Innovationen als Chance für eine nachhaltige Entwicklung. Berlin
- Rösch, C., Dusseldorp, M. (2007): Precision Agriculture: Was innovative Technik zur nachhaltigeren Landwirtschaft beitragen kann. GAIA 16 (2007) 4, S. 272-279
- Ropohl, G. (1979): Eine Systemtheorie der Technik. Frankfurt a. M.
- von Schomberg, R. (2005): Die normativen Dimensionen des Vorsorgeprinzips. In: Hennen, L., Sauter, A. (Hg.): Risikoregulierung bei unsicherem Wissen: Diskurse und Lösungsansätze. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Berlin, Diskussionspapier Nr. 11
- Von Weizsäcker, E. U., Lovins, A. B., Lovins, L. H. (1995): Faktor vier. Doppelter Wohlstand – halbiertes Naturverbrauch. München

„Lasst uns die Erde kühlen!“ – neue Technikzukünfte in der Klimadebatte

1 Das Klimaproblem – versagen die bisherigen Lösungskonzepte?

Die Menschheit greift seit der Industriellen Revolution und in weiter zunehmendem Ausmaß in das Klimasystem ein. Dies geschieht vor allem durch die Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre durch den Ausstoß von Kohlendioxid aus der Nutzung fossiler Energieträger, aber auch durch Methanemissionen der Landwirtschaft und durch weitere Treibhausgase. Diese menschlichen Beeinflussungen des Klimas auf der globalen Ebene sind *nicht intendierte* Folgen von Wirtschaftswachstum, Techniknutzung, Lebensstilen, Konsum- und Produktionsmustern, Landnutzung und vielem mehr. Viele kleine Handlungen und Entscheidungen, die für sich genommen jeweils nur Bagatellen angesichts der schieren Größe der Atmosphäre wären, summieren sich auf der globalen Ebene.

Wenn die wissenschaftlichen Deutungen zutreffen – wovon nach dem heutigen Kenntnisstand mit hoher Wahrscheinlichkeit auszugehen ist –, dass es diese menschlich verursachten Treibhausgasemissionen sind, die zur globalen Erwärmung maßgeblich beitragen, liegt die Therapie scheinbar auf der Hand: Verringerung der Treibhausgasemissionen (Mitigation), z. B. durch effizientere Technik, durch die Ersetzung fossiler Energieträger durch erneuerbare Energien oder durch nachhaltigere Lebensstile. Freilich hat sich gezeigt, dass dieser Weg sehr steinig ist. Die globale Klimapolitik, die bislang vor allem unter dem Zeichen der Mitigation stand, ist nach der Klimakonferenz Ende 2009 in Kopenhagen ein Scherbenhaufen. Weltweit steigt der Ausstoß von Treibhausgasen weiter an (im Jahre 2011 um 5.8 %), und dieser Trend wird sich nach allen Szenarien noch lange Zeit selbst dann fortsetzen, wenn Mitigationsmaßnahmen in größerem Umfang greifen sollten. Wesentliche Gründe hierfür sind das global weiterhin starke Bevölkerungswachstum, das Wirtschaftswachstum in weiten Teilen der Welt, das zu höherem Energieverbrauch und zu mehr Emissionen führt, insbesondere in Form der „nachholenden“ wirtschaftlichen Entwicklung in Schwellen- und Entwicklungsländern wie China, Indien oder Brasilien.

Da sich seit langem andeutet, dass Mitigationsmaßnahmen angesichts des fortgeschrittenen Stadiums des Klimawandels kaum ausreichen dürften, sind seit Jahren auch Strategien der *Anpassung* in der Diskussion (Adaptation): statt den Klimawan-

del zu bekämpfen, geht es in dieser Perspektive darum, mit ihm zu leben. Also müssen Vorkehrungen getroffen werden, auch in Zeiten eines möglicherweise größeren Klimawandels menschenwürdige Verhältnisse zu erhalten und Katastrophen zu vermeiden, z. B. durch den Ausbau der Deiche gegen einen höheren Meeresspiegel, durch Erschließung neuer Wasserressourcen in zunehmend trockenen Gebieten und durch Maßnahmen gegen die in höherer Zahl erwarteten „extremen Wetterereignisse“ wie Überschwemmungen und Dürreperioden.

Freilich haben auch Anpassungsstrategien Grenzen, falls der Klimawandel bestimmte Ausmaße überschreitet. Gegenwärtig wird von den Vereinten Nationen das Ziel verfolgt, den Anstieg der globalen Mitteltemperatur auf zwei Grad zu beschränken, weil dann der Klimawandel als mit Mitteln der Adaptation bewältigbar erscheint. Angesichts der schleppenden politischen Schritte, der Trägheit der Umstellung auf nichtfossile Energiequellen auf der globalen Ebene, eines auf ökologische Belange wenig Rücksicht nehmenden Wirtschaftswachstums in vielen Schwellenländern und einer weiter wachsenden Erdbevölkerung mit zunehmendem Energiehunger mehren sich die Zweifel, dass sich das Zwei-Grad-Ziel auch unter günstigen Umständen überhaupt noch erreichen lässt. Dafür wäre eine drastische und rasche Verringerung von Treibhausgasemissionen erforderlich, wofür weltweit keine Anzeichen erkennbar sind. Teilweise wird das Zwei-Grad-Ziel bereits offen als völlig unrealistisch angesehen. Dann jedoch werden dramatische Folgen des Klimawandels wahrscheinlicher, die Anpassung immer schwieriger und es droht eine gefährliche und schlecht prognostizierbare Situation mit plötzlichen katastrophalen Klimaänderungen und „Überraschungen“ wie

- beschleunigte Erwärmung durch ein weiteres Schmelzen des arktischen Meereises im Sommer (das bereits seit Jahren beobachtet wird)
- starke Erhöhung des Meeresspiegels durch ein Abschmelzen des grönländischen oder westantarktischen Eisschildes
- beschleunigte Zunahme der Treibhausgaskonzentrationen durch die Ausgasung von Methanhydraten am Meeresboden oder ein weiteres Auftauen von Permafrostgebieten

Das Klima könnte an so genannte Kippunkte kommen (tipping points). Positive, d. h. sich selbst verstärkende Rückkopplungseffekte könnten zu einer Welt mit klimatischen Bedingungen führen, die in weiten Teilen für den Menschen nicht mehr angenehm sind, um es zurückhaltend zu formulieren. Daher erscheint es, auch wenn dies bloß spekulative Überlegungen sind, verständlich, dass nach weiteren Möglichkeiten gesucht wird, mit den Folgen des Klimawandels umzugehen. An dieser Stelle kommen seit einigen Jahren neue technische Optionen ins Spiel – Technikzukünfte eines anderen Typs als im Falle der Mitigation oder Adaptation.

2 Climate Engineering – technische Optionen

Was bleibt, wenn die Beseitigung der Ursachen des Klimawandels durch Verringerung der Treibhausgasemissionen unrealistisch wird, und die Anpassung an den Klimawandel dadurch vor unlösbare Probleme gestellt wird? In diesem Zusammenhang wird neuerdings das Wort „Climate Engineering“ verwendet. Es war der Nobelpreisträger Paul Crutzen, der im Jahre 2006 die *absichtliche* Beeinflussung des Klimasystems im Sinne einer „Kühlung der Erde“ auf die Agenda brachte. Er fasste sie als mögliche „Ultima Ratio“ auf, als letzte Chance, falls alle anderen Anstrengungen der Eindämmung des Klimawandels scheitern sollten (Crutzen 2006).

Im Climate Engineering¹ geht es darum, mit global eingesetzten und möglichst rasch wirkenden Techniken die Atmosphäre künstlich zu „kühlen“, um dadurch der Erderwärmung entgegen zu wirken. Technisch gibt es drei konzeptionelle Ansätze, von denen die ersten beiden häufig unter ‚Solar Radiation Management‘ (SRM) zusammengefasst und der dritte als ‚Carbon Dioxide Removal (CDR) bezeichnet wird:

- es könnte die von der Sonne zur Erde kommende Strahlungsenergie dadurch reduziert werden, dass im Weltraum Spiegel angebracht werden, die einen Teil der Sonnenstrahlung reflektieren, so dass weniger Energie auf der Erde ankommen würde;
- es könnte die Rückstrahlung der Erde in den Weltraum hinein (Albedo) gesteigert werden, so dass von der in die Atmosphäre eingestrahltene Sonnenergie ein höherer Teil in den Weltraum reflektiert würde und somit nur ein kleinerer Teil absorbiert würde. Technisch könnte dies beispielsweise durch gezielte Einbringung von kleinen Partikeln (Aerosolen) in obere Atmosphärenschichten realisiert werden; aber auch Maßnahmen wie das großflächige Weißstreichen von Straßen oder Hausdächern gehören in diese Kategorie;
- es könnte versucht werden, der Atmosphäre in großem Umfang Kohlendioxid zu entziehen und z. B. in den Ozeanen zu lagern oder in Form von Biomasse zu speichern (Rösch et al. 2010). Das Eisendüngungsexperiment der ‚Polarstern‘ im Jahre 2009, das zu diesem Zweck gezielt das Algenwachstum stimulieren sollte und eine größere Medienaufmerksamkeit geweckt hatte, stand in diesem Zusammenhang, brachte jedoch eher ernüchternde Ergebnisse.

Von den klassischen Ansätzen zum Umgang mit dem Klimawandel (Adaptation und Mitigation) unterscheidet sich das ‚Climate Engineering‘ durch einen prinzipiell anderen Blick auf das Klimasystem: dieses wird „als Ganzes“ mit den Augen des Ingenieurs

1 Oft auch als Geo-Engineering bezeichnet, welches allerdings auch großräumige Eingriffe in die Erde von anderer Art umfasst wie z. B. intensiven Berg- oder Tagebau oder die intendierte Veränderung von Wasserkreisläufen durch die Umleitung von Flüssen. Einen passenden deutschen Begriff gibt es bislang nicht.

betrachtet, es werden „Stellschrauben“ gesucht (z. B. Aerosole und ihre Konzentration), mit denen technisch auf das Klima eingewirkt werden soll. Damit wäre das Climate Engineering alles andere als ein ‚sanfter‘ Eingriff in natürliche Abläufe, sondern eine massive großtechnische Intervention. In diesem Kontext ist nicht erstaunlich, dass die Idee des Climate Engineering bereits in den 1990er Jahren von Edward Teller aufgebracht wurde, dem Vater der Wasserstoffbombe, die ebenfalls ein großtechnisches Vorhaben war.

Die drei genannten Optionen sind in vielen Hinsichten sehr verschieden, gemeinsam ist ihnen nur das hohe Maß an Nichtwissen und Unsicherheit über ihren Einsatz und ihre Folgen. Die „Spiegel im Weltraum“ gelten als futuristisch, sie würden ein hohes Maß an Raumfahrt benötigen, bedürften einer längeren Entwicklungszeit und wären mit Sicherheit sehr teuer. Die Möglichkeiten, der Atmosphäre Kohlendioxid zu entziehen, müssten großflächig eingesetzt werden und würden trotzdem nur langsam wirken. Bis man weiß, ob und wie gut sie wirken, wäre es möglicherweise zu spät.

So konzentrieren sich die meisten Überlegungen auf die Option, die Zusammensetzung der Atmosphäre gezielt so zu verändern, dass ein Kühlungseffekt eintritt (Leisner/Müller-Klieser 2010). Durch das Einbringen von ca. einer Million Tonnen Sulfat-Aerosole in obere Atmosphärenschichten könnte, so die Modellrechnungen, ein beachtlicher Kühlungseffekt erzielt werden, der praktisch sofort eintreten würde. Allerdings würden die Aerosole aufgrund der Gravitation allmählich zum Bode sinken, so dass sie nach einer gewissen Zeit, man rechnet mit einigen Jahren, erneut ausgebracht werden müssten. Die „Dosis“ könnte dann jeweils neu eingestellt werden, da der Kühlungseffekt in erster Näherung proportional zu der erreichten Aerosolkonzentration wäre.

Die Aerosole können mit einer Flotte von Flugzeugen ausgebracht werden, was im Prinzip mit heutiger Technologie möglich ist. Erste allerdings sehr grobe Kostenschätzungen belaufen sich auf Kosten von einigen Milliarden Dollar pro Jahr – was verglichen mit prognostizierten Kosten der Anpassung an den Klimawandel ausgesprochen wenig ist. Erheblich schwieriger sähe eine Umsetzung dieser Option aufgrund ungeklärter rechtlicher Fragen aus. Es ist unklar, auf welcher politischen Ebene eine Entscheidung über eine derartige zweifelsfrei global wirkende Technologie getroffen werden könnte, und wie mit divergierenden Interessen umgegangen werden soll (Wiertz/Reichwein 2010).

Von diesen politisch-rechtlichen Fragen abgesehen, erscheint die Sulfat-Option eine verblüffend einfache Lösung des Klimawandels zu ermöglichen: führen die menschlich verursachten Treibhausgase zu einer Erwärmung, so könnten die Sulfate das probate Gegenmittel sein, das den Erwärmungseffekt durch einen Kühlungseffekt kompensiert. So einfach ist die Situation jedoch nicht.

3 Risiken und Gegenargumente

Das Klimasystem technisch als Ganzes gezielt zu beeinflussen, würde eine weitere Ausweitung der Handlungsmacht des Menschen bedeuten und damit ganz auf der Linie des seit Jahrhunderten andauernden technischen Fortschritts liegen. Die Erfahrung hat jedoch oft genug gezeigt, dass die dadurch ermöglichte Emanzipation von der Natur eine Kehrseite hat: nicht intendierte Folgen und Risiken. Wachsen die Herrschaft des Menschen über die Natur und seine Eingriffsmöglichkeiten weiter, so wachsen auch Größe, Auswirkungen und Reichweite möglicher Risiken. Und würde die historische Erfahrung, dass jede Technik auch nicht intendierte Folgen hat, nicht auch für Optionen des Climate Engineering gelten? Wer sagt, dass diese Technologie, die nicht intendierte Folgen bisheriger Technik kompensieren soll, nicht selbst wieder nicht intendierte und nicht vorhergesehene, vielleicht auch nicht vorhersehbare Folgen haben wird? Dieser Gedanke ist kein Argument per se gegen das Climate Engineering, macht aber deutlich, dass „der Einsatz steigt“ – und dass damit auch die Verantwortung zunimmt.

Zu möglichen nicht intendierten Folgen und Risiken des Climate Engineering ist zurzeit noch wenig Konkretes zu sagen, einfach aufgrund von mangelndem Wissen. Folgende Risikobereiche können unterschieden werden (Grunwald 2010; Grunwald/Sardemann 2010):

- *Risiken der vorbereitenden Experimente:* Experimente sind notwendig, um die Wissensdefizite zu beheben. Zumindest einige dieser Experimente müssten in der realen Atmosphäre gemacht und hinreichend großskalig ausgelegt werden, um daraus lernen zu können. Bereits diese Experimente könnten ungewollte und möglicherweise nicht auf einen kleinen Bereich beschränkte Folgen haben.
- *Risiken im Betrieb:* Durch einige der vorgeschlagenen Climate Engineering Maßnahmen, wie z. B. das Einbringen von Aerosolen, wird die Zusammensetzung der Atmosphäre gezielt verändert. Es könnten z. B. kleine Veränderungen in der Spektralverteilung des auf der Erdoberfläche ankommenden Lichts unerwartete biologische Effekte auslösen, das allmähliche Absinken der Aerosole zum Boden könnte ökologische Probleme verursachen, z. B. die in der Diskussion befindlichen Sulfate eine Versauerung der Böden, oder es könnte zu unvorgesehenen Klimaeffekten kommen. Angesichts der langen Zeit, über die ein Climate Engineering aufrechterhalten werden müsste (Jahrhunderte oder Jahrtausende), sind derartige Szenarien sorgfältig zu prüfen. Bei anderen Maßnahmen wie z. B. der Kohlendioxid-Extraktion aus der Atmosphäre sind entsprechend andere Risiken zu bedenken, die z. B. mit der langfristig sicheren Lagerung oder mit Eingriffen in die Mikrobiologie der Ozeane zu tun haben.

- *Risiken aufgrund eines Betriebsabbruchs:* Wenn der Betrieb eines globalen Climate Engineering Systems vorübergehend für längere Zeit eingestellt oder ganz abgebrochen werden müsste, z.B. aufgrund gesellschaftlicher Entwicklungen wie mangelnder Ressourcen oder eines Krieges, oder aufgrund erst später erkannter negativer Umweltfolgen, würde der Kühlungseffekt ganz schnell nachlassen und es käme zu einem raschen Ansteigen der Erdmitteltemperatur. Dies würde große Teile der Menschheit vor erhebliche Herausforderungen stellen, zumal Anpassungsmaßnahmen Zeit benötigen, die dann wohl nicht vorhanden wäre.
- *Risiken im politischen Prozess:* Climate Engineering erfordert, weil es eine globale Technologie mit globalen Folgen wäre, eine ‚Global Governance‘. Da es jedoch wie beim politischen Umgang mit dem Klimawandel Gewinner und Verlierer gibt, kann es zu politischen Konflikten kommen, etwa durch das Vorpreschen einzelner wirtschaftlich mächtiger Staaten, oder zu Entscheidungsblockaden aufgrund unterschiedlicher Interessen.
- *Risiko durch Missbrauch:* Ob Climate Engineering auch für terroristische oder militärische Zwecke ge- bzw. missbraucht werden könnte, hängt von den spezifischen Technologien ab. Generell jedoch sind Missbrauchsbefürchtungen keine starken Argumente gegen die Technologie per se, sondern eher Appelle bzw. Verpflichtungen, durch die Gestaltung von Climate Engineering und sorgfältiger Überwachung entsprechenden Möglichkeiten vorzubeugen.
- *Risiko durch Technikgläubigkeit:* Das vermutlich größte Risiko des Climate Engineering könnte jedoch ein psychologisches sein. „Climate Engineering“ könnte dazu verleiten, Vermeidungsstrategien mit weniger Ernst zu verfolgen, könnte gar eine Haltung des „Weiter so“ in Bezug auf die Nutzung fossiler Energieträger motivieren und Umsteuerungsstrategien zu einer nachhaltigen Energieversorgung konterkarieren. Die Autobauer z. B. könnten den Systemwandel hinausschieben und die Energieversorgungsunternehmen bräuchten nicht über CO₂-arme Kraftwerke nachzudenken. Das größte Risiko der Kommunikation ist, dass eine neue Sorglosigkeit im blinden Vertrauen auf technische Lösungen einzieht, dass Vermeidungsstrategien es schwerer haben können, und dass daraus, wenn die Climate Engineering-Maßnahmen nun doch nicht funktionieren oder inakzeptable Nebenwirkungen haben, eine ganz üble Situation entstehen kann.

In Risikouberlegungen zum Climate Engineering ist die Angabe quantitativer Eintrittswahrscheinlichkeiten und Schadensgrößen aufgrund von Wissensdefiziten bislang nicht möglich. Selbst wenn quantitative Risikomaße als Produkte aus extrem großen Zahlen (möglichen Schadenswerten) und extrem kleinen Zahlen (Eintrittswahrscheinlichkeiten) verfügbar wären, könnte mit Recht bezweifelt werden, ob ein derartiger Zugang moralisch vertretbar wäre, oder ob nicht die bloße Möglichkeit eines extrem großen Schadens Argument genug wäre, auf die Technologie zu verzichten, unabhängig

von einer noch so kleinen Eintrittswahrscheinlichkeit. Ein gewisses Vorbild ist hier die Kernenergiedebatte, in der immer wieder der Sinn von quantitativen Risikoangaben in Zweifel gezogen wurde. Kritiker argumentierten, allein die schiere Größe eines möglichen Schadens im GAU-Fall legitimiere eine Zurückweisung. Im – damit sicher nur schlecht vergleichbaren – Climate Engineering scheint die Situation in einer Hinsicht noch dramatischer zu sein: der Schaden durch einen Kernenergie-Unfall dürfte selbst im GAU-Fall regional bleiben, verglichen mit einem globalen Schaden einer unvorhergesehenen Negativfolge von Climate Engineering.

So wird denn auch wieder von menschlicher Hybris gesprochen. Climate Engineering liege in der Tradition einer Reihe von großtechnischen Eingriffen, die eine Art von Maßlosigkeit und Vermessenheit darstellen, die sich rächen werden. Der Mensch schwinde sich durch Climate Engineering zur Rolle eines Weltingenieurs auf, die ihm nicht zustehe. Zwar sind diese Positionen eher Befindlichkeiten und Besorgnisse denn Argumente; dennoch machen sie darauf aufmerksam, dass sich hier Herausforderungen in Bezug auf menschliche Verantwortung stellen.

4 Verantwortung

Diese Situation könnte zu einer Renaissance des „Prinzip Verantwortung“ von Hans Jonas führen (1979). Nach Jonas darf „das Ganze“ nicht zum „Einsatz in einer Wette“ gemacht werden, wie er es formuliert hat, es dürfe nicht „das Ganze“ aufs Spiel gesetzt werden. Danach wäre zunächst zu klären, ob Szenarien aufgrund von Risiken des Climate Engineering denkmöglich sind, die „das Ganze“ im Sinne von Jonas, also den Fortbestand menschenwürdigen Lebens auf der Erde, gefährden könnten. Wenn ja, dann dürfte nach Jonas das Climate Engineering nicht angewendet werden.

Allerdings kann der Schluss umgekehrt werden. Angenommen, wie in den düsteren Szenarien zu Beginn ausgemalt, dass die bisherigen und zukünftigen Maßnahmen der Mitigation und der Adaptation in keiner Weise ausreichen, um den Klimawandel erträglich zu halten, dann wäre der Einsatz von Climate Engineering ganz im Sinne von Paul Crutzen die „Ultima Ratio“, mit der „das Ganze“ noch gerettet werden könnte. In dieser Argumentation wäre es geradezu eine Pflicht, Technologien des Climate Engineering zu erforschen und anwendungsreif zu machen. Auch das Vorsorgeprinzip (von Schomberg 2005) hilft angesichts dieses Dilemmas nicht weiter. Diese Situation einer echten Aporie macht deutlich, dass eine Einschätzung der Verantwortbarkeit tiefer ansetzen muss. Wenn wir einmal die oben genannten möglichen Risiken des Climate Engineering als Negativargumente verstehen, sind in einer ethischen Abwägung aber auch die Positivargumente zu berücksichtigen. Hier lassen sich anführen (Ott 2010):

- *Ultima-Ratio Argument:* Climate Engineering sei die letzte „realistische“ Chance auf eine einigermaßen glimpfliche Bewältigung des Klimawandels. „Climate Engineering“, insbesondere das Aerosol-Verfahren, könnte eine Art ‚Notfalltechnologie‘ sein. Für den Fall, dass Vermeidungsstrategien nicht ausreichen, um das Klima in einem für Menschen verträglichen Bereich zu halten, oder im Fall plötzlicher unvorhergesehener systemischer Effekte, die eine erhebliche Beschleunigung des Klimawandels auslösen könnten, könnte ein rasch wirkendes „Climate Engineering“ möglicherweise katastrophale Entwicklungen verhindern oder abfedern helfen, zumindest für eine begrenzte Zeitspanne. Daher sei es gut, Technologien des Climate Engineering verfügbar zu haben, um sie im Notfall einsetzen zu können.
- *Optionenerweiterung:* durch Climate Engineering werde die Zahl der Optionen erhöht, mit dem Klimawandel umzugehen, dadurch gebe es mehr Auswahlmöglichkeiten für die nächsten Generationen (Betz 2012).
- *Argument des kleineren Übels:* Climate Engineering werde selbst im Falle einiger nicht intendierter Folgen das kleinere Übel gegenüber einem ungebremsten Klimawandel sein.
- *Effizienzargument:* Das Climate Engineering, insbesondere die Aerosol-Option, sei ökonomisch viel effizienter und leichter umsetzbar als mühsame und volkswirtschaftlich teure Vermeidungs- oder Anpassungsstrategien oder als eine Umstellung der Volkswirtschaft oder gar eine Änderung von Lebensstilen

Einige dieser Argumente sind kombinierbar. So könnte z. B. die Sulfatoption als kurzfristige Maßnahme entwickelt werden, um katastrophale Folgen des Klimawandels zu verhindern, bis andere Maßnahmen, z. B. die Extraktion von Kohlendioxid aus der Atmosphäre (Rösch et al. 2010) zu wirken beginnen.

Es ist noch auf eine andere und eher indirekte Dimension von Verantwortung hinzuweisen. Nicht umsonst haben die Debatten um das „Prinzip Verantwortung“ (Jonas 1979) und um das Vorsorgeprinzip (von Schomberg 2005) angesichts der vielen Umweltkrisen Einstellungen motiviert, die man als „Neue Bescheidenheit“ bezeichnen könnte (Meyer-Abich 1984). Gerade in der Klimadebatte war diese Haltung bislang prägend. Die Vermeidung von Treibhausgasemissionen, aber auch Anpassungsmaßnahmen sind lokal oder regional, viele kleine Entscheidungen und Handlungen, die *in ihrer Gesamtheit* die gewünschten Effekte zur Bewältigung des Klimawandels erbringen sollen. Wenn einzelne davon scheitern, wäre dies bedauerlich und müsste von anderen Maßnahmen kompensiert werden, aber es wäre nicht katastrophal.

Dies ist beim Climate Engineering, jedenfalls in der Sulfat-Option, völlig anders. Es stellt sich hier die Frage, ob und in welcher Hinsicht sich hinter dem Climate Engineering – bzw. alleine mit der Tatsache, dass darüber zunehmend diskutiert wird – grundsätzlichere Fragen im Verhältnis von Mensch und Umwelt bzw. auch im Selbstverständnis des Menschen zeigen. Die Frage ist, ob die Phase der Bescheiden-

heit im Verhältnis des Menschen zur Natur, die als Reaktion auf die erkannten Umweltprobleme zumindest in einigen Teilen der Weltbevölkerung eingetreten ist (Meyer-Abich 1984), bereits wieder einem Ende entgegen geht. Das Climate Engineering stellt dem bescheidenen „mit der Natur leben“ eine möglichst vollständige Kontrolle über die Natur, hier in Form des Klimasystems, entgegen. Eine eventuelle Rückkehr von Macht- und Kontrollphantasien des Menschen birgt die Gefahr, dass Lektionen aus vergangenen Erfahrungen mit versuchter, aber erfolgloser Kontrolle wieder verloren gehen – und möglicherweise schmerzhaft neu gelernt werden müssten.

5 Was folgt?

Die Debatte um Climate-Engineering nimmt Fahrt auf. Im Forschungsausschuss des US-amerikanischen Repräsentantenhauses wurde Ende 2010 eine umfangreiche Stellungnahme erarbeitet. In Asilomar fand eine internationale Konferenz statt, auf der interdisziplinär über Climate Engineering und Verantwortung diskutiert wurde (Oschlies 2010). In Deutschland hat sich eine Verantwortungsinitiative aus Wissenschaftlern unterschiedlicher Disziplinen gebildet, die bislang zu mehreren DFG-Rundgesprächen und zur erfolgreichen Einrichtung eines interdisziplinär ausgerichteten DFG-Schwerpunktprogramms geführt hat. Das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag erarbeitet zurzeit eine Studie für das deutsche Parlament zu dieser Thematik.

Es ist vor dem Hintergrund der ökologischen Debatten der letzten Jahrzehnte keine Überraschung, dass die Betrachtung der Atmosphäre als ein System, das gezielt technisch gesteuert oder beeinflusst werden sollte, sofort Sorgen vor neuen und unbekanntem Nebenfolgen solcher Maßnahmen weckt. Anzeichen von Empörung sind zu erkennen, besonders bei Umweltengagierten, die von menschlicher Hybris reden und vor unkontrollierbaren Entwicklungen warnen. Gigantomanie-Vorwürfe und Hybris-Befürchtungen sind zwar Ausdruck von Besorgnissen und Befindlichkeiten, aber nicht schon Argumente – das wäre erst zu prüfen.

Auf der Gegenseite sind zumindest das Ultima Ratio-Argument und das Argument der Optionenerweiterung ethisch relevant (Betz 2012). Diese ernst genommen würde bedeuten, Optionen des Climate Engineering zu erforschen und zu entwickeln – aber nicht mit ihrem Einsatz zu rechnen. Sie dürften, weiter reicht das Argument nicht, wirklich nur in einem genauer zu definierenden „Notfall“ eingesetzt werden. Anderenfalls würde sich Bequemlichkeit breit machen, und zu Mitigationsanstrengungen wäre niemand mehr zu motivieren. Eine Analogie aus dem medizinischen Bereich, die die prekäre Prämisse dieses Arguments zeigt: wenn es eine Pille gibt, um eine Krankheit ‚technisch‘ zu heilen, warum soll man dann mühsam seinen Lebensstil oder seine Ernährung ändern?

Diese Analogie macht auf die zentrale Problematik aufmerksam: hat die Menschheit genug Selbstdisziplin, um Climate Engineering wirklich nur „auf Vorrat“ zu erforschen und nur als „Ultima Ratio“ im Notfall einzusetzen – soweit könnte eine ethische Rechtfertigung reichen – oder droht hier nicht wieder eine blinde Technikgläubigkeit mit der Verlockung, mit Climate Engineering im Hintergrund so weitermachen zu können wie bisher? Antworten auf diese Frage dürften kontrovers ausfallen, aber auf jeden Fall deutlich machen, dass Technikzukünfte in diesem Feld mehr sind als nur zukünftige Technik, sondern dass sie etwas mit Risikobereitschaft, Verantwortung und unserem Verhältnis zur Natur und zum Planeten Erde zu tun haben.

Literatur

- Betz, G. (2012): The Case for Climate Engineering Research: An analysis of the ‚arm the future‘ argument, *Climatic Change*, 111, 2012, S. 473-485
- Crutzen, P.J. (2006): Albedo Enhancements by Stratospheric Sulfur Injections: A Contribution to Resolve a Policy Dilemma? S. 211-219 in *Climatic Change* 77 (2006).
- Grunwald, A. (2010): Der Einsatz steigt. Globale Risiken. S. 37-41 in *Politische Ökologie*, Heft 120, 18 (2010).
- Grunwald, A., Sardemann, G. (2010): Ein Thermostat für den Planeten. Einführung in den Schwerpunkt Technikfolgenabschätzung. *Theorie und Praxis*, Heft 2, 19 (2010), S. 3-7
- Jonas, H. (1979): *Das Prinzip Verantwortung*. Frankfurt a.M. 1979.
- Leisner, T. – Müller-Klieser, S. (2010): Aerosol-basierte Methoden des Climate Engineering: eine Bewertung. S. 25-32 in *Technikfolgenabschätzung. Theorie und Praxis*, Heft 2, 19 (2010).
- Meyer-Abich, K.M. (1984): *Wege zum Frieden mit der Natur – Praktische Naturphilosophie für die Umweltpolitik*. München 1984.
- Oschlies, A. (2010): Bericht von der Asilomar International Conference on Climate Intervention. S. 42-43 in *Technikfolgenabschätzung. Theorie und Praxis*, Heft 2, 19 (2010).
- Ott, K. (2010): Zur einer kritischen Kartierung der Argumente des Climate Engineering. S. 32-41 in *Technikfolgenabschätzung. Theorie und Praxis*, Heft 2, 19 (2010).
- Rösch, C. – Achternbosch, M. – Sardemann, G. – Schippl, J. (2010): Climate Engineering with nature – natürliche Prozesse zur Bindung, Verwertung und Speicherung von CO₂. S. 43-52 in *Technikfolgenabschätzung. Theorie und Praxis*, Heft 2, 19 (2010).
- Schomberg, R. von (2005): The Precautionary Principle and Its Normative Challenges. S. 141-165 in Fisher, E. – Jones, J. – Schomberg, R. von (Hg.): *The Precautionary Principle and Public Policy Decision Making*. Cheltenham, UK – Northampton, MA 2005.
- Wiertz, T. – Reichwein, D. (2010): Geoengineering zwischen Klimapolitik und Völkerrecht: Status quo und Perspektiven. S. 17-25 in *Technikfolgenabschätzung. Theorie und Praxis*, Heft 2, 19 (2010).

Divergierende Energiezukünfte und die Herausforderung der Beliebigkeit

1 Energiezukünfte in Energiepolitik und Energieforschung

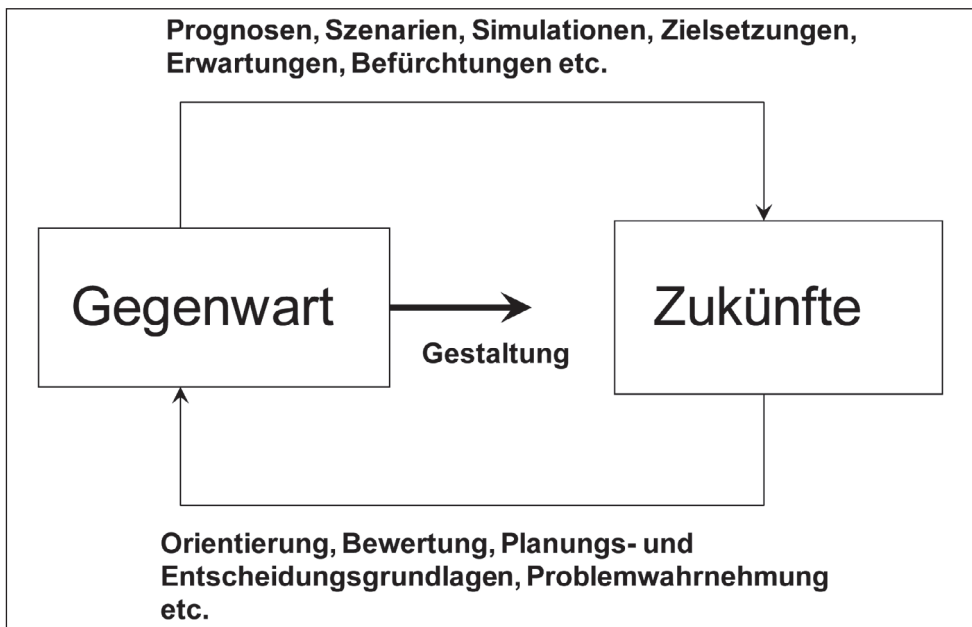
Entscheidungen in Energiepolitik und Energieforschung im Hinblick auf Technologien und Infrastrukturen für Energiebereitstellung und Energieumwandlung erfolgen im Hinblick auf teils weit entfernte Zukünfte. Aussagen über die allmähliche Erschöpfung fossiler Energieträger, über Aussichten auf die Konkurrenzfähigkeit erneuerbarer Energieträger, die Formulierung von Klimazielen durch CO₂-Vermeidung, die Sicherung der wirtschaftlichen Versorgung mit angesichts geopolitischer Verschiebungen, Potentiale und Risiken der Wasserstoffwirtschaft, langfristige Überlegungen zur Rolle der Fusionstechnologie etc. – alle diese für Energiepolitik und die Ausrichtung der Energieforschung zentralen Aspekte bestehen im Kern aus teils weit reichenden Annahmen über zukünftige Entwicklungen – sie sind ‚Zukünfte‘ auf deren Basis Entscheidungen getroffen werden. Zusammen mit Vorstellungen darüber, welche Beiträge spezifische Technologien (z. B. neue Reaktorlinien in der Kernenergie, die Geothermie oder die CCS-Technologie) in der näheren oder entfernteren Zukunft zu einer sicheren, wirtschaftlichen und umweltverträglichen Energieversorgung leisten können, werden ‚Energiezukünfte‘ gebildet. Diese orientieren *heutige* Energieforschung und *heutige* Energiepolitik. Energiezukünfte können *normative* Szenarien sein, die z. B. bestimmten erneuerbaren Energieträgern im Jahr 2050 einen konkreten Anteil an der Gesamtenergieversorgung zuweisen und die daraus Konsequenzen ableiten, was heute getan werden müsse, um dies zu realisieren (Nitsch/Rösch 2002). Sie umfassen auch explorative Szenarien, welche ‚mögliche‘ Zukünfte untersuchen und herauszufinden trachten, welche politischen oder technischen Maßnahmen in möglichst unterschiedlichen Zukünften positive Beiträge leisten können. Energiezukünfte stellen aber auch energierelevante Prognosen oder Simulationen dar, die die Entwicklung des Energiesystems oder der Energienachfrage betreffen (vgl. Abb. 2 und Abb. 3 für einige Beispiele von Energiezukünften und ihre Gegenüberstellung).

Energiezukünfte sind *notwendig*, um rationale Entscheidungen treffen zu können. Rein normativ, d. h. auf der Basis von Zielsetzungen und anerkannten Werten, sind Fragen der Energiepolitik oder der Ausrichtung der Energieforschung nicht entscheidbar. Sie bedürfen orientierender Zukunftsaussagen, z. B. über die Entwicklung des zukünftigen Energiebedarfs, über die zukünftige Verfügbarkeit neuer Technologien und

ihrer Zeitrahmen oder über die zeitliche Reichweite von bisherigen Energieträgern. Es ist eine der Hauptaufgaben der Energiesystemanalyse, derartige Zukunftsaussagen, z. B. in Form von Szenarien oder Prognosen, wissenschaftlich und systematisch zu generieren, um hierdurch Entscheidungen in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft zu unterstützen (Möst 2009).

Diese Unterstützung gegenwärtig anstehender Entscheidungen durch Zukunftsüberlegungen stellt einen generellen Modus der Entscheidungsvorbereitung in modernen Gesellschaften dar (Luhmann 1997). Prospektives Folgenwissen, Prognosen technischer Fortschritte, Erwartungen und Befürchtungen, aber auch Ziele werden in ‚Zukünften‘ (z. B. in Form von Szenarien) gebündelt, die der Orientierung *heute* anstehender Entscheidungen dienen (vgl. Abb. 1). Ausgehend von *gegenwärtigen* Problemlagen und Diagnosen wird auf dem Umweg über *Zukunftsdebatten* Orientierung *für heute* gesucht.

Abbildung 1: Der entscheidungstheoretische Kreisgang



Quelle: nach Grunwald 2008, Kap. 10

Damit dies gelingen kann, darf der entscheidungstheoretische Kreisgang kein *Circulus vitiosus*, kein Leerlauf der Erkenntnis sein, sondern muss gegenüber der Situation *vor* dem Kreisgang einen orientierenden Mehrwert erkennen lassen. Die Erfüllung dieser Forderung führt jedoch auf einige Probleme (generell hierzu vgl. Grunwald 2008,

Kap. 10), von denen im Folgenden die erkenntnistheoretische Frage der ‚Objektivierbarkeit‘ bzw. der ‚Qualität‘ der Energiezukünfte angesprochen werden soll.

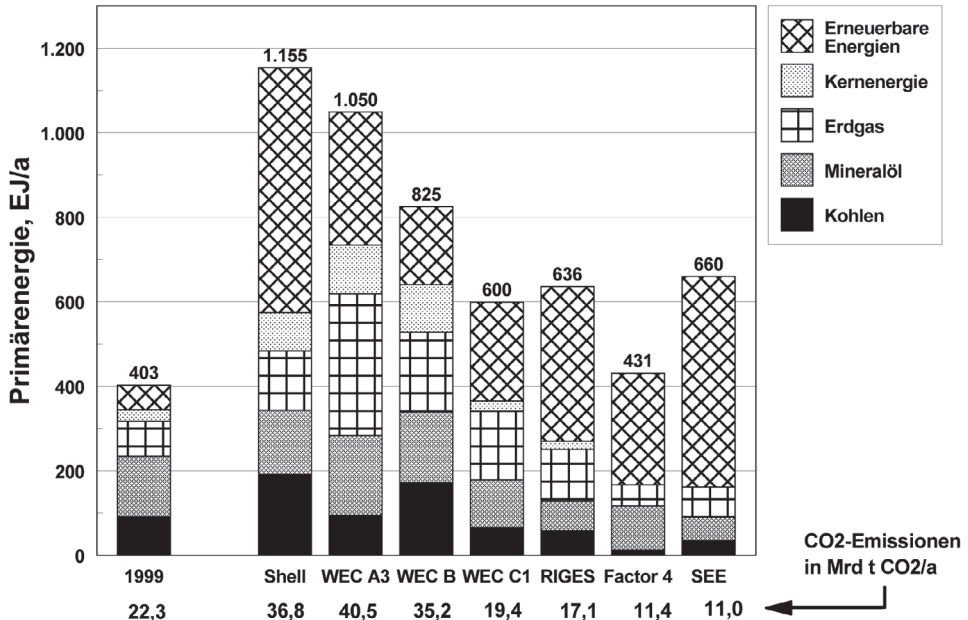
Denn ein Grundproblem der Zukunftsbilder ist ihr zwangsläufig hohes Maß an involviertem Nichtwissen. Vielfach sind Zukunftsvorstellungen oder Anteile von ihnen mangels Wissen einfach ‚gesetzt‘, z. B. über die zukünftige Rolle der Kernenergie, über Trends hin zu einer eher dezentralen oder zu einer Renaissance zentraler Energieversorgungssysteme oder über die zukünftige Verfügbarkeit von neuen Energieträgern (z. B. Wasserstoff). Energiezukünfte sind unsicher, teils normativ geprägt und häufig umstritten. Vielfach werden Energiezukünfte instrumentalisiert, um spezifische Ziele zu erreichen und politische oder wirtschaftliche Interessen durchzusetzen. Konstruktionen von Zukunft scheinen damit der Ideologie oder der Beliebigkeit ausgesetzt zu sein. Vertreter gesellschaftlicher Positionen, substantieller Werte und spezifischer Interessen scheinen einfach die ihnen passenden Zukunftsbilder zu produzieren, um diese dann in Auseinandersetzungen zur Durchsetzung ihrer partikularen Positionen zu nutzen (Brown et al. 2000). Zukünfte sind zentrale Austragungsfelder der Konflikte einer pluralistischen Gesellschaft. So werden z. B. im Energiebereich seit Jahren inkompatible und divergierende Energiezukünfte gehandelt (vgl. die Beispiele in Abb. 2), ohne dass klar ist, welche Zukünfte wie weit durch Wissen abgesichert sind, wo die Konsensbereiche liegen und wo wenig oder gar nicht gesicherte Annahmen über Randbedingungen und gesellschaftliche Entwicklungen die Zukünfte determinieren. Wenn jedoch Energiezukünfte zur Orientierung von rational begründeten Entscheidungen *heute* beitragen sollen, dürfen sie nicht beliebig oder ideologisch sein. Andernfalls würde es sich im entscheidungstheoretischen Kreisgang (Abb. 1) bloß um einen Selbstbetrug handeln.

Für Entscheider in Energiepolitik und Energieforschung, die nach Orientierung über Energiezukünfte suchen, stellt sich angesichts der ‚Contested Futures‘ (Brown et al. 2000) jedenfalls eine spezifische Aufgabe: *vor* der eigentlichen Entscheidung, z. B. im Hinblick auf die Modernisierung des Kraftwerkparcs oder eine Neufassung des EEG, müssen sie sich angesichts der Vielzahl der angebotenen und konkurrierenden Energiezukünfte (Abb. 2 und 3) entscheiden, welche Energiezukunft sie ihrer Entscheidung zugrunde legen wollen – welcher Energiezukunft sie ‚trauen‘ wollen. Energiepolitische Entscheidungen sind danach zweistufig: auf der ersten Stufe wird über die Energiezukunft befunden, die sodann den Rahmen für die eigentliche Entscheidung auf der zweiten Stufe abgibt.

Für die Entscheidung auf der ersten Stufe über die Energiezukünfte, denen ‚vertraut‘ wird und in deren Rahmen die Entscheidung dann auf der zweiten Stufe als sinnvoll erwiesen werden muss, ist es erforderlich, das ‚Angebot‘ an Energiezukünften (eine ganze Reihe finden sich in diesem Band) zu analysieren und zu bewerten. Hieraus ergeben sich die zentralen Fragestellungen dieses Beitrages: wie ist es möglich, Zukünfte (vor allem Energiezukünfte) auf ihren ‚Objektivitätsgehalt‘ oder auf ihre ‚Ob-

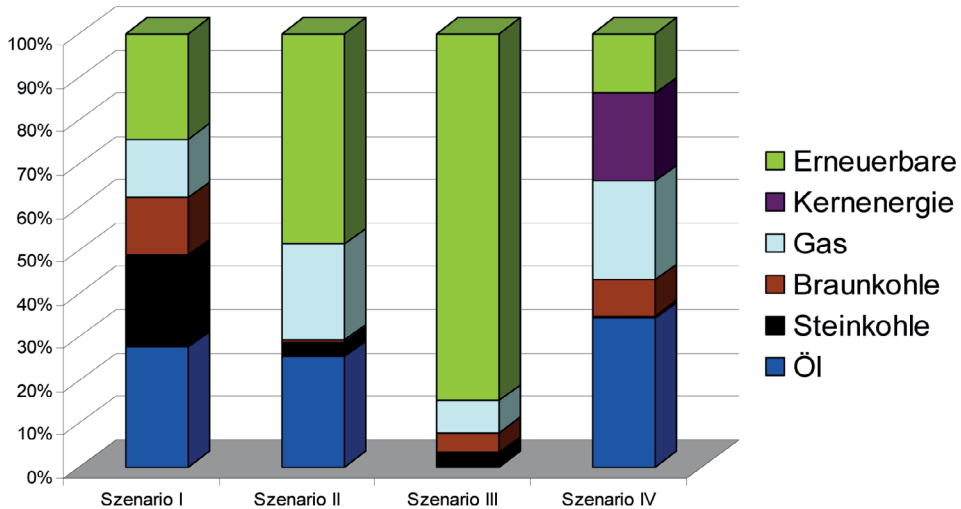
jektivierbarkeit‘ hin zu untersuchen? Können Zukünfte auf ‚Rationalität‘ hin bewertet und verglichen werden? Kann wissenschaftlich, d. h. mit guten Gründen nachvollziehbar, ein ‚Objektivitätsgefälle‘ zwischen konkurrierenden Zukünften bestimmt werden? Wo liegen die Grenzen derartiger Analysen von (Energie-)Zukünften? Wie weit ist es möglich, Einseitigkeiten, ideologische Vorannahmen, Interessen und Prämissen aufzudecken und angesichts kontroverser und umstrittener Zukünfte zu einer rationalen Beurteilung der ‚Qualität‘ dieser Zukünfte zu kommen, um gesellschaftliche Orientierung zu ermöglichen? Um diesen Fragen zumindest ein Stück weit nachgehen zu können, ist zunächst eine grundsätzliche Überlegung zum Konstruktcharakter von Zukünften erforderlich (Kap. 2). Sodann wird die Frage nach bisherigen Vergleichen von Zukünften gestellt (Kap. 3), um aus der Kritik daran ein erkenntnistheoretisch motiviertes Gegenkonzept für Vergleiche wenigstens zu skizzieren (Kap. 4). Am Schluss wird ein anlaufendes Forschungsprogramm vorgestellt, das genau diese Frage weiter verfolgen wird.

Abbildung 2: Szenarien des Weltenergieverbrauchs für das Jahr 2050 und Vergleich mit dem derzeitigen Verbrauch: Shell-Szenario „Nachhaltige Entwicklung“; WEC = Szenarien der Weltenergiekonferenzen 1995 und 1998; RIGES = „Renewable Intensive Global Energy Scenario“; Faktor 4 – Szenario Wuppertal-Institut; SEE = Szenario „Solar Energy Economy“



Quelle: Nitsch/Rösch 2002, S. 305

Abbildung 3: Anteile des deutschen Primärenergieverbrauchs für 2050 in verschiedenen Szenarien



Quelle: nach Keles et al. 2011

2 Energiezukünfte als Konstruktionen

Wenn Energiezukünfte untereinander verglichen oder an externen Anforderungen gemessen werden sollen, ist es zunächst erforderlich zu reflektieren, um welchen Typ von Gegenständen es sich bei Zukünften generell und Energiezukünften im Besonderen handelt. Zukunft ‚gibt‘ es nicht als empirischen Untersuchungsgegenstand, jedenfalls wenn unter ‚Zukunft‘ etwas verstanden wird, was in einer zukünftigen Gegenwart einmal gegenwärtig sein wird. Alles, was zukünftige Gegenwarten betrifft, ist nicht empirisch zugänglich, sondern befindet sich in unseren Gedanken, in den Debatten, in Texten oder in Diagrammen. Empirisch zugänglich sind nur die Bilder, die wir uns auf verschiedenste Weise von der Zukunft machen, nicht aber die Zukunft, wie sie einmal Gegenwart sein wird, selbst.¹

Zukunft kann aufgrund des unlösbaren Bezuges auf die sprachlichen Mittel, mit denen wir über Zukunft reden, immer nur das sein, von dem jeweils ‚heute‘ *erwartet wird*, dass es sich ereignen wird oder kann. Wenn wir über den Energiemix im Jahre 2050 reden, reden wir nicht darüber wie dieser Energiemix dann ‚wirklich‘ sein wird,

¹ Hier kommt es zu argumentativen Überschneidungen insbesondere mit dem Beitrag „Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft“. Da hier jedoch der Fokus auf den Energiebereich gelegt wird, habe ich dies nur durch geringfügige Kürzungen berücksichtigt.

sondern darüber, wie wir ihn uns *heute vorstellen*, und diese Vorstellungen gehen teils weit auseinander (vgl. Abb. 2). Zukünfte sind damit *etwas je Gegenwärtiges* und verändern sich mit den Veränderungen der jeweiligen Gegenwart. Als Beispiel: die Energiezukünfte der 60er Jahre für das Jahr 2000 sahen anders aus als die Energiezukünfte nach den beiden Ölkrisen der 70er Jahre. Energiezukünfte für Deutschland sahen nach dem Ausstiegsbeschluss aus der Kernenergie anders aus als vorher. *Zukunft ist also nichts außerhalb der Gegenwart, sondern ein spezifischer Teil der jeweiligen Gegenwart* (Grunwald 2007).²

Auch Prognostiker und Modellierer können nicht aus der Gegenwart ausbrechen, sondern machen ihre Prognosen und Simulation immer auf der Basis *gegenwärtigen* Wissens und *gegenwärtiger* Relevanzeinschätzungen (Grunwald 2000, Kap. 3.3.3). Das Vorliegen zukünftiger Sachverhalte oder Verläufe lässt sich aus gegenwärtigem Wissen weder *logisch ableiten* (Goodman 1954) noch *empirisch erforschen*. Daher können wir über *mögliche* Zukünfte reden, über alternative Möglichkeiten, wie wir uns die zukünftige Gegenwart vorstellen, und darüber, mit welcher Berechtigung wir etwas in der Zukunft erwarten dürfen. Dies sind immer *gegenwärtige Zukünfte* und keine zukünftigen Gegenwarten (Picht 1971; Bechmann 1994).

Zukünfte werden ‚gemacht‘ und sprachlich, oder sprachlich explizierbar, z. B. im Falle von mathematischen Formeln oder Diagrammen, *konstruiert*, auf mehr oder weniger komplexe Weise. Das Entwerfen von Zukünften ist ein Handeln unter Zwecken, vor allem zur Schaffung von Orientierung im Sinne des entscheidungstheoretischen Kreisgangs (Abb. 1), und vor dem Hintergrund spezifischer Randbedingungen. Zukünfte, seien dies Prognosen, Szenarien, Pläne, Programme, spekulative Befürchtungen oder Erwartungen werden ‚verfertigt‘ unter Verwendung einer ganzen Reihe von Zutaten wie Wissensbeständen, Werturteilen oder Annahmen. Dieser Konstruktcharakter von Zukünften, ihr Charakter als Resultate eines Konstruktionsprozesses trifft besonders sichtbar auf *Szenarien* zu.

Konstruktionen von Zukunft erfolgen nach Maßgabe verfügbaren Wissens, aber auch unter der Bezugnahme auf Relevanzeinschätzungen, Werturteile und Interessen, oft im Rahmen von Aufträgen durch Entscheider in Politik und Wirtschaft. Der Konstruktcharakter von Zukünften kann daher von Vertretern gesellschaftlicher Positionen, substantieller Werte und spezifischer Interessen genutzt werden, um die ihren Interessen entsprechenden Zukunftsbilder zu produzieren und diese in Auseinandersetzungen zur Durchsetzung ihrer partikularen Positionen einzusetzen (Brown et al. 2000).³ Hier stellt sich die Frage, ob und inwieweit der Vereinnahmung und Instrumentalisierung von Energiezukünften entgegengearbeitet werden kann, indem mit

2 Aus diesem Grund ist es auch möglich, von ‚vergangenen Zukünften‘ zu reden, etwa wenn Historiker sich mit den Zukunftsprojektionen in früheren Zeiten befassen.

3 Häufig konstruieren insbesondere Entscheider über Technik und davon Betroffene ihre Sichten auf die Zukunft mit der betreffenden Technik in unterschiedlicher Weise (Bechmann 2007).

Mitteln wissenschaftlicher Rationalität Energiezukünfte unter Objektivierbarkeitsstandards vergleichend bewertet werden, um Einseitigkeiten, Schieflagen und krude Instrumentalisierungen aufdecken zu können.

3 Zum Vergleich von Energiezukünften

Energiebereitstellung und -versorgung dürfte dasjenige Feld sein, in dem die zahlreichsten und ambitioniertesten Zukünfte erstellt worden sind, zum großen Teil mit einem ganz erheblichen Aufwand. Energiezukünfte gibt es zuhauf (vgl. die Beispiele in Abb. 2), begonnen bei den globalen Energieszenarien der großen Institutionen und Organisationen im Energiebereich bis hin zu hoch differenzierten und kleinteiligen technologie-, branchen- oder regionalspezifischen Zukünften. Aufgrund der hohen Investitionskosten von Energieinfrastruktur und -bereitstellungstechnologien und der in der Regel langen Betriebsdauern einmal in Betrieb genommener Großanlagen wird durch Entscheidungen im Energiebereich die Zukunft auf lange Sicht ‚festgelegt‘ oder wenigstens stark beeinflusst. Die langen Zeiträume bis zur Marktreife neuer Energietechnologien und bis zum Aufbau neuer Infrastrukturen führen ebenfalls zu einem hohen Bedarf an Energiezukünften, damit entsprechend langfristig geplant werden kann. Schließlich führt die zentrale Bedeutung von Energie für die Funktionsfähigkeit moderner Volkswirtschaften zu erheblichen politischen Vorsorgenotwendigkeiten, die ebenfalls der Orientierung durch Zukünfte bedürfen.

Vergleichende Analysen zu Energiezukünften hat es durchaus gegeben, so z. B. im Rahmen des IKARUS-Projekts (Markewitz/Stein 2003; zu Energiezukünften vgl. <http://docserver.bis.uni-oldenburg.de/publikationen/dissertation/schent99/kap3.pdf>) sowie im Rahmen von Modellexperimenten (vgl. MEX 1999-2005). Für diese Vergleiche wurden gemeinsame Ausgangsparameter und Daten definiert, um eine vergleichbare Ausgangsbasis zu erhalten (MEX 2005, S. 3 f.). Die Vergleiche selbst wurden häufig auf der Basis von Kosten/Nutzen-Analysen erstellt oder erfolgten im Hinblick auf die *Ergebnisse, Aussagen und Implikationen* der jeweiligen Zukünfte (z. B. über Sensitivitätsanalysen). Auf diese Weise kann sicher vieles über Gemeinsamkeiten und Unterschiede der simulierten Zukünfte gelernt werden. Hieraus ist jedoch bislang kein systematisches Instrumentarium vergleichender Bewertung entstanden. Generell kann in (mindestens) vier Richtungen systematisch nach beurteilenden Kriterien für Vergleiche gesucht werden:

- *strukturorientiert* durch Analyse der Architektur und der internen Komposition der Energiezukünfte, also z. B. durch die Analyse der Struktur der zugrunde liegenden Modells, der mathematischen Erfassung und der Programmierung,

- *output-orientiert* durch einen Vergleich ihrer Aussagen und Ergebnisse, also z. B. durch einen Vergleich der Zukünfte, die sich durch Simulation ergeben, oder von qualitativen oder quantitativen Szenarien,
- *input-orientiert* durch die Analyse der Wissens- (und Nichtwissens-)strukturen der unterschiedlichen Zukünfte, also der enthaltenen Wissensbestandteile und der Prämissen und Annahmen sowie ihrer Zusammenfügung in der betreffenden Zukunft.
- *kontextorientiert*: durch die Analyse der Randbedingungen und Kontexte der verschiedenen spezifischen Energiezukünfte, die die Konstruktion beeinflussen (z. B. Vorgaben des Auftraggebers, Elemente eines ‚prädeliberativen Einverständnisses‘ über die jeweilige Problemlage etc.).

Insofern es in diesem Beitrag um die Möglichkeit und das Vorgehen einer vergleichenden Bewertung von Energiezukünften unter Aspekten ihrer diskursiven ‚Vertrauenswürdigkeit‘ gehen soll, scheidet die output-orientierte Richtung aus, denn die Qualität des Outputs hängt von den verwendeten Inputs und der Art ihrer Verwendung ab. Ein argumentativ gerechtfertigtes Vertrauen in Zukünfte muss daher (a) im Hinblick auf die argumentative Qualität der *Inputs* in die Zukünfte geprüft werden, und es muss (b) die *Komposition* der Inputs, z. B. im Hinblick auf Konsistenzfragen von Szenarien und die Einbettung in den *Kontext* beachtet werden.

Damit ist vor dem Hintergrund des Konstruktcharakters der Energiezukünfte (s. o.) für ihre ‚Qualität‘ nicht das entscheidend, was für die Zukunft vorausgesagt wird, sondern das, was heute in die Konzipierung dieser Zukünfte hineingesteckt wird (vgl. Keles et al. 2011). In einer Analogie zum Backen eines Kuchens kommt es sowohl auf die Qualität der ‚Zutaten‘ als auch auf die Qualität im Zusammenfügen der ‚Zutaten‘ an. In dieser Analogie wird aber auch ein fundamentaler Unterschied zwischen dem Anfertigen einer Energiezukunft und dem Backen eines Kuchens deutlich: das Ergebnis des Kuchenbackens kann empirisch auf seine Qualität getestet werden (durch Essen), während das Ergebnis der Zukunftskonstruktion keiner empirischen Prüfung unterzogen werden kann. Dass verschiedene Modelle unter vergleichbaren Annahmen ähnliche Zukünfte produzieren (vgl. MEX 1999-2005), ist nur eingeschränkt eine gute Botschaft: sie könnten z. B. in bestimmten Annahmen sämtlich einem spezifischen Zeitgeist unterliegen. Eine Qualitätsprüfung von Energiezukünften kann daher nur an den Ingredienzien und an ihrer Komposition ansetzen, also am Prozess und den Zutaten der Zubereitung.

4 Diskursive Prüfung von Zukunftsaussagen

Rationale Entscheidungen in Energiepolitik und Energieforschung bedürfen zur Orientierung rationaler, d. h. begründeter und nicht beliebiger Energiezukünfte. Es ist also ein Verfahren der Bewertung von Energiezukünften gefragt, in dem ihre ‚Rationalität‘, also ihre inter- und transsubjektive argumentative Qualität analysiert und letztlich geprüft werden könnte. Die größere ‚argumentative Härte‘ ist nicht gleichbedeutend mit der, wie dies oft verstanden wird, späteren Eintrittswahrscheinlichkeit. Was *mit Geltung* gesagt werden kann, sind nicht Behauptungen über das Eintreffen von Zukünften, sondern nur die *Erwartbarkeit* ihres Eintreffens auf der Basis des gegenwärtigen Wissens und gegenwärtiger Relevanzeinschätzungen (Lorenzen 1987; Knapp 1978).

Wenn für die argumentative Qualität nicht der Gehalt der Zukunftsaussage entscheidend ist, sondern das, was in ihre Konstruktion hineingelegt wurde (s. o.), stellt sich die Frage, welche Ingredienzien in die Gestaltung von Zukünften, insbesondere Energiezukünften investiert werden. In einer groben Annäherung kann zunächst folgende Abstufung der Wissens- und Nichtwissensbestandteile vorgenommen werden:⁴

- *gegenwärtiges Wissen*, das nach anerkannten (z. B. disziplinären) Kriterien *als* Wissen erwiesen ist (z. B. je nach Fragestellung aus Geologie, Wirtschaftswissenschaften, Technikwissenschaften, ..., z. B. über die noch verfügbaren Vorräte an fossilen Energieträgern oder Uran und ihre zeitliche Reichweite);
- *Einschätzungen* zukünftiger Entwicklungen, die kein gegenwärtiges Wissen darstellen, sich aber durch gegenwärtiges Wissen begründen lassen (z. B. demografischer Wandel, zukünftiger Energiebedarf bei Annahme bestimmten Wirtschaftswachstums und bestimmter Effizienzgewinne);
- *ceteris-paribus Bedingungen*, indem bestimmte Kontinuitäten, ein ‚business as usual‘ in bestimmten Hinsichten oder die Abwesenheit disruptiver Veränderungen als Rahmen für die prospektiven Aussagen angenommen werden (also z. B. keine plötzliche Verfügbarkeit der Energie aus der Fusion);
- *ad-hoc Annahmen*, die nicht durch Wissen begründet sind, sondern die ‚gesetzt‘ werden (wie z. B. die auch zukünftige Gültigkeit des deutschen Kernenergieausstiegs, das Nichteintreten eines katastrophalen Kometeneinschlags auf der Erde ...).

Für den Vergleich von Zukunftsaussagen unter Geltungsaspekten ist die Qualität des enthaltenen Wissens, der Einschätzungen und der ad-hoc- und der ceteris-paribus-Annahmen und ihrer Zusammenstellung zu hinterfragen, genauso wie die diskursive Haltbarkeit der oben genannten Relevanzentscheidungen und der Anteile des Nicht-

⁴ Dies präzisiert und kontextualisiert frühere Überlegungen (vgl. den Beitrag ‚Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft‘) für den Bereich der Energiezukünfte.

wissens, insofern es sich um ein ‚gewusstes‘ Nichtwissen handelt. Wer Geltung beanspruchend über zukünftige Entwicklungen redet, muss – soweit wie vom Opponenten gefordert, denn eine Vollständigkeit ist grundsätzlich nicht erreichbar – die Voraussetzungen angeben, die als Bedingungen für eine begründbare Zukunftsaussage angenommen werden müssen. Ein Diskurs um Qualitäts- und Geltungsfragen von Zukunftsaussagen wird dadurch zu einem Diskurs über die – jeweils gegenwärtig gemachten – Wissensbestandteile und Voraussetzungen, aber auch über ihre methodische Zusammenfügung z. B. in einem Modell, die zu der Zukunftsaussage geführt haben. Ein Streit über die Qualität von Energiezukünften bezieht sich daher nicht auf die *vorausgesagten* Ereignisse in einer zukünftigen Gegenwart, sondern auf die Gründe, die auf der Basis *gegenwärtigen* Wissens und *gegenwärtiger* Relevanzbeurteilungen für die jeweiligen Zukünfte in Anschlag gebracht werden können und zwischen denen diskursiv abgewogen werden muss.

Auf diese Weise wird zumindest programmatisch ein Weg aufgezeigt, der in Teil I befürchteten Beliebigkeit der Energiezukünfte bzw. ihrem vielfach vermuteten Ideologiegelb mit wissenschaftlichen Mitteln entgegen zu treten. In einer erkenntnistheoretischen ‚Dekonstruktion‘ dieser Energiezukünfte geht es darum, über ihren erkenntnistheoretischen Status und ihre argumentative Belastbarkeit etwas zu erfahren, sie letztlich daraufhin zu prüfen, in welchem Maße und bis zu welcher Grenze eine spezifische Energiezukunft wissenschaftsbasiert oder auf andere Weise ihren Kontrahenten argumentativ überlegen ist.

Eine derartige Analyse führt vermutlich nicht zu einer digitalen Sortierung der Energiezukünfte in objektive und subjektive, in neutrale und ideologische oder in wertende und wertfreie Zukünfte. Dazu dürfte der Anteil des Nichtwissens vielfach deutlich zu hoch sein, und damit auch der Anteil wertender Ingredienzien. Aber zumindest erwartbar ist die Schaffung von *Transparenz* in Bezug auf Energiezukünfte: in Bezug auf die Wissensbestände und deren Grenzen, in Bezug auf involvierte Unsicherheiten, die in einer solchen Dekonstruktion expliziert werden müssten, während sie sonst im Dunkeln bleiben können, und in Bezug auf die Aufdeckung der involvierten Werte, Normen und auch Interessen.⁵ Diese in einer ‚unbarmherzigen‘ erkenntnistheoretischen Dekonstruktion zu erwartenden Leistungen sind es, die die Mühe einer solchen Anstrengung rechtfertigen, auch in Ansehung der Unsicherheiten, wie weit man damit zur Ermöglichung rationaler Entscheidungen auf der ersten Stufe, der Stufe der Entscheidung zwischen konkurrierenden Zukünften im Supermarkt der Energiezukünfte, wirklich kommt.

5 In Forschungsprojekten sind häufig nicht einmal die Eingangsdaten umfassend beschrieben, geschweige denn dass die ‚Rezeptur‘ der Erstellung der Zukünfte z. B. über Modelle transparent erläutert wird.

5 Der Lebensweg von Energieszenarien – ein Forschungsprogramm

Entscheider, die sich an Szenarien orientieren wollen, müssen sich vor ihrer Entscheidung (z. B. über Investitionen im Kraftwerksbereich) entscheiden, auf welche Szenarien sie ihre Entscheidung abstützen wollen – und dazu müssen sie in der Vielfalt der Energieszenarien bewertende Vergleiche und letztlich eine Auswahl vornehmen. Sie müssen ggf. Energieszenarien als unpassend, als nicht belastbar oder als ideologisch erkennen und aus der Menge der für die Entscheidung zugrunde gelegten Szenarien ausschließen können. Dieses vorgelagerte Bewertungs- und Entscheidungsproblem (s. o.) ist noch kaum untersucht, obwohl es zentral für die Einlösung der Erwartungen an Szenarien ist (Teil 1).

Um diese unbefriedigende Situation zu verbessern, bedarf es eines besseren Verständnisses von Energieszenarien und der Verfügbarkeit von Begriffen und Verfahren zu ihrer rationalen, d. h. letztlich „trans-subjektiven“ Bewertung.⁶ Wenn man, wie oben geschehen, diese Notwendigkeit aus der Situation und der Perspektive von „Nutzern“ der Energieszenarien heraus ableitet, ergeben sich Nachfragen in zwei Richtungen: (a) in Bezug auf die Bewertung von Energieszenarien nach ihrem (kognitiven, normativen, assumptiven etc.) *Gehalt* und (b) nach ihren erwartbaren *Folgen* in der „Nutzung“ selbst, also z. B. in einer öffentlichen Debatte oder für politische oder wirtschaftliche Entscheidungen. Die Bewertung von Energieszenarien hat eine Scharnierfunktion: sie muss einerseits „nach hinten“ schauen, auf den Gehalt und damit auf die *Entstehung* der Energieszenarien. Andererseits muss eine Bewertung der Eignung von Szenarien immer auch „nach vorne“ erfolgen und die Kontexte, Anforderungen und Bedingungen der angezielten späteren Nutzung in den Blick nehmen. Auf diese Weise zeigt sich, dass die Bewertung von Energieszenarien keine zeitlich punktuelle Angelegenheit ist, sondern dass Bewertungsverfahren den „Lebensweg“ von Energieszenarien betrachten müssen (Abb. 4).

Der Lebensweg von Szenarien beginnt mit ihrer Erstellung auf der Basis von quantitativen Modellen oder von qualitativen Annahmen oder einer Kombination beider. Noch weiter voraus liegen grundlegende Festlegungen im Rahmen der Modellbildung, z. B. die Wahl einer „Modellphilosophie“ oder die Bestimmung der Systemgrenzen. Auf Basis dieser Entscheidung werden dann Szenarien „konstruiert“, die nach Fertigstellung auf ihren Gehalt hin bewertet werden können. In der „Nutzungsphase“ der Energieszenarien – insofern es überhaupt zu einer solchen kommt, dies dürfte nicht generell der Fall sein – haben sie dann „reale“ Folgen für Entscheidungen, für Meinungsbildung oder für die Strukturierung öffentlicher Debatten.

6 Im Rahmen der Forschergruppe „Objektivierbarkeit von Zukunftsannahmen am Beispiel der Energiezukünfte“ am KIT (Leitung Jun.-Prof. Dr. Gregor Betz) wird das skizzierte Programm der Entwicklung eines Instrumentariums zur vergleichenden Bewertung von Energiezukünften ein Stück weit realisiert.

Zukünfte wie Energieszenarien ‚gibt‘ es nicht von sich aus, und sie entstehen nicht von selbst. Sondern sie werden ‚gemacht‘ und sprachlich, oder sprachlich explizierbar, z. B. im Falle von mathematischen Formeln und Modellen oder Diagrammen, *konstruiert*, auf mehr oder weniger komplexe Weise. Es ist ersichtlich, dass eine erhebliche Wissenstiefe über die Konstruktion von Energieszenarien, über die vorgängigen Entscheidungen sowie über die „Ingredienzien“ erforderlich ist, um Aussagen zur Qualität machen zu können. Als besonders wesentlich erweisen sich Entscheidungen, die zu Beginn von Modellbildungen getroffen werden, z. B. über die Art des Modells, über die Systemgrenzen und über als relevant erachtete und daher in der Modellierung berücksichtigte Systemzusammenhänge. Hier gilt es, Wissen über den Zusammenhang der am Anfang stehenden Entscheidungen und den Ausprägungen und Ergebnissen der Szenarien bereit zustellen, um verstehen zu können, wie bestimmte Ergebnisse zustande kommen – und um dann entscheiden zu können, auf welche der divergierenden Szenarien man sich abstützen möchte.

Energieszenarien sind nicht einfach Erkenntnis, sondern sollen ‚etwas bewirken‘, z. B. im Kontext der Politikberatung. Eine Bewertung von Energieszenarien vor dem Hintergrund, sie mit guten Gründen für Zwecke der Entscheidungsorientierung einzusetzen, wird Einschätzungen der vermuteten Wirkungen umfassen müssen: besteht Aussicht, die verfolgten Ziele zu erreichen? Unter welchen Bedingungen ist die Zielerreichung plausibel? Kann es zu nicht intendierten Folgen der Nutzung von Energieszenarien kommen (dies dürfte hauptsächlich im politischen und öffentlichen Raum ein Thema sein, da massenmedial vermittelte Diskussionen nicht so selten überraschende Wahrnehmungen oder Wendungen nach sich ziehen)? Mit welchen realen Folgen der Nutzung von Energieszenarien ist zu rechnen? Genauere Erwartungen an Szenarien im Entscheidungskontext sind:

- **Integration:** Szenarien sollen die zukunftsorientierte Integration und Bündelung unterschiedlicher Entwicklungen, Datenbestände, Parameter etc. erlauben. Die Integration soll sich auch auf die Einbindung unterschiedlicher Perspektiven, z. B. von Entscheidern, Betroffenen und Stakeholdern ermöglichen, um die Zukunftsbetrachtungen robuster zu machen.
- **Konsistenz:** Die erwähnte Integration soll auch dazu führen, dass Konsistenzprüfungen der Energiezukünfte möglich werden. Anderenfalls könnte es geschehen, dass gute Lösungen in einem Bereich mit guten Lösungen in anderen Bereichen in Widerspruch geraten, z. B. durch die Begrenztheit der natürlichen, ökonomischen oder sozialen Ressourcen.
- **Transparenz:** Energieszenarien sollen dazu beitragen, Wirkungszusammenhänge zu erkennen und zu kommunizieren, also z. B. heutige Entscheidungen mit zukünftigen Entwicklungen in Relation zu setzen.

- Demokratische Selbstverständigung: Szenarien wie andere „Erzählungen“ über die Zukunft sollten die demokratische Selbstverständigung unterstützen. Schließlich geht es im Bereich der Energie nicht nur um technische, sondern in hohem Maße auch um gesellschaftliche Zukünfte, die damit einer demokratischen Debatte bedürfen.

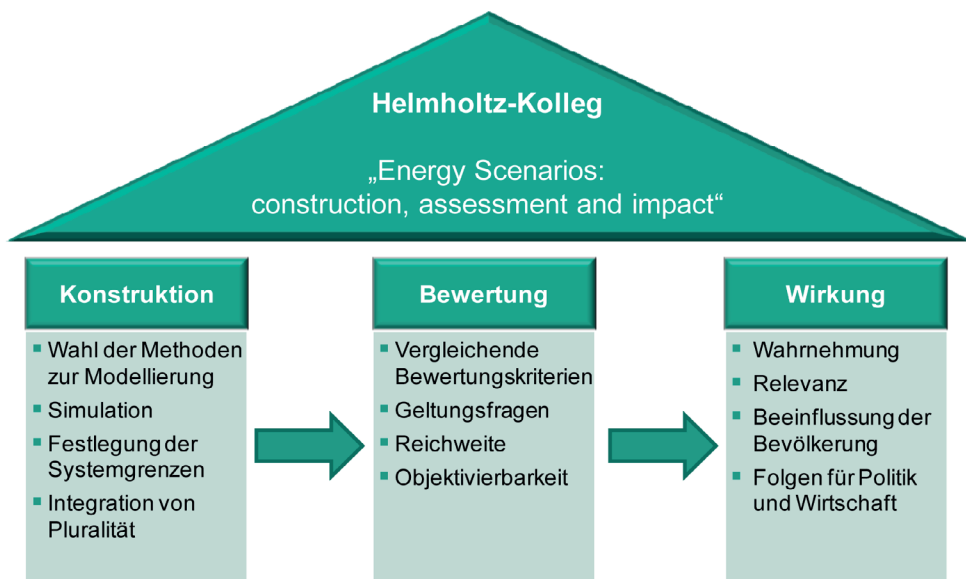
Ob diese Erwartungen in realen Kontexten eintreten und von welchen Faktoren dieses Eintreten abhängig ist, kann durch empirische sozialwissenschaftliche Forschung in Bezug auf die realen Folgen des Einsatzes von Energieszenarien untersucht werden. Mögliche Fragerichtungen sind:

- auf welche Weise erfüllen Energieszenarien Orientierungsfunktionen in Entscheidungsprozessen? Welche ihrer Eigenschaften sind wesentlich, damit die Orientierungsfunktion real umgesetzt werden kann?
- von welchen Faktoren hängt es ab, *welche* Szenarien für Entscheidungszwecke herangezogen werden? Welche Rolle spielen dabei Akteursinteressen? Lassen Akteure sich von Szenarien in entscheidungsoffenen Situation orientieren oder nutzen sie Szenarien zu nachträglichen Legitimation vorab getroffener Entscheidungen? Was macht spezifische Szenarien interessant für spezifische Entscheider, um sie real als Orientierung zu verwenden?
- welche Rolle spielt die wissenschaftliche Politikberatung (z. B. am Deutschen Bundestag oder in internationalen Organisationen) in diesen Prozessen?
- auf welchen Wegen diffundieren – jenseits des klassischen Auftraggeber/Auftragnehmer-Modells – Energieszenarien in die Entscheidungsarenen und in die öffentlichen Debatten? Welche Rollen spielen Netzwerke zwischen Politik, Wissenschaft und Wirtschaft, und welche Rollen übernehmen die Medien?
- was lässt sich über die Rezeption von Energieszenarien sagen? In welcher Weise gehen die Nutzer (Politik, Wirtschaft) mit der Komplexität der Szenarien um? In welcher Weise wird diese in den Massenmedien transportiert oder wird krude „Komplexitätsreduktion“ von Szenarien hin zu Prognosen betrieben?
- wie werden Energieszenarien massenmedial kommuniziert und welche Wirkungen haben sie in der Strukturierung öffentlicher Debatten zur Energiepolitik? Können demokratietheoretisch motivierte Erwartungen einer Unterstützung demokratischer Zukunftsdebatten durch Energieszenarien bestätigt werden?
- gibt es in der Rezeption und Nutzung von Energieszenarien kulturelle Unterschiede, z. B. zwischen USA, Asien und Europa?

Der Wissensstand zu den einzelnen Stationen des Lebenswegs von Energieszenarien ist sehr unterschiedlich, Während Energieszenarien an vielen Stellen „konstruiert“ werden (Dieckhoff 2009) und entsprechend das Wissen in relativ hohem Maße vorhan-

den ist, sieht es bei Verfahren einer rationalen Bewertung schon deutlich schlechter aus (vgl. die Kritik am Vorgehen der MEX-Vergleiche oben), und für die realen Folgen der Nutzung von Energieszenarien ist kaum etwas Belastbares zu sagen. Der letztere Bereich ist vorwiegend durch normative Erwartungen gekennzeichnet, während empirisch so gut wie nichts bekannt ist.

Abbildung 4: Der in dem Helmholtz-Kolleg „Energieszenarien“ verfolgte Forschungsansatz



Quelle: Grunwald 2011, S. 21

Das ist jedoch nur ein Teil der hier interessierenden Forschungsfragen. Denn, wie zu Beginn ausgeführt, erscheint es vom Standpunkt eines Nutzers von Energieszenarien in Politik, Wirtschaft oder Wissenschaft als die wichtigste Herausforderung, in der großen Vielfalt der Energieszenarien die „passenden“ – was immer das heißen mag und wie problematisch es aus manchen Perspektiven auch aussehen mag – zu identifizieren. Damit erweist sich in dieser problemorientierten Sicht die rationale Bewertung von Energieszenarien als der zentrale Ort, an dem verschiedenes zusammen kommen muss:

- Wissen über die Gehalte der Energieszenarien, d. h. Wissen über ihre Ingredienzien inklusive der Unsicherheiten, Werte und Nichtwissensbestände;
- Wissen über die möglichen oder erwartbaren Folgen im Nutzungskontext und
- Wissen über adäquate Bewertungsverfahren und ihre Kriterien.

Diese Situation motiviert die Forderung nach einem phasenübergreifenden Blick auf Energieszenarien (Abb. 4). Für die Phase der Bewertung ist es evident, dass Wissen über alle Phasen erforderlich ist. Alle Personen, die vergleichende Bewertungen von Szenarien durchführen, ob in der wissenschaftlichen Politikberatung, in Stabsabteilungen der Wirtschaft oder auch Journalisten können ihre Bewertungen, jedenfalls wenn Mindeststandards von Rationalität (also Nachvollziehbarkeit, Nicht-Beliebigkeit und Transparenz) angelegt werden, nur durchführen, wenn sie Wissen über den gesamten Lebensweg von Energieszenarien haben.

Aber auch bereits in der Konstruktion über die kommenden Bewertungen und ihre Kriterien zu wissen, oder mögliche Rezeptionsgeschichten antizipieren zu können, kann in der Phase der Konstruktion eine wesentliche Information sein, die die Auslegung von Energieszenarien beeinflussen kann. Und Nutzer, die in der letzten Phase des Lebenswegs mit Szenarien arbeiten, sollten über deren erkenntnistheoretische Grundlagen und substantielle Prämissen etc. soweit informiert sein, dass sie reflektiert mit den Szenarien umgehen können.

In der Summe heißt dies, dass in einer problemorientierten Sicht alle Teilnehmer am Lebensweg von Energieszenarien auch gewisses Grundwissen über die jeweils anderen Elemente des Lebenswegs haben sollten. Nur so lassen sich „blinde Flecke“ und Einseitigkeiten vermeiden. Der Preis ist allerdings, dass die Zusammenschau der unterschiedlichen Elemente des Lebenswegs nur interdisziplinär möglich ist, was bekanntlich immer eine gewisse Mühe erfordert. Diesen Preis auf sich zu nehmen hat das Helmholtz-Kolleg „Energieszenarien: Konstruktion, Bewertung und Auswirkungen (Abb. 4) zugesagt, das in 2012 seinen Betrieb aufgenommen hat.

Literatur

- Bechmann, G. (1994): Frühwarnung – die Achillesferse der TA? In: Grunwald, A., Sax, H. (Hg.): Technikbeurteilung in der Raumfahrt. Anforderungen, Methoden, Wirkungen. Berlin, S. 88-100
- Bechmann, G. (2007): Die Beschreibung der Zukunft als Chance oder Risiko? Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 16, S. 24-31
- Brown, N., Rappert, B., Webster, A. (Hg.) (2000): Contested Futures. A sociology of prospective techno-science. Burlington/Ashgate
- Coenen, R., Grunwald, A. (Hg.) (2003): Nachhaltigkeitsprobleme in Deutschland. Analysen und Lösungsstrategien. Berlin
- Dieckhoff, C. (2009): Modelle und Szenarien. Die wissenschaftliche Praxis der Energiesystemanalyse. In: Möst, D., Fichtner, W., Grunwald, A. (Hg.): Energiesystemanalyse. Universitätsverlag Karlsruhe 2009, S. 49-60
- Goodman, N. (1988): Tatsache Fiktion Voraussage. Frankfurt a. M.. Ersterscheinung: Fact Fiction Forecast (1954)

- Grunwald, A. (2000): Handeln und Planen. Philosophische Planungstheorie als handlungstheoretische Rekonstruktion. München
- Grunwald, A. (2007): Orientierungsbedarf, Zukunftswissen und Naturalismus. Das Beispiel der „technischen Verbesserung“ des Menschen. Deutsche Zeitschrift für Philosophie 55 (2007) 6, S. 949-965
- Grunwald, A. (2008): Auf dem Weg in eine nanotechnologische Zukunft. Philosophisch-ethische Fragen. Freiburg
- Grunwald, A. (2011): Der Lebensweg von Energieszenarien – Umriss eines Forschungsprogramms. In: Dieckhoff, C., Fichtner, W., Grunwald, A., Meyer, S., Nast, M., Nierling, L., Renn, O., Voß, A., Wietzel, M. (Hg.): Energieszenarien. Konstruktion, Bewertung und Wirkung – „Anbieter“ und „Nachfrager“ im Dialog. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, S. 11-24
- Habermas, J. (1973): Wahrheitstheorien. In: Fahrenbach, H. (Hg.): Wirklichkeit und Reflexion. Walther Schulz zum sechzigsten Geburtstag. Pfullingen, S. 211-265
- Habermas, J. (1988): Theorie des kommunikativen Handelns. Frankfurt a. M.
- Heinloth, K. (2003): Die Energiefrage. Bedarf und Potentiale, Risiken und Kosten. Vieweg
- Janich, P. (2001): Logisch-pragmatische Propädeutik. Vehrbrück
- Kamlah, W. (1973): Philosophische Anthropologie. Sprachkritische Grundlegung und Ethik. Mannheim
- Knapp, H.-G. (1978): Logik der Prognose. Freiburg/München
- Lorenzen, P. (1987): Lehrbuch der konstruktiven Wissenschaftstheorie. Mannheim
- Luhmann, N. (1997): Die Gesellschaft der Gesellschaft. Frankfurt a. M.
- Markewitz, P., Stein, G. (Hg.): Das IKARUS-Projekt. Energietechnische Perspektiven für Deutschland. Jülich 2003
- MEX I (1999): Modellexperiment – Forum für Energiemodelle und Energiewirtschaftliche Systemanalysen in Deutschland (Hg.): Energiemodelle zum Klimaschutz in Deutschland – Strukturelle und gesamtwirtschaftliche Auswirkungen aus nationaler Perspektive. Heidelberg
- MEX II (2002): Modellexperiment -Forum für Energiemodelle und Energiewirtschaftliche Systemanalysen in Deutschland (Hg.): Energiemodelle zum Kernenergieausstieg in Deutschland – Effekte und Wirkungen eines Verzichts auf Strom aus Kernkraftwerken. Heidelberg
- MEX III (2004a): Modellexperiment -Forum für Energiemodelle und Energiewirtschaftliche Systemanalysen in Deutschland (Hg.): Energiemodelle zum Klimaschutz in liberalisierten Energiemärkten – Die Rolle erneuerbarer Energieträger. Münster
- MEX IV (2004b): Modellexperiment -Forum für Energiemodelle und Energiewirtschaftliche Systemanalysen in Deutschland (Hg.): Energiemodelle zum Klimaschutz in liberalisierten Energiemärkten – Der Beitrag der deutschen Energiewirtschaft. Münster: Lit-Verlag, 2004.
- MEX V (2005): Modellexperiment -Forum für Energiemodelle und Energiewirtschaftliche Systemanalysen in Deutschland (Hg.): Ansätze zur Modellierung von Innovation in der Energiewirtschaft. Berlin
- Möst, D., Fichtner, W., Grunwald, A. (Hg.) (2009): Energiesystemanalyse. Tagungsband des Workshops „Energiesystemanalyse“ vom 27. November 2008 am KIT Zentrum Energie, Karlsruhe. Universitätsverlag Karlsruhe
- Möst, D./Fichtner, W. (2009): Einführung zur Energiesystemanalyse. In: Möst, D., Fichtner, W., Grunwald, A. (Hg.): Energiesystemanalyse. Universitätsverlag Karlsruhe, S. 11-32

Nitsch, J., Rösch, C. (2002): Perspektiven für die Nutzung regenerativer Energien. In: Grunwald, A., Coenen, R., Nitsch, J., Sydow, A., Wiedemann, P. (Hg.): Forschungswerkstatt Nachhaltigkeit. Berlin, S. 297-319

Picht, G. (1971): Prognose Utopie Planung. Stuttgart

Technikzukünfte in der Energiewende – mehr als Zukünfte der Energietechnik

1 Einleitung und Überblick

Technik prägt die Geschichte der Energiegewinnung. Ohne die Dampfmaschine hätte sicher die Industrielle Revolution so nicht stattgefunden, und ohne den raschen Siegeszug der fossilen Energieträger, z.B. in Verbrennungsmotoren und Großkraftwerken, wäre die moderne Industriegesellschaft nicht vorstellbar. Die Kernenergie galt in den 1950er und 1960er Jahren als Schlüssel zum Energieparadies, als Verheißung einer praktisch unbegrenzten und immer preisgünstiger werdenden Energieverfügbarkeit. Heute sind es die erneuerbaren Energien, mit denen gelegentlich dieser Traum weitergeträumt wird. Die Sonne stellt keine Rechnung, schreibt Franz Alt, erneuerbare Energien erneuern sich, wie es schon der Name sagt und damit den Anschein erzeugt, wohl unbegrenzt verfügbar zu sein. Auch die Fusionsenergie, wenngleich ihre technische Machbarkeit weiterhin erst demonstriert werden muss, verspricht eine sichere und saubere Energiezukunft. Allerdings hat sich bislang immer wieder gezeigt, dass die weit reichenden Versprechungen entweder nicht eingetreten sind oder dass nicht nur begrenzte Ressourcen, sondern auch nicht intendierte Folgen für die natürliche Umwelt, aber auch gesellschaftlicher Widerstand, der Nutzung Grenzen gesetzt haben. Es gehört zum Geschäft der Technikfolgenabschätzung (Grunwald 2010), der Energiesystemanalyse (Möst et al. 2009) und der reflektierenden Wissenschaften, Technikzukünften im Energiebereich nicht unkritisch hinterher zu laufen, sondern sie unvoreingenommen im Hinblick auf ihre Voraussetzungen und Implikationen zu prüfen.

Die Energiewende, die Hoffnung auf nachhaltigere Energieversorgung, der Wechsel von Kohle, Öl, Gas und Uran auf erneuerbare Energieträger sind Folgen von Enttäuschungen hinsichtlich älterer Technikzukünfte im Energiebereich. Angesichts des beschleunigten Kernenergieausstiegs und der politischen Bestrebungen einer weit reichenden Verringerung des Anteils fossiler Energieträger wird sich das System der Energieversorgung in Deutschland und sicher auch in vielen anderen Ländern drastisch ändern. Heute machen fossile und nukleare Energieträger zusammen rund 85 % der Primärenergieversorgung aus. Bis zum Jahre 2022 sollen die Kernkraftwerke abgeschaltet werden, bis 2050 der Anteil fossiler Energieträger auf maximal 20 % sinken. Diese Transformation des Energiesystems macht einen *dramatischen Umbau der Infrastruktur erforderlich*. Es reicht nicht, die hinter der Energieinfrastruktur stehen-

den Bereitstellungstechnologien wie Kohle- oder Kernkraftwerke durch erneuerbare Energiequellen zu ersetzen. Vielmehr wird die technische Umstellung mit erheblichen Veränderungen für die Gesellschaft verbunden sein. Der Erfolg der Energiewende hängt nicht nur von technischen, sondern auch von nicht-technischen Faktoren ab, wie dieser Beitrag verdeutlichen will. Technikzukünfte sind zwar, wie eingangs in diesem Band gesagt, *grundsätzlich* nie nur Zukünfte der Technik, sondern Zukünfte von Konstellationen aus Technik und Gesellschaft. Dies zeigt sich im Feld der Energieinfrastrukturen jedoch in besonders deutlicher Form. Das Ziel dieses Beitrages ist, dieser besonderen Ausprägung nachzuspüren.

Zu diesem Zweck werden zunächst der Begriff der Energiewende und seine gegenwärtige Verwendungsweise in der politischen und öffentlichen Debatte kritisiert (Kap. 2). Die Transformation des Energiesystems bedarf sodann einer Klärung, was unter ‚Energiesystem‘ und ‚Transformation‘ konkreter zu verstehen ist. Dies erfolgt mittels der grundlegenden konzeptionellen Beschreibung des Energiesystems als sozio-technisches System (Kap. 3), mittels derer die Aufgabe der Transformation (Kap. 4) und die Rollen der Technikzukünfte darin (Kap. 5) präziser bestimmt werden können.

2 Energiewende – Umsturz oder sanfte Transformation?

Unter der Energiewende versteht man heute in Öffentlichkeit und Politik, teils auch in der Wissenschaft, allgemein die energiepolitische Umsteuerung, die nach der Katastrophe von Fukushima 2011 in Deutschland beschlossen wurde: rascher Ausstieg aus der Kernenergie bis 2022, erhebliche Effizienzsteigerung in allen Prozessen der Energieumwandlung und -nutzung sowie schneller Ausbau der erneuerbaren Energieträger. Dabei kommt die Vorgeschichte in mindestens doppelter Weise zu kurz. Vergessen scheint *erstens* zu sein, dass dies auf der politischen Bühne bereits die dritte Energiewende in zehn Jahren ist: schon 2001 wurde der Ausstieg aus der Kernenergie beschlossen, damals bis zum Jahr 2024. In 2010 kam dann die zweite Energiewende: erhebliche Laufzeitverlängerung für die Kernkraft, allerdings in der Absicht, diese nur als ‚Brückentechnologie‘ bis zum Einstieg in das Zeitalter der erneuerbaren Energien zu nutzen. Wie bekannt ist, hatte diese Wende nur eine kurze Lebenszeit von wenigen Monaten, bis sie von den Ereignissen in Japan überholt wurde, jedenfalls in der deutschen Energiepolitik.

Zweitens jedoch, und dies greift weitaus länger in die Vergangenheit zurück, gibt es eine ausgedehnte Vorgeschichte der Energiewende im heutigen Verständnis. Sie geht zurück bis in die 1970er Jahre, in die Zeit der beiden Ölkrisen und der beginnenden Anti-Atom-Bewegung, für die z. B. die großen Demonstrationen gegen das geplante Kraftwerk Wyhl stehen. Bis dahin, also in die Zeit weit vor der Klimadebatte, reicht die Energiewende letztlich zurück. Zentrale Fragen wie die nach der Abhängigkeit von fos-

silien Energieträgern, sowohl in geopolitischer Hinsicht als auch angesichts ihrer Endlichkeit – die ‚Grenzen des Wachstums‘ des Club of Rome wurden 1972 publiziert –, ihrer Risiken und der teils mangelnden Akzeptanz, aber auch eine mögliche Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energieträger wurden bereits damals thematisiert. Ein Meilenstein dieser Vorgeschichte war die Enquete-Kommission „Zukünftige Kernenergiepolitik“ des Deutschen Bundestages Ende der 1970er und Anfang der 1980er Jahre. Diese hat zum ersten Mal systematisch und öffentlichkeitswirksam eine *Pluralität von Energiezukünften* in Form von vier Pfaden möglicher Entwicklung erarbeitet. Damit wurden die vermeintlichen technischen Sachzwänge aufgebrochen und die Entscheidung über die Zukunft der Energieversorgung dem politischen Raum und damit den gesellschaftlichen Mehrheits- und Kräfteverhältnissen überantwortet. Das folgende Zitat von der Homepage des Deutschen Bundestages lässt die Vorzeichen der heutigen Energiewende, aber auch die damaligen Konflikte, die teils auch noch die heutigen sind, deutlich erkennen:

„Der Bericht, den die Kommission im Juni 1980 zum Ende der Legislaturperiode als ‚Zwischenstand der Arbeit‘ vorlegte, sorgte für Zündstoff zwischen Koalition und Opposition. Die Mehrheit der Kommissionsmitglieder war darin zu dem Ergebnis gekommen, die Nutzung von Atomenergie sei nicht unbedingt notwendig; bei Verringerung des Energiebedarfs und einem Ausbau von alternativen Energien sei ein Ausstieg möglich. Zudem empfahl das Gremium, bis zum Jahr 1990 keine endgültige Entscheidung für oder gegen Atomkraft zu treffen, sondern beide Optionen offen zu halten. Ein Ergebnis, das die CDU/CSU-Fraktion heftig kritisierte: Der Kompromiss, so Lutz Stavenhagen, verberge vor den Bürgern die wirklichen Positionen der Kommissionsmehrheit. Zudem sei der Ausbau regenerativer Energien um ein zehnfaches ‚unrealistisch‘ – und ein ‚totaler Energiesparstaat‘ den Bürgern dazu nicht vermittelbar“ (<http://www.bundestag.de/>).

In den 1980er und 1990er Jahren kam es zu einem allmählich erstarkenden Umweltbewusstsein in weiten Teilen der Bevölkerung und einer größeren Relevanz von Umweltthemen in allen politischen Parteien. In Bezug auf die Energieversorgung begannen Vorreiter, alternative Lösungen zu erproben. Diese wurden zunächst häufig belächelt. Im Zuge der Unterstützung des Ausbaus erneuerbarer Energieträger durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und seine Vorläufer begann sich dies jedoch zu ändern. Bürgerbeteiligung an Windparks, Biogasanlagen auf Bauernhöfen und Solarzellen auf vielen Häusern sind die deutlich sichtbaren Anzeichen dieser Diffusion zentraler Gedanken der heutigen Energiewende in weite Teile der Bevölkerung.

Man sollte diese Historie nicht vergessen. Denn sie macht deutlich, dass es keineswegs nur das letztlich irgendwie ja auch zufällige Ereignis von Fukushima war, das zur Energiewende führte. Die starke, später dann auch mehrheitliche Ablehnung der Kern-

energie in der Bevölkerung reicht mindestens bis zu dem GAU von Tschernobyl 1986, wenn nicht bis in die 1970er Jahre zurück und zeigte sich z. B. noch darin, wie schwer es für die schwarz-gelbe Koalition 2010 war, die Laufzeitverlängerung 2010 durchzusetzen. Auch die Überzeugung, dass eine Umsteuerung zu einer nachhaltigeren Energieversorgung aus Umwelt, Ressourcen- und Klimagründen notwendig sei, hatte lange vor Fukushima breite Zustimmung erreicht. Fukushima war nur der Tropfen, der das Fass zum Überlaufen brachte.

Angesichts dieser relativen Kontinuität erscheint der Ausdruck „Wende“ einerseits eher unpassend. Die technisch-infrastrukturellen Entwicklungen, die benötigt werden, spielen seit langem eine wichtige Rolle in vielen Forschungs- und Demonstrationsprojekten. Betrachtet man dagegen die tiefgreifende Transformation, die im politischen und gesellschaftlichen Bereich erforderlich werden wird, um die Energiewende zu vollziehen, erscheint der Begriff dann doch wieder treffend, auch wenn zurzeit dieser Aspekt wenig thematisiert wird. Energiewende heißt, und das ist das zentrale Thema dieses Beitrages, nicht einfach die Ersetzung alter Technik durch neue. Das muss zwar *auch* sein, ist aber nur Teil der Energiewende. Die über Jahrzehnte etablierten Akteurskonstellationen, Organisationsformen und Geschäftsmodelle im Energiebereich, aber auch viele Gewohnheiten müssen ebenfalls transformiert werden, was zu erheblichen Änderungen für die Akteure selbst, die Energieversorger, die Regulierer, die Nutzer des Energiesystems und für die Bürger führen wird. Der Begriff Energiewende trifft also aus heutiger Sicht insbesondere dann zu, wenn man die anstehende Transformation als *gesellschaftlichen Prozess* und nicht nur als rein technische Angelegenheit begreift, in der Kernkraftwerke durch Windenergieanlagen oder Photovoltaik ersetzt werden. Dementsprechend haben Technikzukünfte hier eine andere Bedeutung als nur die zukünftigen Technologien der Energiebereitstellung, des Transports, der Speicherung und Nutzung betreffend: sie sind sowohl Medium eines Selbsttransformationsprozesses der Gesellschaft wie auch Teil der Realisierung dieser Selbsttransformation. Damit stehen sie im Zentrum der gesellschaftlichen Selbstverständigung und der damit verbundenen Debatten über die weitere Entwicklung im Energiebereich.

3 Energie-Infrastrukturen als soziotechnische Systeme

In Ingenieur- und Technikwissenschaften wird das Energiesystem meist als ein rein technisches System beschrieben. Die Energiesystemanalyse geht etwas weiter und bettet das ‚technische‘ Energiesystem in ökonomische Konstellationen ein (Möst et al. 2009). An dieser Stelle soll jedoch, dem Programm der Helmholtz-Allianz „Zukünftige Energieinfrastrukturen“ (ENERGY-TRANS; <http://www.energy-trans.de>) folgend, das Energiesystem als *sozio-technisches* System verstanden werden – eine Perspektivverschiebung, für die es gute Gründe gibt.

3.1 Infrastrukturen als technologische Texturen

Die großen Infrastrukturen moderner Gesellschaften prägen soziale Abläufe im Lebensalltag (Energieversorgung in Gebäuden, Tankstellen, Telefonnetze, Informationsversorgung, Verkehr, Wasser ...), bestimmen komplexe Wertschöpfungsketten (z. B. in Finanzwirtschaft und Energiewirtschaft) und beeinflussen die öffentliche Meinungsbildung (z. B. über soziale Netzwerke und politische Kommunikation im Internet). Infrastrukturen sind nicht nur Konstellationen technischer Artefakte, sondern sind mit sozialen, wirtschaftlichen und kulturellen Verhältnissen eng verknüpft. An ihnen entlang und um sie herum entwickeln sich langlebige und teils nur schwer veränderbare Verhaltensgewohnheiten, ökonomische Konstellationen und kulturelle Muster.

Damit sind Infrastrukturen nicht einfach Kabel, Straßen oder Rohre, verbunden durch Koppel- und Steuerungselemente, sondern *sozio-technische Systeme* (Ropohl 1979), die eine technische (Maschinen, Leitungen, Schnittstellen etc.) und eine gesellschaftliche Komponente (Management, Governance, Nutzung, Akzeptanz etc.) haben. Die zuverlässige und bedarfsgerechte Funktionsweise solcher Systeme hängt entscheidend vom guten Zusammenspiel beider Seiten ab. Sie können nur dann ihre Zwecke erfüllen, wenn Angebot und Nachfrage aufeinander abgestimmt sind, wenn sie von Menschen funktionsgerecht genutzt werden, wenn sie sich in die bestehenden Routinen funktionierender gesellschaftlicher Abläufe einordnen lassen und wenn sie keine unzumutbaren Nebeneffekte erzeugen.

In der Regel sind die großen Infrastrukturen der Moderne historisch gewachsen. Teils erfolgte dies über längere Zeiträume hinweg wie das europäische Eisenbahnnetz im 19. und das Straßenverkehrsnetz im 20. Jahrhundert. Die Infrastrukturen des digitalen Zeitalters wie Mobiltelefonnetze und ‚Datenautobahnen‘ entstanden demgegenüber in kürzeren Zeiträumen. In allen Fällen jedoch können Infrastrukturen als Paradebeispiel für eine Ko-Evolution von Technik und Gesellschaft (Rip 2007) angesehen werden: die Nachfrage nach infrastrukturell bereit gestellten Leistungen regt die Technikentwicklung an; einmal installiert, wirken Infrastrukturen auf die Gesellschaft zurück, zwingen sie teils zur Anpassung und verändern sie damit. Beispielsweise regt der Bau, ja bereits die Planung neuer Verkehrsinfrastrukturen die Immobilienbranche an, wenn es z. B. um die Vereinbarung des ‚Wohnens im Grünen‘ mit dem Arbeiten in einem Ballungszentrum geht. Diese Effekte machen intentionale Gestaltung nicht leichter: um zukünftige Infrastrukturen zu gestalten bzw. bereits existierende umzugestalten, bedarf es neben der technischen Kompetenz auch der Einsicht in organisatorische und gesellschaftliche Verhältnisse wie z. B. politisch-rechtliche Rahmenbedingungen, ökonomische Randbedingungen, organisatorische und institutionelle Steuerungsfähigkeit, individuelle und soziale Verhaltensmuster, ethische Bewertungskriterien und Akzeptanzmuster.

Im technikphilosophischen Kontext wurde vorgeschlagen, mit der Gesellschaft eng verbundene Technik als ‚technologische Texturen‘ zu verstehen (Grunwald/Julliard 2005 basierend auf Julliard 2003), was sich aus der bislang erfolgten Charakterisierung heraus besonders für Infrastrukturen anbietet. Dabei werden sozio-technische Systeme als eine Textur von Handlungsmöglichkeiten und materiellen, sowie sozialen Techniken interpretiert. Die Metapher der Textur deutet darauf hin, dass es sich um ein Geflecht von Interdependenzbeziehungen zwischen gesellschaftlichen Praxen und Techniken mit verschiedenen Verknüpfungspunkten handelt. Metaphorisch gesprochen besteht die Einführung neuer Techniken im Einknüpfen eines neuen Fadens in das bereits bestehende Gewebe der technologischen Textur (‚Verwebung‘, Julliard 2003). Dieses Einknüpfen erfolgt nach und nach durch die Schaffung von Verknüpfungen sowohl mit bestehender Technik als auch mit eingeübter gesellschaftlicher Praxis. Dabei entstehen neue Muster und neue Anknüpfungspunkte für weitere zukünftige Veränderungen. Nach erfolgreicher Verwebung wird eine Modifikation von Techniken und Infrastrukturen umso aufwändiger, je mehr sie in gesellschaftliche Vollzüge eingebunden sind. Bei Infrastrukturtechniken – und darum geht es ja hier – kann die Verwebung so weit gehen, dass ihre Herauslösung aus der gesellschaftlichen Praxis kaum noch oder gar nicht mehr möglich ist, ohne die Existenz- und Reproduktionsbedingungen der Gesellschaft ernsthaft zu gefährden.

Infrastrukturtechnologien treten uns somit nicht als Artefakte in einer klassischen Subjekt/Objekt-Konstellation gegenüber, wie etwa eine Waschmaschine ihrem Benutzer. Stattdessen bilden sie in ihrer Gesamtheit die künstlich geschaffene Umwelt für Mensch und Gesellschaft und damit so etwas wie die ‚Zweite Natur‘ des Menschen. Während frühere Gesellschaftsformen sich stark an den Möglichkeiten, Grenzen und Regelmäßigkeiten der ‚Ersten Natur‘ angewiesen waren und in dieser versuchten sich einzurichten, werden die individuellen und kollektiven Lebensvollzüge in modernen Gesellschaften durch die Randbedingungen der kulturell und technisch erzeugten ‚Zweiten Natur‘ bestimmt. Diese ist von Infrastrukturtechnologien durchsetzt, in denen wir uns wie in einem ‚nahtlosen Gewebe‘ (seamless web, Schwarz 1992) bewegen. Die metaphorische Nutzung der Begriffe von Geflecht, Gewebe und Textur macht die enge Verbundenheit von Technik und gesellschaftlichen Vollzügen auf allen Ebenen deutlich. Es geht nur noch vordergründig um Windräder, Biogasanlagen oder Hochspannungsleitungen. Diese technischen Artefakte als Elemente der Energieinfrastruktur sind nur der besonders sichtbare Ausdruck dessen, dass sich modernes Leben *im Medium der Technik* abspielt (Hubig 2006).

3.2 Energieinfrastrukturen als sozio-technische Systeme

Eigentlich benötigt die Gesellschaft weder Kraftwerke noch Solarzellen noch Hochspannungsleitungen *als solche*, sondern Steckdosen und Tankstellen, aus denen si-

cher, verlässlich und zu vernünftigen Preisen Energie der gewünschten Form entnommen werden kann. Die komplexen, vor allem technischen und logistischen Systeme, die sich hinter den Steckdosen und Tankstellen befinden, sind aus Sicht der Verbraucher nicht interessant, solange sie die gewünschten Dienst- und Versorgungsleistungen erbringen und ansonsten nicht weiter ‚stören‘. Insbesondere sind sie austauschbar, solange die Verbraucher den Austausch gar nicht bemerken. Die kurzzeitige Faszination der Treibstoffgewinnung aus Biomasse (‚Sprit vom Acker‘ statt ‚Erdöl vom Scheich‘), mittlerweile längst Vergangenheit, verdankte sich sicher teilweise der naiven Vorstellung, dass auf diese Weise eine Energiewende im Mobilitätsbereich möglich würde, die die Autofahrer in ihrem Alltag vielleicht gar nicht bemerken würden. Woher der Stoff letztlich kommt, der an Tankstellen in den Tank des eigenen Autos gefüllt wird, ist für viele Endverbraucher unerheblich, solange die Versorgungssicherheit gewährleistet ist, die Qualität stimmt und der Preis im Rahmen bleibt. Die Bereitstellungs- und Verteilungstechnologien „hinter“ den Tankstellen und Steckdosen sind damit nur *Mittel zum Zweck*, nicht der Zweck selbst. Sie interessieren ‚uns‘ als Nutzer des Energiesystems vielfach nur, wenn sie entweder nicht funktionieren oder in irgendeiner Form ‚stören‘, d. h. wenn sie Emissionen verursachen, die Landschaft verschandeln oder Umweltschäden und Gesundheitsrisiken verursachen.

Dieser Gedanke könnte die Annahme nahelegen, dass das Energiesystem nichts anderes als Technik ist, eine große Maschinerie, die eben, so wie es häufig unterschiedliche technische Mittel zu denselben Zwecken gibt, durch eine andere und hoffentlich bessere Maschinerie ersetzt werden könne. In dieser Perspektive wäre die Energiewende ein technisches Projekt: der Ersatz einer traditionellen ‚Maschinerie‘ durch eine andere und ‚nachhaltigere‘, möglichst so, dass die Verbraucher es nicht bemerken.

Auf der Basis der allgemeinen Überlegungen im vorigen Kapitel lässt sich demgegenüber rasch zeigen, dass dieses zu einfach, ja irreführend ist. Vielmehr ist bereits das *bestehende* Energiesystem in hohem Maß ein sozio-technisches System (Ropohl 1979), und in einem nach Maßgabe der deutschen Energiewende entstehenden zukünftigen Energiesystem muss das ‚sozio‘ noch stärker betont werden. Bevor diese These näher begründet wird, sei auf ihre Konsequenzen hingewiesen: wenn sie zutrifft, dann ist die Energiewende eben keine Substitution von alter durch neue Technik, sondern ein Stück *Selbsttransformation der Gesellschaft* (Kap. 4).

Das jetzige Energiesystem besteht in technischer Hinsicht aus Kraftwerken verschiedenster Art, Hochspannungsleitungen, Verteilnetzen, Umspannstationen, Speicherkraftwerken, Erdölraffinerien, Pipelines, Großtankern, Förderanlagen für Öl, Gas und Kohle, Tagebau für Uran und Braunkohle, um nur einige Elemente zu nennen. An der Schnittstelle zum Verbraucher liegen vor allem die bereits genannten Tankstellen und Steckdosen. Bereits die Aufzählung der genannten technischen Elemente macht

deutlich, dass ein darauf aufbauendes Infrastruktursystem nicht rein technisch funktionieren kann. Es liegt auf der Hand, dass eine Fülle von ‚sozio‘-Anteilen hinzukommen muss. Einige Beispiele sind: der internationale Handel mit Öl, Gas und Kohle bedarf kooperativer vertraglicher Regelungen, ziviler politischer Rahmenbedingungen und funktionierender staatlicher Autoritäten;¹ die energetische Nutzung der Kernkraft ist gegen den (teils erbitterten) Widerstand großer Bevölkerungsteile nicht auf Dauer möglich, wie das deutsche Beispiel zeigt, obwohl nur wenige Menschen in direkter Nähe zu Kernkraftwerken wohnen; die Idee, das Kohlendioxidproblem bei neuen Kohlekraftwerken an der Wurzel zu behandeln, also das Gas im Kraftwerk abzuscheiden und unterirdisch zu verpressen (CCS-Technologie), ist wenigstens in Deutschland vorläufig am Widerstand möglicherweise betroffener Regionen gescheitert; komplexe Kraftwerke, insbesondere Kernkraftwerke bedürfen komplexer Bedienung, Wartung, kompetenter und verantwortungsvoller Bedienmannschaften, unabhängiger Überwachung sowie eines adäquaten Krisenmanagements für den Fall der Fälle – letzteres war ein Problem im Fall des Reaktorunglücks in Tschernobyl 1986, die unabhängige Überwachung ein Defizit im Fall der Havarie in Fukushima 2011; auch der Normalbetrieb ist durchzogen von ‚sozio‘-Anteilen: an den Strombörsen wird Handel getrieben und werden Preise beeinflusst, Manager und Ingenieure entscheiden im Zusammenwirken mit technischen Steuerungselementen über das Herunter- oder Hochfahren von flexiblen Kraftwerkselementen oder über den Einsatz von Pumpspeicherkraftwerken; über politisch festgelegte Beimischungsverordnungen entsteht ein Treibstoff namens E10 und führt zu gesellschaftlichen Debatten, Wertschöpfungsketten verändern sich mit dem zunehmenden Einzug des Internet in die Energiewelt, Stadtwerke und Energieversorgungsunternehmen bieten den Verbrauchern neue Tarife oder auch neue Tarifmodelle an.

Nur im letzt genannten Bereich können Verbraucher bislang diese vielfältigen sozio-technischen Verknüpfungen *aktiv* wahrnehmen und sich z. B. für unterschiedliche Anbieter und unterschiedliche Tarife entscheiden, und das auch erst seit den Jahren der Deregulierung und Liberalisierung des Stromsystems. Dass nach wie vor der Eindruck vorherrscht, das Energiesystem sei ein technisches System und die Energiewende ein (zumindest vorwiegend) technisches Problem, dürfte auch damit zusammenhängen, dass Verbraucher von den Vorgängen ‚hinter der Steckdose‘ bzw. ‚hinter der Tankstelle‘ weitgehend abgeschirmt waren und sind, keinen aktiven Einfluss hatten und haben sowie bestenfalls über die Nachrichten im Fernsehen oder anderen Massenmedien von Ereignissen Kenntnis erhielten und erhalten, die Einfluss auf die Sicherheit ihrer Energieversorgung oder die Kosten haben könnten. Dieser Sachverhalt, dass die Welten ‚vor‘ und ‚hinter‘ Steckdose und Tankstelle als getrennte Welten erschienen und vielfach noch erscheinen, verdeckt den Blick für ‚sozio-technische‘ Aspekte

1 Die beiden Ölkrisen 1973 und 1980 haben deutlich und fühlbar die Folgen adverser politischer Konstellationen gezeigt.

an der Welt ‚hinter‘ Steckdose und Tankstelle. In gewisser Weise ist dies vielleicht sogar das versteckte Ideal aller Infrastrukturen: die Verbraucher nehmen die Dienstleistungen in Anspruch, die ‚vom System‘ zuverlässig bereitgestellt werden, ohne sich um die Welt ‚hinter‘ den Schnittstellen zum System kümmern zu müssen. So gesehen wäre eine vollständige Trennung beider Welten, emphatisch gesprochen, *die* infrastrukturelle Utopie.²

Auf dem Weg zur Realisierung dieser Utopie ist Deutschland im Energiebereich recht weit gekommen. Ausfälle im Stromnetz kommen praktisch nicht vor. Strom kann dem Netz jederzeit in (praktisch) beliebiger Menge in gleich bleibender Qualität entnommen werden. Unterschiedliche Lastgänge, die vom Verbraucherverhalten verursacht werden, werden vom System abgepuffert. Übertragen auf Treibstoffe für Mobilität gilt ähnliches. Dass einmal eine Tankstelle ‚ausverkauft‘ ist, dürfte man in Deutschland in den letzten Jahrzehnten kaum je erlebt haben. So gesehen ist die Energiewelt in Deutschland aus Sicht des Verbrauchers, sieht man einmal von Klagen über steigende Preise ab, eine komfortable, fast ideale Welt.

Aber das wird nicht so bleiben. Der Anteil des ‚sozio‘ am zukünftigen Energiesystem wird steigen. Dies liegt zum einen an notwendigen Veränderungen im Bereich ‚hinter der Steckdose‘. Fluktuierende Energieträger müssen integriert werden, und das bedeutet nach Kap. 3.1 eine ‚Verwebung‘ mit existierenden Strukturen. Diese ‚Verwebung‘ ist teils eine technische, aber eben nicht nur. Neue Akteure, vor allem viele kleine in das Netz einspeisende Anbieter müssen über Regeln, Verträge, Abmachungen über Rechte und Pflichten, Haftungsfragen etc. sozial und rechtlich ‚verwoben‘ werden. Die Dezentralisierung bringt es mit sich, dass Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten neu verteilt werden müssen: Stadtwerke und lokale Initiativen übernehmen Verantwortung in Bereichen, die bislang eher zentral geregelt waren. Zum anderen jedoch, und dies erscheint als die größere Herausforderung, werden Verbraucher nicht in der rein passiven Rolle als Abnehmer und Zahler von Energiedienstleistungen, die über viele Jahre hinweg die ‚infrastrukturelle Utopie‘ darstellte, verbleiben können. Technisch als ‚Demand Side Management‘ bezeichnet, werden Verbraucher, wenn auch vielleicht nur Großverbraucher, in die Steuerung des Gesamtsystems einbezogen werden müssen, um der fluktuierenden Angebotsseite besser begegnen zu können. Stichworte wie Smart Grid, Smart Home, oder Internet der Energie zielen in der Regel auf die Schaffung und Realisierung von Lastverschiebungen, d. h. auf eine aktive Beeinflussung der Stromnachfrage. Verbraucher werden sich zwischen mehr Optionen und Modellen ihrer Energieversorgung entscheiden können (und müssen!). Wenn es zu einer starken Expansion der Elektromobilität kommt, werden sie neue Handlungsmuster im Alltag ausprägen müssen, da E-Mobile auch bei weiterem Fortschritt der Speichertechnologien sich nicht in wenigen Minuten betanken lassen und auch vollgetankt nicht 600 oder 1000 km weit fahren können. Auch könnte es sein, dass Autobatterien als

2 Dies wäre freilich näher auszuführen, wofür jedoch an dieser Stelle keine Gelegenheit ist.

Zwischenspeicher genutzt werden (Vehicle to Grid) – Autobesitzer könnten ihre Batterie zur Verfügung stellen, dafür finanzielle Anreize erhalten, müssten aber auch auf ein Stück Autonomie verzichten. Anderes hat schon begonnen: wer Solarzellen auf dem Dach hat und Sonnenenergie ins Netz einspeist, ist nicht nur Verbraucher, sondern auch Anbieter, nicht nur Konsument, sondern auch Produzent (wofür das Kunstwort ‚Prosumer‘ steht). Alles in allem, der Luxus, dass Verbraucher sich um die Welt hinter der Steckdose nicht kümmern mussten, lässt sich nicht aufrecht erhalten.

Dies ist jedoch nicht nur der Abschied von einer angenehmen Utopie und keineswegs nur negativ zu sehen. Denn diese Entwicklung bedeutet auch eine Befreiung der Verbraucher aus einer rein passiven Rolle und eröffnet ihnen Mitwirkungs- und Gestaltungsmöglichkeiten – vom passiven und nur zahlenden Endnutzer zum aktiv Mitwirkenden. Um dies als positiv zu sehen und zu nutzen, bedarf es freilich entsprechender Information und der Ausbildung von Kompetenzen auf Seiten der Verbraucher. Hier wird es sicher zu einem neuen Beratungs- und Dienstleistungsmarkt kommen, dessen Anfänge bereits sichtbar sind. Insgesamt muss klar gesehen werden, dass, wenn auch bereits das traditionelle Energiesystem ein sozio-technisches ist, der Aspekt des ‚sozio‘ mit der Energiewende stark wachsende Bedeutung erlangen wird.

Bleibt die Frage, wer und was nun alles zum Energiesystem gehört, wenn dieses als ein sozio-technisches System aufgefasst wird, und wer und was nicht dazu gehört. Diese Frage ist zwar naheliegend, aber nicht wirklich hilfreich. Denn sie zielt auf eine ontologische Abgrenzung des Energiesystems als eines Teilbereichs der Welt von allem, was nicht dazu gehört. Eine solche Trennung auf der Gegenstandsseite ist nach dem Gesagten weder möglich noch sinnvoll. Das Energiesystem ist vielmehr eine spezielle Beschreibung unserer gesamten Gesellschaft, sondern in einer bestimmten Intention und Perspektive sowie unter einem spezifischen Erkenntnisinteresse. Alles kann unter Energieaspekten thematisiert werden, so ist z. B. jeder Mensch ein Energieverbraucher. Aber Menschen sind *nicht nur* Energieverbraucher, sondern nehmen gleichzeitig oder zeitversetzt auch viele andere Rollen ein. Menschen und Institutionen gehören dann zum Energiesystem, wenn sie in ihren Relationen zu Fragen der Energieversorgung interessieren, z. B. als Verbraucher, als Bürger, der sich an einem Windpark beteiligt oder als Mitarbeiter einer Regulierungsbehörde. Für Technik gilt das analog: jede Technik kann unter Energieaspekten betrachtet werden, dann ist sie Teil des Energiesystems – sonst eben nicht. Das Energiesystem hat also keine ontologischen Grenzen und lässt sich nicht auf der Gegenstandsseite situationsinvariant vom ‚Rest der Welt‘ abgrenzen, sondern die Abgrenzung ist eine Frage der Perspektive und damit kontext- und fragestellungsabhängig sowie gebunden an Erkenntnis- und Gestaltungsinteressen. In der gegenständlichen Realität existieren Kabel, Kraftwerke, Öltanker und vieles mehr – das Energiesystem jedoch ist ein Konstrukt des Denkens, nicht ein Gegenstand in der realen Welt. Analog gilt dies zur Bestimmung all dessen, was im Rahmen der Transformation des Energiesystems zu bedenken ist.

4 Transformation des Energiesystems als Lernprozess

Infrastrukturen sind, gerade weil sie so stark mit gesellschaftlichen Praktiken ‚verwoben‘ sind, individuell wie kollektiv, tendenziell widerständig gegen Veränderung. Hier sind vor allem einerseits ‚Trägheiten‘ aufgrund der Gewöhnung an traditionelle Infrastrukturen (z. B. an die das benzin- oder dieselgetriebene Auto tragende Infrastruktur) und die Ausbildung entsprechender ‚Kulturen‘ zu nennen (z. B. der automobilen Mobilitätskultur); andererseits sind ökonomische Interessen der Betreiber und Nutznießer der bestehenden Infrastrukturen (z. B. aufgrund der langen Abschreibungszeiten von Kraftwerken mit teils extrem hohen Investitionskosten) sowie die ganz erheblichen Kosten für die Einrichtung neuer Infrastrukturen (z. B. im Rahmen einer Wasserstoffwirtschaft) von erheblicher, jegliche Transformation erschwerender Bedeutung.

Die Transformation von Infrastrukturen stellt damit sowohl in technischer als auch in gesellschaftlicher Hinsicht eine erhebliche Herausforderung dar. In Industrieländern sind hohe Standards der Energieversorgung erreicht, woran sich die Gesellschaft seit Jahrzehnten gewöhnt hat. Die weitgehende Annäherung an die erwähnte ‚infrastrukturelle Utopie‘ erleichtert nicht gerade eine Transformation, die voraussichtlich zu einer Entfernung von diesem als angenehm empfundenen Zustand führen wird und daher von Vielen als negativ, zumindest aber als ambivalent wahrgenommen werden kann. Die seit einiger Zeit laufende Debatte um den Treibstoff E10 und die Diskussion um einen möglichen Anstieg der Strompreise nach beschleunigtem Ausstieg aus der Kernenergie zeigen deutlich, dass Veränderungen an einem als angenehm und komfortabel empfundenen Zustand auch dann nicht auf Gegenliebe stoßen, wenn die hinter diesen Veränderungen stehenden Entscheidungen großenteils und grundsätzlich einer breiten Mehrheitsmeinung entsprechen. Auch wenn Veränderungen durch technische Eigenschaften der neuen Technologien erzwungen werden (was z. B. leicht am Beispiel der im Vergleich zu treibstoffgetriebenen Fahrzeugen komplett anderen Art des ‚Auf-tankens‘ von Elektrofahrzeugen zu sehen ist), kann es leicht zu Akzeptanzproblemen kommen.

Auch in anderer Hinsicht steht die Transformation des Energiesystems vor großen Herausforderungen. Ist das bisherige Energiesystem bereits technisch und regulatorisch komplex, so wird sich dies durch die Energiewende noch einmal deutlich verschärfen. Gerade die stärkere Einbindung von kleineren, dezentralen Produzenten und die möglicherweise notwendige Beteiligung von Nutzern am Management des Gesamtsystems erfordern neue Regelungen und Anreizstrukturen, aber auch neue Wege der Datenübertragung, -interpretation und -vorhaltung, die jeweils die Komplexität des Gesamtsystems erhöhen. Eine erheblich größere Anzahl mitsteuernder Akteure

muss bewältigt werden, ohne die Stabilität des Gesamtsystems zu gefährden. Mit neuen Organisationsformen und Akteurskonstellationen können zahlreiche Wechselwirkungen und Effekte einhergehen, die nicht beabsichtigt, nicht vorhergesehen und auch nicht erwünscht sind. Dominoeffekte können dazu führen, dass kleine Änderungen größere Störungen im Gesamtsystem und in den daran angeschlossenen Nachbarsystemen nach sich ziehen. Gerade im Zusammenwirken komplexer Technik und komplexer ‚human factors‘ kann es zu systemischen Risiken kommen, die die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems oder seiner Teilsysteme betreffen können (Schipppl/Grunwald 2012). Ein anschauliches Beispiel ist die starke Abhängigkeit eines Smart Grid von Informations- und Kommunikationstechnologie, allgemeiner die verstärkte Nutzung des Internet und digitaler Technologien für die Steuerung der Energieversorgung. Sie machen das Energiesystem anfälliger für bekannte Stabilitätsprobleme komplexer EDV-Systeme, aber auch für Hacker, die entweder versuchen könnten, das System oder Teile davon lahm zu legen (Blackout) oder auf sensible Daten zuzugreifen. Auch hier gilt es, die nicht-technischen Rahmenbedingungen anzupassen, entsprechende Regulierungsansätze zu entwickeln, die Robustheit und Resilienz des Systems zu erhöhen sowie Kompetenzen und Verantwortlichkeiten angemessen zuzuordnen (vgl. Renn 2008).

Beide Themenbereiche zeigen die Notwendigkeit, sich explizit und pro-aktiv mit den nicht-technischen Anteilen des Energiesystems zu befassen. Exzellente Technik ist zwar *notwendige*, aber nicht *hinreichende* Bedingung für eine gelingende Energiewende. Über die beiden genannten Themen hinaus sind weitere Felder zu beachten, die hier nicht ausgeführt werden können (Schipppl/Grunwald 2012): die Entwicklung von Anreizsystemen zur Einrichtung von systemstabilisierenden Elementen wie Speichern und zu ihrer Integration in die Gesamtsteuerung, die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und Dienstleistungen im Energiebereich, die Weiterentwicklung von Planungsrecht und Beteiligungsverfahren, um sozialverträglich neue Infrastrukturen einrichten zu können und die Ausarbeitung von vielversprechenden Innovationspfaden³ (zu einigen dieser Felder vgl. <http://www.energy-trans.de>). Die bisherige wie zukünftige Entwicklung des Systems wird von den Wechselwirkungen zwischen technischen und nicht-technischen Faktoren, zwischen Innovationen und gesellschaftlichen Entwicklungen geprägt, was in der Literatur vielfach als ‚Ko-Evolution‘ umschrieben wird (Rip 2007). Dieser Begriff bleibt zwar unspezifisch, indem er offen lässt, was genau sich da aneinander entwickelt (vgl. Dolata 2011); er betont aber die Bedeutung der Berücksichtigung nicht-technischer Faktoren im Transformationsprozess und die Notwendigkeit, technische und nichttechnische Faktoren zusammenzudenken (Schipppl/Grunwald 2012).

3 Konzepte wurden entwickelt und teils erprobt z. B. im Rahmen von „Change Management“, „Transition Management“ (Kemp/Rotmans 2004; Voss et al. 2009) und „Reflexive Governance“ (Voss et al. 2006); vgl. auch Rohracher 2008.

Ist bereits das Ansinnen, die Energieversorgung in Richtung auf eine nachhaltige Entwicklung umzusteuern, eine gigantische Herausforderung, so wird diese Aufgabe dadurch noch komplexer, dass sich die klassischen Grenzen zwischen den Infrastrukturen zunehmend auflösen und infrastrukturelle Leistungen sich gegenseitig bedingen (Schippel/Grunwald 2012). Störungen in einer Infrastruktur können weit reichende Auswirkungen auf andere Infrastrukturen und deren Leistungen auslösen. In der Elektromobilität wachsen Energie- und Mobilitätssystem zusammen, beide sind auf das Funktionieren der Informationsinfrastruktur (vor allem das Internet) angewiesen. Hochkomplexe Infrastrukturen – manche sprechen gar von einer entstehenden „Mega-Infrastruktur“ als Ergebnis des Zusammenwachsens der klassischen Infrastrukturen – erhöhen die Abhängigkeit der Gesellschaft von der Funktions- und Integrationsfähigkeit der damit verbundenen Technologien, Organisationsformen und institutionellen Steuerungsprozessen. Das Wechselspiel zwischen technischen Potenzialen, komplexen Nutzungsformen und vernetzten Regelungs- und Steuerungsprozessen erfordert eine integrative Analyse sowie eine interdisziplinäre Bewertung möglicher Transformationsstrategien als Vorbereitung eines gesellschaftlichen Beratungs- und politischen Entscheidungsprozesses.

Diese Situation führt auf ein grundsätzliches methodisches Problem und in ein Entscheidungsdilemma. Bewertungen von energiepolitischen Optionen, Technikzukünften oder Innovationspotenzialen im Kontext der Transformation des Energiesystems sind mit erheblichen und nicht eliminierbaren Unsicherheiten verbunden. Gilt dies generell für Zukunftsaussagen über Technik und Technikfolgen (Grunwald 2010), so stellt sich dieses Problem angesichts der ‚Verwebung‘ des Energiesystems mit der Gesellschaft, der damit verbundenen Vielzahl der Schnittstellen und Verflechtungen sowie der Unvorhersehbarkeit vieler gesellschaftlicher Entwicklungen und Entscheidungen in verschärfter Form (Grunwald 2011). Dies betrifft zum einen die Bewertungskriterien, die selbst einem zeitlichen Wandel unterworfen sein können (man denke z. B. an das Aufkommen des Umweltbewusstseins in den siebziger Jahren und seine Folgen für Bewertungsprozesse). Zum anderen erfolgen Bewertungen relativ zum *Stand des Wissens* und sind damit von der Ungewissheit, Unvollständigkeit und Vorläufigkeit des Wissens über zukünftige Entwicklungen abhängig (Grunwald 2007). Oftmals ist ex ante nicht hinreichend bekannt, welche Folgen zur Diskussion stehende Maßnahmen im Detail haben werden, ob nichtintendierte Nebenfolgen in Betracht zu ziehen sind und wie gravierend diese sind, und wie sich entscheidende Rahmenbedingungen ändern (man denke etwa an die kontroverse Diskussion um Energiesteuern oder um die Entwicklung des Ölpreises oder des Strompreises). Die Bewertung von Asbest z. B. änderte sich schlagartig, als die kanzerogene Wirkung erkannt wurde; analog änderte sich die Bewertung der Fluorchlorkohlenwasserstoffe mit der Entdeckung des zum Ozonloch führenden Mechanismus. Entsprechend könnten sich Bewertungen

von Energiebereitstellungs- oder -umwandlungstechnologien ändern, sogar in ihr Gegenteil umschlagen, sobald neue Erkenntnisse über Technikfolgen und Implikationen vorliegen. Da derartige Wissensbestände vielfach nicht antizipierbar sind, müssen Bewertungen von energiepolitischen Strategien – die in der Regel die Basis für Entscheidungen bilden – mit dieser grundsätzlichen Unsicherheit umgehen. Vielfach ist der praktische Einsatz dieser Maßnahmen über eine gewisse Zeit hinweg – also so etwas die ‚Realexperimente‘ – die einzige Möglichkeit, das erforderliche Wissen zu gewinnen und die Maßnahmen danach zu modifizieren und zu optimieren (Groß et al. 2005).

Diese Perspektive kollidiert jedoch auf zweierlei Weise hart mit ökonomischen und technischen Anforderungen an Entscheidungsprozesse im Bereich der Energieversorgung. Einmal getroffen und umgesetzt, haben Entscheidungen über Infrastrukturen Folgen für Jahrzehnte. Wenn Autobahnen und Eisenbahntrassen, die im 19. oder 20. Jahrhundert gebaut wurden, heutigen Anforderungen und Wünschen nicht mehr entsprechen, können sie nicht einfach verlegt werden, aus finanziellen, aber auch aus planungsrechtlichen und Akzeptanzgründen. Der Wunsch, aufgrund der Unsicherheiten des Zukunftswissens formbare und adaptive Technologien zu implementieren, die nach Bedarf angepasst und modifiziert werden können, klingt naiv angesichts der infrastrukturellen Realität. Diese ist *gerade nicht* adaptiv, sondern vielfach adaptieren sich umgekehrt gesellschaftliche Prozesse an bereits vorhandene Infrastrukturen und verfestigen sich dann zu sozio-technischen ‚Komplexen‘, die gegen Transformationsprozesse besonders widerständig sind.

Zweitens müssen jeweils ‚heute‘ Entscheidungen über zukünftige Elemente der Energieinfrastruktur getroffen werden, z. B. über Hochspannungsleitungen und Pumpspeicherkraftwerke, über Smart Grids und Anreize zur Beschleunigung der Einführung der Elektromobilität, über Kraftwerke mit oder ohne CCS, über neue Pipelines für russisches Erdgas. Diese Entscheidungen können nicht nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum getroffen werden, dazu sind sie viel zu kostenintensiv und langreichweitig. Einmal getroffen, sind sie kaum noch veränderbar. Dieser Typ von Entscheidungen legt bestimmte Elemente des Energiesystems für Jahre und Jahrzehnte fest und ‚betoniert‘ damit ein Stück Zukunft. Der Unsicherheit des Zukunftswissens trotzend werden aus ökonomischen und technischen Gründen heraus Festlegungen getroffen, die die Unsicherheiten der Zukunft dezisionistisch reduzieren – und sie müssen getroffen werden. Man kann das ‚Gestaltung‘ nennen, auch wenn es so drastische Elemente von Festlegung enthält, die aus konzeptionellen Gründen – Wunsch nach Lernfähigkeit und Adaptivität – unbefriedigend bleiben müssen.

Wie können nun solche Entscheidungen begründet werden, wenn doch das Zukunftswissen so unsicher⁴ und es daher kaum möglich ist, diese Entscheidungen mit ihren Folgen und Implikationen in kohärenter Weise in gesellschaftlich weitgehend akzeptierte Zukunftsbilder zu integrieren, die ihnen im Gegenzug Legitimität verleihen

4 Vgl. den vorhergehenden Beitrag zu Energieszenarien in diesem Band.

können? Wenn das entsprechende Wissen nicht oder nicht hinreichend vorhanden ist, bedarf es starker Überzeugungen. Man muss gute Gründe haben, bestimmte Energiezukünfte *zu wollen*, und das können in Abwesenheit belastbaren Wissens nur *normative*, an Zielen und Überzeugungen festzumachende Gründe sein. Diese freilich stehen unter Ideologieverdacht, in alle Richtungen. Die Rettung des Klimas schreiben sich Kernenergiebefürworter, Fusionsforscher, CCS-Begeisterte und Promotoren der erneuerbaren Energieträger gleichermaßen auf die Fahne, genau wie sowohl Gentechnikbefürworter als auch ihre Gegner meinen, dass sie je am besten zur Bewältigung des Welternährungsproblems beitragen können. Konsens und auch Kompromiss werden in pluralistischen Gesellschaften umso schwieriger, je weniger positives und anerkanntes Wissen zur Verfügung steht und je mehr auf normative Überzeugungen und Werte rekurriert werden muss.

Nun betrifft dieses Entscheidungsdilemma – Festlegungen für lange Zeiträume treffen zu müssen, ohne diese auf belastbares Wissen abstützen zu können – nur einen Teilbereich des Energiesystems: große Infrastrukturelemente wie Stromtrassen und Kraftwerke. In zwei anderen Richtungen liegen die Dinge einfacher: (1) Je kleiner die technischen Elemente sind, desto weniger stark der Festlegungscharakter und desto höher die Lern- und Modifikationsmöglichkeiten aufgrund von empirischen Erfahrungen. Ein weitgehend dezentrales Energiesystem dürfte in Vielem adaptiver sein als ein auf großen Strukturen basierendes zentrales System. (2) Einige der ‚sozio‘-Anteile des Energiesystems sind recht flexibel handhabbar. Insbesondere politische Rahmenbedingungen sind bei Bedarf rasch veränderbar, auch wenn sie dann mit Wünschen nach Planungssicherheit in Konflikt geraten können. Dies kann man einerseits als Aktionismus und Kurzlebigkeit kritisieren (wie z. B. kürzlich anlässlich der Kürzung der Förderung der Photovoltaik geschehen); andererseits eröffnet dies gerade Möglichkeiten des Lernens und der flexiblen Anpassung von Rahmenbedingungen an beobachtete Entwicklungen und damit des wissensbasierten und erfahrungsgestützten Nach- oder sogar Umsteuerns.

Planungstheoretisch gesehen kann jedenfalls die Transformation des Energiesystems nicht als klassische Planung verstanden werden, d. h. als die Festlegung von Handlungsschritten in Richtung auf ebenfalls festgelegte Ziele. Mögen Ziele wie die der deutschen Energiewende auch politisch festsetzbar und festgesetzt sein, bleiben sie dennoch in demokratischen Verfahren änderbar, und zwar sowohl in Bezug auf sich ändernde gesellschaftliche Konstellationen (z. B. durch andere Mehrheitsverhältnisse oder Wertewandel) als auch aufgrund von neuen Erkenntnissen über die Erreichbarkeit der Ziele oder angesichts ganz neuer, heute noch unbekannter Wissensbestandteile in dem komplexen Feld Energie/Umwelt/Klima. Aber auch solange die Ziele der Energiewende festgehalten werden, determinieren sie nicht eindeutig den Weg, diese zu erreichen. Ob nun räumliche Fluktuationen im Energieangebot durch Speicher oder durch Transport des überzähligen Stroms in Mangelregionen abgepuffert wird; ob, auf

welche Weise und in welchem Umfang ein ‚Demand Side Management‘ zur Systemstabilität erforderlich ist oder praktisch beitragen wird; welche Rolle der zwischenstaatliche europäische Ausgleich spielen wird; wie rasch Effizienzgewinne und Stromeinsparung möglich werden; ob Elektromobilität wirklich der Königsweg ist, den Abschied von fossilen Energieträgern im Mobilitätsbereich einzuläuten; wie stark das zukünftige Energiesystem dezentralisiert sein wird [...] all das ist heute nicht wissbar, sondern muss sich erst herausstellen. Die heute geltenden Ziele sind also keine Planungsziele in strengem Sinn, sondern Orientierungsmarken, an denen sich die jeweils nächsten Schritte ausrichten können. In diesen ‚nächsten Schritten‘ kann dann wieder für die übernächsten gelernt werden usw. Dieser letztlich inkrementelle Prozess kann auch dazu führen, dass Ziele neu adjustiert werden müssen.

Die Transformation des Energiesystems kann also nur als ein ständiger Lernprozess verstanden und betrieben werden, in dem als einziges eine grobe Orientierung in Richtung auf nachhaltige Entwicklung erhalten bleibt und alles andere im Laufe der Transformation selbst verändert werden kann (vgl. das Modell des ‚directed incrementalism‘ in Grunwald 2000). In der Suche nach Lösungen werden sowohl die Wissens- als auch die normativen Anteile einer Weiterentwicklung unterworfen. Jeder einzelne Schritt kann trotz der Langfristanforderungen der Energiewende nur inkrementell erfolgen. Bereits der jeweils nächste Schritt kann erst im Laufe dieses Prozesses festgelegt werden – allerdings nicht in beliebiger, sondern durch die langfristigen Zielvorgaben und das Leitbild der Nachhaltigkeit (Grunwald/Kopfmüller 2012) eingeschränkter bzw. orientierter Weise.

Gelegentlich heißt es bereits in manchen Medien, die Energiewende sei schon heute gescheitert, weil z. B. der Ausbau der Stromleitungen nicht schnell genug vorankomme. Aber auch wenn es einer zügigen Umsetzung bestimmter Schritte bedarf, wäre angesichts der oben geschilderten Komplexität und Vielschichtigkeit Aktionismus und Defätismus fehl am Platz. Die Energiewende ist ein Generationenprojekt, über dessen Ge- oder Misslingen nicht in wenigen Monaten entschieden wird. Zeit benötigt insbesondere, das richtige Maß zwischen einerseits stabilen Rahmenbedingungen und einer gewissen Flexibilität andererseits zu finden. Die Energiewende ist ein Lernprozess, der nicht ohne Nachjustierungen auskommen wird. Ein Planungsoptimismus mit einem Masterplan, der nur abgearbeitet werden muss, ist eine Illusion, auch wenn viele sich das wünschen würden.

5 Technikzukünfte im Transformationsprozess

Diese Situation führt zu einem spezifischen Blick auf die Technikzukünfte im Transformationsprozess. Sie spielen eine entscheidende Rolle, da die Transformation auf

neue Technologien angewiesen ist. Der starke Akzent des ‚sozio‘ in der Betrachtung des Energiesystems als sozio-technischem System und der Verwebungsgedanke ‚technologischer Texturen‘ (Kap. 3) führt allerdings dazu, dass Technikzukunft hier in einer sehr engen Wechselwirkung von Zukünften der betreffenden Technologien mit Zukünften gesellschaftlicher Prozesse gedacht werden müssen.

Zunächst ist festzuhalten, dass für die Realisierung der ambitionierten energiepolitischen Ziele der Energiewende für Deutschland weit reichende technologische Innovationen erforderlich sein werden. Im Mittelpunkt stehen auf der Energieerzeugungs- bzw. Angebotsseite die Verbesserung der Wirkungsgrade bei fossil betriebenen Anlagen, Brennstoffzellen in stationärem und mobilem Einsatz, die Verbesserung bei solarthermischen Kraftwerken, Photovoltaik- und Windenergieanlagen, die Gaserzeugung aus Biomasse, verbesserte zentrale oder dezentrale Speichertechnologien sowie eine Anpassung bzw. Verbesserung der Übertragungs- und Verteilnetze. Smart Grids oder hybride Netzstrukturen sollen eine bessere Integration von Strom aus Erneuerbaren, mehr Flexibilität in der Versorgung und geringere Netzverluste ermöglichen. Auf der Nutzungsseite steht die Steigerung von Energieeffizienz in allen Bereichen (z. B. Produktionsprozesse, Mobilität, Gebäude oder Haushaltsgeräte) im Mittelpunkt. Zu diesen Bereichen und den entsprechenden Anforderungen an Energieforschung und Technikentwicklung liegen umfangreiche Studien vor, z. B. der Nationalen Akademie und der Helmholtz-Gemeinschaft.

Der Verwebungsgedanke der Energieinfrastrukturen macht darauf aufmerksam, dass diese Zukünfte der Technik im Energiebereich zusammengebracht werden müssen mit zukünftigen gesellschaftlichen Entwicklungen. Ansonsten drohen Fehlschlüsse, wenn nämlich einerseits für die technische Entwicklung ganz erhebliche Fortschritte erwartet werden, andererseits für die Möglichkeiten der Gesellschaft, mit diesen Fortschritten umzugehen, von der heutigen Problembewältigungskapazität ausgegangen wird.⁵ Dieses nicht so selten verwendete Muster, sich die Technik als rasch und dynamisch weiterentwickelnd, die Gesellschaft jedoch als statisch vorzustellen, ignoriert die ‚Ko-Evolution‘, in der vielfältige Formen der gesellschaftlichen Einbettung der Technik entwickelt und angewendet werden. Gilt dies zwar generell, so jedoch besonders für stark mit gesellschaftlichen Praktiken verwobene Infrastrukturen. Technikzukunft im Energiebereich sind daher ganz erheblich mehr als Zukünfte der Energietechnik.

In der Formulierung von entsprechend ausgerichteten Technikzukunft treten spezifische Herausforderungen auf, die mit unterschiedlichen Zeitskalen, unterschiedlichen Verhältnissen zur Offenheit der Zukunft und unterschiedlichen Möglichkeiten der Adaptation und Lernfähigkeit zusammenhängen. Wenn der Transformationsprozess stark von einem Lernen ‚unterwegs‘ getragen sein soll, dann muss es Gestaltungs- und Entscheidungsmöglichkeiten auf diesem Weg geben. Damit kollidiert jedoch, wie oben ausgeführt, die ökonomische und technische Notwendigkeit, Entscheidungen

5 Vgl. das Kapitel 4.2 im Beitrag ‚Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft‘ im Teil II dieses Bandes.

mit langfristig bindendem Charakter zu treffen, die Zukunft als ein Stück weit determinieren. Hier muss es in der Formulierung von Technikzukünften darum gehen, unterschiedliche Grade der Festlegung einerseits und des Offenhaltens andererseits zu modellieren, um Gesellschaft und Politik zu erlauben, transparent über den einzuschlagenden Weg in diesem Spannungsfeld zu beraten und zu entscheiden. Dabei sind die beliebten technischen oder ökonomischen Sachzwangargumente kritisch zu prüfen, inwieweit ihnen nicht problematische Prämissen und Engführungen zugrunde liegen.

Der Analyse möglicher Konsistenzprobleme der Technikzukünfte kommt eine herausragende Bedeutung zu. Dies gilt zunächst für die ‚interne‘ Konsistenz, d. h. die Konsistenz der Daten, Modelle, Annahmen und Prämissen, die in die betreffende Technikzukunft Eingang gefunden haben. Zusätzlich geht jedoch auch um die externe Konsistenz mit relevanten anderen Zukünften. Es gilt etwa auszuschließen, dass es zu Engpässen bei seltenen Ressourcen (z. B. Funktionsmetallen) kommt, die beim Ausbau bestimmter Energieträger so stark in Anspruch genommen würden, dass sie für andere zentrale Funktionsbereiche nicht mehr verfügbar wären. Konsistenzsicherung im logischen Sinne ist zwar nicht möglich, weder intern noch extern, da die Menge von Aussagen, relativ zu denen Konsistenz geprüft werden müsste, nicht eingrenzbar ist. Was bleibt, ist jedoch immerhin eine heuristische Prüfung unter Plausibilitätsannahmen und Relevanzkriterien.

Als Konsequenz stellt sich heraus, dass Technikzukünfte in der Transformation des Energiesystems eine zwar zentrale aber schwierige Rolle spielen. Sie sind zum einen auch hier ein Medium gesellschaftlicher Selbstverständigung und entsprechender Debatten um Technologie und ihre gesellschaftliche Einbettung.⁶ Wenn es gelingen soll, die Transformation des Energiesystems als Lernprozess zu betreiben (Kap. 4), so wird sich das Lernen stark daran festmachen, wie sich Technikzukünfte entwickeln, wie sie kommuniziert und diskutiert werden, welche vorläufigen Einschätzungen sich im zeitlichen Voranschreiten bewähren oder aber modifiziert oder gar ausgetauscht werden müssen. Zum anderen müssen jedoch Entscheidungen mit weit reichendem Festlegungscharakter getroffen werden, die der zukünftigen Lernfähigkeit und Adaptivität Grenzen setzen. Die Offenheit und Diversität der Technikzukünfte im Energiebereich wird durch derartige Entscheidungen punktuell auf eine spezifische Technikzukunft reduziert: der Bau eines Kraftwerks, das Jahrzehnte am Netz bleiben wird, verschließt andere Optionen und setzt ‚harte‘ Randbedingungen für die weitere Entwicklung des Systems. Dies sei hier nicht beklagt, da es nicht vermeidbar ist. Überlegt werden jedoch müsste, ob nicht der die Zukunft teilweise determinierende Charakter solcher Entscheidungen ein Argument abgibt, stärker nach mehr adaptiven und dezentralen Lösungen Ausschau zu halten. Auch dabei wird es adverse Effekte und nicht intendierte Folgen, also auch Trade-Offs und Abwägungsnotwendigkeiten geben. Diese

6 Vgl. hierzu den Beitrag zu Energieszenarien in diesem Band.

frühzeitig und offen zu untersuchen, ist sicher eine Aufgabe für derzeitige interdisziplinäre Energieforschung.

Insgesamt ist die Transformation des Energiesystems als Lernprozess vorstellbar als ein ständiges Kommen und Gehen von neuen Vorschlägen, die im Medium gesellschaftlicher Debatte, in denen wiederum Technikzukunft eine wesentliche Rolle spielen, erlauben, die jeweils nächsten Schritte zu gehen und dabei für die übernächsten zu lernen – und dies alles eingedenk der Erkenntnis, dass es ohne Festlegungen, die Lernprozesse immer wieder auch zeitweise erschweren oder sinnlos machen, eben nicht geht, aber auch nicht ohne eine langfristige Vision nachhaltiger Entwicklung.

Literatur

- Dolata, Ulrich (2011): *Wandel durch Technik. Eine Theorie soziotechnischer Transformation*. Campus: Frankfurt a. M./New York
- Groß, Matthias, Hoffmann-Riem, Holger, Krohn, Wolfgang (2005): *Realexperimente. Ökologische Gestaltungsprozesse in der Wissensgesellschaft*. Bielefeld
- Grunwald, Armin (2000): *Technology Policy Between Long-Term Planning Requirements And Short-Range Acceptance Problems. New Challenges for Technology Assessment*. In: J. Grin, A. Grunwald (Hg.): *Vision Assessment: Shaping Technology in 21st Century Society*. Heidelberg: Springer 2000, S. 99-148
- Grunwald, Armin (2007): *Working Towards Sustainable Development in the Face of Uncertainty and Incomplete Knowledge*. *Journal of Environmental Policy & Planning*, Bd. 9, Nr. 3, S. 245-262
- Grunwald, Armin (2010): *Technikfolgenabschätzung – Eine Einführung*. Zweite Auflage. Berlin
- Grunwald, Armin (2011): *Energy futures: Diversity and the need for assessment*. *Futures* 43 (2011), S. 820-830 DOI:10.1016/j.futures.2011.05.024
- Grunwald, Armin, Julliard, Yannick (2005): *Technik als Reflexionsbegriff – Überlegungen zur semantischen Struktur des Redens über Technik*. *Philosophia naturalis* 42 (2005) 1, S. 127-157
- Grunwald, Armin, Kopfmüller, Jürgen (2012): *Nachhaltigkeit*. Frankfurt a. M.: Campus Verlag, 2. Auflage
- Hubig, Christoph, 2006, *Die Kunst des Möglichen. Grundlinien einer Philosophie der Technik*, Bd. 1: *Philosophie der Technik als Reflexion der Medialität*, Bielefeld
- Julliard, Yannick, 2003: *Ethische Technikgestaltung*. Frankfurt a. M.: Lang
- Kemp, Rene, Rotmans, Jan (2004): *Managing the Transition to Sustainable Mobility*. In: B. Elzen, F. Geels and K. Green (Hg.): *System Innovation and the Transition to Sustainability: Theory, Evidence and Policy*. Cheltenham, UK, S. 137-167
- Möst, Dominik, Fichtner, Wolf, Grunwald, Armin (Hg.) (2009): *Energiesystemanalyse. Tagungsband des Workshops „Energiesystemanalyse“ vom 27. November 2008 am KIT Zentrum Energie*. Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe 2009
- Renn, Ortwin (2008): *Risk Governance. Coping with uncertainty in a complex world*. London:Earthscan.
- Rip, Arie (2007): *Die Verzahnung von technologischen und sozialen Determinismen und die Ambivalenzen von Handlungsträgerschaft im ‚Constructive Technology Assessment‘*. In: Dolata, U., Werle, R.

- (Hg.): Gesellschaft und die Macht der Technik. Sozioökonomischer und institutioneller Wandel durch Technisierung. Frankfurt a. M./New York, S. 83-106
- Rohracher, Harald (2008): Energy systems in transition: contributions from social sciences. *Int. J. Environmental Technology and Management*, Bd. 9, Nos. 2/3, 2008, 144-161
- Ropohl, Günter, 1979: Eine Systemtheorie der Technik. Zur Grundlegung der Allgemeinen Technologie. Frankfurt a. M.: Suhrkamp
- Schippel, Jens, Grunwald, Armin (2012): Energieinnovationen zwischen Gesellschaft und Technik: Die HGF-Allianz Energy-Trans. Konferenzbeitrag, Graz
- Schwarz, Michiel (1992): Technology and Society: Dilemmas of the Technological Culture. *Technology and Democracy, Proceedings of the 3rd European Congress on Technology Assessment*. Copenhagen, S. 30-44
- Voß, Jan-Peter; Smith, Andrew; Grin, John (2009): Designing long-term policy: rethinking transition management. In: *Policy Science* 42, S. 275-302
- Voß, Jan-Peter; Bauknecht, Dieter; Kemp, Rene (Hg. 2006): *Reflexive Governance for sustainable development*. Cheltenham: Edward Elgar

Auf dem Weg zu einer Hermeneutik der Technikzukünfte – ein Epilog

1 Technikzukünfte – können sie als Orientierung dienen?

Im Prolog zu diesem Band wurde eine Reihe von Elementen eines Forschungsprogramms zu Technikzukünften bereits benannt: sozial- und kulturwissenschaftliche Fragen nach den sozialen und kulturellen Bedingungen des Entstehens und der Nutzung von Technikzukünften für unterschiedliche Zwecke; historische Fragen nach dem Werden, Wirken und Vergehen von Technikzukünften; philosophische Fragen in Richtung auf eine wissenstheoretische Einordnung, ethische Bewertung und hermeneutisches Verständnis – und all dies im Dialog mit den Technikwissenschaften, den Rechts- und Wirtschaftswissenschaften und je nach Thema weiteren betroffenen Disziplinen.

Dies sei an dieser Stelle nicht wiederholt, in der Hoffnung, dass sich zur Erläuterung und Konkretisierung dieser Vorstellungen und Vorschläge in den Beiträgen dieses Bandes genügend Material findet. Den Schwerpunkt des abschließenden Kapitels möchte ich auf die Zuspitzung und Weiterführung meiner Forschungsagenda der letzten Jahre legen. Im Hintergrund steht ganz grundsätzlich die Frage – die verrät, dass ich aus dem Gebiet der Technikfolgenabschätzung heraus (Grunwald 2010) auf diese Themen gestoßen bin –, ob und wie eine Erforschung und Reflexion von Technikzukünften dazu beitragen kann, die Hoffnung und Erwartung einzulösen, über Technikzukünfte Orientierung für gegenwärtig anstehende Entscheidungen zu gewinnen – trotz aller begrifflichen, methodischen und konzeptionellen Schwierigkeiten, wie sie in den Beiträgen in diesem Band in unterschiedlichen Formen zutage getreten sind.

Einzugestehen ist zunächst, dies haben viele der Beiträge in diesem Band gezeigt, dass Technikzukünfte keine direkte und unmittelbare Orientierung liefern. Die grundsätzlich nicht überwindbare Vielfalt und Diversität der Technikzukünfte verhindern dies – und dies gilt auch für wissenschaftliche Technikzukünfte (Kap. 2). Für letztere stellt sich damit eine besondere Herausforderung: wenn es nicht ‚die eine‘ objektive und richtige wissenschaftliche Technikzukunft geben kann, wenn auch wissenschaftliche Technikzukünfte divergent sind und es keine Möglichkeit gibt zu entscheiden, welche die beste ist – wo liegt dann der *spezifische Wert* wissenschaftlicher Technikzukünfte und warum lohnt es sich, den teils erheblichen intellektuellen, aber auch finanziellen Aufwand für ihre Erstellung auf sich zu nehmen (Kap. 3)?

Die Beantwortung dieser Frage weist einen Weg, auch die übergeordnete Frage nach der Möglichkeit von Orientierung durch Technikzukünfte konstruktiv anzugehen: sie ist möglich nicht *trotz* der Vielfalt der Technikzukünfte und ihrer Widersprüchlichkeit, *sondern liegt gerade darin begründet* (Kap. 4). Technikzukünfte, so die generelle, bereits in mehreren Beiträgen dieses Bandes angemerkte These, lehren uns nicht unbedingt etwas über die Zukunft als eine kommende Epoche, sondern etwas *über uns heute*. Wenn wir dieses Wissen fruchtbar machen, können wir, so die Hoffnung auf eine mittelbare Orientierungsleistung ‚zweiter Ordnung‘ durch Technikzukünfte, die anstehenden Probleme der Gegenwart besser verstehen, besser über Lösungsmöglichkeiten beraten und besser Entscheidungen treffen. Hierzu freilich bedarf es, und darin münden die Schlussfolgerungen, einer *Hermeneutik der Technikzukünfte* – einer besseren Analyse und eines besseren Verstehens ihres Zustandekommens, ihrer Bestandteile, ihrer Geschichte und Wirkungsweise, der Art und Weise, wo und wie sie gegenwärtige Überzeugungen, Regelwerke und Wahrnehmungen beeinflussen oder auch grundsätzlich herausfordern (Kap. 5). Ein besseres Verständnis der Technikzukünfte kann dann, so die freilich optimistische Hoffnung, die Basis für demokratische Debatten und politische Entscheidungsfindung verbessern und so, sozusagen auf Umwegen, doch zu einer Orientierungsleistung führen. Eine derartige Hermeneutik wäre zum Teil ein philosophisches, zu einem wesentlichen Teil aber auch ein interdisziplinäres Geschäft. Die Entwicklung von Forschungskonzepten und Methoden einer Hermeneutik der Technikzukünfte gehört damit zu den zentralen Aufgaben eines Instituts für Technikzukünfte.

2 Technikzukünfte liefern keine unmittelbare Orientierung

Die Suche nach Orientierung durch Zukunftsüberlegungen, um auf die mit dem technischen Fortschritt verbundene Kontingenzsteigerung (vgl. den Beitrag ‚Menschenzukünfte im Medium der Technik‘ im Teil II dieses Bandes) zu reagieren, wurde und wird vielfach so vorgestellt, als ob über eine Imagination von zukünftigen Entwicklungen ein Rahmen erzeugt werden könnte, der die genannte Kontingenz reduziert und es (vielleicht sogar relativ einfach) erlauben würde, anstehende Entscheidungen, z. B. über Regulierungen oder Forschungsförderung, daran auszurichten. Ein einfaches Beispiel war die Erwartung, durch Technikfolgenabschätzung (TA) eine ‚Frühwarnung‘ vor technikbedingten Gefahren einzurichten (Paschen/Petermann 1992): TA sollte möglichst früh über die Risiken neuer Technologien informieren, um gesellschaftliche Akteure, vor allem das politische System, in die Lage zu versetzen, dem Eintreten der Risiken entgegenzuwirken und sie zu minimieren, möglichst ohne die Wahrnehmung der mit dieser Technologie verbundenen Chancen zu gefährden.

Dieses relativ einfache Modell würde natürlich dann am besten funktionieren, wenn zu den Chancen und Risiken belastbare Prognosen angefertigt werden könnten (kritisch dazu Bechmann 1994). Auch wenn die auf diesem Modell basierende prognose-optimistische TA bereits vor einiger Zeit als methodisch und konzeptionell unzureichend und uneinlösbar angesehen wurde (Grunwald/Langenbach 1999), und obwohl die Offenheit der Zukunft und die Gestaltbarkeit der Technik stärkeres Gewicht gewonnen haben (vgl. die Beiträge im Teil I des vorliegenden Bandes), hat sich an dem grundlegenden Modus kaum etwas geändert: Zukunftsüberlegungen sollen, so die Erwartungen aus Politik, Öffentlichkeit und Wirtschaft, aber vielfach auch aus der Wissenschaft, ausdrücken, womit wir zukünftig zu rechnen haben, so dass Gesellschaft und Akteure sich darauf einstellen und ihre Handlungen und Entscheidungen danach optimieren können. Auch ein großer Teil der Politikberatung folgt nach wie vor diesem Modus. Auch wenn das Denken in Szenarien, also in *möglichen* Zukünften, zum Standard geworden ist, wird immer noch häufig gefragt, welches das wahrscheinlichste oder gar das ‚richtige‘ Szenario ist. Hier scheint es eine ‚kognitive Dissonanz‘ zu geben, eine Diskrepanz zwischen dem Wissen, dass prinzipiell über Zukunft nur in Form *unterschiedlicher* Zukunftsvorstellungen gedacht und gesprochen werden kann, und einer Praxis, in der der Wunsch nach *eindeutigen* Zukunftsbildern, auf die man sich einstellen kann, übermächtig zu sein scheint.

Die Beiträge in diesem Band stimmen mehr als skeptisch, ob der Wunsch nach eindeutigen und verlässlichen Zukünften in den Bereichen gesellschaftlichen Handelns auch nur annähernd einlösbar sein könnte. Insbesondere die Technikzukünfte zu den ‚new and emerging sciences and technologies‘ (NEST) im Teil II sprechen eine andere Sprache: es geht nicht um Chancen und Risiken sowie deren sorgsame Abwägung, sondern darum, dass die Chancen, die die eine Seite sieht, von der anderen als Risiken gesehen werden, und umgekehrt. Dabei ist die Rede von Chancen und Risiken sogar verharmlosend: wenn von Nanotechnologie einerseits die Lösung aller Probleme der Menschheit erwartet wird und sie andererseits gleichzeitig als ‚ultimative Katastrophe‘ interpretiert wird, sprengt dies die Begrifflichkeit von Chance und Risiko und das übliche Denkschema, dass die Chancen wahrgenommen und die Risiken minimiert werden sollen. Eine ‚ultimative Katastrophe‘ ist nicht minimierbar. Ähnlich polarisierende Debatten gibt es auch zur Synthetischen Biologie und zum Human Enhancement, die zukünftigen Verhältnisse von Mensch, Leben und Technik betreffend (vgl. die entsprechenden Beiträge in Teil II). Dramatisch ebenfalls die Auseinandersetzungen zum Climate Engineering (vgl. den Beitrag in Teil III): ist die technische ‚Kühlung‘ der globalen Atmosphäre eine Chance, vielleicht gar ein oder der letzte rettende Strohalm mit Blick auf einen wahrscheinlicher werdenden dramatischen Klimawandel, oder ist es nur die Fortsetzung eines technologischen Kontroll- und Größenwahns, der erst diese Situation erzeugt hat? Ein anderes Beispiel: hilft die Grüne Gentechnik, die Welternährung angesichts des weiteren Bevölkerungswachstums zu sichern oder

dient sie nur der besseren Rendite global agierender Konzerne und schadet letztlich sogar der Situation der Welternährung? Auch die Frage nach einer ‚wirklich‘ nachhaltigen Landwirtschaft – liegt sie in einer hoch effizienten und immer weniger Fläche benötigenden Wirtschaftsweise oder in einer extensiveren, dafür aber mehr Fläche beanspruchenden Öko-Landwirtschaft? – ist von diesem polarisierenden Typ und kann nicht als Chance/Risiko-Abwägung konzeptualisiert werden. Etwas anders liegt der Fall bei den Energieszenarien (vgl. den entsprechenden Beitrag im Teil III). Hier geht es zwar nicht um eine Polarisierung völlig entgegen gesetzter Positionen, sondern um – allerdings beträchtliche! – Differenzen in den Zuordnungen der Rollen unterschiedlicher Energieträger für die zukünftige Energieversorgung. Für den Wunsch nach direkter ‚Ableitung‘ von Handlungsorientierungen läuft das allerdings aufs Gleiche hinaus – sie funktioniert nicht.

Diese Beispiele, von denen einige in diesem Band vertieft behandelt wurden, zeigen, dass die oben beschriebene Hoffnung, durch eine Imagination von Zukünften ein hinreichend klares Bild zu bekommen, um für heute zu wissen, wie gute Entscheidungen aussehen sollten, nicht trägt. Denn Technikzukünfte scheinen, jedenfalls in diesen grundsätzlichen Fragen, in der Gefahr der Beliebigkeit zu stehen: teils schwanken sie sogar zwischen Apokalypse und Paradies. Eine Beliebigkeit von Technikzukünften würde jedenfalls alle Hoffnungen auf Orientierungsleistung in dem gängigen Modus zunichte machen, denn aus Beliebigem kann nichts verlässlich gefolgert werden und aus beliebigen Technikzukünften können keine Handlungsempfehlungen ‚abgeleitet‘ werden.¹ Der entscheidungstheoretische Umweg über die Zukunft (Abb. 1 im Beitrag über Energieszenarien) würde leer laufen und könnte keine belastbare Erkenntnis oder Orientierung für anstehende Entscheidungen produzieren. Stattdessen wäre dem bloßen Schein einer Orientierung, der nachträglichen Legitimationsbeschaffung, der schnöden Vermarktung eigener Partikularinteressen durch die Nutzung passender Technikzukünfte und damit der Ideologie Tür und Tor geöffnet.

Für die gewünschte Orientierungsleistung scheint also zunächst nichts gewonnen. Ein letzter Ausweg aus dem Dilemma könnte noch darin gesucht werden, dass gesellschaftliche Akteure, z. B. Entscheidungsträger, sich in der Vielfalt der Technikzukünfte auf eine spezielle oder wenigstens eine Gruppe von einigermaßen konvergenten Zukünften einigen könnten, relativ zu denen sie dann Meinungsbildung und Entscheidungsfindung ausrichten würden. Beispielsweise könnten Entscheider in der Energiepolitik, die nach Orientierung über Energiezukünfte suchen, sich *vor* der eigentlichen energiepolitischen Entscheidung entscheiden, welche Energiezukunft sie ihrer Ent-

1 Das in diesem Kontext in der Tat oft verwendete Wort ‚ableiten‘ ist entlarvend, suggeriert es doch die Möglichkeit einer logischen Deduktion von den Zukünften auf die Gegenwart und drückt damit entsprechende implizite Hoffnungen auf eine unmittelbare und direkte eindeutige Orientierung auf Basis der Technikzukünfte aus.

scheidung zugrunde legen wollen (vgl. den Beitrag über Energieszenarien im Teil III).² Entscheidungen unter Nutzung von Technikzukünften wären danach *zweistufig*: auf der ersten Stufe muss über die Technikzukünfte befunden werden, auf die man sich einigt, um auf der zweiten Stufe, dann orientiert durch diese Technikzukünfte, die eigentliche Entscheidung, z. B. über Energiepolitik, Forschungsförderung oder Regulierung zu treffen.

Allerdings ist dies nur scheinbar ein Ausweg. Denn wie sollen z. B. Entscheider herausfinden, mit welchen der unterschiedlichen Technikzukünften in dem betreffenden Feld sie ihre Entscheidungen begründen sollen? Klar ist nicht einmal, nach welchen Kriterien sich ihre Auswahl aus der Vielfalt der Technikzukünfte richten sollte. Damit sieht es so aus, also sei das ursprüngliche Orientierungsproblem, zu dessen Bewältigung Technikzukünfte beitragen sollten, nur auf eine andere Ebene verschoben. Statt Orientierung für anstehende Entscheidungen ist nun Orientierung gefragt, welche der Technikzukünfte verwendet werden sollen, um Orientierung für die Entscheidungen zu schaffen. Und man wäre damit nicht klüger als zuvor, außer zu wissen dass das Problem noch komplexer ist als vorher angenommen. Dies freilich hilft wenig, wenn über die Forschungsförderung der Nanotechnologie oder die Zukunft des deutschen Energiesystems entschieden werden muss.

Leider gilt dieses ernüchternde Resultat auch für wissenschaftlich erzeugte Zukünfte, z. B. für die gerade erwähnten Energieszenarien, die teils mit hohem kognitivem, personellem und auch maschinellem Aufwand erzeugt werden. Auch sie zeigen das erwähnte Beliebigkeitsproblem (vgl. den entsprechenden Beitrag in diesem Band). Freilich ist die Ernüchterung nicht überraschend, denn auch wissenschaftliche Zukünfte verbleiben in der ‚Immanenz der Gegenwart‘ (vgl. den Beitrag ‚Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft‘ in diesem Band). Weil Technikzukünfte Konstruktionen sind, in die grundsätzlich nur je *gegenwärtige* Bestandteile eingehen können, und weil zu diesen Bestandteilen jenseits des Wissens auch Interessen, Werte, Einschätzungen, Relevanz- und Prioritätsüberlegungen gehören, die normativ und evaluativ sind und damit immer auch bestritten werden können, folgt aus der Vielfalt dieser Einschätzungen in der Gegenwart, insbesondere in einer pluralistischen Gesellschaft, notwendigerweise, dass diese Vielfalt sich auch in den wissenschaftlichen Zukünften spiegelt (Brown et al. 2000). Diese Situation wird noch dadurch verschärft, dass in Zukunftsfragen höhere Unsicherheiten ins Spiel kommen, wodurch sich die Freiheitsgrade in der Imagination vergrößern. Wissenschaftliche Zukünfte können, jedenfalls im Bereich der Technikzukünfte, das erwähnte Beliebigkeitsproblem prinzipiell genauso wenig umgehen wie Zukünfte anderer Herkunft.

2 In diesem Sinne hatte die deutsche Bundesregierung 2010 Energieszenarien in Auftrag gegeben, um auf diese die Entscheidung über die Laufzeitverlängerung der Kernkraftwerke abzustützen (BMU 2010). Allerdings war rasch der Verdacht im Raum, dass als erstes die Laufzeitverlängerung entschieden war und dann Energiezukünfte gesucht wurden, diese zu legitimieren (Grunwald 2011).

Allerdings gibt es augenscheinlich deutliche Unterschiede in der Ausprägung ihrer Diversität und der Spreizung der Aussagen für die Zukunft. Die in Abb. 2 des Beitrages zu Energieszenarien gezeigten Aufstellungen der Verteilung der Gesamtenergieversorgung auf die verschiedenen Energieträger differieren bis etwa zu dem Faktor 5, sozusagen um einige hundert Prozent. Das ist eine ganz erhebliche Spreizung, die die Möglichkeit der ‚Ableitung‘ von Handlungsempfehlungen praktisch unmöglich macht. In anderen Bereichen sind die wissenschaftlichen Zukünfte jedoch deutlich konvergenter, so etwa zum demographischen Wandel oder zur Entwicklung des globalen Klimas. Selbstverständlich gilt auch hier die Immanenz der Gegenwart: die in diesen Beispielen sichtbare stärkere Konvergenz ist genauso ein Produkt gegenwärtiger Ingredienzien wie die anderenorts starke Spreizung und kann nicht als Garantie für ein zukünftiges Eintreffen genommen werden. Gleichwohl liefert diese Konvergenz natürlich bessere Möglichkeiten der Orientierung, nach eben gegenwärtig bestem Wissen und Gewissen – und dagegen ist auch nichts zu sagen, denn besseres Wissen dürfte es dann ja *per definitionem* nicht geben. Aber dennoch ist Vorsicht geboten. Zeitgeistüberzeugungen, dominante Meinungen und unhinterfragte Konsense können dazu führen, dass die Konvergenz von Technikzukünften ein artifizielles Produkt einer bestimmten historischen Konstellation ist. Ein schönes Beispiel sind die Energiebedarfsprognosen aus den 1960er Jahren, die zwar einigermaßen konvergent, aber dann doch letztlich falsch waren, weil ihre gemeinsame Grundüberzeugung, dass das Wachstum des Energieverbrauchs gleich dem Wachstum der Volkswirtschaft sei, durch einen effizienteren Umgang mit Energie in der Folge der Ölkrisen der 1970er Jahre und einer allmählichen energiepolitischen Umsteuerung falsifiziert wurde. Freilich sind derartige ‚Fallen‘ in den Zukünften grundsätzlich nur sehr schwer aufzudecken.

3 Was ist der Nutzen speziell wissenschaftlicher Zukünfte?

Technikzukünfte als wissenschaftliche Erzeugnisse wie z. B. modellbasierte Energieszenarien basieren vielfach auf Modellierungen und mathematischen Formeln, enthalten Plausibilitätsüberlegungen, sind orientiert an Randbedingungen oder so genannten Megatrends. Sie bestehen aus visuellen Darstellungen, Texten, Zahlenreihen oder Diagrammen, mit denen Prognosen, Szenarien, Pläne, Programme oder Roadmaps unterlegt werden. Diese werden ‚verfertigt‘, von wissenschaftlichen Instituten und Teams, die dabei eine ganze Reihe von ‚Ingredienzien‘ wie disziplinäre Wissensbestände, Kausalbeziehungen, Werturteile, Einschätzungen von Relevanz und Irrelevanz oder, im Falle hoher Unsicherheit, mehr oder weniger plausible Annahmen verwenden. Das oben erwähnte Beliebighkeits- oder Diversitätsproblem rührt daher, dass ein Teil, vielleicht sogar ein großer Teil der Ingredienzien für die Erstellung von Technikzukünften nicht selbst wissenschaftlich überprüfbar ist, sondern sich Plausibilitätsüberlegun-

gen, indirekten Urteilen, Indizien, ‚schwachen Signalen‘ oder auch bloßen Annahmen verdankt, deren argumentative Geltung nur schwer oder gar nicht überprüfbar ist. Dementsprechend versagen hier übliche wissenschaftliche Verfahren zur Prüfung der Wissenschaftlichkeit:

- es entfällt die Möglichkeit empirischer Überprüfung: Technikzukünfte lassen sich (außer in Science Fiction-Filmen, in denen Zeitreisen unternommen werden) weder in der Realität noch im Labor ‚beobachten‘ und damit auch nicht im Experiment testen;
- dies gilt auch für Simulationsergebnisse: vielfach werden Modellwelten genutzt, in denen gegenwärtige Verhältnisse durch Simulationen in die Zukunft extrapoliert werden; eine Validierung der resultierenden Zukunftsaussagen ist jedoch aus den gleichen Gründen wie oben nicht möglich – es bleibt nur das Vertrauen in die Modellbildung und in die Beständigkeit, Belastbarkeit und Relevanz der dort einbezogenen ‚Ingredienzien‘ wie Kausalwissen, Systemgrenzen und Annahmen;
- das Konzept der Falsifikation nach Popper (1935) ist auf Technikzukünfte weder anwendbar noch wäre es hier sinnvoll: da Technikzukünfte zu Orientierungszwecken jeweils ‚heute‘ genutzt werden sollen, ginge ein ‚Abwarten‘, ob die Technikzukünfte nun eintreffen oder nicht, am Sinn ihrer Erzeugung und Kommunikation völlig vorbei;
- die logische Ableitung von Technikzukünften aus Wissensbeständen der Gegenwart schlägt fehl: selbst wenn es klare Verlaufsgesetze gäbe, bedürfte ihre Verlängerung in die Zukunft hinein grundsätzlich weiterer Prämissen, welche selbst nicht mehr prüfbar sind, sondern als gegeben angenommen werden müssen (Goodman 1954);
- Wissenschaftler sind Teil des Systems, das sie untersuchen und für das sie Technikzukünfte erstellen und können dieses System durch ihre Untersuchung beeinflussen, was bekanntermaßen zu erkenntnistheoretischen Problemen führt.

Was das Attribut „wissenschaftlich“ in Bezug auf Zukunftsaussagen bedeutet, ist also nicht ohne weiteres klar. Der deskriptivistische Ausweg, als ‚wissenschaftlich‘ solche Technikzukünfte zu bezeichnen, die von Wissenschaftlern angefertigt werden, ist erkennbar unbefriedigend, weil dies nichts darüber aussagen würde, ob und unter welchen Bedingungen dies überhaupt ein Qualitätssiegel wäre. Wissenschaftlichkeit als im Prinzip nachprüfbare Eigenschaft würde zu einem Glaubenstatbestand.

Um die Wissenschaftlichkeit von Technikzukünften zu ‚retten‘, sind Kriterien und Verfahren für ihre intersubjektiv nachvollziehbare Beurteilung *als wissenschaftlich* erforderlich. Nun folgt aus der Immanenz der Gegenwart (vgl. den Beitrag ‚Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft‘) unmittelbar, dass die wissenschaftliche Geltung von Aussagen über die Zukunft ausschließlich nach Kriterien der Gegenwart bemessen werden

kann und sich auf die *gegenwärtigen Zukunftskonstruktionen* beziehen muss. Ein Diskurs über die Wissenschaftlichkeit von Zukunftsaussagen wird dadurch zu einem Diskurs über die – jeweils *gegenwärtig* gemachten – Voraussetzungen und Methoden, die zu der Zukunftsaussage geführt haben. Die Wissenschaftlichkeit von Zukunftsaussagen bemisst sich also nicht daran, was „hinten“ an Vorhersagen oder Szenarien heraustritt und ob diese später einmal zutreffen, sondern daran, was „vorne“, d. h. in der Konstruktion der Zukünfte, hineingesteckt wurde. Die Prüfung der Wissenschaftlichkeit kann, da Technikzukünfte von Wissenschaftlern ‚hergestellt‘ werden, an zwei Arten von Gegenstandsbereichen ansetzen: an den erwähnten ‚Ingredienzien‘ dieser Zukünfte einerseits und an dem Verfahren ihrer Zusammenfügung andererseits, ihrer ‚Komposition‘. Kriterium für die Wissenschaftlichkeit von Technikzukünften ist damit nicht die ‚Wahrheit‘ der Zukunftsaussagen im Sinne ihres späteren Zutreffens, sondern die argumentativ nachvollziehbare Qualität ihrer Erstellung. Dies entspricht einem prozeduralen Objektivitätsverständnis, nachdem ‚objektive Erkenntnis‘ sich nicht bestimmten Eigenschaften der Objekte (hier also: eben nicht den Vorstellungen über die Zukunft), sondern dem Prozess der Herstellung dieser Erkenntnis verdankt. Die Nachvollziehbarkeit dieses Prozesses ermöglicht es, intersubjektiv Anerkennung für die Ergebnisse des Prozesses zu finden, welche damit zu trans-subjektiver, also die Ebene subjektiver Meinung überschreitender und damit gerade *nicht beliebiger* Erkenntnis werden (Janich 1997).

Eine Prüfung der Wissenschaftlichkeit von Technikzukünften bedarf daher einer Zerlegung der Technikzukünfte in ihre ‚Zutaten‘ und einer Rekonstruktion ihres Zustandekommens. Eine solche Analyse in Bezug auf die Bestandteile der Zukünfte, ihre Komposition und die jeweils unterstellten Prämissen und Randbedingungen macht deutlich, dass wissenschaftliche Zukunftsaussagen grundsätzlich eine *konditionale Struktur* haben, die folgendermaßen formuliert werden könnte:

Wenn die theoretischen Grundannahmen über Wirkungszusammenhänge auch in Zukunft gelten und wenn die Systemgrenzen nichts Relevantes unberücksichtigt gelassen haben und wenn außerdem die Annahmen über bestimmte zukünftige Sachverhalte zutreffen, wenn keine disruptiven Veränderungen eintreten, wenn ..., ..., wenn ..., dann ist mit guten Gründen mit dem zukünftigen Eintreten bestimmter Entwicklungen oder Ereignisse zu rechnen.

Für in diesem Sinne wissenschaftliche Zukunftsaussagen können sich im Laufe der realen Entwicklung Annahmen als falsch herausstellen und damit die erwarteten Entwicklungen nicht eintreten. Dann bleibt die ursprüngliche Aussage *als konditionale* dennoch gültig. Von daher ist auch der verbreitete Spott über vergangene und nicht eingetretene wissenschaftliche Zukünfte (z. B. Prognosen der Wirtschaftsentwicklung) müßig und letztlich bloß einem mangelnden Verständnis dieser Zukünfte geschuldet.

Scheinbar paradox formuliert: *die Wissenschaftlichkeit von Zukunftsaussagen äußert sich darin, dass sie wahr bleiben, auch wenn das Ergebnis später nicht eintritt.*³ Denn die Wissenschaftlichkeit liegt in der argumentativen Verknüpfung der Wenn/Dann-Anteile, nicht im Zutreffen der Konklusion begründet.

Damit ist die Wissenschaftlichkeit wissenschaftlicher Zukünfte in Entgegensetzung zu anderen Typen von Zukünften (z. B. literarischen, filmischen oder prophetischen) geklärt: sie besteht darin, dass wissenschaftliche Zukünfte transparent in Wenn/Dann-Ketten zerlegt werden können, zu denen sich dann „im Prinzip“ jede Person eine Meinung über die argumentative Haltbarkeit machen kann – ganz analog zu wissenschaftlichen Aussagen generell, die „im Prinzip“ durch jede Person in Bezug auf ihre argumentative Struktur und Haltbarkeit überprüfbar sein sollten. Ganz ähnlich lässt sich übrigens auch die Wissenschaftlichkeit von Bewertungen – deren Möglichkeit in einem positivistischen Wissenschaftsverständnis üblicherweise bestritten wird – über Wenn/Dann-Ketten formulieren (Grunwald 2010, Kap. 6.2).

Daraus ergibt sich jedenfalls, dass es *substantiell objektive* Technikzukünfte in dem Sinne, wie in den Naturwissenschaften das Wort ‚objektiv‘ verwendet wird, nicht geben kann. Das wissenschaftliche Ethos einer ‚Suche nach der Wahrheit‘, wie es insbesondere Naturwissenschaftler auch in Fragen der Politikberatung, wo es ja zumeist um Fragen der Zukunftsgestaltung geht, vor sich her tragen, ist (zumindest) hier einfach nicht angebracht. Wissenschaftliche Technikzukünfte haben strikt eine Wenn/Dann-Form. Daher ist die verbreitete Erwartung, Wissenschaft könne die „besten“ Technikzukünfte im Sinne von „zutreffend“ und „richtig“ liefern, letztlich naiv. Es können Prophezeiungen von Wahrsagern, Hellsehern oder aus anderen nichtwissenschaftlichen Verfahren durchaus zutreffen, während auch mit dem besten Wissen erstellte wissenschaftliche Zukünfte nicht zutreffen *müssen*.

Warum und zu welchen Zwecken sollte es angesichts dieses ernüchternden Befundes überhaupt sinnvoll sein, Zukünfte *als wissenschaftlich* zu erweisen, wenn sie doch keine Garantie eines Zutreffens oder einer substantiellen Objektivität bieten können? Warum sollten wissenschaftliche Zukünfte anderen überlegen sein, wenn das bessere spätere Zutreffen als Grund ausfällt? Diese Fragen sind zentral, da die wissenschaftliche Erstellung von Zukünften häufig erhebliche Ressourcen bindet und Zeit benötigt, deren Einsatz selbstverständlich gerechtfertigt werden muss. Mit dem Ergebnis der vorherigen Überlegung, dass das Spezifische an wissenschaftlichen Technikzukünften ihre transparent aufdeckbare Wenn/Dann-Struktur ist, kann die Frage nach den Zwecken und Funktionen spezifisch wissenschaftlicher Zukünfte jedoch rasch und umfassend beantwortet werden:

- wissenschaftliche Zukünfte (in obigem konditionalem Verständnis) sind über eine diskursive und intersubjektiv nachvollziehbare Prüfung ihres Zustandekommens

3 Diese zugespitzte Formulierung verdanke ich Christian Dieckhoff.

und ihrer Bestandteile als Entscheidungsgrundlagen legitimierbar. Denn von ihrer Wissenschaftlichkeit kann sich „im Prinzip“ jedermann überzeugen, während der Kristallkugel oder dem Hellseher einfach „geglaubt“ werden muss, ohne irgendetwas prüfen zu können. Dies gilt allerdings nur, wenn die Wissenschaftlichkeit beanspruchenden Zukünfte transparent offen gelegt werden (was z. B. im Falle der modellbasierten Energieszenarien keinesfalls immer der Fall ist, vgl. Dieckhoff 2010). Der Unterschied zwischen argumentativer Prüfbarkeit auf der einen und dem Glauben-Müssen auf der anderen Seite macht den zentralen Unterschied aus.

- diese argumentative Prüfbarkeit erlaubt es, über wissenschaftliche Technikzukünfte eine transparente demokratische Debatte zu führen. Diskursethischen und demokratietheoretischen Idealen zufolge (Habermas 1992) sollte diese argumentationsgeleitet sein, was im Falle nichtwissenschaftlicher und damit intransparenter Prophezeiungen nicht möglich wäre.
- die argumentative Prüfbarkeit ermöglicht es ebenfalls, wissenschaftliche Technikzukünfte im ‚Feuer‘ einer wissenschaftlichen Debatte zu erproben, in der Hoffnung, dass im Wettbewerb um das beste Argument entweder argumentativ gute Technikzukünfte von weniger guten unterschieden werden können, oder dass zumindest transparent herausgearbeitet werden kann, worin die Ursachen der Differenzen bestehen, was vielfach bereits ein erheblicher Gewinn sein kann.
- durch die Wenn/Dann-Struktur von wissenschaftlichen Technikzukünften kann es gelingen, differenzierte Vorstellungen von angenommenen Zukünften in Relation zu den jeweils unterstellten Voraussetzungen zu erzeugen. Konsensbereiche in diesen Feldern (z. B. im Hinblick auf „Energiezukünfte“) können genauso identifiziert werden wie verbleibende Dissense und die Gründe, die zu den Dissensen führen.
- wissenschaftliche Zukünfte müssen üblichen wissenschaftlichen Standards genügen, insbesondere Konsistenzanforderungen. Konsistenzprüfungen sind z. B. in der Erstellung von Szenarien etabliert, in denen einerseits deren interne Konsistenz als auch andererseits die Konsistenz mit externen Randbedingungen geprüft wird.
- in vielen Formen wissenschaftlicher Zukünfte, insbesondere bei modellbasierten Szenarien und Simulationen, sind Sensitivitäts- und Robustheitsanalysen möglich. Sie erlauben eine bessere Einschätzung der Unsicherheiten und der Signifikanz des Einflusses unterschiedlicher Parameter auf die Ausprägung der zukünftigen Entwicklungen (freilich wie immer in den Grenzen der ‚Immanenz der Gegenwart‘).
- wissenschaftliche Technikzukünfte erlauben aufgrund ihrer konditionalen Wenn/Dann-Struktur ein systematisches *Lernen*: insbesondere wenn sie nicht eintreten, kann nach den Gründen dafür gefragt werden, und es können Lernprozesse z. B. über die Gültigkeit von Kausalzusammenhängen, über eine möglicherweise ungeschickte Festlegung von Systemgrenzen oder über Grenzen der Extrapolierbarkeit von Trends angeschlossen werden.

Damit ist noch kein Orientierungsproblem gelöst, denn die Diversität wird nicht reduziert. Es ist jedoch die kognitive und normative Basis bereitet, um Handlungsalternativen aufstellen und diese in Relation zu den unterschiedlichen Technikzukünften setzen zu können. Damit ist, auch wenn nach wie vor das ‚Ableiten‘ von Orientierung nicht gelingt, der Wert *wissenschaftlicher* Zukunftsaussagen klar erwiesen: er liegt letztlich darin, dass Zukünfte in transparenter und nachvollziehbarer Weise strukturiert werden können, was sowohl für eine Bewertung dieser Zukünfte, für eine damit operierende demokratische Debatte als auch für legitimationsbedürftige politische Entscheidungen eine erhebliche Bedeutung hat.

Zentrale Bedingung der hier genannten Vorteile speziell wissenschaftlicher Technikzukünfte ist die Transparenz in Bezug auf Ingredienzien und Konstruktionsprozess. Insofern diese nicht von den Erzeugern selbst hergestellt wird, bedarf es der kritischen Rekonstruktion. Wenn diese Transparenz nicht vorliegt und auch nicht rekonstruktiv erzeugt werden kann, z. B. weil zugrunde liegende Modelle nicht publiziert sind, sind Technikzukünfte in Bezug auf Legitimation und Wissenschaftlichkeit, auch wenn sie von wissenschaftlichen Instituten bereit gestellt werden, auf einer Stufe mit Kristallkugel und Sterndeutung zu sehen.

4 Vom Wert der Diversität der Technikzukünfte

Die Diversität der Technikzukünfte wurde bislang (vgl. insb. Kap. 2) eher in negativer Hinsicht thematisiert, als *Bedrohung* des Wunsches nach Orientierung anhand des Begriffs der Beliebigkeit. In der Tat, insofern eine direkte Orientierungsleistung im Sinne des ‚Ableitens‘ vernünftiger oder gar optimaler Handlungsstrategien aus Technikzukünften erwartet wird, wird diese Erwartung durch die unvermeidliche Diversität der Technikzukünfte zerstört.

Nun ist jedoch, wie gezeigt wurde, diese Diversität erstens *notwendig* mit der Erstellung von Technikzukünften verbunden. Eine Klage über etwas in sich Notwendiges ist jedoch sinnlos. Zweitens wurde die Hoffnung geäußert, auf einem anderen, mittelbaren Weg doch Orientierung aus Technikzukünften gewinnen zu können. Dies müsste nach dem Vorhergehenden ein Weg sein, der *ab initio* mit der Diversität der Technikzukünfte operiert, diese eventuell sogar benötigen würde, um die Hoffnung einzulösen. Und drittens wurde die Frage der Diversität der Technikzukünfte von ihrer Wissenschaftlichkeit abgekoppelt: zwei oder mehr verschiedene, sich vielleicht auch diametral widersprechende Technikzukünfte können durchaus alle wissenschaftlich sein, wenn die Wissenschaftlichkeitsanforderungen an den Prozess ihrer Erzeugung und an ihre transparente Wenn/Dann-Strukturierung erfüllt sind. Wissenschaftlichkeit und Diversität stehen nicht in Widerspruch zueinander. Und viertens bietet es sich an dieser Stelle an, auf die Beiträge aus dem Teil I zurückzukommen. Dort wurde von

einem Wandel im Zukunftsverständnis von einer prognostischen, letztlich auf technikdeterministischen Vorstellungen beruhenden hin zu einer gestaltenden Sicht gesprochen, welche eine wenigstens teilweise Offenheit der Zukunft voraussetzt (vgl. den Beitrag über rationale Gestaltbarkeit). Offenheit der Zukunft ist nun aber semantisch synonym damit, dass es eine Vielfalt von Technikzukünften geben *muss*. Hier schließt sich der Kreis.

Der Schritt, der in diesem Kapitel noch vollzogen werden soll, schließt hier an. Es geht darum, die Diversität der Technikzukünfte nicht nur als notwendiges Faktum hinzunehmen und nach Wegen zu suchen, damit irgendwie umzugehen, sondern diese Diversität als *Wert* zu erkennen und als *Quelle der Orientierung* zu nutzen.⁴ Gefragt ist eine gegenüber dem üblichen Verständnis, dass Diversität an Zukünften die Orientierung erschwert (vgl. z. B. den Beitrag ‚Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft‘), radikal veränderte Perspektive. Worin liegt nun der Wert der Diversität der Technikzukünfte? Ohne Anspruch auf Vollständigkeit seien hier drei Aspekte genannt.

Erstens erlaubt die Diversität der Technikzukünfte ganz pragmatisch, das Spektrum der möglichen Zukünfte in bestimmten Bereichen durchzuspielen und für robustere Handlungsstrategien zu nutzen. Wenn es darum geht, z. B. Handlungsstrategien für nachhaltige Entwicklung zu formulieren, die sich gerade *nicht* an einer einzigen Technikzukunft festmachen, sondern die auf ein ganzes Bündel unterschiedlicher Zukünfte zugeschnitten sind und in diesen jeweils positive Nachhaltigkeitseffekte versprechen, so ist dadurch etwas für ein nachhaltigkeitspolitisches Vorgehen gewonnen. Dieses wäre ‚robust‘ gegenüber mehreren Zukunftsentwicklungen und nicht abhängig von dem (unsicheren) Eintreten einer spezifischen Zukunft⁵ (Coenen/Grunwald 2003). Die Diversität der Technikzukünfte kann für die Suche nach einem risikoärmeren Vorgehen genutzt werden.

Zweitens ist die Diversität der Technikzukünfte einfach bereits deswegen ein Wert, da sie mit der Offenheit der Zukunft korreliert ist und diese immer wieder ins Bewusstsein ruft. Zwar ist die Offenheit selbstverständlich keine *vollständige* Offenheit, da es gerade im Feld der Technikentwicklung, -diffusion und -nutzung Eigendynamiken, Pfadabhängigkeiten und Sachzwänge etc. gibt und die Gestaltbarkeit des wissenschaftlich-technischen Fortschritts, seiner Nutzung und gesellschaftlichen ‚Einbettung‘ durch Vieles begrenzt ist (vgl. den zweiten Beitrag in Teil I) – aber sie ist in Vielem eben durchaus auch vorhanden. Die Diversität der Technikzukünfte ist ein ständiges Memento, Gestaltbarkeiten auszuloten statt vorschnell Determinismen zu unterstellen.

4 In diesem Punkt verdanke ich Frau Judith Simon wertvolle Anregungen.

5 Das Setzen auf eine einzige Technikzukunft könnte in Bezug auf den Klimawandel z. B. in der Entscheidung für bestimmte Formen des Climate Engineering bestehen. Dies wäre ein hohes Risiko, da mögliche Technologien noch gar nicht hinreichend erforscht sind, um Möglichkeiten und Risiken belastbar einschätzen zu können.

Drittens, und das ist die unmittelbare Folge des vorigen Punktes, wird der üblichen Frage, wo denn die ‚Reise hingehet‘, z. B. in Bezug auf Technisierung des Menschen durch ein Human Enhancement, die Frage an die Seite gestellt, wo sie denn hingehen *soll*. Die prädiktive Sicht auf Zukunft wird ergänzt, vielleicht gelegentlich sogar ersetzt durch die normative Sicht des Wollens, Nicht-Wollens oder des Sollens. Aus Technikzukünften wird nicht einfach in deterministischer Weise eine zukünftige Gegenwart, sondern es gilt Meinungen zu bilden und Entscheidungen zu treffen über Gewolltes und nicht Gewolltes. In der Rede über Gestaltung und Gestaltbarkeit melden sich ethische und politische Fragen zu Wort, die ansonsten häufig prädiktiv, man möchte fast sagen positivistisch oder auch technokratisch, unter den Tisch fallen. Genau dies eröffnet Möglichkeiten, die Diversität von Technikzukünften für die demokratische Debatte konstruktiv zu nutzen (s. u.).

In diesen drei Expressionen des Wertes der Diversität von Technikzukünften stellt sich die Nutzung dieses Wertes jeweils anders dar. Im erst genannten Fall ist das recht einfach, wenigstens konzeptionell. Handlungsstrategien werden nicht aus einzelnen Technikzukünften ‚abgeleitet‘, sondern so konzipiert, dass sie in einem Bündel unterschiedlicher Technikzukünfte jeweils ‚Sinn machen‘, d. h. letztlich zu gewünschten Effekten führen. Im zweiten Fall ist es mehr die Funktion des ‚Memento‘, die nicht weiter operativ gefasst werden muss. Interessant und konzeptionell herausfordernd ist jedoch der dritte Fall. Denn hier bleibt zunächst völlig im Dunkeln, auf welche Weise eine ‚Orientierungsleistung zweiter Ordnung‘ über eine Reflexion des Wollens oder Nicht-Wollens angesichts der Diversität der Technikzukünfte und der vielen Kontroversen und Konflikte in diesem Feld (Brown et al. 2000) überhaupt erbracht werden könnte.

Der Ansatz, Licht in dieses Dunkel zu bringen, resultiert aus einer ganzen Reihe von Beobachtungen in den thematischen Beiträgen in diesem Band. Immer wieder geht es darum, Technikzukünfte in Bezug auf ihre Wissenschaftlichkeit, ihre Gehalte und Prämissen, ihre Bedeutung für die heutige Gesellschaft, ihre Herausforderungen an etablierte Wahrnehmungsmuster und eingespielte normative Üblichkeiten zu untersuchen. Ob nun Synthetische Biologie oder technische Verbesserung des Menschen, Energieszenarien oder Nanotechnologie, Climate Engineering oder Robotik: mit Technikzukünften werden Inhalte und Botschaften transportiert, die ‚interessant‘ und spannend sind, in denen sich dynamische Entwicklungen und Herausforderungen an unser heutiges Denken und Handeln verbergen. Die in den Beiträgen in den Teilen II und III in diesem Band versammelten Beobachtungen erzählen davon, dass und auf welche Weise die jeweiligen Technikzukünfte Medium von Technikdebatten und von Entscheidungs- und Gestaltungsprozessen sind. Genau diese Medialfunktion ist es, welche im Mittelpunkt des Ansatzes steht, die Diversität der Technikzukünfte als *Quelle* statt als Bedrohung von Orientierung zu verstehen.

Das bedarf jedoch der Erläuterung. Entscheidend ist die den gesamten Band durchziehende Diagnose einer ‚Immanenz der Gegenwart‘, in der auch die Technikzu-

künfte gefangen sind. Wenn Technikzukünfte aber ‚nur‘ spezifische Zusammenfügungen präsentischer Ingredienzien sind, dann folgt daraus, wie dies in einigen Beiträgen bereits angeklungen ist, dass die Technikzukünfte weniger etwas über Zukünfte im Sinne zukünftiger Gegenwarten erzählen, sondern etwas über uns heute. Wenn das wiederum stimmt, könnten wir durch eine Analyse der Technikzukünfte etwas über uns lernen – und das könnte dann eine Orientierungsleistung ermöglichen. Beispielsweise hat die Debatte über ein Human Enhancement eine interessante Kehrtwende genommen: auf einmal wurde klar, dass Enhancement keineswegs etwas Futuristisches ist, sondern dass bestimmte Elemente bereits heute Bestandteil gesellschaftlicher Praxis sind (vgl. den Beitrag über die ‚technische Verbesserung des Menschen‘). Wenn es gelingt, Technikzukünfte so zu deuten, dass klar wird, warum wir heute gerade bestimmte präsentische Ingredienzien zu bestimmten Technikzukünften aggregieren und dann engagiert darüber streiten, dann haben wir etwas über uns gelernt, was bis dato bloß *impliziter* Teil gesellschaftlicher Realität war. Technikzukünfte als ein Medium gesellschaftlicher Technikdebatten bergen also möglicherweise Wissen und Einschätzungen, die es zu explizieren lohnt, um eine transparentere demokratische Debatte zuallererst zu erlauben. Und dafür ist die Diversität der Technikzukünfte ein Wert, spiegelt sie doch die gesellschaftliche Pluralität wieder, über deren Ausprägungen aus den Technikzukünfte entsprechend zu lernen wäre.

Die Orientierungsleistung ‚zweiter Ordnung‘ besteht also darin zu versuchen, aus den Technikzukünften in ihrer Diversität etwas über uns, unsere gesellschaftlichen Praktiken, unterschwelligen Sorgen, impliziten Hoffnungen und Befürchtungen zu lernen. Freilich: erstens müssen dazu die Technikzukünfte erst einmal entsprechend interpretiert oder gar ‚dekonstruiert‘ werden, was einer entsprechenden Hermeneutik bedarf (dazu Kap. 5). Und zweitens: diese Form der Orientierung ist weitaus bescheidener als die Erwartung, aus Technikzukünften ‚richtiges Handeln‘ ableiten zu können. Sie besteht letztlich in nicht mehr als darin, die Bedingungen dafür zu verbessern, dass Technikgestaltung, gesellschaftliche Debatten und demokratische Entscheidungsprozesse aufgeklärter, transparenter und offener ablaufen können.

5 Anforderungen an eine Hermeneutik der Technikzukünfte

Das Arbeiten mit Technikzukünften ist also kein ‚Blick in die Zukunft‘, wenn man darunter versteht, zukünftige Gegenwarten, wie sie sich einmal zeigen werden, bereits heute zu antizipieren. Alles verbleibt in der ‚Immanenz der Gegenwart‘: die Konstruktion der Technikzukünfte findet jeweils ‚heute‘ statt, ihre Ingredienzien sind sämtlich je *gegenwärtig*, die Ergebnisse sagen nichts über die Zukunft aus, sondern nur darüber, wie wir uns *heute* die Zukunft vorstellen, die Bewertungen divergierender Technikzu-

künfte findet jeweils *heute* statt, und auch ihre Auswirkungen in Bezug auf gesellschaftliche Debatte und Entscheidungsfindung sind je *gegenwärtig*.

Dennoch halte ich daran fest, dass Technikzukünfte auch in dieser Immanenz der Gegenwart Orientierung sind bzw. zur Orientierungssuche genutzt werden können. Dies bedarf einerseits der Anerkennung der positiven Werte der Diversität (Kap. 4). Andererseits aber darf diese nicht *als solche* unkommentiert stehen bleiben, sondern Analyse und Reflexion müssen ‚dahinter‘ blicken. Ansonsten wäre Diversität nichts als Beliebigkeit. Die Aufdeckung des ‚dahinter‘, die Explizierung des Impliziten ist das, was eine wissenschaftliche Hermeneutik anbieten kann, um gesellschaftliche Beratungs- und politische Entscheidungsprozesse im Medium der Technikzukünfte zu unterstützen. Orientierung heißt dann zu verstehen, was Technikzukünfte über und für heute aussagen.

Technikzukünfte sind, wie sie im Prolog zu diesem Band eingeführt wurden, Vorstellungen über zukünftige Entwicklungen, in denen Technik eine erkennbare Rolle spielt. Zu ihnen gehören wissenschaftlich produzierte Zukunftsvorstellungen, literarische Formen der Erkenntnis, historisch-technische Publizistik, aber auch politisch gehandelte und öffentlich diskutierte Zukunftsvorstellungen. Gemeinsam ist ihnen, dass sie sprachlich verfasst sind, etwa als Erzählungen oder Szenarien, oder aber sprachlich expliziert werden können (wie z. B. Diagramme oder Abbildungen). Die Befassung mit Zukünften erfolgt grundsätzlich im Medium der Sprache (vgl. den Beitrag ‚Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft‘ in diesem Band). Sprache erst erlaubt die Vergegenwärtigung möglicher Zukünfte (und auch Vergangenheiten) (Kamlah 1973).

Technikzukünfte sind sehr unterschiedlich in Bezug auf ihre Sprachlichkeit. Wissenschaftliche Technikzukünfte, vor allem modellbasierte Szenarien, etwa im Energiebereich, arbeiten mit Diagrammen und Abbildungen, in denen zeitliche Verläufe oder mögliche Zustände zu einem zukünftigen Zeitpunkt dargestellt werden (vgl. Abb. 2 im Beitrag über Energieszenarien). Die häufig mathematische Sprache und Darstellung arbeitet mit effizienten Zeichensystemen, die das Schreiben langer Texte ersparen. Insofern es jedoch um ein transparentes Verständnis dieses Typs von Zukünften geht, müssen die Inhalte, Prämissen und Konsequenzen, die ‚Ingredienzien‘ und der Prozess der Generierung der Technikzukünfte aus den Fachsprachen herausgelöst und allgemeinverständlich dargestellt werden. Hier bedeutet ‚Hermeneutik‘ vor allem, die Aussagen in Form von Wenn/Dann-Aussagen (Kap. 3) zu rekonstruieren bzw. sie in solche zu zerlegen. Auf diese Weise kann herausgearbeitet werden, welche Weichenstellungen in der Auswahl der Ingredienzien welche unterschiedlichen Technikzukünfte nach sich ziehen. Robustheits- und Sensitivitätsanalysen können sich anschließen und etwas über die Abhängigkeit der Zukünfte von der Wahl bestimmter gegenwärtiger Ausgangsbedingungen aussagen. Analysen dieser Art ermöglichen, sich die Zusammenhänge von gegenwärtigen Konstellationen aus Wissen, Werten, Annahmen, Interessen etc. und zukünftigen Entwicklungen zu verdeutlichen. Damit ist ohne Zweifel ein Auf-

klärungs- und Orientierungseffekt verbunden: eine Verbesserung der Basis, um über Gewolltes und Nicht-Gewolltes transparent zu diskutieren. Die Mittel, mit denen dies erfolgen kann, dürften zu einem guten Teil aus der Wissenschaftstheorie kommen, wenngleich diese sich bislang eher wenig mit wissenschaftlich erzeugten Zukünften befasst hat. Auch epistemologische Erkenntnisinteressen über Technikzukünfte sind auf diesem Weg umsetzbar, etwa Vergleiche unterschiedlicher wissenschaftlicher Zukünfte in Bezug auf ihre erkenntnistheoretische Haltbarkeit und ihre argumentative ‚Härte‘ gegenüber Kritik.

Andere Technikzukünfte sind hingegen rein sprachlich abgefasst. Dies betrifft vor allem Visionen und szenarienhafte Erzählungen. Sie sind nicht ohne weiteres in eine Wenn/Dann-Struktur zu zerlegen und eine erkenntnistheoretische Prüfung erscheint von vornherein nicht sinnvoll. Vielmehr bedürfen sie anderer Formen der Analyse. Hier können sprach- und kulturwissenschaftliche Ansätze weiterhelfen, um z. B. die kulturelle Herkunft der Technikzukünfte, die geistesgeschichtlichen Traditionen hinter ihnen, mögliche Vorläufer, ihre semantischen Gehalte, Bedeutungen und Nebenbedeutungen etc. herauszufinden. In der Synthetischen Biologie zum Beispiel werden heute Visionen geäußert, die einen guten Teil der gesellschaftlichen Debatte mitbestimmen, deren heilsähnlichen Erwartungen von der Rettung aus der drohenden globalen Energiekrise bis hin zu den Befürchtungen des ‚Gott Spielens‘ reicht. Aufgabe einer Hermeneutik wäre hier die Deutung der Visionen und der die durch sie ausgelösten Kontroversen. Es ist zu klären, worum es in den betrachteten und oft als spekulativ zu veranschlagenden Entwicklungspotenzialen neuer Technologien überhaupt geht:: wo kommen die Inhalte der Technikzukünfte her und wo sind ihre kulturellen Wurzeln (DEEPEN 2009)? In welcher Weise fordern diese Zukünfte die gegenwärtige Gesellschaft und ihre Maßstäbe heraus? Was steht auf dem Spiel? Welche Rechte werden möglicherweise beeinträchtigt? Welche Bedeutung, Prämissen und Konnotationen hat die verbreitete Nutzung des Wortes „Potential“? Welche Menschen-, Natur- und Technikbilder entwickeln sich und wie verändern sie sich? Welche anthropologischen Fragen sind involviert und welche Gesellschaftsentwürfe in den Zukunftsprojektionen schwingen mit? Auch die Beantwortung der Frage nach dem jeweils Neuen – zu deren Beantwortung Fachwissenschaftler und Ingenieure erforderlich sind – gehört zu einer Hermeneutik, die versucht, den kognitiven, sozialen, ökonomischen, ethischen, psychologischen, kulturellen, politischen etc. Stellenwert der jeweiligen Technikzukünfte in den Gegenwartsdebatten herauszufinden (vgl. hierzu den Beitrag über explorative Philosophie in Teil II dieses Bandes).

Eine in diesem Sinne ‚hermeneutisch erweiterte Technikfolgenabschätzung‘ würde einerseits gegenwärtige Debatten über sich selbst aufklären und kommende Debatten vorbereiten, in denen es dann z. B. um die konkrete Technikgestaltung gehen könnte. Ein ‚Vision Assessment‘ (vgl. den Beitrag über Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft) würde in diesem Rahmen technikbasierte Visionen in ihren kognitiven und

evaluativen Gehalten und in Bezug auf ihre Folgen untersuchen und wäre grundlegender Baustein eines offenen, kognitiv informierten und normativ orientierten Dialoges, z. B. zwischen Experten und Öffentlichkeit oder zwischen Ethik, Forschungsförderung und Regulierung.

Antworten auf die genannten hermeneutischen Fragen und auf viele weitere in diesem Band genannte Fragen im Kontext der Technikzukünfte sagen uns nicht, wo die Reise des wissenschaftlich-technischen Fortschritts hingeht, sondern was wir heute tun können, um das Feld der Technikzukünfte gestalterisch in Bezug auf Meinungsbildung und Entscheidung zu nutzen. Sie bereiten das Material transparent auf, in dem über Gewolltes und Nicht-Gewolltes diskutieren, in Technikgestaltung, Ethik, demokratischer Debatte und in politischen Entscheidungsprozessen.

Literatur

- Bechmann, G. (1994): Frühwarnung – die Achillesferse der TA? In: Grunwald, A., Sax, H. (Hg.) (1994): Technikbeurteilung in der Raumfahrt. Anforderungen, Methoden, Wirkungen. Berlin, S. 88 –100
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung (http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energieszenarien_2010.pdf, last access 13-05-2011)
- Brown, N., Rappert, B., Webster, A. (Hg.) (2000): Contested Futures. A sociology of prospective techno-science. Burlington/Ashgate
- Coenen, R., Grunwald, A. (Hg.) (2003): Nachhaltigkeitsprobleme in Deutschland. Analyse und Lösungsstrategien. Berlin: edition sigma
- Dieckhoff, Chr. (2010): Empirische Untersuchung der Entstehungsprozesse von Energieszenarien. In: Aichholzer, G.; Bora, A.; Bröchler, St.; Decker, M.; Latzer, M. (Hg.): Technology Governance. Der Beitrag der Technikfolgenabschätzung. Berlin, S. 293-296
- Goodman, N. (1988): Tatsache Fiktion Voraussage. Frankfurt a. M.. Ersterscheinung: Fact Fiction Forecast (1954)
- Grunwald, A. (2010): Technikfolgenabschätzung – eine Einführung. Berlin: Edition Sigma
- Grunwald, A. (2011): Energy futures: Diversity and the need for assessment. *Futures* 43 (2011), S. 820-830 DOI:10.1016/j.futures.2011.05.024
- Grunwald, A., Langenbach, C. (1999): Die Prognose von Technikfolgen. Methodische Grundlagen und Verfahren, in: A. Grunwald (Hg.): *Rationale Technikfolgenbeurteilung. Konzeption und methodische Grundlagen*. Heidelberg: Springer 1999, S. 93-131
- Habermas, J. (1992): Drei normative Modelle der Demokratie: Zum Begriff deliberativer Politik. In: Münkler, H. (Hg.): Die Chancen der Freiheit. München, S. 11-124
- Janich, P. (1997): Kleine Philosophie der Naturwissenschaften. München
- Kamlah, W. (1973): Philosophische Anthropologie. Sprachkritische Grundlegung und Ethik. Mannheim
- Luhmann, N. (1997): Die Gesellschaft der Gesellschaft. Frankfurt a. M.

- Paschen, H., Petermann, Th. (1992): Technikfolgenabschätzung – ein strategisches Rahmenkonzept für die Analyse und Bewertung von Technikfolgen. In: Petermann, T. (1992) (Hg.): Technikfolgen-Abschätzung als Technikforschung und Politikberatung. Frankfurt a. M., S. 19 –42
- Popper, K. (1935/1966): Logic of Discovery, London 1935. Dt. Fassung: Logik der Forschung, 2. Auflage, Tübingen 1966.

Quellenverzeichnis

Warum Erforschung und Reflexion von Technikzukünften sinnvoll und notwendig sind – ein Prolog

Originalbeitrag

Teil I – Zukunft, Technik und Gesellschaft

Rationale Technikgestaltung oder blinde Evolution?

Geringfügig überarbeiteter Wiederabdruck. Erstveröffentlichung: Grunwald, A. (2002): Rationalität in der gesellschaftlichen Gestaltung der Technik oder blinde Evolution?, in: G. Banse, A. Kiepas (Hg.): Rationalität heute. Vorstellungen, Wandlungen, Herausforderungen. Münster: LIT 2002, S. 191-209. Das Kapitel 2 stammt i. W. aus: Grunwald, A. (2003): „Die Unterscheidung von Gestaltbarkeit und Nicht-Gestaltbarkeit der Technik“, in: A. Grunwald (Hg.): Technikgestaltung zwischen Wunsch und Wirklichkeit. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag 2003, S. 19-38

Determiniert der technische Fortschritt die Gesellschaft oder die Gesellschaft den technischen Fortschritt?

Geringfügig überarbeiteter Wiederabdruck. Erstveröffentlichung: Grunwald, A. (2007): Technikdeterminismus oder Sozialdeterminismus: Zeitbezüge und Kausalverhältnisse aus der Sicht des »Technology Assessment«, in: U. Dolata, R. Werle (Hg.): Gesellschaft und die Macht der Technik. Sozioökonomischer und institutioneller Wandel durch Technisierung. Frankfurt a. M., New York: Campus Verlag 2007, S. 63-82

Innovation: Ambivalenzen des Neuen und Bedingungen des Erfolgs

Überarbeitete und gekürzte Fassung einer Publikation für die Mercedes Benz Classic Archives, die auf einem Vortrag auf den Stuttgarter Tagen der Automobilgeschichte 2011 basiert. Titel dieser Publikation: Grunwald, A. (2012): Innovation: Wie das Neue in die Welt kommt, was das bedeutet und was dabei zu beachten ist. Herzlicher Dank an die Verantwortlichen für das Einverständnis mit dieser teilweisen Parallelveröffentlichung.

Teil II – Visionäre Technikfelder

Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft

Geringfügig überarbeiteter Wiederabdruck. Erstveröffentlichung: Grunwald, A. (2006): Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft, in: A. Nordmann, J. Schummer, A. Schwarz (Hg.): Nanotechnologien im Kontext. Berlin: Akademische Verlagsgesellschaft 2006, S. 49-80

Die ‚technische Verbesserung‘ des Menschen: von Fiktionen zur Realität?

Überarbeitete Parallelveröffentlichung zu: Grunwald, A. (2013): Die ‚technische Verbesserung‘ des Menschen: mögliche Wege in die gesellschaftliche Realität. Band zur Tagung ‚Human Enhancement‘ der Sächsischen Akademie der Wissenschaften in Leipzig 2012. Erscheint in den Abhandlungen der philosophisch-historischen Klasse der Sächsischen Akademie der Wissenschaften. Herzlicher Dank an die Verantwortlichen für das Einverständnis mit dieser teilweise Parallelveröffentlichung.

Menschenzukünfte im Medium der Technik. Orientierungsprobleme und Herausforderungen

Überarbeitete deutsche Fassung von: Grunwald, A. (2007): Converging technologies: Visions, increased contingencies of the *conditio humana*, and search for orientation. *Futures* 39 (2007), S. 380-392

Können Roboter planen, und was bedeutet eine Antwort auf diese Frage?

Deutsche Fassung von: Grunwald, A. (2012): Can robots plan, and what does the answer to this question mean? In: Decker, M.; Gutmann, M. (Hg.): Robo- and Informationethics. Some Fundamentals. Zürich, Berlin: LIT 2012, S. 189-209. Dieser Beitrag wiederum war eine Weiterentwicklung von: Grunwald, A. (2002): Wenn Roboter planen: Implikation und Probleme einer Begriffszuschreibung, in: W. Rammert, I. Schulz-Schaeffer (Hg.): Können Maschinen handeln? Soziologische Beiträge zum Verhältnis von Mensch und Technik. Frankfurt a. M., New York: Campus Verlag 2002, S. 141-160

Technikzukünfte des Lebens: Nanobionik und Synthetische Biologie

Originalbeitrag in der vorliegenden Form mit starken Bezügen zu: Grunwald, A. (2009): Bionik: Naturnahe Technik oder technisierte Natur, in: M. C. M. Müller (Hg.): Der Mensch als Vorbild, Partner und Patient von Robotern. Bionik an der Schnittstelle Mensch-Maschine. Rehburg-Loccum: Evangelische Akademie Loccum 2009, S. 15-34

Visionäre Technikfelder: explorative Philosophie statt spekulativer Ethik

Deutsche Fassung von: Grunwald, A. (2010): From Speculative Nanoethics to Explorative Philosophy of Nanotechnology. NanoEthics, Bd. 4, Nr. 2 (2010), S. 91-101

Teil III – Technikzukünfte und nachhaltige Entwicklung*Technik und Technikzukünfte in der Nachhaltigkeitsdebatte*

Gekürzter und geringfügig überarbeiteter Wiederabdruck. Erstveröffentlichung: Grunwald, A. (2006): Technikfolgenabschätzung als Nachhaltigkeitsbewertung. Konzeptionelle Herausforderungen und methodische Probleme, in: J. Kopfmüller (Hg.): Ein Konzept auf dem Prüfstand. Das integrative Nachhaltigkeitskonzept in der Forschungspraxis. Berlin: edition sigma 2006, S. 39-61. Das letzte Kapitel wurde neu hinzugefügt, mit Bezügen zu Grunwald, A., Kopfmüller, J. (2012): Nachhaltigkeit. Frankfurt a. M.: Campus Verlag, 2. Auflage

„Lasst uns die Erde kühlen!“ – neue Technikzukünfte zum Klimawandel

Überarbeiteter Wiederabdruck. Erstveröffentlichung: Grunwald, A. (2011): Lasst uns die Erde kühlen! Climate Engineering: Verantwortung, Risiko, Technikfolgen. Zur Debatte (Hg.: Katholische Akademie Bayern) 2011, S. 13-15; ergänzt um Gedanken und Passagen aus Grunwald, A. (2011): Der ingenieurtechnische Blick auf das Weltklima. In: Maring, M. (Hg.): Fallstudien zur Ethik in Wissenschaft, Wirtschaft, Technik und Gesellschaft. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2011, S. 219-226

Divergierende Energiezukünfte und die Herausforderung der Beliebigkeit

Geringfügig überarbeiteter Wiederabdruck. Erstveröffentlichung: Grunwald, A. (2009): Energiezukünfte vergleichend bewerten – aber wie?, in: D. Möst, W. Fichtner, A. Grunwald (Hg.): Energiesystemanalyse. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2009, S. 33-47. Ergänzt im letzten Kapitel um Passagen aus Grunwald, A. (2011): Der Lebensweg von Energieszenarien - Umriss eines Forschungsprogramms. In: Dieckhoff, C., Fichtner, W.; Grunwald, A.; Meyer, S.; Nast, M.; Nierling, L.; Renn, O., Voß, A., Wietschel, M. (Hg.): Energieszenarien. Konstruktion, Bewertung und Wirkung – „Anbieter“ und „Nachfrager“ im Dialog. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, S. 11-24

Technikzukünfte in der Energiewende – mehr als Zukünfte der Energietechnik!

Originalbeitrag

Auf dem Weg zu einer Hermeneutik der Technikzukünfte – ein Epilog

Originalbeitrag

Karlsruher Studien Technik und Kultur (1869-7194)

Hrsg.: G. Banse, A. Böhn, A. Grunwald, K. Möser, M. Pfadenhauer

Alle Bände sind unter www.ksp.kit.edu als PDF frei verfügbar oder als Druckausgabe bestellbar.

- Band 1 Gerhard Banse / Armin Grunwald (Hrsg.)
Technik und Kultur. Bedingungs- und Beeinflussungsverhältnisse. 2010
ISBN 978-3-86644-467-6
- Band 2 Andreas Böhn / Kurt Möser (Hrsg.)
Techniknostalgie und Retrotechnologie. 2010
ISBN 978-3-86644-474-4
- Band 3 Oliver Parodi / Ignacio Ayestaran / Gerhard Banse (eds.)
Sustainable Development – Relationships to Culture, Knowledge and Ethics. 2011
ISBN 978-3-86644-627-4
- Band 4 Simone Finkle / Burkhardt Krause (Hrsg.)
Technikfiktionen und Technikdiskurse. Ringvorlesung des Instituts für Literaturwissenschaft im Sommersemester 2009. 2012
ISBN 978-3-86644-834-4
- Band 5 Paul Eisewicht / Tilo Grenz / Michaela Pfadenhauer (Hrsg.)
Techniken der Zugehörigkeit. 2012
ISBN 978-3-86644-887-2
- Band 6 Armin Grunwald
Technikzukünfte als Medium von Zukunftsdebatten und Technikgestaltung. 2012
ISBN 978-3-86644-928-2

Herausgeber:

Prof. Dr. Gerhard Banse
Prof. Dr. Andreas Böhn
Prof. Dr. Armin Grunwald
PD Dr. Kurt Möser
Prof. Dr. Michaela Pfadenhauer

KARLSRUHER STUDIEN TECHNIK UND KULTUR

6

TECHNIK UND
K UND KULT
ULTUR TECH

Technikzukünfte – der Plural ist Programm! – stellen wesentliche und häufig kontroverse Themen gesellschaftlicher Zukunftsdebatten dar. Auch prägen sie das Entwicklungshandeln in den Ingenieurwissenschaften und gehen in die Vorstellungen einer nachhaltigeren Gesellschaft ein, z. B. über die Erwartungen an erheblich höhere Ressourceneffizienz. Gesellschaftliche Zukunftsbilder werden „um Technik herum“ konstruiert und verbreitet, z. B. in Form der Visionen und Utopien der Nanotechnologie oder als Zukünfte der Energieversorgung. Technikzukünfte und die Kommunikation darüber können über Erfolg oder Misserfolg ganzer Entwicklungen entscheiden. Dieses Buch widmet sich systematisch der Frage, in welcher Weise technikbezogene Zukunftsvorstellungen unsere gegenwärtigen Diskussionen und Entscheidungen prägen und wie sie für die weitere Ausgestaltung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts genutzt werden können. Beispielfelder sind die Synthetische Biologie, das ‚Human Enhancement‘, die Nanotechnologie, die Robotik und die zukünftige Energieversorgung. Gleichsam als willkommener Nebeneffekt wird der Begriff der Technikzukünfte als ein analytisches Konzept für weitere interdisziplinäre Forschung zum Verhältnis von Technik und Gesellschaft zu entwickelt.

ISSN 1869-7194
ISBN 978-3-86644-928-2

