



**Leopoldina**  
Nationale Akademie  
der Wissenschaften

# NOVA ACTA LEOPOLDINA

Neue Folge | Band 117 | Nummer 398

## Nachhaltigkeit in der Wissenschaft

**Jörg Hacker (Hrsg.)**



**Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina –  
Nationale Akademie der Wissenschaften, Halle (Saale) 2013**

Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart







# NOVA ACTA LEOPOLDINA

Abhandlungen der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina

Herausgegeben von Jörg HACKER, Präsident der Akademie

---

NEUE FOLGE

NUMMER 398

BAND 117

---

## Nachhaltigkeit in der Wissenschaft

### Leopoldina-Workshop

am 12. November 2012 in Berlin

Herausgegeben von:

Jörg HACKER (Halle/Saale, Berlin)  
Präsident der Leopoldina

Mit 20 Abbildungen und 1 Tabelle



**Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina –  
Nationale Akademie der Wissenschaften, Halle (Saale) 2013  
Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart**

Redaktion: Dr. Michael KAASCH und Dr. Joachim KAASCH

Abbildungen: Thomas MEINICKE für Leopoldina S. 6, 116.

**Die Schriftenreihe Nova Acta Leopoldina erscheint bei der Wissenschaftlichen Verlagsgesellschaft Stuttgart, Birkenwaldstraße 44, 70191 Stuttgart, Bundesrepublik Deutschland. Jedes Heft ist einzeln käuflich.**

Die Schriftenreihe wird gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie das Ministerium für Wissenschaft und Wirtschaft des Landes Sachsen-Anhalt.

Wir danken der Alfred Krupp von Bohlen und Halbach-Stiftung für die finanzielle Unterstützung der Veranstaltung.

Einbandbild: © Fotolia.com

#### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Die Abkürzung ML hinter dem Namen der Autoren steht für Mitglied der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften.

Alle Rechte einschließlich des Rechts zur Vervielfältigung, zur Einspeisung in elektronische Systeme sowie der Übersetzung vorbehalten. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne ausdrückliche Genehmigung der Akademie unzulässig und strafbar.

© 2013 Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V. – Nationale Akademie der Wissenschaften

Postadresse: Jägerberg 1, 06108 Halle (Saale), Postfachadresse: 110543, 06019 Halle (Saale)

Hausadresse der Redaktion: Emil-Abderhalden-Straße 37, 06108 Halle (Saale)

Tel.: +49 345 47239134, Fax: +49 345 47239139

Herausgeber: Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Jörg HACKER, Präsident der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften

Printed in Germany 2013

Gesamtherstellung: Druck-Zuck GmbH Halle (Saale)

ISBN: 978-3-8047-3188-2

ISSN: 0369-5034

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

# Inhalt

|  |     |
|--|-----|
| HACKER, Jörg: Vorwort .....  | 7   |
| ARTMANN, Stefan, und HACKER, Jörg: Nachhaltigkeit in der Wissenschaft – Einleitende Überlegungen .....                                   | 9   |
| SCHÜTTE, Georg: Grußwort .....   | 27  |
| <b>Erforschung von Nachhaltigkeit</b>  |     |
| TÖPFER, Klaus: Nachhaltigkeit im Anthropozän .....   | 31  |
| SCHELLNHUBER, Hans Joachim: Sustainability Science: Eine außergewöhnliche Erfolgsgeschichte .....  | 41  |
| HUNGERBÜHLER, Konrad, und PRAETORIUS, Antonia: Nachhaltigkeit und ihr Platz in der Ausbildung an einer Technischen Hochschule .....      | 49  |
| <b>Nachhaltig forschen</b>   |     |
| WESTPHAL, Hildegard: Forschung nachhaltig nutzen – Wissenstransfer zum Entscheidungsträger .....   | 55  |
| JAHN, Thomas: Transdisziplinarität – Forschungsmodus für nachhaltiges Forschen ....  | 65  |
| <b>Nachhaltige Forschung</b>   |     |
| MAYER, Karl Ulrich, und BIESENBENDER, Jan: Ist Nachhaltigkeit eine brauchbare regulative Idee für die wissenschaftliche Forschung? ..... | 79  |
| KOHSE-HÖINGHAUS, Katharina: Forschungsergebnisse: Gedankengebäude mit Verfallsdatum? .....   | 87  |
| OSTERLOH, Margit: Das Paradox der Leistungsmessung und die Nachhaltigkeit der Forschung .....  | 103 |
| <b>Podiumsdiskussion</b>   |     |
| ARTMANN, Stefan, und BORCHERT, Yvonne: Bericht über die Podiumsdiskussion zur Nachhaltigkeit in der Wissenschaft .....                   | 117 |
| <b>Dokumentation</b>   |     |
| Programm des Leopoldina-Workshops <i>Nachhaltigkeit in der Wissenschaft</i> .....  | 123 |
| Liste der Vortragenden und Moderatoren .....   | 125 |



Der Präsident der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Jörg HACKER ML (Halle/Saale, Berlin), der Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung Georg SCHÜTTE (Bonn) und der Präsident der Leibniz-Gemeinschaft Prof. Dr. Karl Ulrich MAYER (Berlin) während der Veranstaltung (von links)



## Vorwort

Mit der Thematik „Nachhaltigkeit in der Wissenschaft“ setzte sich ein ganztägiger Workshop auseinander, den die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina am 12. November 2012 in der Vertretung des Landes Sachsen-Anhalt beim Bund in Berlin organisiert hat. Der vorliegende Band der *Nova Acta Leopoldina* dokumentiert diese Veranstaltung, um die auf dem Workshop gehaltenen Vorträge und die abschließende Podiumsdiskussion allen Interessierten zugänglich zu machen.

Nach der Begrüßung aller Teilnehmer durch den Präsidenten der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina Jörg HACKER ML und den Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung Georg SCHÜTTE (siehe in diesem Band, S. 27) beschäftigte sich der erste Vortragsblock mit dem Thema „Erforschung von Nachhaltigkeit“. Moderiert von dem damaligen Präsidenten der Deutschen Forschungsgemeinschaft Matthias KLEINER ML, sprachen der Direktor des *Institute for Advanced Sustainability Studies*, Potsdam, Klaus TÖPFER über „Nachhaltigkeit im Anthropozän“ (siehe in diesem Band, S. 31), der Direktor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung Hans Joachim SCHELLNHUBER ML über „Sustainability Science: Eine außergewöhnliche Erfolgsgeschichte“ (siehe in diesem Band, S. 41) sowie der Leiter des Instituts für Chemie- und Bio-Ingenieurwissenschaften an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich Konrad HUNGERBÜHLER über „Nachhaltigkeit und ihren Platz in der Ausbildung an einer Technischen Hochschule“ (siehe in diesem Band, S. 49).

Im zweiten Vortragsblock, der zum Thema „Nachhaltig forschen“ von dem Past-Präsidenten der Leibniz-Gemeinschaft Ernst Theodor RIETSCHEL ML moderiert wurde, stellten der Direktor des *Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change*, Potsdam, Ottmar EDENHOFER („Wem gehört das Wissen? Wissen als ‚Anti-Commons‘“), die Direktorin des Leibniz-Zentrums für Marine Tropenökologie, Bremen, Hildegard WESTPHAL („Forschung nachhaltig nutzen – Wissenstransfer zum Entscheidungsträger“; siehe in diesem Band, S. 55) und der Leiter des Instituts für sozial-ökologische Forschung, Frankfurt am Main, Thomas JAHN („Transdisziplinarität – Forschungsmodus für nachhaltiges Forschen“; siehe in diesem Band, S. 65) ihre Überlegungen zur Diskussion.

Der dritte Vortragsblock behandelte das Thema „Nachhaltige Forschung“ und wurde von dem Vorsitzenden des Wissenschaftsrats Wolfgang MARQUARDT moderiert. Der Präsident der Leibniz-Gemeinschaft Karl Ulrich MAYER ML sprach über die Frage „Ist Nachhaltigkeit eine brauchbare regulative Idee für die wissenschaftliche Forschung?“ (siehe in diesem Band, S. 79), die Universitätsprofessorin für Physikalische Chemie an der Universität Bielefeld Katharina KOHSE-HÖINGHAUS ML über „Forschungsergebnisse: Gedankengebäude mit Verfallsdatum?“ (siehe in diesem Band, S. 87) sowie die Professorin für *Management Science* an der Universität Warwick und emeritierte ordentliche Professorin für Betriebswirtschaftslehre an der Universität Zürich Margit OSTERLOH über „Das Paradox der Leistungsmessung und die Nachhaltigkeit der Forschung“ (siehe in diesem Band, S. 103).

Die Podiumsdiskussion, die den Workshop abschloss, verknüpfte die drei Themen der Vortragsblöcke miteinander. Matthias KLEINER, Wolfgang MARQUARDT, Ernst Theodor RIETSCHEL, Margit OSTERLOH und Bärbel FRIEDRICH ML, Vize-Präsidentin der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina, diskutierten insbesondere über das Verhältnis zwischen Wissenschaftsfreiheit und Nachhaltigkeitsförderung sowie über Transdisziplinarität als Organisationsform nachhaltiger Erforschung von Nachhaltigkeit. Es moderierte der Ressortleiter Wissen der *Süddeutschen Zeitung* Patrick ILLINGER (siehe den Bericht in diesem Band, S. 117).

Ich danke im Namen der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina allen Vortragenden, Moderatoren und Diskussionsteilnehmern des Workshops für ihre Bereitschaft, sich zur Thematik „Nachhaltigkeit in der Wissenschaft“ zu positionieren. Den Autoren des vorliegenden Bandes der *Nova Acta Leopoldina* gilt zudem für die Überlassung ihrer Beiträge ein herzlicher Dank. In der Geschäftsstelle der Leopoldina war Yvonne BORCHERT sowohl für die Organisation des Workshops als auch für die Betreuung dieser Publikation verantwortlich, die Joachim und Michael KAASCH redaktionell verantworten. Ihnen und allen anderen Mitarbeitern, die den Workshop und seine Dokumentation möglich gemacht haben, sei für ihr Engagement gedankt.

Jörg HACKER  
Präsident der Akademie

## Nachhaltigkeit in der Wissenschaft – Einleitende Überlegungen

Stefan ARTMANN (Halle/Saale) und  
Jörg HACKER ML, Präsident der Akademie (Halle/Saale, Berlin)

### *Zusammenfassung*

Nachhaltigkeit gehört zu den Leitideen, welche die globale Diskussion um die zukünftige Entwicklung der Menschheit bestimmen. Die Wissenschaft erfüllt in der Debatte um Nachhaltigkeit verschiedene Aufgaben. Sie präzisiert gängige Begriffe von Nachhaltigkeit (etwa aus dem Brundtland-Bericht) und führt dabei aus verschiedenen fachlichen Perspektiven notwendige analytische Unterscheidungen ein, beispielsweise aus ökonomischer Perspektive zwischen starker und schwacher Nachhaltigkeit. Zudem erforscht die Wissenschaft empirisch die komplexe und weitreichende Verwandlung der Natur durch menschliches Handeln, deren globales Ausmaß einige Forscher dazu bewogen hat, in der ersten industriellen Revolution den Beginn einer neuen erdgeschichtlichen Epoche, des Anthropozäns, zu sehen. Darüber hinaus ist die Wissenschaft selbst Adressat gesellschaftlicher Forderungen, auf nachhaltige Weisen zu forschen, zu lehren und ihr Wissen der Gesellschaft zu kommunizieren. Zur Thematik „Nachhaltigkeit in der Wissenschaft“ gehören daher nicht nur die Erforschung von nachhaltiger Entwicklung, sondern auch die Analyse der Strukturen des Wissenschaftssystems gemäß Kriterien nachhaltigen Handelns sowie die Reflexion über die Nachhaltigkeit der Idee der Wissenschaft als des Unternehmens, die Welt auf der Grundlage eines methodisch kontrolliert gewonnenen und falsifizierbaren Wissens zu erklären.

### *Abstract*

Sustainability belongs to the guiding ideas that set the tone for the global discussion on the future development of humanity. In the debate about sustainability, science plays different roles. It states common concepts of sustainability, e.g., from the Brundtland report, more precisely. In doing so, science introduces, from different specialist perspectives, necessary analytical distinctions, e.g., between strong and weak sustainability from the perspective of economics. In addition, science pursues empirical research into the complex and far-reaching transformation of nature by human action, the scale of which has moved some researchers to regard the first industrial revolution as the beginning of a new epoch in the history of the Earth, the Anthropocene. What is more, science itself is the addressee of societal demands to research, teach, and communicate its knowledge to society in sustainable ways. The topic ‘Sustainability in Science’, thus, comprehends not only research into sustainable development, but also analysis of structures of the science system according to criteria of sustainable action, as well as reflection about the sustainability of the idea of science, understood as the enterprise to explain the world on the base of knowledge that has been obtained methodically and is falsifiable.

### **1. Nachhaltigkeit – eine gesellschaftliche Leitidee *in statu nascendi***

Keine Forderung prägt gegenwärtige Debatten um die Zukunft der Menschheit so stark wie die Mahnung, das gesellschaftliche Leben und den Umgang mit der Natur im Sinne der Nachhaltigkeit zu verändern. Jeder interessierte Bürger kann heute den CO<sub>2</sub>-Abdruck berechnen, den sein alltägliches Verhalten hinterlässt, oder sich über die sozialen, ökonomischen und

ökologischen Verflechtungen informieren, in denen er sich mit seinen Konsumgewohnheiten bewegt. Als verantwortungsvolles Mitglied der globalen Schicksalsgemeinschaft erwartet dieser Bürger von politischen Entscheidungsprozessen, dass sie sich an der Frage orientieren, wie die jeweils verfügbaren Handlungsalternativen zur nachhaltigen Befriedigung grundlegender menschlicher Bedürfnisse beitragen könnten. Immer dringlicher knüpft sich an das Kriterium der Nachhaltigkeit die Hoffnung, auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse über die komplexen Auswirkungen menschlichen Handelns eingeschlifene, aber langfristig schädliche Verhaltensweisen in allen Lebensbereichen zu verändern – weltweit, schnell und tief greifend.

Eine solche Erwartungshaltung droht, sich in abstrakten Aufrufen zu nachhaltigem Handeln zu erschöpfen und letztlich in Enttäuschung umzuschlagen, falls das ihr zugrunde liegende Verständnis von Nachhaltigkeit sich nicht in konkrete Handlungsstrategien umsetzen lässt. Gewiss gehört es zur Funktion gesellschaftlicher Leitideen wie der Nachhaltigkeit, dass sie dank ihrer Unbestimmtheit eine Vielzahl von Interessengruppen zur Zusammenarbeit bewegen können. „[S]ustainability is a vague concept. It is intrinsically inexact. It is not something that can be measured out in coffee spoons. It is not something that you could be numerically accurate about. It is, at best, a general guide to policies that have to do with investment, conservation and resource use.“<sup>1</sup> Aber bei der Umsetzung der Idee der Nachhaltigkeit in die Praxis ist ein je nach Problemkontext wechselnder Grad an begrifflicher Schärfe vonnöten. Daher besteht eine der vordringlichsten Aufgaben, welche die Wissenschaft in Debatten um nachhaltige Entscheidungen erfüllen sollte, darin, verschiedene Vorstellungen von Nachhaltigkeit so deutlich wie nötig zu artikulieren und ihre politischen Konsequenzen so präzise wie möglich zu analysieren.<sup>2</sup>

### 1.1 Nachhaltige Entwicklung als Antwort auf die Herausforderungen des Anthropozäns

In der Geschichte der globalen Umwelt- und Entwicklungspolitik gibt es ein bedeutendes Dokument, das die Verwendungsweisen des Begriffs der Nachhaltigkeit bis heute stark beeinflusst. Der Abschlussbericht *Our Common Future*<sup>3</sup> der von der UNO-Vollversammlung eingerichteten *World Commission on Environment and Development* (WCED) aus dem Jahre 1987 gebraucht das Adjektiv ‚nachhaltig‘ (‚sustainable‘), um diejenige Art von Entwicklung zu charakterisieren, welche die Weltgemeinschaft anstreben sollte: „[S]ustainable development requires meeting the basic needs of all and extending to all the opportunity to fulfil their aspirations for a better life.“<sup>4</sup> Nachhaltig ist ein Entwicklungsprozess genau dann, wenn er *erstens* dazu beiträgt, die Grundbedürfnisse aller Menschen zu befriedigen, und *zweitens* die Chancen erhöht, dass alle Menschen die von ihnen jeweils angestrebte Verbesserung ihrer Lebensqualität verwirklichen können.

Der WCED-Bericht nennt ein *drittes* wesentliches Kennzeichen nachhaltiger Entwicklung. Es gliedert den zeitlichen Horizont, auf den sich die beiden erstgenannten Eigenschaften beziehen, an Hand der Abfolge von Generationen: „[H]umanity has the ability to make development sustainable to ensure that it meets the needs of the present without compromis-

1 SOLOW 1992, S. 550.

2 Vgl. GRUNWALD 2013, S. 41ff.

3 Nach der Kommissionsvorsitzenden und damaligen norwegischen Ministerpräsidentin Gro Harlem BRUNDTLAND wird dieses Dokument häufig ‚Brundtland-Bericht‘ genannt.

4 WCED 1987, S. 24f.

ing the ability of future generations to meet their own needs.“<sup>5</sup> Während eines nachhaltigen Entwicklungsprozesses nimmt im Vergleich zwischen den Generationen die Fähigkeit der jeweils lebenden Menschen, ihre Bedürfnisse zu befriedigen, nicht ab, sondern bleibt gleich oder nimmt zu.

Zwischen den ersten beiden Eigenschaften nachhaltiger Entwicklung einerseits und ihrer dritten Eigenschaft andererseits entsteht ein Spannungsverhältnis, falls die gegenwärtig Lebenden ihre Grundbedürfnisse befriedigen oder ihre Lebensqualität verbessern, ohne den Anspruch ihrer Nachkommen auf mindestens gleich gute Befriedigung basaler Bedürfnisse und auf mindestens gleich hohe Chancen zur Verbesserung der Lebensqualität ausreichend zu berücksichtigen. Die einfachste Strategie, dieser latenten intergenerationellen Spannung zu begegnen, besteht scheinbar darin, nachhaltige Entwicklung als Verwirklichung eines Endzustandes der Menschheitsgeschichte zu gestalten, in dem ein optimales und daher möglichst störungsfrei zu erhaltendes Gleichgewicht der Bedürfnisbefriedigung erreicht worden sein wird. Einer solchen Vorstellung widerspricht der WCED-Bericht ausdrücklich: „[S]ustainable development is not a fixed state of harmony, but rather a process of change in which the exploitation of resources, the direction of investments, the orientation of technological development, and institutional change are made consistent with future as well as present needs. We do not pretend that the process is easy or straightforward. Painful choices have to be made. Thus, in the final analysis, sustainable development must rest on political will.“<sup>6</sup> Als viertes Kennzeichen nachhaltiger Entwicklungsprozesse ist also festzuhalten, dass in ihnen der intergenerationelle Interessenausgleich das immer wieder neu zu konkretisierende Ziel politischer Entscheidungen über sich verändernde ökologische, ökonomische, technologische und institutionelle Handlungsalternativen bildet.

Zusammenfassend formuliert, bestimmt die WCED nachhaltige Entwicklung als einen globalen Prozess, in dessen Verlauf sich dank politischer Regulierung die Voraussetzungen dafür, dass alle Menschen ihre Grundbedürfnisse befriedigen und ihre Lebensqualität gemäß eigenen Vorstellungen verbessern können, zumindest nicht verschlechtern. Diese Definition ist auf keine spezielle Epoche der Weltgeschichte eingeschränkt, aber sie antwortet auf bestimmte historische Veränderungen in den natürlichen und kulturellen Randbedingungen menschlichen Handelns. Nachhaltige Entwicklung wird für ein Zeitalter zu einer gesellschaftlichen Leitidee, in dem die langfristigen Auswirkungen gegenwärtiger Entscheidungen auf die fundamentalen Lebensumstände der Menschheit so umfassend und tief greifend geworden sind, dass die Interessen der kommenden Generationen in heutigen politischen Entscheidungsprozessen angemessen repräsentiert werden sollten.

Für dieses Zeitalter prägte der Chemiker und Nobelpreisträger Paul J. CRUTZEN ML den Namen ‚Anthropozän‘: „It seems appropriate to assign the term ‚Anthropocene‘ to the present, in many ways human-dominated, geological epoch, supplementing the Holocene – the warm period of the past 10–12 millennia.“<sup>7</sup> ‚Anthropozän‘ heisst, wörtlich aus dem Altgriechischen übersetzt, die geologische Epoche des ‚vom Menschen neu Bewirkten‘. Sie setzt laut CRUTZEN mit der ersten industriellen Revolution in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts ein – nur wenige Jahrzehnte, nachdem Hans Carl von CARLOWITZ das Prinzip der Nachhaltigkeit in die Forstwirtschaft eingeführt hatte – und entfaltet sich in einer ungekann-

5 WCED 1987, S. 24.

6 WCED 1987, S. 25.

7 CRUTZEN 2002, S. 23.

ten Dynamik der anthropogenen Veränderung der Natur vor allem durch Landnutzung, Ressourcenabbau und Schadstoffemission. Diese Dynamik hat dazu geführt, dass die Menschheit zu einem entscheidenden Faktor in der Geschichte des Systems ‚Erde‘ geworden ist: „Unless there is a global catastrophe – a meteorite impact, a world war or a pandemic – mankind will remain a major environmental force for many millennia. A daunting task lies ahead for scientists and engineers to guide society towards environmentally sustainable management during the era of the Anthropocene.“<sup>8</sup>

Das Beängstigende, das CRUTZEN an den Herausforderungen diagnostiziert hat, vor denen die Menschheit nach den ersten zweieinhalb Jahrhunderten des Anthropozäns steht, erwächst letztlich daraus, dass eine traditionelle Unterscheidung historisch immer irrelevanter geworden ist: die Unterscheidung zwischen Kultur als Inbegriff des vom Menschen Gemachten, für das er verantwortlich zeichnet, und Natur als Inbegriff des dem Menschen Vorgegebenen, das den unveränderlichen Rahmen seines Handelns bildet, „[...] ein unendlich überlegenes und darum auch grenzenlos belastbares Außen [...], das alle menschlichen Entladungen absorbierte und alle Ausbeutungen ignorierte“.<sup>9</sup> Das Anthropozän ist geradezu dadurch definiert, dass in ihm auf eine sich dramatisch beschleunigende Weise mehr und mehr Randbedingungen menschlichen Handelns aus der Kulturgeschichte resultieren. Nachhaltige Entwicklung im Sinne der WCED zielt dementsprechend darauf ab, politische Entscheidungen im Anthropozän so zu koordinieren, dass die Menschen in der Zukunft infolge heutigen Handelns mindestens gleichbleibend gute direkt oder indirekt kulturell geprägte Voraussetzungen vorfinden werden, dank derer sie ihre Grundbedürfnisse befriedigen und ihre Lebensqualität verbessern werden können.

## 1.2 Kriterien für nachhaltige Entwicklungsprozesse am Beispiel der Substituierbarkeit natürlicher Ressourcen

Auf der Basis des Begriffs nachhaltiger Entwicklung, wie er von der WCED definiert worden ist, und vor dem Hintergrund der erdgeschichtlichen Ortsbestimmung, die CRUTZENs Theorie des Anthropozäns vornimmt, stellt sich die Frage, welche konkreten Entwicklungsprozesse das Prädikat ‚nachhaltig‘ verdienen. Diese Frage muss von Fall zu Fall in politischen Gremien entschieden werden – möglichst auf der Basis des besten jeweils zur Verfügung stehenden wissenschaftlichen Wissens darüber, welche Konsequenzen die Handlungsalternativen in der absehbaren Zukunft vermutlich zeitigen werden. Eine der wichtigsten Beratungs- und damit Forschungsaufgaben der Wissenschaft ist es also, im Sinne eines *honest broker* (PIELKE 2007) das Handlungsspektrum zu strukturieren, innerhalb dessen nachhaltige Entwicklungsprozesse initiiert und reguliert werden können. Das setzt eine inhaltliche Differenzierung des WCED-Begriffs nachhaltiger Entwicklung voraus.

Über die Handlungsfelder, die bei der Gestaltung nachhaltiger Entwicklungsprozesse unbedingt berücksichtigt werden sollten, sind sich die gängigen Bestimmungen des Begriffs der Nachhaltigkeit einig. So heißt es im Glossar des Hauptgutachtens des *Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen* (WBGU), nachdem auf die WCED-Definition Bezug genommen worden ist: „Heute existiert eine Vielzahl von Nachhaltigkeitsdefinitionen. Allen gemeinsam ist der Anspruch, dass ökonomische, soziale und

<sup>8</sup> CRUTZEN 2002, S. 23.

<sup>9</sup> SLOTERDIJK 2011, S. 99.

umweltverträgliche Entwicklung gleichzeitig voran getrieben werden müssen.“<sup>10</sup> Nachhaltige Entwicklungsprozesse verändern nicht nur das Verhältnis zwischen Mensch und Umwelt, sondern auch die Beziehungen der Menschen untereinander und die wirtschaftliche Basis ihres Wohlergehens. Sowohl ökologische als auch soziale und ökonomische Handlungsprinzipien müssen dementsprechend – gleichrangig wie in der WBGU-Definition oder hierarchisiert wie bei GRIGGS et al. (2013) – als Kandidaten für Grundregeln diskutiert werden, mittels derer die Nachhaltigkeit von Handlungsalternativen zu bewerten ist.

Solche Handlungsprinzipien beziehen sich keineswegs auf eindeutig voneinander unterscheidbare Gegenstandsbereiche politischer Entscheidungen; beispielsweise hat ein Ideal von Gerechtigkeit nicht nur sozialpolitische Relevanz. Daher hat der WBGU in einem Sondergutachten ökonomischen Bewertungen von Handlungsalternativen zu Recht „[...] die wichtige Bedeutung [...] zuerkannt], im Rahmen von umweltpolitischen Zielformulierungen, die sich auf das Nachhaltigkeitspostulat berufen, auf den Umstand hinzuweisen, daß mit der Verwirklichung von ökologischen Schutzziele[n] volkswirtschaftliche Kosten in Form von Nutzenverzicht[e]n einhergehen können“.<sup>11</sup> Es kann einen Trade-off zwischen denjenigen Handlungsprinzipien geben, an Hand derer die Nachhaltigkeit ein und derselben politischen Entscheidung bewertet wird – hier zwischen den Prinzipien des Umweltschutzes und der Nutzenmaximierung. Um dies zu erkennen, muss die betreffende Entscheidung sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer und sozialer Perspektive betrachtet werden.

Innerhalb jeder der drei Sichtweisen sollte die wissenschaftliche Analyse das Ziel verfolgen, aus den jeweils vorgeschlagenen Handlungsprinzipien präzise Kriterien für nachhaltige Entwicklung zu folgern. Was heißt beispielsweise „Nutzenmaximierung“ im Kontext von politischen Prozessen, die auf Nachhaltigkeit zielen? Aus einer ökonomischen Perspektive, die sich am Prinzip der Nutzenmaximierung orientiert, betreffen alle Entscheidungen den Einsatz knapper Ressourcen, die miteinander konkurrierende Bedürfnisse gemäß gegebenen Präferenzen bestmöglich befriedigen sollen, wobei es einen Mechanismus gibt, der auf die Weise eines Marktes die Entscheidungen aller beteiligten Akteure mehr oder weniger effizient koordiniert.<sup>12</sup>

Eine solche Sichtweise führt zu der folgenden Präzisierung des WCED-Begriffs nachhaltiger Entwicklung: „[D]evelopment is defined here to be *sustainable if it does not decrease the capacity to provide non-declining per capita utility for infinity*.“<sup>13</sup> Dieses Kriterium fasst drei der (in I.1) an Hand der WCED-Definition dargestellten Eigenschaften nachhaltiger Entwicklung zusammen: In einem nachhaltigen Entwicklungsprozess verschlechtern sich die Voraussetzungen dafür zumindest nicht, dass alle Menschen ihre Grundbedürfnisse befriedigen und ihre Lebensqualität gemäß eigenen Vorstellungen verbessern können. Diese Voraussetzungen lassen sich ökonomisch mit der Fähigkeit gleichsetzen, einen nicht abnehmenden Pro-Kopf-Nutzen zu erzielen. Ein Entwicklungsprozess, in dem diese Fähigkeit konstant bleibt oder zunimmt, ist gemäß dem Prinzip der Nutzenmaximierung nachhaltig.

Worin besteht aus einer ökonomischen Perspektive der Nutzenmaximierung das grundlegende Problem der politischen Regulierung nachhaltiger Entwicklungsprozesse? Um diese Frage zu beantworten, ist es sinnvoll, das Verhältnis zwischen dem nutzenmaximierenden Akteur und den ihm zur Verfügung stehenden Ressourcen der Bedürfnisbefriedigung, die er

<sup>10</sup> WBGU 2011, S. 419.

<sup>11</sup> WBGU 1999, S. 78.

<sup>12</sup> Siehe BECKER 1976, S. 3 ff.

<sup>13</sup> NEUMAYER 2010, S. 7.



hinsichtlich ihres Werts miteinander vergleicht, genauer zu betrachten. „Apart from a necessity of choosing, values have no meaning or existence. Valuation is a comparison of values. A single value, existing in isolation, can no more be imagined than can a single force without some other force opposed to it as a ‚reaction‘ to its ‚action.‘ [...] Fundamentally, then, the cost of any value is simply the value that is given up when it is chosen; it is just the reaction or resistance to choice which makes it choice. Ordinarily we speak of cost as consumption of ‚resources‘ of some kind, but everyone recognizes that resources have no value in themselves; that they simply represent the products which could have been had by their use in some other direction than the one chosen.“<sup>14</sup> Zu den Ressourcen gehört aus dieser Sicht all das, was einen Wert verliehen bekommt, weil es heute oder in Zukunft einen Nutzen bringen kann – Ressourcen sind, ökonomisch gesprochen, Kapital.<sup>15</sup> Indem Kapital eingesetzt wird, um einen bestimmten Nutzen zu erzielen, verursacht es Kosten, da durch diesen spezifischen Einsatz seine anderweitige Nutzung ausgeschlossen wird.

Das Grundproblem, vor dem aus ökonomischer Sicht die politische Regulierung nachhaltiger Entwicklungsprozesse steht, lässt sich nun folgendermaßen formulieren: Welche Formen von Kapital – beispielsweise menschliche Fähigkeiten, natürliche Vorkommen von Rohstoffen oder Maschinen – sollen durch andere Kapitalformen ersetzt werden dürfen? Das Kriterium, an Hand dessen darüber entschieden wird, ob eine bestimmte Ressource durch eine andere substituierbar ist oder nicht, fragt danach, ob beide Ressourcen dieselbe Funktion erfüllen können – nämlich einen spezifischen Nutzen zu bringen. Wenn es für eine Ressource bezüglich des betreffenden Nutzens keinen funktional äquivalenten Ersatz gibt, gehört sie in dieser Hinsicht zum sogenannten „kritischen Kapital“, das nur in dem Maße verbraucht werden darf, in dem es erneuert wird.<sup>16</sup>

Die Nachhaltigkeitsdebatte fokussiert sich zumeist auf natürliche Ressourcen, sodass das Grundproblem der politischen Regulierung nachhaltiger Entwicklungsprozesse konkretisiert werden kann: Darf Naturkapital durch andere Formen von Kapital ersetzt werden? Idealtypisch lassen sich zwei Antworten unterscheiden.<sup>17</sup> Wer antwortet: „Ja, Naturkapital ist wie alle anderen Formen von Kapital ersetzbar, sodass politische Entscheidungen über nachhaltige Entwicklung keine besonderen Regeln für Naturkapital berücksichtigen müssen“, der folgt dem Paradigma der schwachen Nachhaltigkeit (*weak sustainability*) oder Substituierbarkeit. Wer aber antwortet: „Nein, Naturkapital ist zumindest teilweise nicht durch andere Formen von Kapital ersetzbar“, der folgt dem Paradigma der starken Nachhaltigkeit (*strong sustainability*) oder Nicht-Substituierbarkeit. Beide Paradigmen korrespondieren mit zwei Schulen des ökonomischen Denkens über Umwelt: das Paradigma der schwachen Nachhaltigkeit mit der neoklassischen Ökonomik und das Paradigma der starken Nachhaltigkeit mit der ökologischen Ökonomik.<sup>18</sup>

NEUMAYER fasst die theoretische Idee schwacher Nachhaltigkeit und ihre wesentliche politische Konsequenz so zusammen: „W[eak] S[ustainability] requires keeping *total net investment*, suitably defined to encompass all relevant forms of capital, above zero. [...] If investment in man-made and human capital is big enough to compensate for the depreciation of natural capital, an explicit policy of sustainable development is not even necessary for then sustainabi-

14 KNIGHT 1924, S. 100f.

15 Siehe NEUMAYER 2010, S. 7.

16 Siehe NEUMAYER 2010, S. 24.

17 Siehe NEUMAYER 2010, S. 20ff.

18 Siehe HUSSEN 2013, S. 294ff.



lity is guaranteed quasi-automatically.“<sup>19</sup> In einem schwach nachhaltigen Entwicklungsprozess muss keine natürliche Ressource – und sei sie nicht-erneuerbar – erhalten werden; prinzipiell besteht die Möglichkeit, sie durch funktional äquivalente Ressourcen zu ersetzen.

Ein solcher „*resource optimism*“<sup>20</sup> geht eine Wette auf den Erfolg des wissenschaftlich-technischen Fortschritts bei der Nutzbarmachung erneuerbarer Ressourcen ein. Wenn das Angebot einer Ressource immer weniger ausreicht, um die Nachfrage nach ihr zu decken, dann steigt ihr Preis an. Nun sind verschiedene Reaktionen denkbar – vom intensiveren Abbau der Ressource über ihre effizientere Nutzung bis zur Verschiebung der Nachfrage auf eine andere Ressource.<sup>21</sup> Diese Möglichkeiten bewirken allerdings auf längere Sicht erst einmal nur, dass die Frage nach der Substituierbarkeit der betreffenden Ressource zu einem späteren Zeitpunkt erneut gestellt werden muss oder sich an ihrem funktional äquivalenten Ersatz neu entzündet. Ein Ressourcenoptimist muss daher annehmen, dass der Substitutionsprozess auf Grund des wissenschaftlich-technischen Fortschritts letztlich immer zur Nutzbarmachung erneuerbarer Ressourcen führen wird – und dieser Prozess schließt alle Formen natürlichen Kapitals ein.

Starke Nachhaltigkeit hingegen „[...] calls for the preservation of the *physical* stock of those forms of natural capital that are regarded as non-substituable [...]. [...] If the flows from these forms of natural capital are used, then their regenerative capacity must not be exceeded, so that their environmental function remains intact [...]“.<sup>22</sup> Nicht ersetzbar ist eine natürliche Ressource dann, wenn die gewählte politische Regulierung eines Entwicklungsprozesses kein ökonomisches Bewertungssystem zulässt, dank dessen die Ersetzung dieser Ressource gerechtfertigt werden könnte – weder durch andere natürliche Ressourcen noch durch nicht-natürliche Ressourcen. Im Falle nicht-erneuerbarer Ressourcen (beispielsweise des endlichen Vorrats eines Rohstoffs oder eines einmaligen Naturdenkmals) bedeutet ‚Nicht-Substituierbarkeit‘, dass ein Verbot ihres Verbrauchs politisch anzustreben ist. So muss ein Vertreter des Paradigmas der starken Nachhaltigkeit bestreiten, dass künftige Generationen für den heutigen Verbrauch von kritischem Naturkapital entschädigt werden könnten, indem der Anstieg ihres Konsumniveaus, der dadurch ermöglicht würde, die Einbuße an diesem Naturkapital zumindest ausgleiche.<sup>23</sup> Selbstverständlich kann sich auch ein Vertreter des Paradigmas der schwachen Nachhaltigkeit beispielsweise für die Bewahrung eines einzigartigen Naturdenkmals einsetzen – aber nicht aus Gründen der Nachhaltigkeit.<sup>24</sup>

Ein Bewertungssystem für das Naturkapital innerhalb eines nachhaltigen Entwicklungsprozesses auszuwählen, stellt eine politische Entscheidung dar, die nicht getroffen werden sollte, ohne das beste verfügbare wissenschaftliche Wissen über die zur Verfügung stehenden Handlungsalternativen und ihre wahrscheinlichen Konsequenzen umfassend einzubeziehen. Aber auch dann, wenn Wissenschaftler intensiv in den demokratischen Deliberations- und Entscheidungsprozess einbezogen sind – die Auswahl des Bewertungssystems ist und bleibt eine politische Entscheidung.<sup>25</sup>

19 NEUMAYER 2010, S. 21.

20 NEUMAYER 2010, S. 48.

21 Siehe NEUMAYER, 2010, S. 49ff.

22 NEUMAYER 2010, S. 24.

23 Siehe NEUMAYER 2010, S. 74ff.

24 Siehe SOLOW 1992, S. 545 und S. 550.

25 Siehe GRUNWALD 2013, S. 44. Im Kontext der wirtschaftlichen Bewertung von Ökosystemleistungen (siehe KUMAR 2010 und *Naturkapital Deutschland – TEEB DE* 2012) hat dies der WBGU unterstrichen: „Viele Bewertungsfragen können ohne Rückgriff auf Expertenwissen nicht gelöst werden. Dies gilt insbesondere für die Bewertung ökosystemarer Leistungen der Biosphäre, die außerhalb der unmittelbaren Wahrnehmung stehen und

## 2. Die sich selbst organisierende Wissenschaft und die Forderung nach Nachhaltigkeit

CRUTZEN (2002) datiert den Beginn des Anthropozäns auf die erste industrielle Revolution (siehe 1.1). Mit dem Übergang von der Industriegesellschaft zur ‚post-industriellen‘ Gesellschaft sind die globalen Konsequenzen der kulturellen Umgestaltung der Welt in den ersten Jahrhunderten des Anthropozäns zum Gegenstand der Wissenschaft und das Ideal nachhaltiger Entwicklung zu einem beständigen Thema der gesellschaftlichen Debatte geworden. Das Wissen um die Transformation der Natur durch den Menschen konnte zu einem relevanten Faktor bei politischen Entscheidungen werden. Bereits 1973 diagnostizierte der amerikanische Soziologe Daniel BELL in *The Coming of Post-Industrial Society*, das mittlerweile zu einem Klassiker der Theorie der Wissensgesellschaft geworden ist: „[K]nowledge has of course been necessary in the functioning of any society. What is distinctive about the post-industrial society is the change in the character of knowledge itself. What has become decisive for the organization of decisions and the direction of change is the centrality of *theoretical* knowledge – the primacy of theory over empiricism and the codification of knowledge into abstract systems of symbols that, as in any axiomatic system, can be used to illuminate many different and varied areas of experience.“<sup>26</sup> Die post-industrielle Gesellschaft ist für BELL eine Form des Zusammenlebens, in der Institutionen wie Universitäten, Forschungseinrichtungen und *Think Tanks*, die wissenschaftliches Wissen als „strategic resource“ generieren, zu „axial structures“<sup>27</sup> geworden sind. Prägnant formuliert: Sie ist eine Wissenschaftsgesellschaft.

Zu einem realistischen politischen Leitbild kann Nachhaltigkeit erst in der Wissenschaftsgesellschaft werden, weil nachhaltige Entwicklung anders als auf der Grundlage eines umfassenden und methodisch abgesicherten Wissens über die komplexen kausalen Netze, die menschliches Handeln mit der Welt verknüpfen, weder theoretisch zu bestimmen noch in die Praxis umzusetzen ist. Dementsprechend werden die jeweils aktuellen Grenzen des wissenschaftlichen Wissens zu Faktoren, die bei politischen Entscheidungen über die Bewertungssysteme für die Substituierbarkeit von Naturkapital eine wichtige Rolle spielen sollten: „If we could be sure of the benefits of substituting man-made capital for natural capital then the trade-off between them would not be a serious one. But we are not sure of the ways in which the environments function, either internally or in terms of their interactions with the economy. [...] As information and understanding increase so the trade-off decision might be made with more certainty about the consequences.“<sup>28</sup> Aus diesem Grund sollten Wissenschaftler eine wichtige Rolle spielen, wenn es darum geht, über die langfristigen sozialen, ökonomischen und ökologischen Konsequenzen politischer Entscheidungen zu beraten und sie im Lichte verschiedener Konzepte von Nachhaltigkeit zu bewerten, die selbst wiederum Gegenstand der wissenschaftlichen Untersuchung sowie der wissenschaftsbasierten Beratung von Politik und Öffentlichkeit sein sollten.

---

somit keine individuellen Zahlungsbereitschaften schaffen können. Geprüft werden muß jedoch, durch welches Verfahren die Expertenmeinung Eingang in die politische Willensbildung findet. Es sollten keine kleinen Expertengruppen Entscheidungen treffen, die spürbare wirtschaftliche Konsequenzen für die Mehrheit der Bevölkerung haben können, ohne daß es eine demokratische Kontrolle über diesen Prozeß gibt [...].“ (WBGU 1999, S. 63.) Auch das Fehlen einer solchen Kontrolle über die Auswahl eines Bewertungssystems wäre die Konsequenz einer politischen Entscheidung.

26 BELL 1973, S. 20.

27 BELL 1973, S. 26.

28 PEARCE und TURNER 1990, S. 50f.

Die Wissenschaften sind einerseits die wichtigsten Informationsquellen und Ratgeberinnen in Sachen „Nachhaltigkeit“, indem sie die langfristigen Wirkungen menschlichen Handelns auf globale Lebensbedingungen untersuchen und gesellschaftliche Handlungsalternativen bewerten. Andererseits muss sich das Wissenschaftssystem auch selbst die Frage nach seiner nachhaltigen Entwicklung stellen lassen – oder besser noch: sie selbst stellen. Wissenschaftler sollten sich intensiv sowohl mit Nachhaltigkeit als Gegenstand von Forschung, Lehre und Wissenstransfer als auch mit Nachhaltigkeit als Anforderung an Forschung, Lehre und Wissenstransfer auseinandersetzen. Ansonsten droht die Gefahr, dass dem Wissenschaftssystem politisch vorgegeben wird, was es unter „Nachhaltigkeit“ zu verstehen habe und wie seine Institutionen nachhaltig zu agieren hätten.<sup>29</sup>

Die Reflexion des Wissenschaftssystems über die Nachhaltigkeit seines gegenwärtigen Zustands kann auf die Ergebnisse der Präzisierung verschiedener Begriffe von nachhaltiger Entwicklung zurückgreifen. Hierzu gehört die ökonomische Unterscheidung zwischen den Paradigmen der starken und schwachen Nachhaltigkeit an Hand des Kriteriums der Substituierbarkeit von Naturkapital (siehe 1.2). Auf das Wissenschaftssystem übertragen, könnte ein analoges Kriterium für die Unterscheidung verschiedener Konzeptionen für nachhaltige Entwicklung lauten: Gibt es im Wissenschaftssystem kritisches Kapital – also Ressourcen, die nur in dem Maße verbraucht werden dürfen, wie sie erneuert werden, da sie keine funktionalen Äquivalente besitzen, wenn es um die Verwirklichung eines spezifischen Nutzens des Wissenschaftssystems geht? Je nachdem, welche Antwort eine wissenschaftspolitische Position auf diese Frage gibt, ergeben sich unterschiedliche Konzeptionen für die nachhaltige Entwicklung des Wissenschaftssystems.

Im Folgenden werden drei Dimensionen der Thematik „Nachhaltigkeit in der Wissenschaft“ im Lichte der Frage nach möglichen unersetzlichen Ressourcen des Wissenschaftssystems skizziert, wobei der spezifische Nutzen, den die Wissenschaft erzielen soll, in dem Beitrag liegt, den sie zur gesellschaftlichen Bewältigung von Herausforderungen der nachhaltigen Entwicklung leisten kann. Die drei Dimensionen sind: *erstens* Nachhaltigkeit als Forschungsgegenstand, *zweitens* Nachhaltigkeit als Eigenschaft von Forschungsprozessen und *drittens* Nachhaltigkeit als wesentlicher Bestandteil der Idee von Forschung. In Anlehnung an Niklas LUHMANNs Theorie sozialer Systeme lässt sich von der Sach-, der Zeit- und der Sozialdimension der Nachhaltigkeit in der Wissenschaft sprechen.<sup>30</sup>

## 2.1 Die sachliche Dimension der Erforschung von Nachhaltigkeit

Zwischen Wissenschaftlern, die sich mit Problemen nachhaltiger Entwicklung auseinandersetzen, herrscht weitestgehend Konsens, dass Nachhaltigkeit eine Thematik ist, die nur in der engen Zusammenarbeit zwischen den unterschiedlichsten Disziplinen sinnvoll erforschbar ist. Wichtige Beiträge zu einem umfassenden Verständnis nachhaltiger Entwicklung sind beispielsweise naturwissenschaftliche Modellierungen der Auswirkungen menschlichen Handelns auf

29 So verlangt beispielsweise SCHNEIDEWIND (2009, S. 43 und S. 233f.), dass die Hochschulen stärker als bisher gesellschaftlich relevante Forschungsbeiträge zur nachhaltigen Entwicklung liefern sollten, um gegen die drohende Stagnation oder sogar Kürzung ihrer finanziellen Mittel ein gewichtiges Argument *in petto* zu haben. Um dies leisten zu können, müssten, so SCHNEIDEWIND, die Hochschulen in ihre Selbstorganisation Mechanismen einbauen, mittels derer sie schneller und effizienter in der Lage wären, die gesellschaftliche Nachfrage nach Forschungsergebnissen zu Problemen der nachhaltigen Entwicklung aufzugreifen.

30 Siehe LUHMANN 1987, S. 112ff.

Ökosysteme, sozialwissenschaftliche Analysen der Folgen ökologischer Veränderungen für gesellschaftliches Zusammenleben und geisteswissenschaftliche Reflexionen über den Wandel im Nachdenken über Mensch, Kultur und Natur, der durch die Phänomene des Anthropozäns angestoßen wird. Dabei müssen solche Forschungsbeiträge so erarbeitet werden, dass sie von Anfang an wechselseitig ineinander greifen und ihre gesellschaftlichen Adressaten einbeziehen, sie also sowohl interdisziplinär wie transdisziplinär vorgehen. „Interdisziplinär“ soll heißen, dass die Kooperation zwischen den Einzelwissenschaften neue Methoden und Lösungsstrategien für gemeinsam definierte Forschungsprobleme mit sich bringt, und „transdisziplinär“, dass gesellschaftliche Interessengruppen und ihr Wissen schon bei der Zielfestlegung für einen Forschungsprozess und während seines Verlaufs eine tragende Rolle spielen.<sup>31</sup>

Die Notwendigkeit der inter- wie transdisziplinären Erforschung nachhaltiger Entwicklung wird schnell einsichtig, sobald ihre umfassendsten und komplexesten Sachprobleme in den Blick geraten – die sogenannten „Grand Challenges“, die von großer wissenschaftlicher Bedeutung sind, der globalen Zusammenarbeit bedürfen und für politische Entscheidungen hochrelevant sind.<sup>32</sup> Aber welcher Zweck soll verwirklicht werden, indem die Wissenschaft diese *Grand Challenges* bewältigt? Mit der sogenannten „Großen Transformation“ hat der WBGU einen systematisch ausgearbeiteten Vorschlag für eine solche Zwecksetzung vorgelegt. An Hand dieses Vorschlags wird im Folgenden gezeigt, wie die Verwirklichung des Nutzens, den das Wissenschaftssystem erbringen soll, bestimmte kritische Ressourcen voraussetzt.

Unter „Großer Transformation“ ist laut WBGU ein globaler Wandlungsprozess zu verstehen, der auf die klimaverträgliche, nachhaltige Gesellschaft zuläuft und in dessen Verlauf die bestehenden Wirtschaftssysteme so umgebaut werden, dass sich irreversible Schädigungen des globalen Erdsystems, von Ökosystemen und Menschen vermeiden lassen.<sup>33</sup> Da ein solch anspruchsvoller Prozess für den WBGU eine neue Qualität in der Zusammenarbeit zwischen allen gesellschaftlichen Teilsystemen erfordert, liegt es nahe, für seine Beschreibung auf grundlegende Denkfiguren der politischen Philosophie zurückzugreifen, welche die allgemeinsten Voraussetzungen gesellschaftlichen Zusammenlebens überhaupt beschreiben wollen. Im Zuge der Großen Transformation solle ein neuer Gesellschaftsvertrag die wechselseitigen Beziehungen zwischen der Gesamtgesellschaft und ihren Teilsystemen auf eine qualitativ andere Basis als bisher stellen. „Innerhalb eines solchen Kontrakts würde sich die Gesellschaft verpflichten, relevante Probleme zu identifizieren, zu priorisieren und der Forschung zu vermitteln. Die Gesellschaft würde sich ebenfalls verpflichten, ausreichende Mittel zur Erforschung der identifizierten Probleme zur Verfügung zu stellen. Im Gegenzug würde sich ein stetig zunehmender Teil der Wissenschaft sowie der Wirtschaft verpflichten, sich verstärkt an gesellschaftlichen Zielen im Rahmen der Großen Transformation zu orientieren. Zusätzlich müsste sich Forschung nicht nur an den Beurteilungen durch die eigene Fachdisziplin messen, sondern auch relevante und glaubwürdige Lösungen für die identifizierten

31 Siehe WBGU 2011, S. 343.

32 Für die Erforschung des Systems „Erde“ aus der Perspektive globaler nachhaltiger Entwicklung wurden beispielsweise die folgenden fünf *Grand Challenges* vorgeschlagen: „Improve the usefulness of forecasts of future environmental conditions and their consequences for people. [...] Develop, enhance, and integrate observation systems to manage global and regional environmental change. [...] Determine how to anticipate, avoid, and manage disruptive global environmental change. [...] Determine institutional, economic, and behavioral changes to enable effective steps toward global sustainability. [...] Encourage innovation (and mechanisms for evaluation) in technological, policy, and social responses to achieve global sustainability.“ (REID et al. 2010, S. 916f. – im Original alles kursiv.)

33 Siehe WBGU 2011, S. 87.

Probleme entwickeln. Für die Politik würde dies nicht nur die Erhöhung der Forschungsausgaben bedeuten, sondern auch die Aufgabe, gesellschaftliche Dialoge über die Ziele, die die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten leiten sollen, anzustoßen.“<sup>34</sup>

Welche Ressourcen besitzt laut WBGU das Wissenschaftssystem, die für die Erfüllung seiner Verpflichtungen nach dem Abschluss des neuen Gesellschaftsvertrages von kritischer Bedeutung sind? Damit die Große Transformation gelingen könne, dürfe keineswegs die Fähigkeit der Wissenschaftler verloren gehen, ihre jeweilige Fachexpertise problemorientiert miteinander zu verknüpfen. Diese Forderung will zwei mächtige Tendenzen der Wissenschaftsgeschichte korrigieren: *erstens* die Ausdifferenzierung des Wissenschaftssystems, mit der sich die Wissenschaft von anderen gesellschaftlichen Teilsystemen wie Politik und Wirtschaft löst, und *zweitens* die Innendifferenzierung des Wissenschaftssystems, durch welche die Fachdisziplinen institutionalisiert werden.<sup>35</sup> Der neue Gesellschaftsvertrag fordere, so der WBGU, von der Wissenschaft, dass sie sich gegenläufig zu diesen Differenzierungsprozessen transdisziplinär auf eine gemeinsame Problemdefinition mit Vertretern anderer gesellschaftlicher Teilsysteme einlasse und diese interdisziplinär über die Grenzen zwischen den Fachgebieten hinweg löse.

Der WBGU fasst seine Forderung an das Wissenschaftssystem, gewissermaßen der eigenen Entstehungsgeschichte entgegenzuarbeiten, in eine paradoxe Form, die sich an eben diese Geschichte anlehnt, um damit die Chance zu erhöhen, für das Wissenschaftssystem akzeptabel zu sein: Die inter- und transdisziplinäre Erforschung von Nachhaltigkeit solle selbst die institutionelle Form einer Disziplin annehmen. „Unter dem Stichwort Nachhaltigkeitswissenschaft (auch Wissenschaft für nachhaltige Entwicklung, Wissenschaft der Nachhaltigkeit, *Sustainability Science*) werden vielfältige Bemühungen gebündelt, Wissenschaft und Technik für den Übergang in eine nachhaltige Gesellschaft zu unterstützen. Nachhaltigkeitswissenschaft soll die Folgen menschlichen Handelns auf die Natur und damit verbundene Rückwirkungen auf Gesellschaften verstehen sowie Optionen zur Vermeidung und Minimierung negativer Effekte im Sinne nachhaltiger Entwicklung aufzeigen [...]. Darin eingeschlossen sind neben der Interdisziplinarität auch die Aspekte der systemischen Betrachtungsweise, der politischen Relevanz und der normativen Zielgerichtetheit.“<sup>36</sup> Diese Aufgabenstellung für die Nachhaltigkeitswissenschaft setze die kritische Ressource im Wissenschaftssystem, dank derer es in der Lage sei, angesichts der Großen Transformation seine Verpflichtungen aus dem neuen Gesellschaftsvertrag zu erfüllen, unabdingbar voraus: die Fähigkeit der Wissenschaftler, auf der Grundlage des Wissens, das sie der überaus erfolgreichen Aus- und Innendifferenzierung des Wissenschaftssystems verdanken, für den gesellschaftlichen Nutzen gegen diese Prozesse zu arbeiten. Andernfalls wäre – immer aus der Perspektive der Befürworter eines neuen Gesellschaftsvertrags betrachtet – bereits die Bestimmung von Nachhaltigkeit als Forschungsgegenstand nicht auf eine Weise möglich, die ihre umfassende Erforschung mit dem größtmöglichen Nutzen für die gesellschaftliche Gestaltung nachhaltiger Entwicklung verbinde.

## 2.2 Die zeitliche Dimension nachhaltiger Forschung

Forschen ist ein Handlungsprozess, dessen soziale, ökonomische und ökologische Aspekte gemäß Kriterien nachhaltigen Handelns betrachtet werden können. Einschlägige Fragen

<sup>34</sup> WBGU 2011, S. 342.

<sup>35</sup> Siehe STICHWEH 1979.

<sup>36</sup> WBGU 2011, S. 349.

lauten u. a.: Welche Auswirkungen auf die Umwelt haben Forschungsinstitutionen und ihre technische Infrastruktur? Wie lässt sich die mittel- und langfristige Rendite staatlicher Investitionen in Forschung messen? Welche Karrierewege fördern die Bindung hervorragender Nachwuchsforscher an das Wissenschaftssystem? Ein wichtiges Problem der intergenerationalen Erhaltung von wissenschaftlicher Kompetenz besteht zum Beispiel in der Finanzierung von Beobachtungssystemen, die empirische Daten für die Nachhaltigkeitswissenschaft kontinuierlich über sehr lange Zeiträume sammeln und daher die übliche Förderungsdauer staatlicher Programme bei weitem übertreffen.<sup>37</sup>

Bei all diesen Problemstellungen handelt es sich um Teilaspekte der Herausforderung, die Erforschung von Nachhaltigkeit auf eine nachhaltige Weise zu betreiben – das heißt auf eine Weise, „[...] die unsere Handlungsfähigkeit im Umgang mit Nachhaltigkeitsproblemen durch *anschlussfähiges* wissenschaftliches Wissen erhöht [...]“.<sup>38</sup> Wie könnten die wissenschaftssystemischen Voraussetzungen dafür geschaffen werden, dass diese Herausforderung zu meistern wäre, ohne dass der Erfolg vom Zufall günstiger politischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen abhinge? Für eine Beispielanalyse soll im Folgenden wieder auf das WBGU-Gutachten zurückgegriffen werden. Es fordert, Strategien und Programme der staatlichen Forschungsförderung daraufhin zu untersuchen, ob sie mit den Zielen (z. B. Klimaverträglichkeit), Strukturen (z. B. Inter- und Transdisziplinarität) und erhofften Ergebnissen (z. B. technologische und soziale Innovationen) der Forschung für die Große Transformation übereinstimmen.<sup>39</sup> Bei seiner Analyse des gegenwärtigen deutschen Wissenschaftssystems kommt der WBGU zu einem insgesamt negativen Ergebnis, etwa hinsichtlich der geforderten Interdisziplinarität, die durch zu fachspezifisch geprägte Mechanismen des Reputationsgewinns und damit durch die notwendige Orientierung der Wissenschaftler an den Erfolgskriterien einer einzelnen Disziplin behindert werde.<sup>40</sup>

Wie die Anschlussfähigkeit der wissenschaftlichen Praxis an die Anforderungen nachhaltiger Entwicklung zu verbessern wäre, thematisiert das WBGU-Gutachten an Hand des engen Zusammenhangs zwischen Transformationsforschung und transformativer Forschung, aus dem sich gleichsam die Nachhaltigkeit der Nachhaltigkeitswissenschaft ergebe: „Transformationsforschung hat zum Ziel, Transformationsprozesse besser zu verstehen, ihr Forschungsgegenstand sind somit die Transformationsprozesse als solche. Transformativ Forschung unterstützt Transformationsprozesse konkret durch die Entwicklung von Lösungen sowie technischen und sozialen Innovationen; dies schließt Verbreitungsprozesse in Wirtschaft und Gesellschaft sowie die Möglichkeiten zu deren Beschleunigung ein und erfordert zumindest in Teilen systemische Betrachtungsweisen, inter- und transdisziplinäre Vorgehensweisen, inklusive der Beteiligung von Stakeholdern [...]“.<sup>41</sup> Um die Etablierung der Transformationsforschung in ihrem Zusammenhang mit der transformativen Forschung auf den Weg zu bringen, wendet sich der WBGU an diejenigen Institutionen, die in der Allianz der deutschen Wissenschaftsorganisationen kooperieren.<sup>42</sup> Zudem schlägt der WBGU vor, die Förderung interdisziplinärer Forschung zur Nachhaltigkeit an Empfehlungen und Qualitätskriterien zu orientieren, welche die Hochschulrektorenkonferenz, die Gemeinsame Wissen-

37 Siehe WUNSCH et al. 2013.

38 JAHN und KEIL 2012, S. 7.

39 Siehe WBGU 2011, S. 345 und S. 360.

40 Siehe WBGU 2011, S. 373.

41 WBGU 2011, S. 342f.

42 Siehe WBGU 2011, S. 381.



schaftskonferenz, die Deutsche Forschungsgemeinschaft und die Wissenschaftsakademien erarbeiten sollten.<sup>43</sup>

Solche Vorschläge des WBGU zeigen unübersehbar an, worin aus seiner Perspektive die kritische Ressource des Wissenschaftssystems besteht, wenn es um nachhaltige Forschung geht. Sie liege in Institutionen, die dank ihrer wissenschaftlichen Exzellenz hochangesehen seien, hohe Volumina an Finanzmitteln für Forschung verteilen und daher die Fähigkeit besäßen, das Wissenschaftssystem langfristig auf die Erfüllung seiner Aufgaben in der Großen Transformation zu verpflichten. Dies könne etwa durch eine Kooperation führender Wissenschaftsorganisationen oder die Einrichtung neuer zentraler Forschungs- und Lehrinstitutionen geschehen. Ohne eine solche institutionelle Unterstützung drohte die (in 2.1 beschriebene) Fähigkeit von Wissenschaftlern noch weiter abzunehmen, ihre jeweilige Fachexpertise problemorientiert miteinander zu verknüpfen: Sie würden immer stärker verunsichert, ob die Einrichtungen, in denen sie arbeiteten, bereit wären, den nur langfristig zu erzielenden Nutzen der Nachhaltigkeitswissenschaft institutionell abzusichern. Ökonomisch formuliert: Um sich erfolgreich erneuern zu können, benötige das kritische Humankapital des Wissenschaftssystems — die inter- und transdisziplinäre Kompetenz der Wissenschaftler — das kritische Sozialkapital von Wissenschaftsinstitutionen, die sich der Nachhaltigkeit inter- und transdisziplinärer Forschung verpflichtet hätten.

### *2.3 Die soziale Dimension der Nachhaltigkeit von Forschung*

Wissenschaft lässt sich in erster Näherung als der Versuch verstehen, die Welt auf der Grundlage eines methodisch kontrolliert gewonnenen und grundsätzlich nachprüfaren Wissens zu erklären. Solches Wissen steht damit immer unter dem Vorbehalt, wiederum falsifiziert werden zu können. Lässt sich dieses Wesensprinzip der Forschung überhaupt mit der Idee von Nachhaltigkeit verknüpfen? Oder ist ganz im Gegenteil die wissenschaftliche Herangehensweise an die Welt die nachhaltigste, weil sie es am besten erlaubt, falsche und damit unser Handeln langfristig in die Irre führende Ansichten zu erkennen?

Im Kontext der nachhaltigen Erforschung von Nachhaltigkeit führen solche Fragen früher oder später zu dem Problem, wie sich die Generierung und Überprüfung von Theorien und Daten, welche die Gemeinschaft der Wissenschaftler möglichst unabhängig von außerwissenschaftlichen Einflüssen durchführt, grundsätzlich zur Forderung der Gesellschaft verhält, dass die Wissenschaft sehr viel umfassender als bisher zur nachhaltigen Entwicklung beitragen solle. Gewiss ist es gerade im Interesse derjenigen, die dies fordern, dass es keinerlei direkte politische oder anderweitige Eingriffe in die Freiheit der Forschung geben darf: Wer objektive wissenschaftliche Erkenntnisse über die Nachhaltigkeit von Handlungsalternativen in politische Entscheidungsprozesse einfließen lassen will, für den ist „[...] das Erfordernis einer Unabhängigkeit aller Erkenntnisprozesse [grundlegend], die letztlich zur Erzeugung politisch relevanter wissenschaftlicher Informationen beitragen, um sicherzustellen, dass die Ergebnisse nicht im Sinne politischer Einzelinteressen beeinflusst werden können“.<sup>44</sup>

Selbstverständlich schließt eine solche Begründung von Forschungsfreiheit aus dem Geiste der wissenschaftsbasierten Politikberatung keinesfalls aus, dass sich Wissenschaftler auf Grund eines genuin wissenschaftlichen Interesses dazu entschließen, Fragen nachhaltiger

<sup>43</sup> Siehe WBGU 2011, S. 381.

<sup>44</sup> WILHOLT 2012, S. 12.

Entwicklung intensiver als bisher zu untersuchen. Was aber passiert, wenn der Druck aus der Gesellschaft auf die Wissenschaft, sich noch intensiver als bisher mit den *Grand Challenges* auseinanderzusetzen, anwächst? Das ist, stark verkürzt, die Diagnose, die zahlreiche Vertreter der Nachhaltigkeitswissenschaft hinsichtlich des gegenwärtigen Verhältnisses zwischen Wissenschaft und Gesellschaft stellen.<sup>45</sup>

Der Wissenschaftsforscher Michael HAGNER ML beschreibt die in dieser angespannten Situation liegende Herausforderung und Chance folgendermaßen: „Wer immer die Wissenschaften zentral planen, steuern und kontrollieren möchte, kann sie auch gleich ganz abschaffen. Was aber wäre, wenn sie *auch* von demokratischen Bürgern betrachtet und beurteilt werden, die ein Interesse daran haben, daß diese Wissenschaften sich dem größtmöglichen materiellen und ideellen Wohl des Menschen und ihrer Umwelt widmen? Was wäre, wenn *good citizens* die Wissenschaften darin unterstützen würden, ihren tatsächlich unsicher gewordenen Platz in der Gesellschaft wieder zu festigen? Gegen die so dominante Ökonomisierung der Wissenschaften müßte ihre Demokratisierung viel stärker akzentuiert werden. Davon könnten beide, Demokratie und Wissenschaft, profitieren.“<sup>46</sup> Um diesen wechselseitigen Nutzen einer „Demokratisierung der Wissenschaft“ verwirklichen zu können, muss neben die Funktion von Forschungsfreiheit als Schutz vor dem Eingriff politischer Partikularinteressen in die Autonomie der Wissenschaft ein Verständnis von Forschungsfreiheit treten, das sie als Verpflichtung für Wissenschaftler interpretiert, die sozialen, ökonomischen und ökologischen Voraussetzungen einer nach wissenschaftseigenen Kriterien sehr gut funktionierenden Forschung nachhaltig zu entwickeln.<sup>47</sup>

Auf welche seiner Ressourcen muss das Wissenschaftssystem zurückgreifen, um ein derartiges Verständnis von Forschungsfreiheit zu entwickeln? Es gibt einen naheliegenden Ausgangspunkt für die Suche nach einer Antwort: Traditionelle erkenntnistheoretische Begründungen der Forschungsfreiheit greifen auf „[...] Argumente [zurück], die darlegen, warum das Gemeinschaftsunternehmen Wissenschaft seine von uns geschätzten Wissenserträge genau dann am besten erbringen kann, wenn es in bestimmten Hinsichten frei ist“.<sup>48</sup> Ein prominenter Vertreter der Position, dass die Freiheit der Forschung das effizienteste Prinzip ihrer sozialen Organisation bildet – und zwar auch und gerade hinsichtlich ihres Gesamtnutzens für die Gesellschaft –, ist der ungarisch-britische Chemiker und Wissenschaftsphilosoph Michael POLANYI mit seinem Begriff der Forschungsfreiheit als *public liberty* (POLANYI 1951), den er zu einer wissenschaftssoziologischen Theorie der *Republic of Science* (POLANYI 1962) ausgearbeitet hat.

Gemäß POLANYI sollen aktiv forschende Wissenschaftler in selbstorganisierten Gremien so frei wie möglich entscheiden, wie Ressourcen im Wissenschaftssystem verteilt werden. Drei Gründe sprächen dafür, dass sie die besten Voraussetzungen dafür besäßen, die effizienteste Verteilung miteinander aushandeln zu können. *Erstens* hätten diese Wissenschaftler das

45 Zum Beispiel, wie in 2.2 zitiert, der WBGU.

46 HAGNER 2012, S. 50.

47 Nur auf der Grundlage einer solchen Interpretation von Forschungsfreiheit kann auch eine Diagnose wie die folgende anders denn als Drohung mit der gesellschaftlichen Finalisierung von Wissenschaft verstanden werden: „Je mehr Wissenschaft mit ihren Erkenntnissen nicht ausschließlich nur in neue Zukünfte vorstößt, die dann politisch beherrscht werden (müssen), sondern auch die Beherrschung der Folgen ohne Wissenschaft nicht mehr möglich ist, präjudiziert Wissenschaft damit automatisch ihre (gesellschaftlich notwendigen) zukünftigen Forschungsprogramme. Wissenschaftsfreiheit in der reflexiven Moderne ist durch die großen Erfolge von Wissenschaft in diesem Sinne eingeschränkt.“ (SCHNEIDEWIND 2009, S. 46.)

48 WILHOLT 2012, S. 11.



größte persönliche Wissen über ihre jeweiligen Forschungsgebiete und dessen am meisten versprechende Entwicklungspotenziale angesammelt. *Zweitens* seien sie umso stärker motiviert, ihr Wissen in den Verhandlungsprozess einfließen zu lassen, je höher der Grad an Freiheit gewesen sei, mit dem sie sich für das von ihnen vertretene Forschungsprogramm entschieden hätten. Und *drittens* werde bei der Verwendung der Ressourcen derjenige am meisten Kreativität entfalten, dem es bei einem Forschungsprojekt um die Verwirklichung seines frei gewählten Vorhabens gehe.<sup>49</sup> Die Forschungsfreiheit als Prinzip der sozialen Organisation von Wissenschaft verknüpfe individuelle Fähigkeiten von Forschern und institutionelle Strukturen der Entscheidungsfindung, indem sie die Forscher zu einem gemeinsam geregelten Verhandlungsprozess über die Zukunft des Wissenschaftssystems zwingt.

Die Freiheit der Forschung ist aus dieser Perspektive gleichsam eine ethische Meta-Ressource, deren Verwendungsweisen zu verschiedenen Verteilungen von wissenschaftlichem Human- und Sozialkapital führt. Kommt sie aber auch der gesellschaftlichen Forderung nach einer intensiveren wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit den *Grand Challenges* (siehe 2.1) entgegen? POLANYI würde dafür plädieren, dass ein Verständnis von Forschungsfreiheit als Verpflichtung, die gesellschaftlichen Bedingungen für eine nach wissenschaftseigenen Kriterien sehr gut funktionierende Forschung nachhaltig zu entwickeln, sich nur auf Grund der unabhängigen Entscheidung der Wissenschaftler, die diesem Verständnis folgen sollten, effektiv durchsetzen könnte. Hierin gleichen sich aus seiner Perspektive das Wissenschaftssystem und die Gesellschaft, deren Teil es ist. Und hierin liegt für POLANYI auch die Chance, dass Wissenschaft und Gesellschaft wechselseitig die Voraussetzungen für ihre gemeinsame nachhaltige Entwicklung verbessern: „The Republic of Science shows us an association of independent initiatives, combined towards an indeterminate achievement. It is disciplined and motivated by serving a traditional authority, but this authority is dynamic; its continued existence depends on its constant self-renewal through the originality of its followers. The Republic of Science is a Society of Explorers. Such a society strives towards an unknown future, which it believes to be accessible and worth achieving. In the case of scientists, the explorers strive towards a hidden reality, for the sake of intellectual satisfaction. And as they satisfy themselves, they enlighten all men and are thus helping society to fulfil its obligation towards intellectual self-improvement.“<sup>50</sup> Forschung, intrinsisch motiviert und an frei gewählten Zielen orientiert, erneuere sich ständig selbst. Die Wissenschaftler, die diesen Prozess in ihrer eigenen Forschung erfahren hätten, wollten mithelfen, dass er auf unbestimmte Zeit fortsetzbar wäre. Sie würden sich, so könnte POLANYI heutzutage formulieren, für seine nachhaltige Entwicklung engagieren – und damit auch für die nachhaltige Entwicklung der ökologischen, sozialen und ökonomischen Voraussetzungen erfolgreicher Wissenschaft.

POLANYIS *Republic of Science* erscheint im Lichte der Anforderungen nachhaltiger Entwicklung weniger als Bild einer Wissenschaft, die sich von der Gesellschaft abkapselt, denn als eine Haltung forschender Neugier auf die wissenschaftlichen Aspekte der großen gesellschaftlichen Herausforderungen. Eine Gesellschaft verallgemeinert das grundlegende soziale Prinzip der Wissenschaftsrepublik – die Forschungsfreiheit – und bildet eine *Society of Explorers*, wenn sie die autonome Dynamik der Wissenschaft politisch unterstützt. Hierdurch schafft sie die beste Voraussetzung, dass nicht nur neue wissenschaftliche Erkenntnisse entstehen, sondern auch verstanden wird, wie diese zur Lösung drängender gesellschaftlicher

49 Siehe WILHOLT 2012, S. 85f. und S. 107f.

50 POLANYI 1962, S. 71f.

Probleme einsetzbar sind.<sup>51</sup> So lässt sich die berechnete Forderung, dass die Erforschung der Nachhaltigkeit selbst nachhaltig geschehen müsse, wenn sie ihren notwendigen Beitrag zur Bewältigung der *Grand Challenges* leisten solle, wirklich erfüllen: Die Freiheit der Forschung, die eigenverantwortlich um die nachhaltige Entwicklung ihrer sozialen, ökonomischen und ökologischen Voraussetzungen Sorge trägt, bedarf einer Gesellschaft, die eine der wesentlichen Voraussetzungen für nachhaltige Entwicklung schafft, indem sie die Freiheit der Forschung als kritische Ressource des Wissenschaftssystems so weitgehend wie möglich sichert.

## Literatur

- BECKER, G. S.: *The Economic Approach to Human Behavior*. Chicago (IL) and London (UK): University of Chicago Press 1976
- BELL, D.: *The Coming of Post-Industrial Society. A Venture in Social Forecasting* (1973). Special Anniversary Edition. New York (NY): Basic Books 1999
- CRUTZEN, P. J.: *Geology of mankind*. *Nature* 415, 23 (2002)
- GRIGGS, D., STAFFORD-SMITH, M., GAFFNEY, O., ROCKSTRÖM, J., ÖHMAN, M. C., SHYAMSUNDAR, P., STEFFEN, W., GLASER, G., KANIE, N., and NOBLE, I.: Sustainable development goals for people and planet. *Nature* 495, 305–307 (2013)
- GRUNWALD, A.: Wie viel und welche Theorie benötigt nachhaltige Entwicklung? Konzeptionelle Überlegungen. In: ENDERS, J. C., und REMIG, M. (Eds.): *Perspektiven nachhaltiger Entwicklung. Theorien am Scheideweg*. S. 27–46. Marburg: Metropolis-Verlag 2013
- HAGNER, M.: Wissenschaft und Demokratie oder: Wie demokratisch soll die Wissenschaft sein? In: HAGNER, M. (Ed.): *Wissenschaft und Demokratie*. S. 9–50. Berlin: Suhrkamp Verlag 2012
- HUSSEN, A.: *Principles of Environmental Economics and Sustainability. An Integrated Economic and Ecological Approach*. Third Edition. London (UK), New York (NY): Routledge 2013
- JAHN, T., und KEIL, F.: *Politikrelevante Nachhaltigkeitsforschung. Anforderungsprofil für Forschungsförderer, Forschende und Praxispartner aus der Politik zur Verbesserung und Sicherung von Forschungsqualität. Ein Wegweiser*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt 2012
- KNIGHT, F. H.: Some fallacies in the interpretation of social cost (1924). In: EMMETT, R. B. (Ed.): *Selected Essays by Frank H. Knight. Volume One: 'What is Truth' in Economics?*; pp. 94–111. Chicago (IL), London (UK): University of Chicago Press 1999
- KUMAR, P. (Ed.): *The Economics of Ecosystems and Biodiversity. Ecological and Economic Foundations*. London (UK): Earthscan 2010
- LUHMANN, N.: *Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie* (1984). Frankfurt (Main): Suhrkamp Taschenbuch Verlag 1987
- Naturkapital Deutschland – TEEB DE: Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft. Eine Einführung*. München: ifuplan 2012
- NEUMAYER, E.: *Weak versus Strong Sustainability. Exploring the Limits of Two Opposing Paradigms*. Third Edition. Cheltenham (UK): Edward Elgar 2010
- PEARCE, D. W., and TURNER, R. K.: *Economics of Natural Resources and the Environment*. Baltimore (MD): Johns Hopkins University Press 1990
- PIELKE, R. A. Jr.: *The Honest Broker. Making Sense of Science in Policy and Politics*. Cambridge (UK): Cambridge University Press 2007
- POLANYI, M.: Manageability of Social Tasks (1951). In: POLANYI, M.: *The Logic of Liberty. Reflections and Rejoinders* (1951); pp. 189–246. Indianapolis (IN): Liberty Fund 1998
- POLANYI, M.: The republic of science. Its political and economic theory. *Minerva* 1, 54–73 (1962)
- REID, W. V., CHEN, D., GOLDFARB, L., HACKMANN, H., LEE, Y. T., MOKHELE, K., OSTROM, E., RAIVIO, K., ROCKSTRÖM, J., SCHELLNHUBER, H. J., and WHYTE, A.: Earth system science for global sustainability. *Grand challenges*. *Science* 330, 916–917 (2010)

---

<sup>51</sup> Vgl. POLANYI 1962, S. 72.

- SCHNEIDEWIND, U.: Nachhaltige Wissenschaft. Plädoyer für einen Klimawandel im deutschen Wissenschafts- und Hochschulsystem. Marburg: Metropolis-Verlag 2009
- SLOTERDIJK, P.: Wie groß ist „groß“? In: CRUTZEN, P. J., MASTRANDREA, M. D., SCHNEIDER, S. H., DAVIS, M., and SLOTERDIJK, P.: Das Raumschiff Erde hat keinen Notausgang. Energie und Politik im Anthropozän. S. 93–110. Berlin: Suhrkamp Verlag 2011
- SOLOW, R. M.: Sustainability. An economist's perspective (1992). In: STAVINS, R. N. (Ed.): Economics of the Environment. Selected Readings. Sixth Edition; pp. 543–550. New York (NY), London (UK): W. W. Norton & Company 2012
- STICHWEH, R.: Differenzierung der Wissenschaft (1979). In: STICHWEH, R.: Wissenschaft, Universität, Professionen. Soziologische Analysen. S. 15–51. Frankfurt (Main): Suhrkamp Taschenbuch Verlag 1994
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen): Welt im Wandel. Umwelt und Ethik. Marburg: Metropolis Verlag 1999
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen): Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin: WBGU 2011
- WCED (World Commission on Environment and Development): Our Common Future. Transmitted to the General Assembly as an Annex to Document A/42/427. New York (NY): United Nations 1987
- WILHOLT, T.: Die Freiheit der Forschung. Begründungen und Begrenzungen. Berlin: Suhrkamp 2012
- WUNSCH, C., SCHMITT, R. W., and BAKER, D. J.: Climate change as an intergenerational problem. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 110, 4435–4436 (2013)

PD Dr. Stefan ARTMANN  
Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina  
– Nationale Akademie der Wissenschaften –  
Jägerberg 1  
06108 Halle (Saale)  
Bundesrepublik Deutschland  
Tel.: +49 345 47239863  
Fax: +49 345 47239839  
E-Mail: stefan.artmann@leopoldina.org

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Jörg HACKER  
Präsident  
Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina  
– Nationale Akademie der Wissenschaften –  
Jägerberg 1  
06108 Halle (Saale)  
Bundesrepublik Deutschland  
Tel.: +49 345 47239915  
Fax: +49 345 47239919  
E-Mail: joerg.hacker@leopoldina.org



## Grußwort

Georg SCHÜTTE (Bonn)

Lieber Herr HACKER,  
verehrte Akademiemitglieder,  
sehr geehrte Vortragende,  
Moderatoren, Moderatorinnen,  
meine Damen und Herren!

Als erstes an Sie, Herr HACKER, und an Ihre Kolleginnen und Kollegen ein herzliches Dankeschön, dass Sie diesen Workshop kurzfristig möglich gemacht haben. Ich freue mich darüber, weil er für uns, das Bundesministerium für Bildung und Forschung, notwendig, wichtig und, ich hoffe, auch hilfreich ist. Warum all diese Adjektive? Wir haben vor mehr als einem Jahr begonnen, ein Wissenschaftsjahr vorzubereiten, in dem wir die Forschung für Nachhaltigkeit in den Mittelpunkt stellen. Diese Wissenschaftsjahre organisieren wir seit vielen Jahren mit vielen Partnern. Am Anfang standen einzelne Disziplinen im Mittelpunkt, in jüngster Zeit große Forschungsthemen, die immer eine gesellschaftliche Relevanz haben und an denen man deutlich machen kann, was Forschung leisten kann und vor welchen Herausforderungen Forschung steht. In dem Jahr, in dem der Rio-plus-20-Gipfel stattfand – also 20 Jahre nach dem ersten Rio-Gipfel im Jahre 1992 – wollten wir das Thema Forschung für Nachhaltigkeit in den Mittelpunkt stellen und in die öffentliche Debatte bringen. Das wurde von vielen sehr unterstützt: von der Wissenschaft, aber auch von vielen Nicht-Regierungsorganisationen. Die Dimensionen, die Forschung und Nachhaltigkeit verbinden, hat Herr HACKER eben schon genannt. Dabei sind zwei Aspekte wichtig: zum einen Nachhaltigkeit als Gegenstand von Forschung und Lehre und zum anderen Nachhaltigkeit als ein Element im Forschungsprozess. Nachhaltigkeit in der Forschung betrifft die materiellen Bedingungen, z. B. die Forschungscampus, die nachhaltig gebaut und unterhalten werden sollten, aber auch Strukturen und Prozesse der Wissenschaft selbst.

In der Rio-Deklaration vor 20 Jahren und auch in der Rio-Deklaration dieses Jahres spielt Wissenschaft eine bedeutende Rolle. Wir haben im vergangenen Jahr in einem pragmatischen Angang die Vision entwickelt: Das könnte auch Gegenstand einer Charta werden – einer Charta für Nachhaltigkeit, die von den Wissenschaftsorganisationen mit erarbeitet und mit getragen wird. Wie Herr HACKER soeben in seiner Einleitung bereits thematisiert hat, hat die Diskussion mit den Wissenschaftsorganisationen gezeigt, dass dies ein durchaus sensibles Thema ist, weil wir fragen müssen: Ist es richtig, wenn aus einer politischen und gesell-

schaftlichen Diskussion heraus ein pragmatischer, aber auch strategischer Vorschlag an die Wissenschaft herangetragen wird? Wie soll sich die Wissenschaft dann damit auseinandersetzen? Ich gestehe freimütig, dass die Reaktion aus der Wissenschaft auf die Idee einer Nachhaltigkeits-Charta kein klares Ja oder Nein war. Zustimmung gab es einerseits dazu, dass dies ein wichtiges Thema ist. Deutlich wurde aber auch, dass mit einer solchen Charta auch das Verhältnis von Wissenschaft zu Politik und Gesellschaft problematisiert wird. Gerade in der Diskussion über Nachhaltigkeit sehen wir, dass es Interessengruppen gibt, die sagen: Hier greift Wissenschaft so tief in gesellschaftliche Zusammenhänge und in die Bedingungen unseres Lebens und Zusammenlebens ein, dass wir als Repräsentanten von Gesellschaft diesen Forschungsprozess mitgestalten wollen. Diese Petitionen werden an die Akteure in der Politik herangetragen, so beispielsweise im Frühjahr vom BUND e.V.

Das heißt, wir haben zum Thema Nachhaltigkeit eine zusätzliche Diskursebene, in der das Dreiecksverhältnis Gesellschaft, Politik, Wissenschaft zum Teil neu verhandelt wird. All dies ist nicht einfach zu lösen. In diesem Sinne ist aus der pragmatischen Idee einer Charta aus dem vergangenen Jahr nun ein problembewusster Diskurs geworden.

Ich bin sehr froh, dass wir heute hier sind, um diesen Diskurs zu systematisieren und weiterzuführen, um am Ende noch einmal kritisch fragen zu können: War der Vorschlag einer Charta eine naive Idee, war er eine notwendige Idee – und auf welcher Ebene lässt sie sich gegebenenfalls realisieren? Deswegen freue ich mich auf die Diskussionen und deswegen, Herr HACKER, bin ich sehr dankbar, dass Sie das Podium hierfür bereiten. Ich bin gespannt auf die Vorträge und Diskussionen.

Dr. Georg SCHÜTTE  
Staatssekretär im Bundesministerium  
für Bildung und Forschung  
Heinemannstraße 2  
53175 Bonn  
Bundesrepublik Deutschland

## **Erforschung von Nachhaltigkeit**





## Nachhaltigkeit im Anthropozän

Klaus TÖPFER (Potsdam)

Mit 2 Abbildungen

### *Zusammenfassung*

Menschliche Eingriffe in die Natur und ihre Auswirkungen haben in Quantität und Qualität eine neue Dimension erreicht. Dies hat zu intensiven Diskussionen um die Prägung des Begriffes „Anthropozän“ als Bezeichnung für ein neues geologisches Zeitalter geführt. Nicht nur die physische Umwelt ist durch die Beschleunigung der Umweltveränderungen geprägt. Die Beschleunigung von Entscheidungsprozessen, die häufig zu einer Verlagerung von Risiken in die Zukunft führt, stellt auch soziale Systeme, das Finanzsystem und insgesamt die Lebensgrundlagen der Menschheit und damit eine friedliche Entwicklung vor große Herausforderungen.

Das Zeitalter des Anthropozäns bedeutet jedoch nicht nur eine umfassende Umgestaltung der Erde, sondern auch eine Neuausrichtung des Mensch-Natur-Verhältnisses im Sinne einer Wahrnehmung der Verantwortung des Menschen gegenüber der Natur, deren Teil er ist und ohne die er nicht überleben kann.

Eine Antwort auf die enormen Veränderungen der Welt und die dadurch entstandenen Risiken liegt auch in nachhaltigem Entscheiden und Handeln, im Sinne einer Nachhaltigkeit, die die Zeit als zentralen Faktor in Entscheidungsabläufe einbezieht. Die mittel- und langfristigen Folgen heutiger Handlungen müssen, wie durch VON CARLOWITZ vor 300 Jahren erstmals ausdrücklich formuliert, im Moment der Entscheidung berücksichtigt werden. Nachhaltigkeit heute heißt also verantwortliches, vorausschauendes Denken und Handeln mit Blick auf heutige und morgige, lokale und globale Auswirkungen.

### *Abstract*

Human alterations of nature and the effects of these actions have reached a new dimension in quantity and quality. This caused intense discussions regarding the coining of the term “anthropocene” as a new geological era. Not only the physical, or natural, environment bears the marks of the acceleration of environmental change. The acceleration of decision making processes which too often results in the allocation of risks in the future is also a great challenge for social and finance systems, and altogether the foundations of life and therefore also for peaceful development.

The Anthropocene, however, is not only about the remodelling of the earth but also about a readjustment of the man-environment-relationship in the sense of taking the responsibility for human actions toward nature. Man is part of nature and cannot survive without it.

Sustainable decision making and action, in the sense of a sustainability which integrates time as a central aspect in decision making processes, are one answer to the tremendous global changes and the resulting risks. Middle and long-term effects of today’s actions have to be considered in the moment of decision making, as explicitly stated by VON CARLOWITZ 300 years ago. Sustainability today needs to be understood as thinking and acting responsibly and anticipatory with regard to today’s and tomorrow’s, local and global effects.

### 1. Nachhaltigkeit – Carl von Carlowitz

Nachhaltigkeit – ein Begriff, der heute inflationär gebraucht und dadurch zunehmend beliebig geworden ist. Vor 300 Jahren durch den Oberberghauptmann Hans-Carl VON CARLOWITZ

in Diensten des sächsischen Kurfürsten AUGUST DES STARKEN geprägt, erfuhr der Begriff spätestens seit den Diskussionen um die Knappheit der natürlichen Ressourcen in den 1970er Jahren eine Renaissance und seitdem zunehmende Beachtung im öffentlichen Diskurs um unseren Umgang mit der Umwelt. Damals, bei VON CARLOWITZ ergab sich die Notwendigkeit aus einer echten Rohstoffkrise, die auch ernsthafte ökonomische Konsequenzen mit sich brachte: der für den Erzabbau wichtigste Rohstoff, Holz, war zusehends verknappt. Ohne Holz wäre eine weitere Verhüttung der silberhaltigen Erze nicht mehr möglich gewesen, Holz wurde für den Ausbau der Gruben, den Abbau des Erzes und den Betrieb der Schmelzöfen benötigt. Man stand damals vor der Wahl, weiterzumachen wie bisher, mit der Perspektive, dass in absehbarer Zeit keine Silbererzeugung mehr möglich gewesen wäre, oder einen anderen Umgang mit den Wäldern und dem wichtigen Rohstoff Holz zu finden. VON CARLOWITZ konzentrierte seine Überlegungen auf vier Lösungsmöglichkeiten: schnellere Produktion von Holz durch eine Veränderung der Sortenwahl, Substitution, etwa durch die Nutzung von Torf als Energiequelle, Effizienzsteigerung bei der Nutzung von Holz als Energieträger oder eben eine nachhaltige, vorsichtige Nutzung, bei der in einer gegebenen Zeit nur so viel Holz entnommen würde, wie im gleichen Zeitraum wieder nachwachsen könnte. In anderen Worten: Effizienz – Substitution – Suffizienz – „Engineering“.

Das entscheidend Neue an diesem Prinzip der Waldbewirtschaftung, das zuerst unter ökonomischen Zwängen entwickelt wurde, ist die Einführung der Dimension der Zeit in aktuelle (ökonomische) Entscheidungen. Die mittel- und langfristigen Konsequenzen aktuellen Handelns wurden zu einem entscheidungsrelevanten Faktor. Über die eingängige Definition von Nachhaltigkeit hinausgehend – nur so viel Holz zu schlagen wie wiederaufgeforstet wird – scheint die „Entdeckung“ bzw. eine stärkere Betonung der Zeit in den Schriften VON CARLOWITZ’ eine der wesentlichen Erkenntnisse der im Jubiläumsjahr einsetzenden breiten Beschäftigung mit VON CARLOWITZ zu sein.

Nun war die Herausforderung bei Carl VON CARLOWITZ damals regional begrenzt, unbeachtete mittel- und langfristige negative Konsequenzen des Handelns konnten in einem noch überschaubaren zeitlichen Rahmen revidiert werden. 300 Jahre nach Carl VON CARLOWITZ zeigt sich die Notwendigkeit nachhaltigen Handelns mehr denn je: Die massiven Eingriffe des Menschen in die Natur haben keinen regional begrenzten und zeitlich leicht revidierbaren Charakter mehr, sondern haben eine neue Dimension erreicht. Am pointiertesten wurde hierzu von dem Nobelpreisträger Paul CRUTZEN erklärt, der Mensch sei längst vom Holozän zum Zeitalter des Menschen, zum Anthropozän, übergegangen. Vor diesem Hintergrund ergeben sich neue Anforderungen an die menschlichen Handlungs- und Entscheidungsabläufe.

## 2. Mensch-Natur-Verhältnis im Anthropozän

Der Energieverbrauch ist seit der industriellen Revolution deutlich angestiegen, insbesondere im 20. Jahrhundert (Abb. 1), die Eingriffe des Menschen in die Natur sind längst über regional begrenzte Räume hinaus wirksam. Durch die Veränderung der globalen Stoffkreisläufe finden sich Spuren menschlichen Tuns auch an Orten, die man bislang frei von menschlichem Einfluss glaubte. Dies erfordert auch eine neue Sichtweise auf das Verhältnis von Mensch und Natur und die Bedeutung für die weitere, nachhaltige Entwicklung in einer Welt mit einer stetig wachsenden Bevölkerung und zunehmenden Ansprüchen an die Leistungsfähigkeit der Natur.

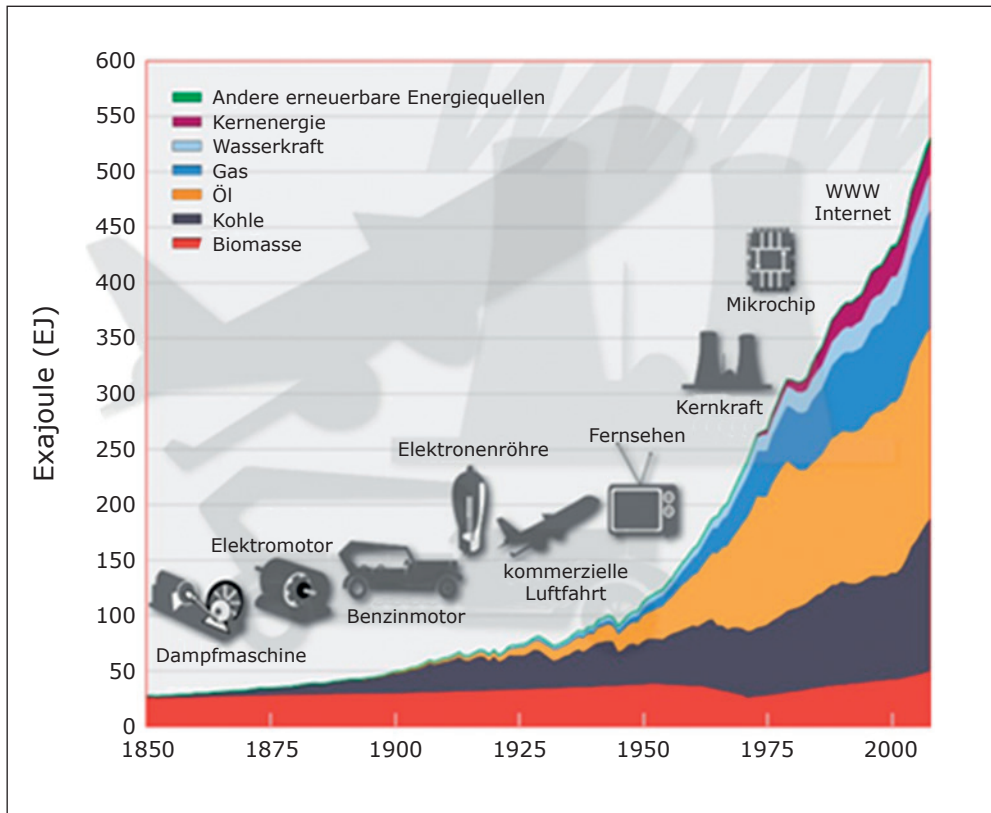


Abb. 1 Aufbauend auf Arbeiten von A. GRÜBLER (1998 und 2008) wird die Entwicklung des globalen Energieverbrauchs in Verbindung mit technischen Innovationen dargestellt (aus: IIASA/ International Institute for Applied Systems Analysis 2012 – *Global Energy Assessment* – verändert)

## 2.1 Eingriffe des Menschen in die Natur

Der Mensch hat über alle geschichtlichen Zeiten hinweg seine Umwelt und die Erde verändert, teilweise massiv. Ob man die Verwandlung des ehemals fruchtbaren Halbmondes, der Wiege des Ackerbaus, oder die Abholzung des Apennins betrachtet, der Mensch hat bis zum heutigen Tag irreversible Veränderungen bewirkt. Viele Flüsse sind massiv begradigt worden mit drastischen Konsequenzen für Zahl und Ausmaß von Überflutungen. Mit der Begradigung und Verkürzung des Rheins um etwa 60 km wurde einerseits eine vielfache Nutzung ermöglicht oder doch erheblich vereinfacht, gleichzeitig wurde das Abflussverhalten derartig verändert, dass Hochwasserwellen am Unterlauf des Rheins die Normalität wurden.

Es ist unübersehbar geworden, dass zwischenzeitlich die gegenwärtigen Konsequenzen menschlichen Handelns weit über diese, vornehmlich regional bezogenen und im Prinzip reversiblen Veränderungen hinausgegangen sind. Dabei sind die oftmals notwendig werdenden Korrekturen der negativen Auswirkungen vorangegangener Eingriffe in die Natur und in die Ökosysteme bereits gegenwärtig mit umfassenden sozialen Verwerfungen und ökonomischen Kosten verbunden. Hochwasserereignisse, beispielsweise, wurden stets als

„Naturkatastrophe“ bezeichnet, ohne dabei zu berücksichtigen, dass die Ursachen zunehmend menschengemacht waren.

Folgt man Ulrich BECKs Ausführungen, muss man zudem einsehen, dass sich viele „Natur“-Katastrophen daraus ergeben, dass der Mensch selbst zunehmend Risiken produziert hat, indem er Natursysteme verändert und sich in Räume gewagt hat, die er nicht kontrollieren kann. Die fortschreitende Besiedelung der Küsten und küstennahen Gebiete der Welt (auch aufgrund der steigenden Auswirkungen des Klimawandels) wird, infolge steigender Meeresspiegel und zunehmender Hurrikans (verursacht durch Veränderungen des globalen Klimasystems), vermutlich wiederum zu mehr „Natur“-Katastrophen führen. Oder, anders ausgedrückt: „Der Begriff [Naturkatastrophe, Anm. des Autors] ist schon deshalb falsch, weil die Natur keine Katastrophen kennt, allenfalls dramatische Veränderungsprozesse. Solche Veränderungen wie ein Tsunami oder ein Erdbeben werden erst im Bezugshorizont menschlicher Zivilisation zur Katastrophe.“<sup>1</sup>

## 2.2 Das Anthropozän – von Crutzen zum „Potsdam Memorandum“

Mit der Entwicklung der Wissenschaft und Technik wurde zunehmend offenbar und nachvollziehbar, in welchem Maße die Menschheit insbesondere seit der industriellen Revolution die Erde verändert hat: Der Anstieg der Kohlendioxid-Konzentration von 280 ppm auf mittlerweile nahezu 400 ppm in nur ca. 150 Jahren (NOAA 2013), die weltweite Degradation von landwirtschaftlich nutzbaren Flächen, die Überdüngung vieler Gewässer, die Ansammlung von mehr als 100 Millionen Tonnen Plastik in den Weltmeeren (Umweltbundesamt 2013), um nur ausgewählte Beispiele zu nennen, zeigen das Ausmaß der Spuren der menschlichen Aktivitäten auf der Erde an.

Diese zunehmend sichtbaren, messbaren und nur durch menschliches Tun erklärbaren tiefgreifenden Veränderungen der Erde führten dazu, dass Paul CRUTZEN und sein Kollege, der Geoökologe Eugene F. STOERMER, in ihrem kurzen Artikel im *IGBP-Newsletter* erklärten, das geologische Zeitalter des Holozäns sei vorüber, man sei nunmehr im Zeitalter des Anthropozäns, der Menschenzeit (CRUTZEN und STOERMER 2000) angelangt. Der Mensch sei mittlerweile der das Erdsystem maßgeblich beeinflussende/gestaltende Faktor geworden, dessen Einfluss so massiv sei, dass es nur gerecht sei, einen neuen geologischen Zeitraum danach zu benennen: „For the past three centuries, the effects of humans on the global environment have escalated. It seems appropriate to assign the term ‚Anthropocene‘ to the present, in many ways human-dominated, geological epoch.“<sup>2</sup>

Angesichts der sich beschleunigenden globalen Umweltveränderungen und der Dringlichkeit der Erforschung und Umsetzung nachhaltiger Entwicklung fand im Jahr 2007 die Nobelpreisträgerkonferenz „Global Sustainability – A Nobel Cause“ in Potsdam statt. Im *Potsdam Memorandum* wird die These von CRUTZEN zur Dimension des menschlichen Handelns als „quasi geologischer Faktor“ wieder aufgegriffen: „Die weltweite soziale und wirtschaftliche Entwicklung nach dem 2. Weltkrieg hat unseren Planeten in eine beispiellose Krisensituation gestürzt: Menschliche Aktivitäten wirken heute wie eine quasi-geologische Kraft, die die Funktionsweise des natürlichen Erdsystems tiefgreifend und unumkehrbar verändert – falls diese Dynamik nicht rechtzeitig gebremst wird.“<sup>3</sup>

1 BECK 2011.

2 CRUTZEN 2002.

3 *Potsdam Memorandum* 2007.

Durch diese Dimension menschlichen Handelns in Verbindung mit der Beschleunigung der Entscheidungsabläufe ergibt sich die Notwendigkeit von umfassenden Lösungsansätzen. Den weltweit wirksamen Veränderungen in Stoffkreisläufen, Klima, Wasserhaushalt und dem weltweiten Verlust der Produktionskapazität von Böden kann nicht allein mit lokalen, auf einen Teilbereich begrenzten Maßnahmen begegnet werden. Nach der Überzeugung der Teilnehmer der Potsdamer Konferenz ist hier eine „globale Zielvereinbarung zwischen Wissenschaft und Gesellschaft“ erforderlich, die ihren Ausdruck auch in weltweit höheren Investitionen in Bildung und Forschung finden müsse. Dies sei auch die Voraussetzung für technologische und gesellschaftliche Innovationen für einen „neuen industriellen Metabolismus“.

### 2.3 Friedliche Entwicklung in einer Welt von neun Milliarden

Im Jahre 1938, als ich geboren worden bin, lebten auf der Erde etwa 2,7 Milliarden Menschen. Gegenwärtig ist die Marke von 7 Milliarden bereits deutlich überschritten. Mitte dieses Jahrhunderts wird die Weltbevölkerung trotz weltweit sinkender Fertilitätsraten bereits 9 Milliarden Menschen umfassen, die Bevölkerung Europas wird dann nur noch max. 6%, wahrscheinlich nur 5% der Weltbevölkerung stellen (*United Nations Population Division* 2010). Besonders auf Afrika und den indischen Subkontinent mit ihrer jungen Bevölkerung wird sich der Zuwachs konzentrieren. Vor allem die Menschen dieser Regionen sind überdurchschnittlich durch existentielle Armut bedroht. Dort ist der Anteil derer, die in absoluter Armut leben besonders hoch.

Demgegenüber stehen eine Konzentration des Vermögens sowie des Energie- und Ressourcenverbrauchs bei einem verhältnismäßig kleinen Anteil der Weltbevölkerung.

Der Friedensnobelpreisträger Muhammad YUNUS hat die Ungleichverteilung der globalen Vermögen anlässlich seiner Dankesrede bei der Verleihung des Friedensnobelpreises wie folgt herausgestellt: „World's income distribution gives a very telling story. 94 percent of the world income goes to 40 percent of the population while 60 percent of people live on only 6 percent of world income. Half of the world population lives on 2 dollars a day. Over 1 billion people live on less than 1 dollar a day. This is no formula for peace.“<sup>4</sup>

In der Europäischen Union beispielsweise verbraucht ein Bürger im Durchschnitt 4,7 ha Land (Bioproduktionskapazität), wobei eigentlich nur 1,8 ha pro Person (durchschnittlich auf die Weltbevölkerung gerechnet) zur Verfügung stehen (*European Environment Agency* 2012; vgl. Abb. 2).<sup>5</sup> Diesen Pfad einer wirtschaftlichen Entwicklung bei gleichbleibender Intensität der Ressourcennutzung in allen Teilen der Welt zu begehen, scheint nicht erstrebenswert.

Wirtschaftliche Entwicklung jedoch ist für eine friedliche Welt der 9 Milliarden Menschen in den durch Bevölkerungsanstieg und Armut gekennzeichneten Ländern zwingend erforderlich. Die zunehmende Ungleichverteilung der globalen Einkommen und der ungleiche Zugang zu Ressourcen stellen somit eine zentrale Herausforderung für die friedliche Entwicklung dar.

Der „Earth Summit“, der 1992 als „United Nations Conference on Environment and Development“ in Rio de Janeiro stattfand, hat vor dem Hintergrund der zweigeteilten Welt folgerichtig in den „Rio Principles“ das „Recht auf Entwicklung“ für die Menschen aller Nationen festgeschrieben. Die Durchsetzung dieses Rechts begründet eine zentrale Spannung.

<sup>4</sup> YUNUS 2006.

<sup>5</sup> Trotz aller berechtigten Kritik am Konzept des ökologischen Fußabdrucks ist er eine wirksame Veranschaulichung der Auswirkungen des (westlichen) Lebensstils.

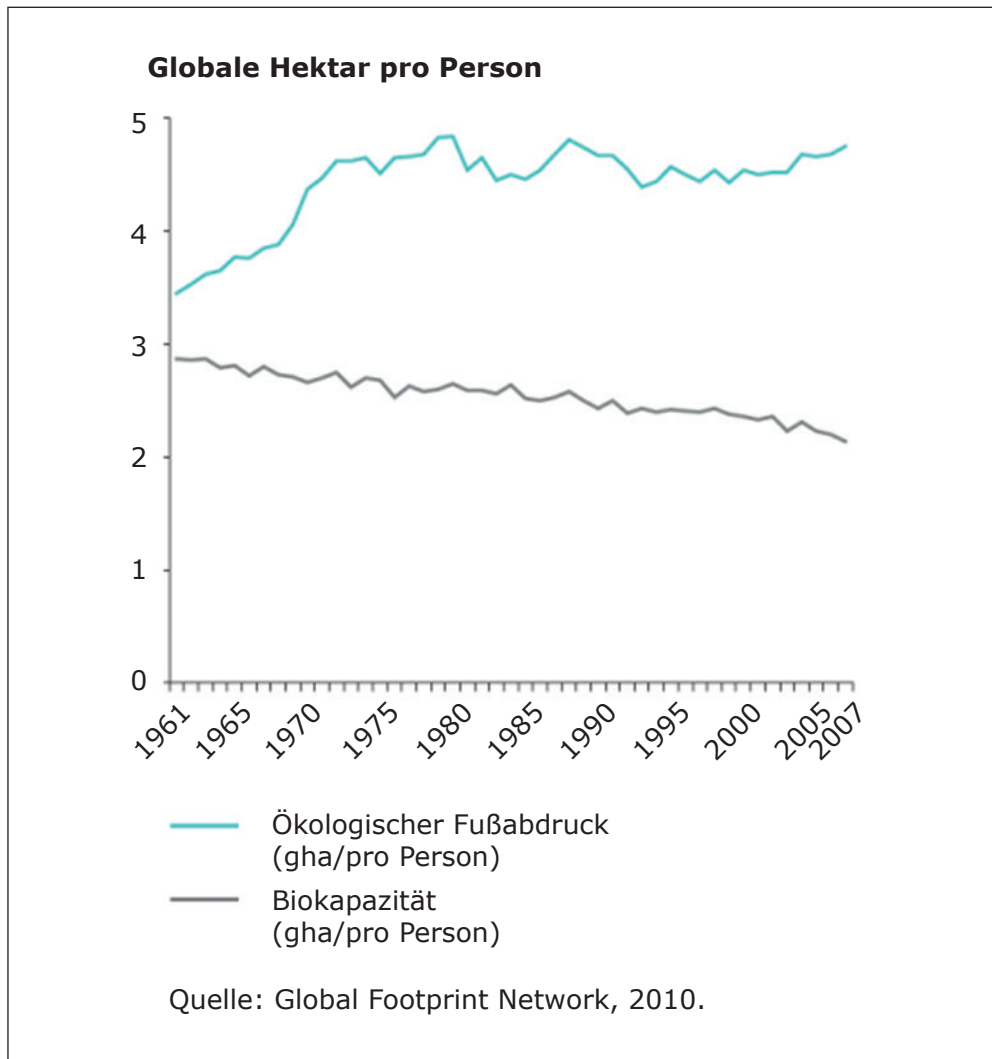


Abb. 2 Entwicklung des ökologischen Fußabdrucks (EU-27-Bürger) und verfügbare Biokapazität (aus *European Environment Agency* 2012 – verändert)

Auf der einen Seite haben wir das Recht auf Entwicklung für 9 Milliarden Menschen. Auf der anderen Seite ist dies vor dem Hintergrund zu betrachten, dass wir in einer Zeit leben, in der menschliche Aktivitäten bereits zu einer quasi-geologischen Kraft geworden sind! Diese Spannung aufzulösen, ohne die Stabilität der natürlichen Lebensgrundlagen zu gefährden und soziale Brüche auszulösen, ist die gemeinsame Aufgabe weltweit. Die „Rio Principles“ fassen diese Herausforderung zusammen mit der Forderung nach „common but differentiated responsibility“ für die Entwicklung auf dieser Welt – ein Zentralsatz, der nach Rio de Janeiro alle Klima- und Umweltverhandlungen, alle Zusammenarbeit zwischen den sogenannten entwickelten und den unterentwickelten Ländern beherrscht.

Wie ist dieses Ziel zu erreichen? Frühzeitig warnte Kofi ANNAN: „Wohlstand, aufgebaut auf der Zerstörung der Umwelt, ist kein wirklicher Wohlstand, bestenfalls eine kurzfristige Milderung der Tragödie. Es wird kaum Frieden, wohl aber noch mehr Armut geben, falls dieser Angriff auf die Natur anhält.“<sup>6</sup>

Ebenso gilt: Wohlstand kann nicht stabil aufgebaut werden auf Kosten größerer sozialer Unterschiede innerhalb der einzelnen Staaten, aber auch nicht im globalen Maßstab.

Wie also kann erreicht werden, dass 9 Milliarden Menschen, ohne die Umwelt zu zerstören und ohne soziale, gesellschaftliche Verwerfungen in Kauf zu nehmen, menschenwürdig leben können, dass sie sauberes Wasser trinken können und dass sie satt werden? Wie können alle Menschen an dem gesellschaftlichen Leben mitwirken und dieses mitgestalten, wie können sie frei von Armut und existenzieller Not, von Hoffnungslosigkeit und Mangel in Frieden zusammenleben. Frei von Konflikten aller Art, von Vertreibung und Flucht, von Krieg – dass sie in Würde leben können. Was ist zu tun, dass alle Menschen auf das „Rule of Law“ vertrauen können, auf die Geltung und die Durchsetzung der rechtsstaatlichen Ordnungsprinzipien in Respekt vor den Menschenrechten, vor der Würde des Menschen?

Kofi ANNAN hat in seiner großen Rede zur Jahrtausendwende in den Vereinten Nationen diese Zielsetzung für die Gestaltung der Zukunft benannt: „Freedom from want – freedom from fear – freedom to live in human dignity!“

### 3. Konsequenzen für das menschliche Handeln (Wissenschaft und Politik)

#### 3.1 Gegen das Diktat der Kurzfristigkeit und eine Politik der Alternativlosigkeit

Nachhaltigkeit im erweiterten Verständnis umfasst nicht nur die bedeutenden Umweltveränderungen, sondern reicht auch tief in die sozio-ökonomische Ebene hinein. Das bedeutet: Auch die Finanz- und Wirtschaftsarchitektur ist damit eine Frage der Nachhaltigkeit. Die Verlagerung von Entscheidungen und Risiken in die Zukunft ist keine Lösung, sondern kann und wird zu einer Potenzierung der Probleme führen.

Auf sozialem Gebiet erleben wir in vielen Bereichen so etwas wie eine Erosion des gesellschaftlichen Zusammenhaltes. Auch wird die hoheitliche Macht des Staates gegenüber privaten Interessen immer mehr infrage gestellt. Dem kann ein Satz eines deutschen Außenministers der jüngsten Vergangenheit hinzugefügt werden: „Niemand kann gegen die Märkte Politik machen.“ Wenn dies stimmt, was folgt dann daraus für eine demokratische Gesellschaft?

Im sozial-ökonomischen Bereich lebt die Menschheit bereits unter dem „Diktat der Kurzfristigkeit“ und daraus abzuleitenden alternativlosen Entscheidungskonstellationen. Der Politikwissenschaftler MÜNKLER hat dies in einem Essay im *SPIEGEL* sehr deutlich formuliert: „Das Parlament nickt nur noch ab, was von der Exekutive unter dem Druck der Börsen und Rating-Agenturen verkündet worden ist.“<sup>7</sup> Vor dem Hintergrund einer Welt, die auf 9 Milliarden Menschen zugeht und die nachhaltig in dem Sinne sein soll, dass sie nicht die mittel- und langfristige Konsequenz des eigenen Handelns außer Acht lässt, ist dies keine wünschenswerte Entwicklung: Es ist eine dramatische Fehlentwicklung.

<sup>6</sup> ANNAN 2006.

<sup>7</sup> MÜNKLER 2012.



Vielmehr müssen gerade die Einsicht, dass der Mensch zu einer quasi-geologischen Kraft auf der globalen Skala geworden ist, und die umfassenden wissenschaftlichen Erkenntnisse dazu führen, dass Entscheidungsprozesse auch „entschleunigt“ werden. Die lang- und mittelfristigen Konsequenzen menschlichen Handelns und Entscheidens bedürfen der sorgfältigen wissenschaftlichen Durchdringung und demokratischer Abstimmung. Damit heißt die Antwort auf das Diktat der Kurzfristigkeit: Nachhaltigkeit im Sinne der Einbeziehung der lang- und mittelfristigen Zeitdimension – Möglichkeiten zu schaffen für Handlungsalternativen, über die demokratisch entschieden werden kann.

### 3.2 Das Prinzip Verantwortung

Die gestaltende, quasi-geologische Kraft des Menschen erfordert eine Neubestimmung von Verantwortung des Menschen, eine ethische Selbstbindung. Dies resultiert jedoch nicht nur aus den steigenden Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Natur, sondern vielmehr auch aus der Erfolgsgeschichte wissenschaftlichen Forschens und Erkennens selbst. Sie stammt aus dem dadurch ermöglichten technologischen Fortschritt in der Breite aller Lebensbereiche.

Menschliches Denken und Forschen haben immer weiter reichend und tiefer die Konstruktionsmuster von Natur und Leben entschlüsselt, haben damit gezielte Eingriffe in diese natürlichen Netzwerke und ihre kombinatorischen Abläufe ermöglicht. Dieser Forschungsprozess geht ungebremst, sich sogar weiter beschleunigend voran – in allen Lebensbereichen der Natur, auch den Menschen selbst mit einschließend.

Der große deutsch-jüdische Denker Hans JONAS hat in seinem epochalen Werk *Prinzip Verantwortung* vor diesem Hintergrund einen kategorischen Imperativ für dieses technologische Zeitalter wie folgt formuliert: „Handle so, dass die Wirkungen Deiner Handlung verträglich sind mit der Permanenz echten menschlichen Lebens auf Erden.“<sup>8</sup>

Menschliches Entscheiden und Handeln haben immer weiter reichende Konsequenzen in Raum und Zeit, sie sind weitreichender ökonomisch, sozial und ökologisch. Damit steigt die Wahrscheinlichkeit dafür, dass unerwünschte Nebenfolgen nicht erkannt oder, da erst langfristig zu erwarten, in ihren Risiken nicht oder nur unzureichend beachtet und folglich in den Entscheidungen kaum den adäquaten Niederschlag finden. Die zeitliche Kluft zwischen Eintritt des Risikos und der damit verbundenen möglichen Haftung der jetzt Entscheidenden wird größer, wird entkoppelt, heutige Risiken werden von zukünftiger Haftung getrennt. Damit steigt die Wahrscheinlichkeit einer systematischen Unterschätzung der Risiken. Für die Aktualität der Wirtschaftskrise hat dies der Nobelpreisträger für Wirtschaft, Joseph STIGLITZ, wie folgt formuliert: „Wenn andere die Kosten der Fehler tragen, begünstigt das die Selbsttäuschung. Ein System, das Verluste vergesellschaftet und Gewinne privatisiert, ist dazu verdammt, mit Risiken fehlerhaft umzugehen.“<sup>9</sup>

So ist es logisch, dass Hans JONAS aus dem kategorischen Imperativ für das technologische Zeitalter zu der Forderung kommt: „Das Wissen muss dem kausalen Ausmaß unseres Handelns größengleich sein!“<sup>10</sup>

8 JONAS 1979, S. 36.

9 STIGLITZ 2011: „When others bear the costs of mistakes, the incentives favour self-delusion. A system that socialises losses and privatises gains is doomed to mismanage risk.“

10 JONAS 1979, S. 28.



Die Realität wird dieser Forderung, wie beschrieben, nicht gerecht, im Gegenteil: Alle Krisen, denen sich die Menschheit gegenwärtig gegenübersteht – von der Finanzkrise über die Klimakrise bis hin zur Sicherstellung der Ernährung – alle diese und viele andere, auch regionale Krisen erweisen sich als Ergebnis eines Diktats der Kurzfristigkeit.

#### **4. Nachhaltigkeit im Anthropozän – Ausblick**

Nachhaltigkeit im Anthropozän, in einer Zeit, in der die Menschheit zu einer quasi-geologischen Kraft geworden ist, ist ein Paradigmenwandel mit neuen Dimensionen für verantwortliches Handeln der Menschheit. Wie kann vermieden werden, dass menschliches Handeln in seinen Konsequenzen Sachzwänge bewirkt, die Alternativen nicht mehr zulassen, dass ein neuer Anfang nicht mehr gedacht werden kann, weil die technischen und gesellschaftlichen Nebenwirkungen bisherigen Handelns den Entscheidungsrahmen immer mehr einengen, Freiheit somit begrenzen. Hannah ARENDT hat diese Verbindung zwischen Freiheit und der Entscheidung zwischen Alternativen wie folgt gekennzeichnet: „Anfangenkönnen“ ist der Kern der Freiheit. Alternativen entwickeln, wenn es scheinbar keine mehr gibt.<sup>11</sup>

Nachhaltigkeit im Anthropozän – mehr denn je eine Verpflichtung, Verantwortung zu übernehmen für die Kenntnis und Beachtung der mittel- und langfristigen Auswirkungen gegenwärtigen Handelns. Veränderbarkeiten offen halten, Kreisläufe schließen, die Wegwerfgesellschaft überwinden. Dabei kommt der Erhaltung der natürlichen Ressourcen nicht nur als Lebensgrundlage für zukünftige Generationen eine zentrale Bedeutung zu, sondern auch für eine friedliche Entwicklung einer wachsenden Weltbevölkerung. Nachhaltiges Denken, Entscheiden und Handeln kann dazu beitragen, ungleiche Entwicklung und Verteilung bzw. Zugang zu Ressourcen zu überwinden und damit der Verantwortung, die sich aus der Rolle des Menschen als entscheidendem Faktor für die Entwicklungen auf der Erde und des Erdsystems ergibt, gerecht zu werden.

Mehr also als der Übergang von einem Zeitalter in ein anderes, mehr als eine akademische, sprachliche Spielerei.

#### *Literatur*

- ANNAN, K.: The Secretary-General's Remarks on Receiving the Global Leadership Award of the Zayed International Prize for the Environment. Dubai, United Arab Emirates, 6 February 2006
- ARENDT, H.: Elemente und Ursprünge totaler Herrschaft. Frankfurt (Main): Europäische Verlagsanstalt 1955
- BECK, U.: Ein strategisch inszenierter Irrtum. Süddeutsche Zeitung 14. 4. 2011
- CARLOWITZ, H. C. VON: Sylvicultura oeconomica, oder haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht (1713). Hrsg. von J. HAMBERGER. München: Oekom-Verlag: Neuauflage 2013
- CRUTZEN, P.: Geology of mankind. *Nature* 415, 23 (2002)
- CRUTZEN, P., and STOERMER, E. F.: The 'Anthropocene'. International Geosphere Biosphere Program – Newsletter 41, 17–18 (2000)
- European Environment Agency: Consumption and the Environment – 2012 update. Copenhagen 2012
- IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis): Global Energy Assessment. 2012
- JONAS, H.: Das Prinzip Verantwortung. In: JONAS, H.: Leben, Wissenschaft, Verantwortung. Stuttgart: Reclam 1979
- MÜNKLER, H.: Die rasenden Politiker. Vom absehbaren Ende der parlamentarischen Demokratie. *Der Spiegel* 29 (2012)

---

<sup>11</sup> ARENDT 1955, S. 723.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration): Carbon Dioxide at NOAA's Mauna Loa Observatory reaches new milestone: Tops 400 ppm. (10. 5. 2013)  
<http://researchmatters.noaa.gov/news/Pages/CarbonDioxideatMaunaLoareaches400ppm.aspx>  
*Potsdam Memorandum*: <http://www.nobel-cause.de/potsdam-2007/potsdam-memorandum> (2007)  
STIGLITZ, J.: Meltdown, not just a metaphor. *The Guardian* 6. 4. 2011  
*Umweltbundesamt*: Meeresmüll. Häufig gestellte Fragen.  
([http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/downloads/meere/muell/faq\\_meeresmuell.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/downloads/meere/muell/faq_meeresmuell.pdf)) (2013)  
*United Nations Population Division*: World Population Prospects. New York 2010  
YUNUS, M.: Nobel Lecture. Oslo (10. 12. 2006)

Prof. Dr. Klaus TÖPFER  
Institute for Advanced Sustainability Studies  
Berliner Straße 130  
14467 Potsdam  
Bundesrepublik Deutschland  
Tel.: +49 331 28822  
Fax: +49 331 28822309  
E-Mail: [klaus.toepfer@iass-potsdam.de](mailto:klaus.toepfer@iass-potsdam.de)

## **Sustainability Science: Eine außergewöhnliche Erfolgsgeschichte**

Hans Joachim SCHELLNHUBER ML (Potsdam)

Mit 3 Abbildungen

### *Zusammenfassung*

Der folgende Beitrag umreißt Genese, Charakter und Perspektive der Nachhaltigkeitswissenschaft. Dieses neuartige Forschungsfeld macht gerade unter dem englischen Namen „Sustainability Science“ international Furore. Ausgangspunkt meiner Betrachtungen ist das doppelt-lineare Paradigma zum Verhältnis zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung, das der amerikanische Präsidentenberater Vannevar BUSH 1945 propagierte und das die einschlägigen Diskurse jahrzehntelang prägte. Die zugrundeliegende Gesamtsicht der Wissenschaft ist aber ebenso simplizistisch wie schief: Am Beispiel der Lebensleistung des großen Chemikers und Mikrobiologen Louis PASTEUR lässt sich aufzeigen, wie sich das Streben nach fundamentaler Einsicht und nach praktischem Nutzen gegenseitig befruchten. Die Nachhaltigkeitswissenschaft könnte sich zu einem herausragenden Beispiel für solche „Cross-Fertilization“ entwickeln. Überdies verdient dieses junge intellektuelle Unternehmen besondere Aufmerksamkeit und Förderung, denn die hochkomplexen Probleme der Weltgesellschaft (wie Klimawandel, Überalterung und Ressourcenmangel) erfordern eine genuin inter- und transdisziplinäre Herangehensweise.

### *Abstract*

The following contribution sketches the origins, character, and unique perspective of “Sustainability Science”. This new field of research is currently creating quite a furore on the international stage. The starting point for my discussion is the double-linear paradigm describing the relation between basic and applied research propagated by the then US presidential advisor Vannevar BUSH in 1945, which shaped discourse on the subject for decades. However, this vision of science was as simplistic as it was biased: the life-time achievements of Louis PASTEUR, the great chemist and microbiologist, for example, demonstrate how striving for fundamental insights and searching for practical uses are mutually stimulating activities. Sustainability science could become an outstanding example for such cross-fertilization. Furthermore, this young, intellectual endeavour deserves particular attention and support because the highly complex problems of modern global society (such as climate change, demographic transition and resource depletion) call for a genuinely interdisciplinary and transdisciplinary approach.

In den letzten Jahrzehnten hat sich eine neue wissenschaftliche Disziplin entwickelt, die man im weitesten Sinne auch als Transdisziplin bezeichnen kann: die Wissenschaft von der Nachhaltigkeit, im Englischen „Sustainability Science“ genannt.

Um die ungewöhnliche Erfolgsgeschichte dieses neuen Forschungsgebietes einordnen zu können, ist es wichtig, zunächst das Spannungsfeld zwischen angewandter und Grundlagenforschung auszuloten. In diesem Zusammenhang wird oftmals sehr naiv argumentiert: Das gegenwärtige Paradigma, es gebe die „reine“, wahre Grundlagenforschung auf der einen, und die „schmutzige“, angewandte Forschung auf der anderen Seite, ist nämlich nicht einmal ideengeschichtlich korrekt.

Dieses Paradigma wurde in den 1940er Jahren von einem gewissen Vannevar BUSH festgeschrieben, der eine Rolle einnahm, die man als Chefwissenschaftler der USA bezeichnen kann. Er gilt als einer der Väter des militärisch-industriellen Komplexes und hat erheblich zur Entwicklung von *High-Tech*-Waffen beigetragen. Er wurde 1944 – zu einer Zeit, als die Amerikaner im Grunde schon völlig sicher waren, dass sie den Krieg gewinnen würden – von Präsident Franklin D. ROOSEVELT beauftragt, für die Nachkriegsepoche eine Architektur der Forschung und Technologiewissenschaft zu entwerfen. Am 25. Juli 1945, als ROOSEVELT schon verstorben war, lieferte er einen Bericht ab, der immer noch massiv nachwirkt: „Science – The Endless Frontier“.

Im Wesentlichen wurden darin zwei lineare Perspektiven begründet: Die eine betrifft die Dichotomie oder Spannung zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung. Diese beiden werden im Grunde genommen als zwei Pole betrachtet, zwischen denen man sich auf einer geraden Linie bewegen kann. Der Logik solch einer eindimensionalen Geometrie folgend, bedeutet dies auch, dass man sich immer weiter von der Grundlagenforschung entfernen muss, um in den Bereich der angewandten Forschung zu gelangen. Ist also die Welt der Wissenschaft eindimensional? Die Antwort lautet natürlich „Nein“, und auf die Hinzunahme einer weiteren Dimension wird gleich einzugehen sein.

Zunächst aber sei kurz das sogenannte Pipeline- bzw. Röhrenmodell erwähnt, das ebenso einen fast paradigmatischen Status hat – insbesondere in der Kommunikation zwischen Wissenschaftsorganisationen und Zuwendungsgebern. Werden, um möglichst viel „Innovationsdruck“ zu erzeugen, nur genug Mittel in den Eingang der Wertschöpfungsröhre gepumpt – in Forschung ohne direkten Zweck, also „Blue Skies Research“ – so wird am Ausgang der Röhre entsprechend viel herauskommen, und zwar in Form von Anwendungen, Gütern und Dienstleistungen. Die Teflonbratpfanne ist das klassische Beispiel für so einen „Spin-off-Effekt“. Wann immer wir über die Spannung zwischen der Forschung im Grundlagen- und im angewandten Bereich sprechen, wird – schon seitdem BUSH dieses Paradigma suggeriert hat – eine entsprechende Wertschöpfungsröhre als gewissermaßen selbstverständlich vorausgesetzt.

Dabei kann durch das Hinzunehmen einer zweiten Dimension diese vereinfachte Sichtweise aufgebrochen und die Möglichkeit, Grundlagenforschung mit Anwendung zu verbinden, veranschaulicht werden. In dem lesenswerten Buch von Donald STOKES *Pasteur's Quadrant*, also „Der Quadrant von Pasteur“, findet sich ein sehr schönes Diagramm (siehe Abb. 1), in dem auf zwei Achsen jede Art von Forschung gemäß ihrer Anwendbarkeit sowie ihrem Beitrag zum fundamentalen Verständnis der Welt eingetragen werden kann. Und schon erscheint es gar nicht mehr so abwegig, dass fundamentale Einsicht entsteht, während man sich gleichzeitig auf der zweiten Achse in Richtung Anwendungsfähigkeit bewegt! Auf diese Weise erreicht man einen Bereich, der hier als der *Quadrant von Pasteur* bezeichnet wird. Im Quadranten der ausschließlich angewandten Forschung könnte Thomas Alva EDISON angesiedelt werden, während für die gewissermaßen wert- und anwendungsfreie Forschung Niels BOHR mit den Grundlagen der Quantentheorie stünde. Der entscheidende ist aber eben der Quadrant von PASTEUR, wo im Idealfall die Brillanz der Grundlagenforschung mit absoluter Relevanz für die Anwendung verbunden werden kann. Diese Verbindung sollte ein Leitbild sein und hat tatsächlich sehr viel mit Nachhaltigkeitsforschung zu tun. Übrigens gibt es da noch einen sehr unbeliebten Quadranten, der auf völlig anwendungsfreie Weise keinerlei Erkenntnisgewinn erbringt. Es sei jedem Leser überlassen, hier statt N. N. den Namen seines akademischen Lieblingsfeindes einzutragen.

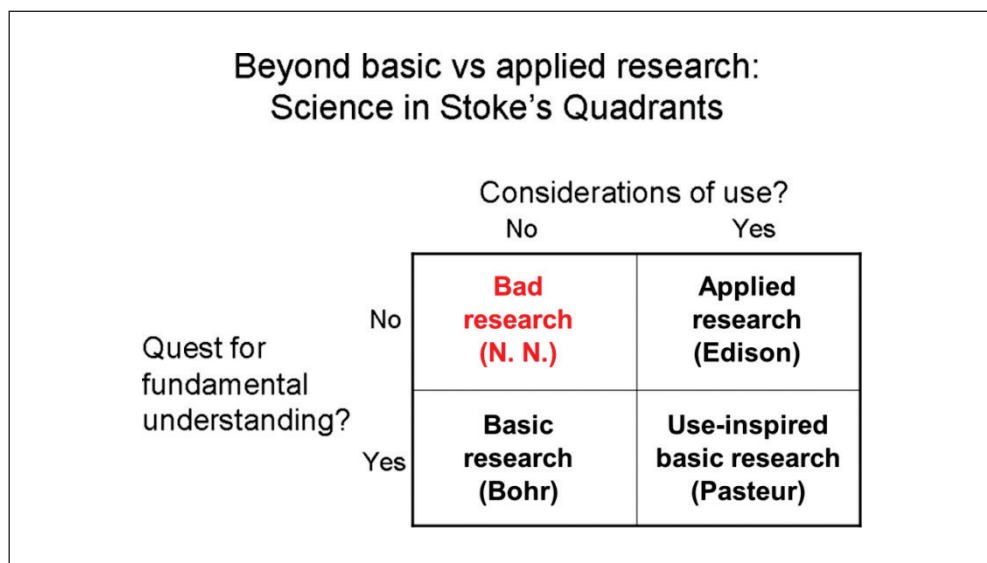


Abb. 1 PASTEURS Quadrant; angelehnt an CLARK 2007

Warum aber Louis PASTEUR? Dieser war eine überaus faszinierende Figur: Mit 25 Jahren löste er das Geheimnis um die Trauben- bzw. Weinsäure, indem er entdeckte, dass organische Moleküle links- oder rechtsdrehend sein können, und dadurch die Polarisierung von Licht zu verändern vermögen. Während das bei der natürlichen Weinsäure tatsächlich der Fall ist, geht der Effekt bei der synthetischen Traubensäure, die ein Gemisch aus links- und rechtsdrehenden Molekülen ist, verloren. Durch das Erkennen dieses Zusammenhangs schuf PASTEUR tiefreichende Grundlagen für das Verständnis der Chiral-Strukturen in der organischen Chemie. Er verbrachte aber auch einen Großteil seines Lebens damit, zu verstehen, wie konkrete artisanale und industrielle Prozesse durch Einsichten in die organische und anorganische Chemie unterstützt werden könnten. Zum Beispiel betraf dies die Herstellung von Wein und Bier, aber auch die von Alkohol aus Rüben, wofür er von einem belgischen Fabrikanten um Ratschläge gebeten wurde. Er entdeckte dabei, dass die für die Fermentation verantwortlichen Mikroorganismen unter Ausschluss von Sauerstoff überleben können und hierfür den für die Produktion von Alkohol notwendigen Sauerstoff aus dem Zucker entnehmen. Diese Erkenntnisse machten es möglich, die Fermentation bei industriellen Prozessen zu kontrollieren und die Verderblichkeit der Substanzen zu begrenzen. PASTEUR hat als der Forscher, dessen Wirken möglicherweise mehr Leben gerettet hat als das irgendeines anderen, auf brillante Weise „seinen“ Quadranten, der Grundlagenforschung und Anwendung miteinander verbindet, besetzt.

Ein weiteres wunderbares Beispiel einer solchen Verbindung sind die von verschiedenen Wissenschaftlern am CERN als herausragende Innovationen bezeichneten Erfindungen des technischen Physikers Simon VAN DER MEER, wie zum Beispiel die stochastische Kühlung. Diese Methode machte die Experimente am Doppelspeicherring überhaupt erst möglich, für die er 1984 zusammen mit Carlo RUBBIA den Physiknobelpreis erhielt. Wie so viele seiner Erfindungen war die stochastische Kühlung zunächst eine, von der die Wissenschaftler gar

nicht wussten, dass sie sie überhaupt brauchten. Sobald sie sie aber in den Händen hielten, erkannten sie deren Potenzial, mit ihrer Hilfe noch sehr viel tiefer in die Grundlagenforschung eindringen zu können.

Wieso herrscht nun aber heute die Hyperspezialisierung in der Wissenschaft vor? Wieso gilt nur als brilliant, was Teil einer von Wenigen wirklich verstandenen Sub-sub-Subdisziplin ist? Jean-Baptiste LE ROND D'ALEMBERT hatte als ein berühmter Mathematiker aus der Gruppe der Enzyklopädisten ein genau gegenteiliges Weltbild: Das erstrebenswerte Ideal war die Zusammenfassung des gesamten Wissens der Welt in einer Universalbibliothek. Doch ab 1850 kam es durch den Bedarf an *praktischen Lösungen für industrielle Probleme* zu der heute herrschenden Ausdifferenzierung. Obwohl das Resultat also dem heute gültigen Paradigma der Trennung von Anwendung und Grundlagenforschung entspricht, war die Triebkraft hinter dieser Entwicklung keineswegs das Streben nach Brillanz in der Grundlagenforschung.

Dennoch gab es seitdem auch immer Gruppen, die das Ideal der Inter- und Transdisziplinarität hochhielten: Nationale Akademien der Wissenschaften wie die *Royal Society* oder die *National Academy of Sciences*, welche ein besonders interessantes Beispiel liefert. Sie wurde 1863 mit der Unterschrift von Abraham LINCOLN gegründet und hat seitdem laut eigener Auskunft dazu gedient, „jedweden wissenschaftlichen oder künstlerischen Gegenstand zu untersuchen, zu erforschen, zu testen und zu beschreiben“, wann immer die Aufforderung dazu von einer beliebigen Abteilung der Regierung eintrifft. Dies kann als transdisziplinärer Auftrag verstanden werden. Noch interessanter ist in diesem Zusammenhang vielleicht das eigene „Mission Statement“: „The National Academy of Sciences (NAS) is a private, non-profit society of distinguished scholars engaged in scientific and engineering research, dedicated to the furtherance of science and technology and *to their use for the public good*.“ Ohne im Widerspruch zum elitären Charakter der Einrichtung zu stehen, spielt das Gemeingut eine ganz entscheidende Rolle: Es geht darum, mit Mitteln der Wissenschaft und Brillanz das Wohl der Gemeinschaft zu befördern!

Von diesem Geiste war auch ein 2010 in *Science* erschienener Artikel beflügelt, den ich gemeinsam mit einer Reihe von Kollegen über die neuartige Organisation internationaler Forschungsprogramme zum Globalen Wandel geschrieben habe (REID et al. 2010). Die programmatische Prägung durch diesen Artikel hat auch eine Bewegung für eine groß angelegte Forschungsinitiative beeinflusst, welche somit eine große Integration dessen, was früher getrennt war, umsetzt: Future Earth (<http://www.icsu.org/future-earth>). Im genannten Artikel geht es um die großen Herausforderungen der Erdsystemforschung für die globale Nachhaltigkeit. Die Kernforderungen umfassen:

- verbesserte Vorhersagen;
- die Entwicklung und Einbettung der Beobachtungssysteme;
- die Antizipation, die Vermeidung und das Management disruptiver globaler Umweltveränderungen;
- die Bestimmung institutioneller und kultureller Muster und Optionen sowie
- die Stimulierung von Innovationen im Zuge der Entwicklung von technischen, politischen und sozialen Lösungsansätzen.

Dies bedeutet wiederum, dass der Begriff der Innovation nicht alleine von den für die Gesellschaft ja durchaus wichtigen Maschinenbauern gepachtet werden sollte. Soziale und institutionelle Neuerungen etwa bergen ein ähnliches Potenzial, und diese Überzeugung bildet gewissermaßen das Mantra des neuen Forschungsprogrammes.



Im Jahr 1999 hatte ich im Forschungsmagazin *Nature* die Gelegenheit, mit dem Millennium-Essay *‘Earth System’ Analysis and the Second Copernican Revolution*, diese jüngere Entwicklung ein wenig mitzuprägen, indem ich den Versuch unternahm, verschiedene Nachhaltigkeitsparadigmen mathematisch zu erfassen (SCHELLNHUBER 1999).

Als die Geburtsstunde des Begriffs „Nachhaltigkeitsforschung“, der insbesondere in den USA eine ungewöhnliche Karriere gemacht hat, möchte ich einen Workshop bezeichnen, der 2000 im verschneiten Schweden stattfand und 2001 in einem Artikel in *Science* resultierte, zu dem beizutragen ich gemeinsam mit einer ganzen Kohorte von Koautoren die Ehre hatte (KATES et al. 2001).

Warum spielt die Wissenschaft von der Nachhaltigkeit nun heute eine so wichtige Rolle? Dies kann ein aktueller Bericht für die Weltbank (SCHELLNHUBER et al. 2012), deren Präsident KIM Mediziner und Anthropologe ist, illustrieren: Darin geht es um die Perspektiven von Entwicklungspolitik in einer vier Grad wärmeren Welt – einer Welt, in der sich die Kluft zwischen Arm und Reich, Nord und Süd noch weiter öffnen würde.

Aufgrund der essentiellen Rolle der Nachhaltigkeitsforschung für die Gesellschaft hat im Jahre 2003 die *US National Academy* für PNAS (*Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, eine der drei großen interdisziplinären Zeitschriften der Welt) eine entsprechende Sektion eingerichtet (CLARK und DICKSON 2003). Dies stellt einen bemerkenswerten, ja geradezu revolutionären Schritt dar: Denn nun gibt es neben Physik, Zellbiologie usw. einen eigenen Bereich für die „Sustainability Science“. Ich habe das Privileg, dem *Editorial Board* anzugehören, dem in der ursprünglichen Besetzung neben anderen auch die im letzten Jahr verstorbene Elinor OSTROM angehörte, die erste Frau, die den Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften erhielt (2009) und damit zweifellos Geschichte schrieb.

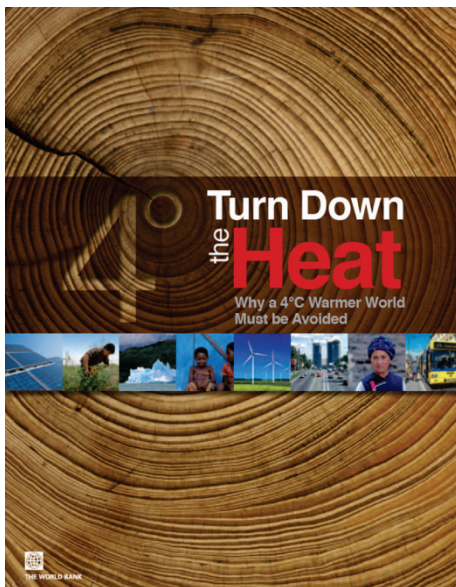


Abb. 2 „Turn Down the Heat“. Quelle: SCHELLNHUBER et al. 2012

Tatsächlich gibt es inzwischen sogar eine Art bibliographische, ja bibliometrische Analyse der Entwicklung von Nachhaltigkeitsforschung (BETTENCOURT und KAUR 2011). Luis BETTENCOURT, mein Kollege am *Santa Fe Institute*, bezeichnet in seiner Arbeit dieses Gebiet als Trägerin eines „universal (systems-level) mandate“ und gesteht ihr deshalb eine „ambitious agenda of integrating theory, applied science, and policy“ zu – also ganz im Sinne von PASTEURS Quadranten. Die Erfolgsgeschichte dieser Forschungsrichtung ist im Übrigen wirklich ungewöhnlich: Die Analyse der über 20 000 Artikel von ca. 37 000 verschiedenen Autoren zeigt eine breite Verteilung über die Erde sowie eine globale Vernetzung der Autorenschaft, also keinerlei Beschränkung auf einige Nischen im reichen Norden. Ebenfalls sehr interessant ist die Tatsache, dass die Verdopplungszeit der Anzahl der auf diesem Feld publizierenden Autoren nur 8,3 Jahre beträgt, und dies schon seit Beginn der 1980er Jahre.

In einer Situation, in der wir unter einer „Diktatur des Jetzt“ vor schier unüberwindbaren Problemen für die Zukunft stehen, müssen wir eine besondere gesellschaftliche Mobilisierung in Gang bringen. Die Frage nach der Rolle der Wissenschaft ist neu zu stellen – aber nicht in dem Sinne, dass sie besagte Probleme zu verantworten hätte, sondern vielmehr bezüglich ihrer Bedeutung als ein entscheidender Faktor in einem neuen Gesellschaftsvertrag zur Lösung neuartiger Probleme. Dazu gehört allerdings auch, das von Vannevar BUSH vor 70 Jahren aufgestellte Paradigma endlich zu überwinden. Der Titel *Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation* des Hauptgutachtens 2011 des WBGU (Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderungen, dessen Vorsitzender ich gegenwärtig bin) gleicht einem doppelten Fanfarenstoß: Der Terminus „Gesellschaftsvertrag“ ist natürlich ein Rekurs auf Jean-Jacques ROUSSEAU, und der Begriff der „Großen Transformation“ be-



Abb. 3 Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Quelle: SCHELLNHUBER et al. 2011



zieht sich darauf, dass man im Anthropozän mit einer „Immer-Weiter-So-Taktik“ nicht mehr wird reüssieren können – weder in der Gesellschaft, noch in der Technik, noch in der Wissenschaft. Der Titel spiegelt wider, dass wir uns selbst neu erfinden müssen, aber eben durchaus auch die Möglichkeit dazu haben. Möglicherweise, indem aus einer Teildisziplin wie der Nachhaltigkeitsforschung so etwas wie eine Transformationswissenschaft entwickelt wird.

Insofern hatte Vannevar BUSH mit „Science – The Endless Frontier“ durchaus den richtigen Namen gewählt: Die Wissenschaft stellt eine unendliche Grenze dar, die sich immer nach vorn verschiebt und damit ihre Großartigkeit erneuert.

Ich würde mich freuen, wenn dieser Beitrag seinen Teil leistet, um einen weiteren Schritt entlang jener endlosen Achse zu tun.

### *Literatur*

- BETTENCOURT, L. M., and KAUR, J.: Evolution and structure of sustainability science. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 108/49, 19540–19545, doi:10.1073/pnas.1102712108 (2011)
- CLARK, W. C.: Sustainability science: A room of its own. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 104, 1737–1738 (2007)
- CLARK, W. C., and DICKSON, N. M.: Sustainability science: the emerging research program. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 100/14, 8059–8061, doi:10.1073/pnas.1231333100 (2003)
- KATES, R., CLARK, W., CORELL, R., HALL, J. M., JAEGER, C. C., LOWE, I., MCCARTHY, J. J., SCHELLNHUBER, H.-J., BOLIN, B., DICKSON, N. M., FAUCHEUX, S., et al.: Sustainability science. *Science* 292, 641–642 (2001)
- REID, W., CHEN, D., GOLDFARB, L., HACKMANN, H., LEE, Y. T., MOKHELE, K., OSTROM, E., RAIVIO, K., ROCKSTRÖM, J., SCHELLNHUBER, H. J., and WHYTE, A.: Earth system science for global sustainability: Grand challenges. *Science* 330, 916–917 (2010)
- SCHELLNHUBER, H. J.: “Earth system” analysis and the second Copernican revolution. *Nature* 402, C19–C23 (1999)
- SCHELLNHUBER, H. J., MESSNER, D., LEGGEWIE, C., LEINFELDER, R., NAKICENOVIC, N., RAHMSTORF, S., SCHLACKE, S., SCHMID, J., und SCHUBERT, R. (Eds.): *Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation*. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2011)
- SCHELLNHUBER, J., HARE, W., SERDECZNY, O., ADAMS, S., COUMOU, D., FRIELER, K., MARTIN, M., OTTO, I. M., PERRETTE, M., ROBINSON, A., ROCHA, M., et al.: *Turn Down the Heat: Why a 4°C Warmer World Must be Avoided*. World Bank 2012
- STOKES, D. E.: *Pasteur’s Quadrant. Basic Science and Technological Innovation*. Washington (DC): Brookings Institution Press 1997

Prof. Dr. Dr. h. c. Hans Joachim SCHELLNHUBER  
Direktor  
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung  
Postfach 60 12 03  
14412 Potsdam  
Bundesrepublik Deutschland  
Tel.: +49 331 2882502  
Fax: +49 331 2882600  
E-Mail: director@pik-potsdam.de

## **Was ist Leben?**

Vorträge anlässlich der Jahresversammlung  
vom 23. bis 25. September 2011 zu Halle (Saale)

Nova Acta Leopoldina N. F. Bd. 116, Nr. 394

Herausgegeben von Jörg HACKER (Halle/Saale, Berlin) und Michael HECKER  
(Greifswald)

(2012, 284 Seiten, 115 Abbildungen, 3 Tabellen, 29,95 Euro,  
ISBN: 978-3-8047-3060-1)

Es gibt nur wenige Fragen, welche die Menschheit seit Beginn ihrer geistigen Auseinandersetzung mit sich selbst und der sie umgebenden Welt unaufhörlich begleitet haben. „Was ist Leben?“ zählt zu diesen Grundfragen des menschlichen Daseins. Angesichts der beeindruckenden Erfolge der empirischen Forschung an Lebewesen wird die Schwierigkeit immer offenkundiger, eine allgemein überzeugende Antwort auf die Frage nach den grundlegenden Eigenschaften derjenigen Systeme zu geben, die wir „lebendig“ nennen. Diese Rätselhaftigkeit fasziniert Natur-, Geistes- und Kulturwissenschaftler und bringt sie dazu, gemeinsam das Wesen des Lebens zu erkunden. In dem Band behandeln hervorragende Vertreter der unterschiedlichsten Wissenschaftsdisziplinen den noch nicht zufriedenstellend geklärten Ursprung des Lebens. Sie untersuchen das neue, umfassende Verständnis der molekularen Grundlagen von Lebensprozessen aus der Sicht der Genomforschung und beschreiben die Möglichkeiten, Leben in Analogie zu Maschinen zu modellieren. Sie behandeln die ungeheure Vielfalt des Lebens, die Beeinflussbarkeit des Lebens durch menschliche Eingriffe und die Grenzen des Lebens aus biologischer, psychologischer und philosophischer Sicht. Dabei wird deutlich, wie hartnäckig sich die Frage nach dem Leben durch die Wissenschaftsgeschichte, ja durch die ganze Geistesgeschichte zieht und welche Brisanz sie angesichts aktueller Forschungsergebnisse erhalten hat.

## Nachhaltigkeit und ihr Platz in der Ausbildung an einer Technischen Hochschule

Konrad HUNGERBÜHLER und Antonia PRAETORIUS (Zürich, Schweiz)

Mit 1 Abbildung

### *Zusammenfassung*

Um Nachhaltigkeit in einer Gesellschaft dauerhaft zu verankern, sollte das Thema Nachhaltigkeit einen wichtigen Stellenwert in der Ausbildung zukünftiger Ingenieure und Naturwissenschaftler haben, da diese für die Entwicklung von nachhaltiger Technik verantwortlich sein werden. In dieser Studie haben wir den Anteil an Nachhaltigkeit im Masterstudium in technischen und naturwissenschaftlichen Studiengängen an ausgewählten deutschen und Schweizer Hochschulen untersucht. Unsere Ergebnisse zeigen, dass heutzutage Vorlesungen mit Bezug zu Nachhaltigkeit vor allem in Studiengängen zum Thema Umwelt gewählt werden können, der Anteil an Nachhaltigkeit in anderen Masterstudiengängen allerdings gering ist. Wir hoffen, dass das Thema Nachhaltigkeit in Zukunft an Technischen Hochschulen immer präsenter wird und sich eines Tages eine Vision von Nachhaltigkeit als Leitbild von Technischen Hochschulen durchsetzen wird.

### *Abstract*

In order to strengthen sustainability in a society on the long term, the topic of sustainability should gain importance in the education of future engineers and scientists, since they will be responsible for developing sustainable technologies. In this work we studied the proportion of sustainability in technical and scientific Master's courses of selected technical universities in Germany and Switzerland. Our results show that today lectures related to sustainability are mainly found in majors related to the topic of the environment, whereas the proportion of sustainability is low in other majors. We hope that the topic of sustainability will become more and more present in technical universities in the future and that one day a vision of sustainability as a mission statement in technical universities will become reality.

### **1. Nachhaltigkeit und Wissenschaft**

Nachhaltigkeit umfasst ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Aspekte einer Zivilisation. Um Nachhaltigkeit im Kern einer Gesellschaft zu integrieren, kommt der Wissenschaft eine besondere Verantwortung zu. Innovative Entwicklungen und ganzheitliche Ansätze sind notwendig, um nachhaltige Technologien in einem Land zu verankern. Die Entwicklung von nachhaltiger Technik erfordert einen interdisziplinären Ansatz, in dem sowohl naturwissenschaftlich-technische als auch sozio-ökonomische Dimensionen berücksichtigt werden. Häufig ist ein iterativer Prozess notwendig, in dem die technischen Möglichkeiten untersucht und die gesellschaftlichen Nutzen und Risiken abgewogen werden. Die Gestaltungsprinzipien von nachhaltiger Technik umfassen:

- das Prinzip der ökologischen Effizienz,
- das Prinzip der inhärenten Sicherheit und
- das Prinzip der gesellschaftlichen Akzeptanz.

Da nachhaltige Technik zum Großteil von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern entwickelt wird, ist es wichtig, das Ziel nach Nachhaltigkeit bereits in deren Ausbildung zu integrieren. Technische Hochschulen (TH) tragen aus diesem Grund die Verantwortung, ihre Studenten mit dem nötigen Wissen und den nötigen Werkzeugen auszustatten, um ein nachhaltiges Denken in die Arbeitsweise ihrer Absolventen zu verankern. Insbesondere ein interdisziplinärer Wissenstransfer sollte in diesem Zusammenhang verstärkt werden, um die Gestaltungsprinzipien nachhaltiger Technik zu erfüllen.

## 2. Anteil Nachhaltigkeit in Masterstudiengängen an Technischen Hochschulen

In dieser Studie wurde der Anteil an Nachhaltigkeit in Masterstudiengängen an ausgewählten technischen Hochschulen in Deutschland und der Schweiz untersucht. Das Ziel dieser Arbeit ist es zu analysieren, wie vielen Vorlesungen zum Thema Nachhaltigkeit Studenten heute ausgesetzt sind und in welchen Studiengängen Verbesserungsbedarf besteht.

### 2.1 Methode

Es wurden sowohl technische als auch naturwissenschaftliche Masterstudiengänge untersucht. Die technischen Studiengänge umfassen Umweltingenieurwesen, Chemie- und Verfahreningenieurwesen, Maschinenbau und Elektrotechnik. Die naturwissenschaftlichen beinhalten Umweltnaturwissenschaften, Chemie, Biologie und Physik. Es wurden Masterstudiengänge der Technischen Universität Berlin (TUB), der Technischen Universität München (TUM) und der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH) verglichen.

Für jeden Studiengang wurden aus dem Vorlesungsverzeichnis alle Kurse herausgesucht, die mit Nachhaltigkeit im Zusammenhang stehen. Die Kurse wurden nach Wahl- und Pflichtfächern getrennt aufgelistet und der Anteil an ECTS-Punkten an den insgesamt für das Masterdiplom des jeweiligen Studiengangs zu erwerbenden ECTS-Punkten ausgerechnet. Bei den Wahlfächern wurde zudem die Gesamtmenge der zur Verfügung stehenden Wahlfächer in Betracht gezogen und die Wahrscheinlichkeit ausgerechnet, dass ein Student des jeweiligen Studiengangs seine Wahlfächer aus der Teilmenge wählt, die Nachhaltigkeit beinhaltet. Die ECTS-Punkte, die durch Master- oder andere Projektarbeiten sowie durch Praktika, Fallstudien und durch nicht näher spezifizierte Freifächer erhalten werden können, wurden nicht in die Berechnungen eingeschlossen, da sich aufgrund der Vielzahl möglicher Themen kein genauer Anteil von Nachhaltigkeit bestimmen lässt.

### 2.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Studie verdeutlichen, dass der Anteil an Nachhaltigkeit im Studium in den Studiengängen Umweltingenieurwesen und Umweltnaturwissenschaften am größten ist (10–12 %) (Abb. 1). Mit Ausnahme des Studiengangs Chemie- und Verfahreningenieurwesen an der TU Berlin (6 %) liegt der Anteil an Nachhaltigkeit bei allen anderen untersuchten Masterstudiengängen bei unter 5 %. Im Masterstudiengang Chemie an der TU Berlin lassen sich innerhalb des Studienganges keine ECTS-Punkte durch Vorlesungen im Bereich Nachhaltigkeit erlangen. In allen Fällen lässt sich jedoch der Anteil an Nachhaltigkeit im Studium durch die Wahl von nachhaltigkeitsbezogenen Master- und Forschungsarbeiten erhöhen.

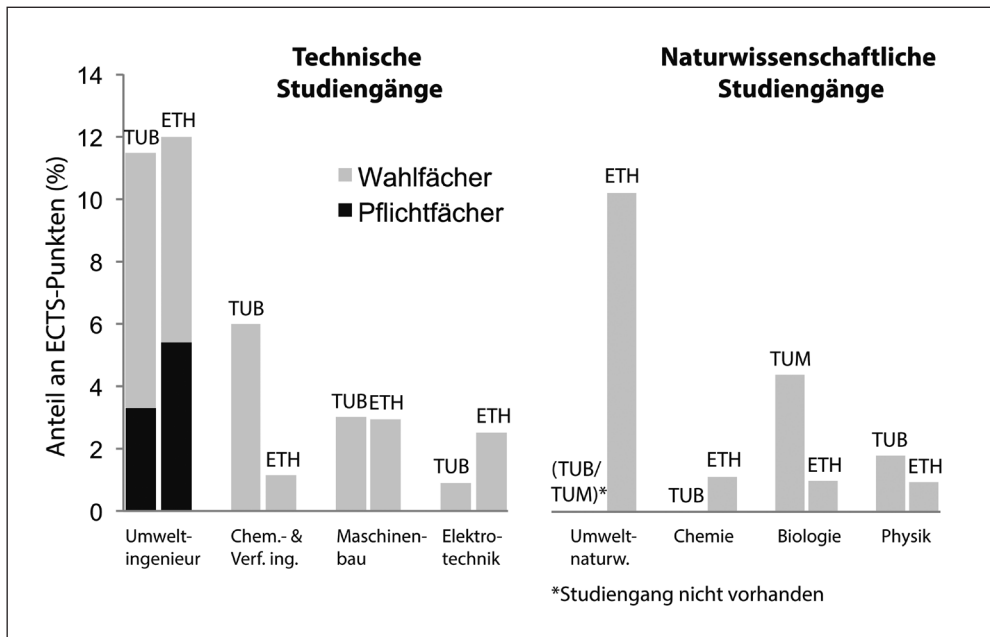


Abb. 1 Anteil an ECTS-Punkten, die aus Vorlesungen mit Bezug zum Thema Nachhaltigkeit in technischen und naturwissenschaftlichen Masterstudiengängen an der ETH Zürich (ETH), TU Berlin (TUB) und TU München (TUM) erworben werden können.

Beispiele von nachhaltigkeitsbezogenen Vorlesungen, die in die oben genannten Ergebnisse eingeflossen sind, finden sich im Bereich der wissenschaftlichen Grundlagen, z. B. „System dynamics and complexity“, „Biodiversity“, „Ökologie anthropogener Standorte“ und „Conservation biology“, im Technologiebereich, z. B. „Photovoltaik“, „Windenergie“, „Sustainable materials“ und „Sustainable buildings“, sowie in Kursen über Bewertungsinstrumente, wie „Environmental, social & economic assessment“, „Risk assessment“ und „Sustainable economics“ und auch in Vorlesungen im Bereich Management, z. B. „Corporate sustainability“, „Ecodesign“, „Water management“ und „Soil management“.

### 3. Vision: Nachhaltige Technik als Leitbild an Technischen Hochschulen

Heutzutage ist Nachhaltigkeit an Technischen Hochschulen vor allem in Studiengängen präsent, die sich mit dem Thema Umwelt befassen (Umweltingenieurwesen und Umweltnaturwissenschaften). In anderen technischen und naturwissenschaftlichen Studiengängen herrscht dagegen noch viel Ausbaubedarf. Das Grundlagenwissen, das innerhalb der einzelnen Disziplinen gelehrt wird, sollte die naturwissenschaftlich-technische Nachhaltigkeitsdimension bereits im Auge haben, doch primär das wichtige Basiswissen auf höchstem Niveau zu vermitteln suchen. Parallel ist bis zum Bachelor auch ein Einstieg in die sozio-ökonomischen Grundlagen eine wesentliche Ergänzung. Im Masterstudium ist sodann in allen disziplinären Vertiefungen, Fallstudien und Laborarbeiten stets das Thema nachhaltiger Entwicklung als

Leitlinie zu betrachten. Schließlich spielen in diesem Ausbildungsplan auch umsetzungsbezogene *Sustainability-Leadership*-Vorlesungen von herausragenden Führungspersönlichkeiten aus der Nachhaltigkeitspraxis eine zentrale Rolle. Erfolgreiche Vorbilder – möglichst mit dem Studienhintergrund der entsprechenden Ausbildungsrichtung – können so kurz vor Studienabschluss zu entscheidenden Orientierungshilfen werden.

Unsere Vision ist es, die Nachhaltigkeitskompetenz der künftigen Technologie-Entwicklungsgenerationen und Technologie-Managementgenerationen in der prägenden Ausbildungsphase auf höchster Anforderungsstufe konsequent auszubauen. Mit derart ausgerichteten Studiengängen – wo auch die Fragen nach Werten, Verantwortung und Transdisziplinarität nicht zu kurz kommen – können Alumni von auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Elite-Hochschulen zum entscheidenden Katalysator für eine zukünftige sowie global und langfristig erfolgreiche Technologieentwicklung werden.

Prof. Dr. Konrad HUNGERBÜHLER  
ETH Zürich  
Institut für Chemie- und Bioingenieurwissenschaften  
Wolfgang-Pauli-Strasse 10  
8093 Zürich  
Schweiz  
Tel.: +41 44 6326098  
Fax: +41 44 6321189  
E-Mail: konrad.hungerbuehler@chem.ethz.ch

**Nachhaltig forschen**





## **Forschung nachhaltig nutzen – Wissenstransfer zum Entscheidungsträger**

Hildegard WESTPHAL (Bremen)

### *Zusammenfassung*

Forschung zu nachhaltiger Entwicklung und nachhaltige Forschung müssen, wenn ihnen der Brückenschlag hin zu qualifizierten, wissensbasierten Entscheidungen aller beteiligten Akteure und damit zu gesellschaftlichen Transformationsprozessen gelingen soll, Lösungsansätze für einen substantiellen Wissens- und Kompetenztransfer bereithalten. Der Informationsfluss zwischen Wissenschaft und Akteuren der verschiedenen Ebenen ist von zentraler Bedeutung und gehört zur täglichen Praxis nachhaltiger Forschung. Denn Partizipation ist eine Grundvoraussetzung, um zu gesellschaftlich gewollten, aus innerer Überzeugung getragenen und damit nachhaltigen Umsetzungen von Forschungserkenntnissen zu gelangen. Nur bei problemorientierter Forschung, die auch auf die Interessen und das Lebensumfeld der jeweiligen Akteure und Entscheidungsträger achtet, können derartige Umsetzungsprozesse letztlich erfolgreich sein. Deswegen ist eine partnerschaftliche und transdisziplinäre Ausrichtung der Forschung, ergänzt durch langfristige Kapazitätsbildung unerlässlich, um Wissenschaft über Nachhaltigkeit selber nachhaltig zu gestalten.

### *Abstract*

Research for sustainable development and sustainable science need to provide approaches for substantial transfer of knowledge and competence if they are to be successful in bridging between the stakeholders to arrive at high-quality, knowledge-based decisions and thus contribute to societal transformation processes. The information transfer between science and the stakeholders of various levels is of fundamental importance and daily practice in sustainable science. Participation is a prerequisite for societally desired and therefore sustainable transfer of scientific knowledge carried by the inner conviction of the stakeholders. Only with problem-oriented research, that considers the priorities and the livelihood context of the stakeholders and decision makers, such transformation processes can ultimately be successful. Therefore, research based on partnership-approaches and transdisciplinarity complemented by capacity building are the very basis for making sustainability science itself sustainable.

### **1. Nachhaltige Forschung – Praxisbeispiel Tropen**

Nachhaltige Forschung zu betreiben – damit ist immer zweierlei gemeint. Zum einen bezeichnet „Nachhaltigkeit“, oder, genau genommen, „nachhaltige Entwicklung“, den Forschungsgegenstand und damit normativ das Forschungsziel. Zum anderen bedeutet Nachhaltigkeit in der Forschung auch, dass (und wie) Forschung und Forschungsergebnisse nachhaltig wirken, und das heißt: inwieweit sie wissenschaftlich verankert, gesellschaftlich anschlussfähig und in eine politische Agenda umsetzbar sein können. Und naturgemäß hängen all diese Fragen der Umsetzung und Nachhaltigkeit wiederum zusammen mit dem notwendigen Wissenstransfer zwischen wissenschaftlichen und politischen Akteuren und Entscheidungsträgern. Dieser diskursive Wissenstransfer und die damit verbundene Überzeugungsarbeit gehören

zu den praktischen Ebenen der Nachhaltigkeitsforschung. Das Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie in Bremen ist für diese Praxis ein gleichermaßen typisches und hervorragendes – wie auch, wohlgemerkt, mit anderen, ähnlich arbeitenden Instituten vergleichbares – Anschauungsobjekt.

### 1.1 Nachhaltige Fundamente

Um den Zusammenhang, in dem ich hier Nachhaltigkeit in der Forschung beschreibe, zu illustrieren, soll das Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie (ZMT) kurz vorgestellt werden. Die 1992 in Rio de Janeiro abgehaltene UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung (UNCED) und das im Jahre 1982 geschlossene Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen (*United Nations Convention on the Law of the Sea*, UNCLOS) haben dazu geführt, dass sich die Anrainer tropischer Küsten mit einer großen Verantwortung für ihre Küsten- und Meeresökosysteme konfrontiert sahen. Diese Verantwortung hat angesichts der zum Teil weit weniger entwickelten akademischen Infrastruktur zu einem großen Bedarf an wissenschaftlicher Kapazitätsbildung geführt. In diesem Kontext wurde das ZMT 1991 als das deutsche Zentrum für systemische Erforschung tropischer Küsten gegründet, mit dem Auftrag, wissenschaftliche Erkenntnisse über diese Ökosysteme zu gewinnen und gleichzeitig langfristige Kapazitätsbildung zu unterstützen.

Unser Institut hat sich seit seiner Gründung der Nachhaltigkeitsforschung verschrieben, nicht zuletzt, weil die tropische Meeresforschung, überspitzt formuliert, für jedes wissenschaftliche Problem bezüglich eines globalen Wandels hin zu nachhaltiger Entwicklung interessante Herausforderungen bietet, und gleichzeitig in diesen Regionen umsetzbare Antworten unmittelbar und dringlich benötigt werden. Das ZMT verfolgte dabei von Beginn an einen systemischen Ansatz als Zentrum für die Koordination von größeren multilateralen Forschungsprojekten vor Ort, aber eben auch national wie international als Ansprechpartner und Kontrapunkt für Akteure anderer Ebenen jenseits der Forschung.

Aufgabe unseres Institutes ist also die Erforschung tropischer mariner Ökosysteme in ihren grundlegenden Faktoren und ihrer Wirkungsweise, aber auch in den praxisorientierten Bereichen der Ressourcennutzung, der Ökosystemdienstleistungen und der Gefährdung dieser Ökosysteme sowie ihrer Resilienz. Das Einzigartige des ZMT sogar im internationalen Kontext ist, dass die Fragestellungen sozialwissenschaftlich motiviert sind und in einer breiten, von den Naturwissenschaften bis zu den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften gespannten eng verzahnten Interdisziplinarität bearbeitet werden. In den Projekten des Instituts greifen Sozial- und Naturwissenschaften schon immer interdisziplinär ineinander. Das eine war nie das Feigenblatt des anderen, sondern stets sind die Projekte gemeinsam durchgeführt und Problemlösungen im Dialog entwickelt worden.

Intensive Langzeitstudien stehen dabei neben Querschnittsprojekten, die auf vergleichende Fragestellungen abzielen. Dabei wurde das ZMT von Anfang an mit der Prämisse geführt, transdisziplinäre Forschung zu ermöglichen. Das Forschungsprimat des ZMT zielt auf das Verständnis integrierter sozial-ökologischer und sozio-ökonomischer Verschränkungen und Rückkopplungsschleifen, um Wissen für Strategien nachhaltiger Nutzung zur Verfügung zu stellen. Deswegen wird stets aufs Neue eine Kombination von biologischen, sozialwissenschaftlichen und ökonomischen Kriterien für die nachhaltige Entwicklung und Erhaltung der fraglichen Ressourcen gefunden. Diese integrative, transdisziplinäre und lösungsorientierte Herangehensweise wurde zuletzt auch im ICSU-Report *Earth System Science for Global*

*Sustainability: The Grand Challenges* (2010) als entscheidend für gelungene (mithin: nachhaltige) Nachhaltigkeitsforschung identifiziert.<sup>1</sup>

Der solitäre Anspruch des ZMT liegt in seiner Ausrichtung auf die nachhaltige Erforschung der Ökologie im sozialen Kontext der tropischen Küstengebiete begründet. Die Nachhaltigkeit der Entwicklung ist das Ziel aller Forschungsprojekte des Instituts, die stets auf Augenhöhe mit den verschiedenen Partnern in den Zielländern und erforschten Küstenregionen konzipiert und durchgeführt werden. Denn das ZMT fußt auf einer Tradition intensiver Zusammenarbeit mit den tropischen Gastländern. Dieser gleichberechtigte Austausch in der Forschung, aber auch bei der Aus- und Weiterbildung ist ein zentrales Anliegen des ZMT – nicht zuletzt aus Gründen einer Kapazitätsbildung verschiedener Couleur, einem Grundstein nachhaltiger Forschung und des damit verbundenen Transfers von erworbenem Wissen.

## *1.2 Nachhaltige Forschungsfragen*

Die Küstenforschung sieht sich, besonders in den Tropen, mit sehr dynamischen gesellschaftlichen Entwicklungen konfrontiert. Auf der einen Seite steht ein starkes Bevölkerungswachstum, das aber gerade in den tropischen Küstenbereichen interessanterweise nicht unbedingt der entscheidende Faktor ist; vielmehr sind vor allem die gesellschaftlichen Veränderungen zum Teil schnell und drastisch. Es kommt zu Urbanisierungsprozessen, auf ökonomischer Ebene zu Industrialisierungsschüben, und auf sozialer Ebene findet damit einhergehend häufig eine Öffnung der Gesellschaften statt, verbunden mit einem signifikanten Wertewandel. Es kann aber auf der anderen Seite auch in einer Art gesellschaftlicher Abwehrbewegung genau zum Gegenteil einer sozialen Öffnung, also zu einer Verfestigung tradierter Strukturen, kommen. In jedem Fall sind sehr rasche Dynamiken zu beobachten, wobei gleichzeitig die Abhängigkeit der Anrainer tropischer Küstenregionen von den Ökosystemdienstleistungen dieser Küsten besonders stark ist.

Die dynamische Bevölkerungsentwicklung und eine zunehmende Industrialisierung führen dazu, dass die potenziell nachhaltige Nutzung von Küstenökosystemen häufig in eine Übernutzung (etwa Überfischung und schrumpfende Fischereierträge) oder zumindest in eine Fehlnutzung umschlägt (z. B. exzessive Aquakulturen und daraus folgende Eutrophierung). Die „tragedy of the commons“,<sup>2</sup> die Tragödie der Gemeingüter, ist ein vielbeobachtetes Phänomen, wenn kurzfristiger individueller Nutzen langfristige gemeinschaftliche Nutzung gefährdet – gerade in Gesellschaften ohne langfristige staatliche Garantien. Zum Beispiel kann Tourismus sicherlich eine Region wirtschaftlich und auch sozial stärken, er lässt sich aber nur nachhaltig betreiben, wenn gleichzeitig die Riffe, die das touristische Ziel sein könnten, intakt bleiben. Hierbei ist also ein Interessenausgleich notwendig, man kann schlichtweg nicht zugleich Tauchtourismus und Dynamitfischerei betreiben. Auch eine forcierte Abholzung der Mangrovenwälder zugunsten von Aquakulturen hat – natürlich – drastische Folgen für den Küstenschutz, die Biodiversität, die Stabilität des küstennahen Ökosystems und auch Auswirkungen auf sozial-ökologische Funktionen wie den Küstenschutz. Die Verwüstungen des

---

1 „Just as we are at a point of transition in the focus and scale of global social-environmental research, we are also at points of transition in the disciplines that must be involved and the processes by which that research is undertaken. There is a need for transitions from [...] research dominated by the natural sciences to research involving the full range of sciences and humanities.“ *ICSU* 2010, S. 6.

2 OSTROM et al. 1999.

Tsunami im Jahr 2004 haben etwa in Indonesien im Prinzip nachgezeichnet, wo die Mangroven noch intakt sind und wo nicht.

### 1.3 Nachhaltige Forschung

Die Komplexität der Probleme in der nachhaltigen Erforschung mariner Tropenregionen ist mit den Händen zu greifen. Die Initiatoren des ZMT, unter ihnen an vorderster Stelle Gründungsdirektor und Leopoldina-Mitglied Gotthilf HEMPEL, haben deshalb bereits vor nunmehr über zwanzig Jahren Kriterien formuliert, die ermöglichen, dass Forschungsvorhaben einen nachhaltigen Einfluss in den Zielregionen entwickeln können. Forschungsprojekte des Institutes wurden und werden nach bestimmten wissenschaftsethischen Grundsätzen entwickelt, den sogenannten „Bremer Kriterien“ wissenschaftlicher Partnerschaft. Diese partnerschaftlichen Forschungsprogramme sollten als gleichberechtigte, bilaterale Projekte stets einen Beitrag sowohl zu wissenschaftlich wie auch entwicklungspolitisch interessanten Themen leisten. Außer Frage steht dabei selbstredend, dass die wissenschaftliche Exzellenz und Signifikanz eines Forschungsansatzes und der Fragestellung eine *Conditio sine qua non* war und ist. Bezogen auf den wissenschaftlichen Anspruch und die wissenschaftliche Qualität sind Kompromisse schlichtweg nicht möglich. Daneben aber galten und gelten als notwendige Kriterien nachhaltiger Forschung, dass die Projekte gemeinsam von den beteiligten Institutionen und Ländern geplant werden und langfristig angelegt sind, damit sie ihre Wirkung entfalten können. Auch müssen die Forschungsprojekte in den Wissenschaftsstrukturen des Partnerlandes eingebettet sein (sonst ist keine Nachhaltigkeit der Forschung zu erwarten), und sie müssen einen Beitrag zur wissenschaftlichen Kapazitätsbildung im Partnerland leisten. Auch dieses *Capacity Building* war schon immer im Fokus des ZMT – aus der Erkenntnis heraus, dass nur durch Wissenstransfer und Bildung eine nachhaltige Veränderung im Partnerland angestoßen werden kann.

Die intendierten Veränderungen zielen dabei zunächst auf den wissenschaftlichen Bereich, und hier auf Fragen des bilateralen Austauschs von Wissen und die akademische Ausbildung. Grundlegende Voraussetzung für gesellschaftsrelevante und nachhaltige Forschung im Bereich der marinen Tropenökologie ist also das Verständnis der eigentlichen Herausforderungen und die Verständigung auf die ökologischen wie sozio-ökonomischen Fragestellungen und Implikationen der wissenschaftlichen Projekte. Daraus entwickeln sich partnerschaftliche Lösungsstrategien, die immer auch die kulturelle und regionale Umsetzbarkeit der Forschungsansätze und -ziele zu berücksichtigen haben – womit wieder die Postulate einer strikten Interdisziplinarität und der Interkulturalität oder auch Internationalität ins Spiel kommen.

Partnerschaftliche Forschungsprojekte sind, wie bereits erwähnt, abhängig von einem Austausch auf Augenhöhe. Diesen aber kann es nur geben, wenn auf beiden Seiten qualifizierte Partner auf hohem wissenschaftlichem Niveau zusammenkommen. Deshalb sind Langfristigkeit und mit ihr verbunden Instrumente zur anhaltenden Kapazitätsbildung im Partnerland Grundvoraussetzungen für eine erfolgreiche bilaterale Nachhaltigkeitsforschung. Dennoch muss man konzedieren, dass gesellschaftsrelevante Forschungsanstrengungen bei der Umsetzung der wissenschaftlichen Ergebnisse in den Partnerländern auf Probleme stoßen können. Mitunter findet eine Umsetzung der Forschungsergebnisse überhaupt nicht statt, was in den fraglichen Fällen nicht zuletzt mit fehlender Akzeptanz vor Ort zusammenhängt. Auch wenn dies selbstredend nicht die Qualität der eigentlichen Forschungsergebnisse beeinflusst, kann es dennoch – gerade unter dem Gesichtspunkt von Nachhaltigkeit – ein kaum

zufriedenstellendes Ergebnis sein, wenn die Nutzbarmachung von Forschung ins Leere läuft. Schaut man sich Forschungsprojekte an, deren nachhaltige Übersetzung in gesellschaftliches Handeln scheitert, zeigt sich, dass hier die Fragestellung oder das Forschungsprogramm in seiner Gesamtheit häufig nicht gemeinsam entwickelt wurden und somit Bedürfnisse und Priorisierungen der Akteure vor Ort nicht im Zentrum der Projekte standen. Im Umkehrschluss folgt aus dieser Erkenntnis, dass Transdisziplinarität bei nachhaltiger Forschung unbedingt bereits mit der Entwicklung einer integrierten Fragestellung beginnen muss.

Ein Scheitern von Umsetzungsanstrengungen nachhaltiger Forschung mag mitunter schlichtweg am fehlenden Willen zur Umsetzung liegen, was soziale, ökonomische oder politische Gründe haben kann. Dies ist aber offensichtlich eine Problematik, mit der nachhaltige Transformationsprozesse auch in der sogenannten Ersten Welt zu kämpfen haben. Deshalb ist Partizipation, lokal wie global, eine Grundvoraussetzung, um zur Umsetzung von Forschungserkenntnissen durchzudringen. Informationsfluss in beide Richtungen zwischen Wissenschaft und Akteuren der verschiedenen Ebenen ist hierbei von zentraler Bedeutung, denn nur so können auch sinnvolle Anreizsysteme entwickelt werden. Insofern ist der bremsende Faktor häufig der fehlende oder unzureichende Brückenschlag von der Nachhaltigkeitsforschung hin zu gegebenen *Governance*-Strukturen und den Entscheidungsträgern, die die Forschungsergebnisse in ihrem Kontext interpretieren können und deren Umsetzung aus eigener Überzeugung tragen. Und um diesen Brückenschlag zu ermöglichen, bedarf es nicht nur eines substantiellen Wissens- und Kompetenztransfers, sondern auch einer gemeinsamen – transdisziplinären – Gestaltung der Forschung.

## 2. Die zwei Ebenen eines nachhaltigen Wissenstransfers

Das Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie fördert den für nachhaltige Forschung unabdingbaren Wissenstransfer auf zwei Ebenen: durch *Capacity Building* (die wissenschaftliche Kapazitätsbildung) sowie durch die Vermittlung von Erkenntnissen und die Kommunikation von Projektergebnissen an Entscheidungsträger und andere Akteure, auch außerhalb des genuin wissenschaftlichen Umfelds. Beide Transferebenen sollen im Folgenden näher dargestellt werden, wobei ich zwei Annahmen vorausschicken möchte: Zum einen sind diese beiden Ebenen augenscheinlich stark miteinander verzahnt und weisen entsprechend Überschneidungen auf. Zum anderen richten sich die Bestrebungen unseres Institutes für einen nachhaltigen Wissenstransfer sowohl auf seine Partnerländer als auch auf den Wissenschaftsstandort Deutschland.

### 2.1 *Capacity Building*

Kapazitätsbildung (*Capacity Building*) bedeutet Aus- und Weiterbildung und in der Folge die Schaffung eigener Kompetenzstrukturen, durch die wiederum diese Fähigkeiten und das Wissen weitergegeben werden können. Das heißt, es ist eine sehr langfristige Investition und deshalb gut bei Institutionen aufgehoben, die langfristig denken und planen können. Das ZMT trägt seit seiner Gründung in hohem Maße zum *Capacity Building* bei, indem es zum Beispiel Kurse an Universitäten, aber auch an anderen Institutionen in seinen Partnerländern gemeinsam mit Projektpartnern vor Ort durchführt. Unter dem Dach des ZMT findet ein reger internationaler Austausch von Wissenschaftlern und Doktoranden, aber auch von

Studierenden und Fachkräften aus dem administrativen Bereich statt. Wissenschaftler des ZMT und der Partnerinstitute halten Vorträge in verschiedensten fachlichen und öffentlichen Zusammenhängen. Eine wichtige Rolle spielt die Durchführung von gemeinsamen Projekten auf kleinskaliger Ebene, etwa die bilaterale Betreuung von Abschlussarbeiten; gerade hierbei ist festzustellen, dass die Kapazitätsbildung nicht nur sehr fruchtbar (und damit nachhaltig) ist, sondern vor allem auch in beide Richtungen gut funktioniert: Zahlreiche ausländische Doktoranden arbeiten am ZMT, und in gegenläufiger Richtung erfahren auch die Doktoranden des ZMT einen ungeheuren Schub an interkulturellem Verständnis, das sie sich aneignen, wenn sie in gemeinsamen Projekten im Partnerland forschen. Das ZMT initiierte hierzu zahlreiche etablierte, laufende wie abgeschlossene Projekte, beispielsweise mit Indonesien, China und in der Region des südlichen Afrika, mit einem hohen Stellenwert im Bereich der Nachwuchsförderung sowohl in Deutschland als auch in den Partnerländern. Die zweifache Kompetenz des ZMT in nachhaltiger Lehre und im forschungsorientierten *Capacity Building* mündete auch in der Etablierung partnerschaftlicher Studiengänge an Universitäten im In- und Ausland. So entwickelte das ZMT zusammen mit der Universität Bremen mit ISATEC (*International Studies in Aquatic Tropical Ecology*) eines der ersten Masterprogramme in englischer Sprache in Deutschland. Seit 1999 haben mehr als 220 Studierende einen MSc-Abschluss im ISATEC-Programm erworben; viele der Absolventen haben heute Positionen in Universitäten, Ministerien und NGOs in ihren Heimatländern inne.

Wie im Bereich der Forschungsprojekte spielen auch in der auf Nachhaltigkeit und Wissenstransfer ausgerichteten Nachwuchsförderung des ZMT interdisziplinäre Fragestellungen und Herangehensweisen eine herausragende Rolle. Umso wichtiger ist es, zu betonen, dass exzellente Wissenschaft und ihre akademische Herausbildung in einer soliden Disziplinarität begründet liegen. Das ZMT bildet seine Studierenden und Doktoranden disziplinar aus, aber in einem interdisziplinären Kontext. Die Partnerinstitute und unsere Wissenschaftler achten darauf, dass die Studierenden fachliche Exzellenz erwerben und sich im weiteren Fortkommen vor allem auch disziplinar einen Namen machen. Dies trägt zunächst dem Primat wissenschaftlicher Qualität Rechnung, allerdings liefe eine eindimensional interdisziplinäre Ausbildung auch vollkommen an jeder Marktrealität vorbei. Schließlich gibt es keinen sichtbaren Arbeitsmarkt für interdisziplinäre Forscherinnen und Forscher aus den Meereswissenschaften – vielleicht abgesehen von einem kleinen Segment im Beratungsbereich.

Mit einer nachhaltigen, an wissenschaftlicher Exzellenz orientierten Nachwuchsförderung geht im Übrigen auch die Vermittlung wissenschaftsethischer Prinzipien einher. Auch diese wissenschaftlichen oder wissenschaftsethischen Grundsätze fallen thematisch unter Kapazitätsbildung, sind sie doch die Voraussetzung, um überhaupt – und gemeinsam – Wissenschaft betreiben zu können. Mitunter lässt sich hierbei feststellen, dass unterschiedliche kulturelle Kontexte durchaus eine Rolle spielen können. Das ZMT legt größten Wert darauf, dass wissenschaftsethische Grundsätze (etwa im Sinne der Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis, wie sie die DFG formuliert hat) die Grundlage jeder Wissenschaft sein müssen. Das ZMT wurde mit dem Ziel gegründet, einen Beitrag zur Entwicklung eines nachhaltigen Umganges mit den Ökosystemen tropischer Küstenmeere zu leisten. Allerdings fehlte es an deutschen Meeresökologen mit profunder Tropenkenntnis; und es fehlte an wissenschaftlichen Partnern in den Tropenländern. Das *Capacity Building* begann 1991 also vor der eigenen Haustür. Inzwischen ist das Institut gut aufgestellt und fühlt sich durch nationale wie multilaterale Entwicklungen bestätigt. Die Vollversammlung der Vereinten Nationen erklärte 2002 die Jahre von 2005 bis 2014 zur UN-Dekade „Education for Sustainable Development“



(ESD). Durch Bildungsmaßnahmen soll zu einer Umsetzung der auf den Umweltkonferenzen in Rio de Janeiro beschlossenen und in Johannesburg bekräftigten Ziele der Agenda 21 beigetragen und Nachhaltigkeit weltweit in den Bildungssystemen verankert werden. Auch die „Peer Review on Sustainable Development Policies in Germany“ des Rates für nachhaltige Entwicklung unter Vorsitz von Björn STIGSON gelangte 2009 in ihrem Abschlussbericht zu der Einschätzung, dass Bildung ein zentrales strategisches Ziel für eine an Nachhaltigkeitsfragen orientierte Transformation gesellschaftlicher Strukturen sein sollte. Es sei „notwendig, Wissenschaft und Forschung innerhalb des gesamten Spektrums von Bildungseinrichtungen zu fördern und zu unterstützen“. Es werde daher empfohlen, „Partnerschaften mit akademischen Institutionen aus dem Ausland“ aufzubauen. Der Bericht stellte weiterhin fest, dass Deutschland unstrittig über eine international renommierte Forschungslandschaft verfüge, die aber ihre Kompetenz im Hinblick auf eine „nationale Nachhaltigkeitsstrategie“ verstärken sollte, was in der Schaffung entsprechender „Exzellenzzentren“ und „Forschungsprioritäten“ seinen Niederschlag finden müsste.<sup>3</sup> Unsere Erfahrungen unterstützen diese Sichtweise: Kapazitätsbildende Maßnahmen sind Voraussetzung sowohl für eine nachhaltige Entwicklung allgemein als auch konkreter für qualifizierte Entscheidungsprozesse der beteiligten Akteure.

*Capacity Building* schafft die grundlegenden Kompetenzen zur Identifikation, Interpretation und Entscheidung von Fragen nachhaltiger Entwicklung und befähigt somit zu gesellschaftlicher Partizipation. Zugleich ist Kapazitätsbildung aber auch seinerseits die Voraussetzung zur Weitergabe von Wissen, mithin: Voraussetzung für einen nachhaltigen Wissenstransfer.

## *2.2 Vermittlung und Kommunikation*

Der Erkenntnistransfer zu Entscheidungsträgern muss adressatenspezifisch sein – und das erfordert eine große Übersetzungsleistung in vielerlei Hinsicht. Das betrifft zunächst, ganz buchstäblich, sprachliche Übersetzungsleistungen, wenn etwa in einigen Partnerländern nur eine Minderheit der sozialen Akteure das heute als Wissenschaftssprache übliche Englisch versteht oder überhaupt lesen kann. Denn wer sind die Adressaten unserer Forschungsergebnisse? Wir reden hier nicht nur von Politikberatung im engeren Sinne, sondern auch vom Dialog mit lokalen Entscheidungsträgern, die teilweise in einfachen Strukturen leben und Kleinstwirtschaft betreiben. Um hier Forschungsergebnisse erfolgreich, und das heißt: nachhaltig, in gesellschaftliche Transformationsprozesse zu übersetzen, müssen diese Adressaten in den Prozess der Problemidentifikation, der Wissensvermittlung in beide Richtungen und der Entscheidungsfindung eingebunden sein. Eine große Hilfe können hier einheimische Wissenschaftler und Doktoranden sein, die in Kooperationsprojekten forschen und den kleinteiligen bidirektionalen Wissenstransfer in ihrer Muttersprache kommunizieren können und beispielsweise das Vertrauen von Dorfältesten besitzen. Das ist tatsächlich Basisarbeit kleinster Schritte, aber genau das ist die Voraussetzung zur Formulierung einer gesellschaftlich definierten wissenschaftlichen Fragestellung, und es ist der Weg, der sowohl Akzeptanz für Veränderung schafft als auch die qualifizierte Partizipation der betroffenen Akteure ermöglicht. Und schließlich sind die unmittelbar in der Nähe des oder im untersuchten Ökosystem ansässigen Menschen die intimsten Kenner ihrer Umwelt. Eine willentliche, überzeugte und bewusste Entscheidung ist nicht zuletzt insbesondere in Gebieten essentiell, wo Kontrollen

---

<sup>3</sup> Rat für nachhaltige Entwicklung 2009, S. 81–82.

ins Leere laufen würden: sei es in Ländern, in denen eine fragile Staatlichkeit vorherrscht, sei es in Küstengebieten, die so weitläufig sind, dass Kontrollen schlicht nicht durchführbar wären. Genau in diesen Gebieten ist es besonders notwendig, gemeinsam nach Managementstrategien zu suchen, Partizipation zu ermöglichen und Akzeptanz zu erreichen, um ein Bewusstsein für die Sinnhaftigkeit nachhaltiger Transformationen zu schaffen und anschließend das Monitoring in die Hände der Bevölkerung vor Ort legen zu können.

Dennoch: diese Art von nachhaltiger Wissenschaft, des Wissenstransfers und der nachhaltigen Transformation ist mitnichten Sisyphosarbeit. Es gibt aus unserer zwanzigjährigen Tätigkeit zahlreiche erfolgreiche Beispiele langfristiger Zusammenarbeit. Eines der ersten, großen Forschungsvorhaben des ZMT war das deutsch-brasilianische Partnerschaftsprojekt MADAM (*Mangrove Dynamics and Management Program*) in Nordwest-Brasilien, das die Mangrove als amphibischen Lebensraum und als Ressource für die Küstenbevölkerung untersuchte, und das einen wesentlichen Beitrag zu einem nachhaltigen Ressourcenmanagement leisten konnte, basierend auf wissenschaftlicher Expertise und fundierten Langzeitstudien. Die nachhaltige Implementierung von Wissen und der Anstoß zu Veränderungen wurden erreicht, und zwar durch die Entwicklung und Integration von Modellen, die das System der Mangroven beschreiben und die Verbindungen zwischen den Ressourcen des Ökosystems und ökonomischen und gesellschaftlichen Faktoren aufzeigen, um sodann sowohl ökologisch als auch wirtschaftlich und sozial nachhaltige Lösungen für das Ökosystem-Management zu entwickeln.<sup>4</sup>

Forschungen in Korallenriffen wurden zu einem Schwerpunkt der Institutsarbeit, nachdem 1995 das Bundesforschungsministerium dem ZMT die Federführung für das *Red Sea Programme for Marine Sciences* (RSP) übertragen hatte. In diesem ambitionierten Projekt arbeiteten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus sieben deutschen Forschungsinstituten und verschiedenen Institutionen im gesamten Nahen Osten (aus Ägypten, Jordanien, Israel und Palästina) zusammen. Damit sollte auch ein Beitrag zur Friedensbildung in der Region geleistet werden – *Science Diplomacy* als eine nachhaltige Form der Völkerverständigung. Im gleichen Sinne vereinte das BENEFIT-Programm unter maßgeblicher Beteiligung des ZMT Wissenschaftler der damals untereinander wenig freundschaftlich gesinnten Länder Angola, Namibia und Südafrika in der ökologischen Untersuchung des Benguela-Stromes und seiner Fischereiressourcen.

Derzeit engagiert sich das ZMT in Indonesien mit dem Großprojekt SPICE (*Science for the Protection of Indonesian Coastal Ecosystems*), und auch da sehen wir über die Jahre ein wachsendes Vertrauen und eine nachhaltige Zusammenarbeit entstehen, die sehr produktiv ist. In all diesen Projekten – die nur als Beispiel für zahlreiche andere Vorhaben stehen – zeigt sich der erfolgreiche Wissenstransfer und die Nachhaltigkeit partnerschaftlicher Forschungsaktivitäten.

Auch auf nationaler Ebene trägt das ZMT zum Wissenstransfer und Kompetenzaufbau bei. Das Institut verfolgt eine rege Publikationstätigkeit, führt Informationsveranstaltungen sowie Ausstellungen und Workshops für Menschen aller Altersgruppen durch. Mit seiner Gründung erhielt das Institut die Aufgabe eines Informations- und Kommunikationszentrums der deutschen marin-tropenökologischen Forschung. In Wahrnehmung dieser Aufgabe sorgt es auch in Deutschland in der öffentlichen Meinungsbildung und bei Entscheidungsträgern für den Transfer eines fundierten Wissens über eine möglichst nachhaltige Entwicklung der Ökosysteme in den marinen Tropen.

---

4 Hierzu etwa SCHNEIDER und SAINT-PAUL 2002, S. 28.



Die Aufgabe des ZMT in den Zielländern, aber auch in Deutschland ist es, Bewusstsein zu schaffen; aber wir können Entscheidungen der Einzelnen nicht vorwegnehmen. Beispielsweise probieren wir, zu einem Bewusstseinswandel im Aquarienfischhandel beizutragen. Wir können die Grundlage schaffen, dass Fische nicht mehr mit destruktiven Methoden aus den Riffen gefischt werden, und dass dadurch der Druck auf die Riffe verringert wird. Darüber hinaus versuchen wir, (Kauf-)Entscheidungen informierend zu beeinflussen. Aber ob der Einzelne letztlich Zierfische aus Nachzuchten kauft oder nicht, bleibt eine individuelle Entscheidung.

Neben dieser Aufklärungsarbeit auch in Deutschland und seiner Rolle als Ansprechpartner auf nationaler Ebene ist das ZMT auch Partner für internationale Organisationen wie das *International Ocean Institute* (IOI) oder der *Intergovernmental Oceanographic Commission* (IOC). Die Forschungslandschaft befindet sich national und international im Wandel, wenn es vielleicht auch verfrüht ist, von einem Paradigmenwechsel zu sprechen. Auf die Empfehlungen des Rates für nachhaltige Entwicklung sowie die UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ habe ich schon hingewiesen. Immer mehr Programme, zum Beispiel des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), legen inzwischen grundsätzlichen Wert auf Kapazitätsbildung und Wissenstransfer. So zielt das BMBF-Programm „Forschung für nachhaltige Entwicklungen“ (FONA 2009) in diese Richtung, und ebenso nimmt das Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Kommission in zahlreichen Punkten nachhaltige Forschung als Bezugspunkt auf. Auch zu nennen ist in diesem Zusammenhang das *Future Earth Project*, das die Generierung von Wissen als Reaktion auf globale Umweltveränderungen zum genuinen Thema hat und lösungsorientierte Forschung und Kapazitätsbildung in Zusammenarbeit mit Entscheidungsträgern als forschungsleitenden Ansatz definiert.

Ein nachhaltiger und handlungsbestimmender Wissenstransfer zu politischen und gesellschaftlichen Akteuren kann nur gelingen, wenn die Entscheidungsträger Interesse an dem angebotenen Wissen haben – und die Aufgabe gesellschaftsrelevanter Wissenschaft ist es, ihre Forschung so zu verankern, dass dieses Interesse gegeben ist. Und die Umsetzungsprozesse wiederum sind nur möglich, wenn sinnvolle Anreize geschaffen werden und realistische Übergangsmodelle für Transformationen gegeben sind. Es ist auch einem wohl informierten Fischer schwer zu vermitteln, warum er auf Dynamitfischerei verzichten soll, wenn dieses Wirtschaftsmodell doch seine Familie sicher ernährt. Kurzfristiger Nutzen verhindert hier nachhaltige Strategien – die Tragödie der Gemeingüter. Deswegen braucht es Übergangsmodelle, die auf politischer Ebene entschieden werden müssen. Nachhaltige Forschung und Forschung zur Nachhaltigkeit können hierzu Wissen und Argumente liefern. Den gesellschaftlichen Konsens und eine gegebenenfalls erforderliche Finanzierung der Transformationen zu organisieren, ist Aufgabe der Entscheidungsträger und der politischen Akteure.

Der gemeinsame Nachhaltigkeitsreport von ICSU und ISSC konstatierte 2010, dass sich die internationale Wissenschaftsgemeinschaft zur Beantwortung der drängenden Fragen nachhaltiger Entwicklung auf Forschungsansätze konzentrieren müsse, die eine bessere Verbindung zwischen Wissenschaft und Gesellschaft ermöglichen und eindeutiger die Bedürfnisse der jeweiligen Entscheidungsträger und Akteure abzubilden in der Lage sind – und zwar auf globaler, regionaler, nationaler und lokaler Ebene.<sup>5</sup> Unsere mehr als zwanzigjährige Erfahrung zeigt, dass problemorientierte Forschung politische Akteure in ihren wissenschaftlich fundierten Entscheidungen auf verschiedenen Ebenen langfristig unterstützen kann, um mit den Konsequenzen von globalem und gesellschaftlichem Wandel umzugehen. Für die

---

<sup>5</sup> ICSU 2010, S. 6.

Nutzung der von uns untersuchten komplexen Ökosysteme und für die von ihnen abhängigen gesellschaftlichen Gruppen lassen sich so zukunftsorientierte und effektiv umsetzbare Handlungsoptionen entwickeln.

### *Literatur*

- ICSU (International Council for Science): Earth System Science for Global Sustainability: The Grand Challenges. Paris: International Council for Science 2010
- OSTROM, E., BURGER, J., FIELD, C. B., NORGAAARD, R. B., and POLICANSKY, D.: Revisiting the commons: Local lessons, global challenges. *Science* 284, 278–282 (1999)
- Rat für nachhaltige Entwicklung*: Sustainability „Made in Germany“. We know you can do it. Authored by STIGSON, B., et al. Berlin: Rat für nachhaltige Entwicklung 2009
- SCHNEIDER, H., and SAINT-PAUL, U.: MADAM – An integrated approach to mangrove dynamics and management. In: LIEBEREI, R., BIANCHI, H.-K., BOEHM, V., and REISDORFF, C. (Eds.): Neotropical Ecosystems. Proceedings of the German-Brazilian Workshop. Hamburg. Geesthacht: GKSS-Forschungszentrum 2002

Prof. Dr. Hildegard WESTPHAL  
Direktorin  
Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie  
Fahrenheitstraße 6  
28359 Bremen  
Bundesrepublik Deutschland  
Tel.: +49 421 2380020  
Fax: +49 421 2380030  
E-Mail: director@zmt-bremen.de

## **Transdisziplinarität – Forschungsmodus für nachhaltiges Forschen<sup>1</sup>**

Thomas JAHN (Frankfurt/Main)

Mit 1 Abbildung und 1 Tabelle

### *Zusammenfassung*

Die Wissenschaft steht im Kontext nachhaltiger Entwicklung vor großen Herausforderungen, die an ihrem Selbstverständnis, ihren Strukturen und ihren Arbeitsformen rütteln. Denn angesichts der Dringlichkeit der Probleme, die sich hier stellen, sieht sie sich zunehmend mit der gesellschaftlichen Forderung konfrontiert, nicht nur gesichertes, sondern auch direkt anwendbares Wissen bereitzustellen. Doch nicht nur das sich wandelnde Verhältnis zur Gesellschaft drängt die Wissenschaft zur Veränderung. Auch die besondere Struktur der Probleme, die sich im Kontext einer nachhaltigen gesellschaftlichen Entwicklung stellen, erfordert neue Formen und Praktiken der Disziplinen übergreifenden Forschung. Der Beitrag stellt Transdisziplinarität als genuine Forschungsmodus einer Wissenschaft vor, die sich in einer analytischen, einer operativen und einer normativen Dimension auf nachhaltige Entwicklung bezieht. Um in diesem Sinne nachhaltiges Forschen zu ermöglichen, ist jedoch die Einführung von anerkannten Qualitätskriterien erforderlich. Der Beitrag schließt mit Hinweisen, wie die Entwicklung derartiger Kriterien auf den Weg gebracht werden kann.

### *Abstract*

Sustainable development presents science with great challenges. These challenges severely question the self-conception, the structures, and the modes of working of science. This is because given the urgency of the problems society increasingly requires of science that the knowledge it produces must not only be sound but also readily useable. It is, however, not only this emerging new relation to society that urges science to change. The specific structure of the problems that arise in the context of sustainable development also calls for novel forms and practices of cross-disciplinary collaboration. The article presents transdisciplinarity as a genuine mode of research of a science that addresses sustainable development on the analytical, operative, and normative levels. In order to foster such research, it is, however, necessary to establish commonly accepted quality criteria. The article concludes with suggestions on how the development of such criteria can be pushed forward.

### **1. Einleitung**

Eine „Große Transformation“ – um nichts Geringeres geht es mittlerweile, wenn angesichts beispielloser sozial-ökologischer Krisen wie Klimawandel und Verlust von Artenvielfalt davon gesprochen wird, die Herausforderung einer nachhaltigen gesellschaftlichen Entwicklung zu bewältigen. Von den tiefgreifenden Veränderungen, die eine solche Transformation

---

<sup>1</sup> Der Text basiert auf einem Vortrag, den der Autor im Rahmen des Leopoldina-Workshops „Nachhaltigkeit in der Wissenschaft“ am 12. 11. 2012 gehalten hat. Er ist in Teilen zudem in den Artikel „Wissenschaft für eine nachhaltige Entwicklung braucht eine kritische Orientierung“ eingeflossen (JAHN 2013).

bedeutet, sind nicht nur Ökonomie, Technik, Recht, Politik und Bildung, sondern auch die Wissenschaft betroffen.<sup>2</sup> Doch worin genau besteht dieser Veränderungsdruck, welche Ursachen hat er, und in welche Richtung soll sich Wissenschaft verändern, um sich den wachsenden gesellschaftlichen Forderungen nach anwendbarem Wissen für die Gestaltung der großen Transformation stellen zu können? Im Folgenden möchte ich versuchen, auf diese Frage eine Antwort zu geben. Sie wird auf das Plädoyer hinauslaufen, Transdisziplinarität als Forschungsmodus einer nachhaltigen Wissenschaft zu etablieren und anerkannte Qualitätskriterien für eine transdisziplinäre Nachhaltigkeitsforschung zu entwickeln und breit einzuführen. Um gewissermaßen die Bühne für dieses Plädoyer zu bereiten, möchte ich zunächst jedoch einführend erläutern, welches Verständnis von nachhaltiger Entwicklung ich zugrunde legen werde.

Robert PROCTOR, Professor für Wissenschaftsgeschichte an der *Stanford University*, hat einmal treffend formuliert, dass die regenerative Kraft der Ressource Nichtwissen die Wissenschaft *per se* zu einem nachhaltigen Unterfangen macht.<sup>3</sup> So ironisch-spielerisch diese Aussage ist, so enthält sie doch ein interessantes Detail. Denn das Bild hinter dieser Formulierung ist, dass die Produktion neuen Wissens und die neuen Fragen, die dadurch aufgeworfen werden, sich in einer Art Gleichgewichtszustand befinden. Diese Vorstellung eines Gleichgewichtszustandes aber geht auf einen Ursprung des Nachhaltigkeitsgedankens zurück, der in diesem Jahr seinen 300. Geburtstag feiert: die Schrift *Sylvicultura oeconomica, oder haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur wilden Baum-Zucht* des Oberberghauptmanns Carl von CARLOWITZ. Kerngedanke der Forstwirtschaftslehre von von CARLOWITZ ist es, ein stabiles Gleichgewicht zwischen Nutzung und Erneuerung natürlicher Ressourcen herzustellen. Ein solcher Gleichgewichtszustand gilt als wünschenswert und als durch technische und ökonomische Mittel erreichbar – eine Vorstellung, die im „Nachhaltigkeitsdiskurs“ auch heute noch prominent vertreten wird. Es sind jedoch nicht zuletzt die Grundgesetze der Physik, die uns lehren, dass ein stationäres System nicht mehr entwicklungsfähig ist. Entwicklungsfähigkeit ist aber die Grundbedingung menschlicher Existenz und gesellschaftlichen Zusammenhalts. Spätestens seit dem hinlänglich bekannten *Brundtland-Report* von 1987 wurde daher die Figur der nachhaltigen gesellschaftlichen *Entwicklung* zum normativen Leitbild des Nachhaltigkeitsdiskurses.

In diesem Leitbild werden die beiden Kernelemente des historischen Nachhaltigkeitsverständnisses – das Erhalten und das Erneuern – in einer Prozessvorstellung aufgehoben. Nachhaltige Entwicklung ist nach diesem Verständnis ein gesellschaftlicher *Prozess*, der eben nicht in einem Gleichgewichtszustand zum Stillstand kommt, sondern auf langfristige Fortsetzbarkeit angelegt ist. Präziser ausgedrückt geht es bei nachhaltiger Entwicklung um langfristig fortsetzbare Prozesse, die ihre natürlichen Ressourcen und kulturellen Voraussetzungen beständig erhalten und erneuern.<sup>4</sup> Dieses Verständnis von nachhaltiger Entwicklung werde ich im Folgenden zugrunde legen.

Was zunächst als Fortschritt in der gesellschaftlichen und politischen Debatte gesehen wurde und gesehen werden muss, hat jedoch auch einen Nachteil: den Verlust an Anschaulichkeit. Denn mit der Ablösung des ressourcenökonomischen durch ein evolutionäres Paradigma kommt die Crux der grundsätzlich offenen Zukunft ins Spiel: Jetzt geht es darum, mit

<sup>2</sup> Vgl. WBGU 2011, S. 341f.

<sup>3</sup> PROCTOR 2008, S. 5.

<sup>4</sup> Vgl. BECKER 2012, S. 32.

Brüchen und kritischen Schwellen – den sogenannten „tipping points“<sup>5</sup> – mit Emergenz und mit dem Unbekannten, mit anderen Worten: mit *Komplexität* gestaltend umzugehen. Für die Gesellschaft, aber auch für die Wissenschaft, steckt darin die zentrale Herausforderung.

## 2. Wissenschaft unter Veränderungsdruck im Kontext nachhaltiger Entwicklung

Mit dieser kurzen Einführung komme ich schon zum ersten Teil meiner eingangs aufgeworfenen Frage: Was charakterisiert den Veränderungsdruck, unter dem die Wissenschaft gegenwärtig steht, und was sind seine Ursachen? Am Anfang steht die Feststellung, dass die gesellschaftliche Herausforderung, den Übergang in eine nachhaltige Entwicklung zu erreichen, zu neuen Forderungen an die Wissenschaft führt: Sie soll nicht mehr vor allem gesichertes, sondern nun verstärkt auch direkt anwendbares Wissen bereitstellen. Es liegt auf der Hand, dass, wenn sich die Wissenschaft dieser Forderung öffnet, sie sich mit den Erfahrungen verschiedenster Akteure in der Alltagswelt und mit dem Fachwissen von Experten aus Wirtschaft, organisierter Zivilgesellschaft, Verwaltung und Politik auseinandersetzen muss. Wie eine solche, notwendigerweise methodisch geleitete Auseinandersetzung aussehen kann, ist angesichts des nach wie vor unklaren Verhältnisses zwischen wissenschaftlichem und außerwissenschaftlichem Wissen umstritten. Für die Wissenschaft bedeutet dies alles nichts weniger, als dass sie ihr Selbstverständnis, ihre Strukturen und Arbeitsformen *erneuern*, und gleichzeitig ihren Eigensinn – die reflexive und kooperative Suche nach Wahrheit – *erhalten* muss. Um es vorwegzunehmen: In dieser knappen Beschreibung findet sich bereits die Grundlage dafür, Transdisziplinarität als Forschungsmodus einer „nachhaltigen Wissenschaft“ vorzuschlagen.

Noch wesentlicher scheint mir aber – und das ist nun die Antwort auf den ersten Teil meiner Eingangsfrage – dass die eigentliche Ursache für den Veränderungsdruck in der besonderen Struktur der Probleme liegt, die der Übergang in eine nachhaltige gesellschaftliche Entwicklung und ihre langfristige Fortsetzbarkeit aufwerfen. Denn, wie der Philosoph und Wissenschaftstheoretiker Jürgen MITTELSTRASS einmal treffend formulierte, tun uns Probleme dieser Art „nicht den Gefallen [...] sich selbst disziplinär oder gar fachlich zu definieren“,<sup>6</sup> d. h., sie liegen nicht innerhalb der etablierten Fächer und Disziplinen, sondern in der Regel in deren Überschneidungsbereichen. Mit anderen Worten: Nachhaltige Entwicklung ist epistemologisch Sache der Wissenschaft insgesamt oder, anders ausgedrückt, sie ist ein interdisziplinärer Forschungsgegenstand *per se*<sup>7</sup> und geht damit der Sache nach gleichermaßen die Natur- und Ingenieurwissenschaften wie auch die Sozial- und Geisteswissenschaften an.

Neben dieser neuen erkenntnistheoretischen Perspektive ist eine weitere Ursache für den festgestellten Veränderungsdruck, dass sich Probleme im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung nicht aus der Eigendynamik wissenschaftlichen Fortschritts ergeben. Sie entstehen aus der Realität dessen, was ich eingangs am Beispiel des Klimawandels und des Biodiversitätsverlusts „sozial-ökologische Krisen“ genannt habe.<sup>8</sup> Damit sind die Forschungsgegenstände einer nachhaltigen Wissenschaft aber in einer historisch bedingten Form gegeben. Neben der Suche nach universellen Gesetzen gewinnt damit der Einzelfall an neuer Bedeutung:

<sup>5</sup> Vgl. WESTLEY et al. 2011.

<sup>6</sup> MITTELSTRASS 2005, S. 19.

<sup>7</sup> KATES et al. 2001.

<sup>8</sup> JAHN 2012.

Ihn – durchaus in Analogie zu dem in Medizin, Ökonomik oder Rechtswissenschaft bereits etablierten methodischen Ansatz der Fallstudie oder der *Case Study*<sup>9</sup> – umfassend zu verstehen, ist Voraussetzung, um das jeweils Besondere erfassen und so konkrete Antworten auf die drängenden Fragen nachhaltiger Entwicklung geben zu können.

Ein weiterer Aspekt, der die Wissenschaft zu Veränderung drängt, hängt mit der – im wissenschaftlichen Sinne des Wortes – Komplexität der Forschungsgegenstände zusammen, die sich im Kontext nachhaltiger Entwicklung als konkrete Probleme stellen. Solche „komplexen Probleme“ erlauben in der Regel keine eindeutigen, eindimensionalen Antworten, etwa in Form von technologischen Lösungen. Auch können sie in der Regel nicht mehr auf isolierte Teilprobleme heruntergebrochen werden. In diesem Sinne kann Wissen im Kontext nachhaltiger Entwicklung nicht mehr allein im „Labor“ erzeugt, validiert und an die Gesellschaft zur Aushandlung von Lösungen weitergegeben werden. Vielmehr werden die Erzeugung von „Gestaltungswissen“ und seine unmittelbare Erprobung in der Umsetzung gesellschaftlicher Transformationsstrategien zu eng verbundenen Innovationsprozessen.<sup>10</sup>

Es lassen sich weitere Aspekte nennen, die den Veränderungsdruck, unter dem die Wissenschaft steht, charakterisieren, auf die ich an dieser Stelle jedoch nicht näher eingehen möchte.<sup>11</sup> Worauf es mir hier ankommt, ist zu betonen, dass es „in der Natur der Sache“ und nicht allein in dem sich verändernden Verhältnis zwischen Wissenschaft und Gesellschaft liegt, wenn wir feststellen, dass die Wissenschaft neue Wege beschreiten muss, wenn sie sich verstehend, bewertend und gestaltend auf nachhaltige Entwicklung beziehen will.

### 3. Transdisziplinarität als Forschungsmodus einer nachhaltigen Wissenschaft

Der zweite und wesentliche Teil der Antwort auf meine Eingangsfrage ist bereits im Titel meines Beitrags enthalten und lautet: Transdisziplinarität ist der genuine Forschungsmodus einer Wissenschaft, die sich in einer analytischen, einer operativen und einer normativen Dimension auf nachhaltige Entwicklung bezieht. Diese Antwort möchte ich im Folgenden begründen.

Die Debatte um Transdisziplinarität hat eine lange Geschichte, die ich hier nur stark verkürzt darstellen kann.<sup>12</sup> Ihren Ausgangspunkt hat sie auf einer Konferenz der OECD in Nizza 1970. In einem viel beachteten Beitrag hat dort der Physiker, Komplexitätsforscher und Mitbegründer des *Club of Rome* Erich JANTSCH den Begriff in einem ähnlichen Kontext eingeführt, wie wir ihn heute diskutieren.<sup>13</sup> Er konzipierte Transdisziplinarität als einen Satz von Regeln oder „Axiomen“, die für die verschiedenen akademischen Disziplinen bindend seien und ihre Zusammenarbeit untereinander unterstützen sollten. Das übergeordnete Ziel dieses Ansatzes zur Erneuerung der universitären Forschung war es, und hier zitiere ich JANTSCH wörtlich, „enhancing society’s capability for continuous self-renewal“<sup>14</sup> – eine Formulierung, die im Kontext des eingangs skizzierten Diskurses um nachhaltige Entwicklung auffallend aktuell wirkt.

9 KROHN 2008.

10 KROHN 2011, S. 3.

11 Hierzu gehören etwa die „Ablösung einer Schriftkultur durch eine Multi-Media-Kultur“ (RAUCH 2000, S. 26) und Forderungen nach immer direkterer ökonomischer Verwertbarkeit von Forschungsergebnissen.

12 Vgl. JAHN et al. 2012.

13 JANTSCH 1970.

14 JANTSCH 1970, S. 407.

Seither hat sich das Verständnis von Transdisziplinarität gewandelt – vor allem auch im Zuge der Nachhaltigkeitsdebatte. Heute geht es nicht, wie noch bei JANTSCH, um so etwas wie eine transdisziplinäre Methodologie. Transdisziplinarität wird vielmehr als Prinzip oder Modus der Organisation von Forschung an konkreten gesellschaftlichen Problemen, wie etwa Problemen der nachhaltigen Entwicklung, gedacht.<sup>15</sup> Dabei beginnt sich ein Modell durchzusetzen, das wir am ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung vor einigen Jahren entwickelt haben und das seitdem in zahlreichen Forschungsprojekten praktisch erprobt und verfeinert wurde (siehe Abb. 1).<sup>16</sup>

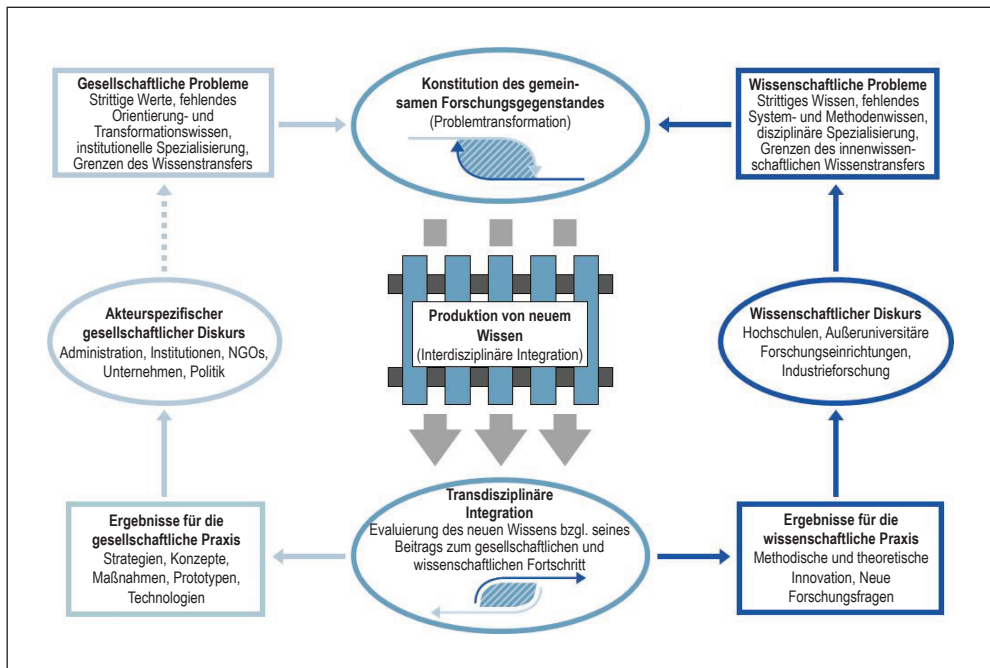


Abb. 1 Ein konzeptionelles Modell für die transdisziplinäre Forschung (nach JAHN et al. 2012, eigene Übersetzung)

Das Modell geht von der nur scheinbar selbst-evidenten Grundannahme aus, dass die Bearbeitung von gesellschaftlichen Problemen – wie eben beispielsweise den Problemen im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung – es erfordert, diese mit Lücken im wissenschaftlichen Wissen, also mit *originären* wissenschaftlichen Problemen zu verknüpfen. Mit dieser Annahme wird es möglich, Beiträge zum gesellschaftlichen *und* wissenschaftlichen Fortschritt als epistemisches Ziel einer *einzigen* Forschungsdynamik zu betrachten. Die im vorigen Abschnitt angesprochene Notwendigkeit, mit der Spannung zwischen der methodisch geleiteten Suche nach wahrem Wissen und den im Kontext nachhaltiger Entwicklung zunehmenden gesellschaftlichen Forderungen nach anwendbarem Wissen umzugehen, ist in diesem Ansatz aufgehoben.

<sup>15</sup> Vgl. MITTELSTRASS 2005.

<sup>16</sup> JAHN et al. 2012.



Bevor ich im Folgenden ausführen werde, warum dieser Forschungsmodus sich für eine nachhaltige Wissenschaft anbietet, möchte ich jedoch betonen, dass es sich hierbei um ein *idealtypisches* Modell handelt, d. h. vor allem: Nicht alle seine Aspekte werden in der Forschungspraxis stets in gleicher Weise zum Tragen kommen. Unsere Erfahrungen am ISOE zeigen jedoch, dass durch die Anwendung des Modells überhaupt erst eine Voraussetzung dafür geschaffen wird, unter Zeitdruck auf systematische und methodisch begründete Art und Weise Nachhaltigkeitsthemen so zu erforschen, dass anschlussfähiges und anwendbares Wissen für die Gesellschaft bereitgestellt werden kann. Der Anspruch, den wir mit dem Modell verbinden, ist also auch, einen Referenzrahmen für Entscheidungs- und Verständigungsprozesse über die rationale Organisation von Forschung an konkreten gesellschaftlichen Problemen zu geben. Ein solches geteiltes Verständnis von Transdisziplinarität kann nicht nur die Arbeitsteilung und die Kooperation zwischen einzelnen Einrichtungen oder Forschergruppen erleichtern, sondern bildet auch die Basis, um anerkannte Qualitätskriterien für die Nachhaltigkeitsforschung zu entwickeln und einzuführen.

Wir unterscheiden in diesem Modell drei Phasen eines *idealen* transdisziplinären Forschungsprozesses. In der ersten Phase verbinden wir gesellschaftliche und wissenschaftliche Probleme zu einem gemeinsamen Forschungsgegenstand. Wir nennen diesen Prozess „Problemtransformation“ – und er ist keineswegs trivial. Denn in der Regel wird es nicht möglich sein, ein gesellschaftliches Problem eins zu eins auf ein entsprechendes wissenschaftliches Problem abzubilden. Was stattdessen passiert, ist etwas anderes: Übertragen wir ein Problem von der Welt der Interessen, Bedürfnisse und Wertvorstellungen in den Bereich wissenschaftlicher Genauigkeit und Objektivität wird es sich unweigerlich sowohl inhaltlich als auch strukturell verändern. Mit anderen Worten: Wir können nicht ohne weiteres erwarten, dass die Antworten, die wir auf die so identifizierten wissenschaftlichen Probleme geben, auch Antworten auf das ursprüngliche gesellschaftliche Problem sind. Was wir deshalb brauchen, ist ein reflexiver und oft auch ein iterativer Prozess, der gesellschaftliche Problemwahrnehmung und wissenschaftliche Problembeschreibung über den gesamten Verlauf des transdisziplinären Forschungsprozesses eng verknüpft. Genau das aber ist aus meiner Sicht eine Grundbedingung für nachhaltiges Forschen. Diese erste Phase, die der Problemtransformation, der Konstitution des Forschungsgegenstandes, der Übersetzung von Problemen zu Fragestellungen, halten wir nach unserer Erfahrung und unserem Wissen für sehr wichtig, um am Ende tatsächlich zu guten Ergebnissen zu kommen.

In der zweiten Phase des transdisziplinären Forschungsprozesses geht es um die Erzeugung neuen Wissens. Hier findet zum einen statt, was allgemein unter dem Stichwort „Interdisziplinarität“ diskutiert und praktiziert wird. Worauf es in dieser Phase besonders ankommt, ist die Wissensintegration. Wir alle wissen aus eigener Erfahrung, wie schwierig dies bereits ist, wenn es „nur“ um die Verknüpfung des Wissens aus unterschiedlichen Disziplinen oder Fächern geht. Was hier jedoch erschwerend hinzukommt und hinzukommen muss, wenn es darum geht, Antworten auf ein *konkretes* Problem im Kontext nachhaltiger Entwicklung zu geben, ist die Einbindung des bereits genannten außerwissenschaftlichen „Einzelfallwissens“. Nachhaltig forschen bedeutet in dieser Phase, zu untersuchen, wie dieses Wissen erzeugt wurde, wie es jeweils bewertet und wie es von denen, die es einbringen, in der Begründung ihrer Anliegen verwendet wird. Auf diese Weise werden die Voraussetzungen geschaffen, um die Vielfalt des wissenschaftlichen und außerwissenschaftlichen Wissens für die Entwicklung von anschlussfähigen Problemlösungen zu nutzen. Dies kann und wird in vielen Fällen die direkte Zusammenarbeit mit gesellschaftlichen Akteuren bedeuten.



In der dritten und letzten Phase des transdisziplinären Forschungsprozesses werden die integrierten Ergebnisse der zweiten Phase bewertet. Die Ausgangsfrage dieses Bewertungsprozesses ist dabei: Welchen Beitrag leisten die Ergebnisse zum gesellschaftlichen Fortschritt – d. h., wie valide und relevant sind sie für den Umgang mit dem ursprünglichen gesellschaftlichen Problem – und welchen Beitrag zum wissenschaftlichen Fortschritt – also welche neuen Erkenntnisse konnten innerhalb der Disziplinen und darüber hinaus gewonnen werden, wo sind neue Grenzen des Wissens sichtbar geworden, und wo zeichnen sich neue Forschungsfragen ab? Nachhaltig forschen bedeutet hier, Bewertung als Prozess wechselseitiger Kritik zu organisieren – innerhalb der Wissenschaft sowie zwischen Wissenschaft und Gesellschaft. Wie wir alle immer wieder schmerzhaft erfahren, ist Kritik ihrem Wesen nach zunächst einmal desintegrierend. Statt den Forschungsprozess zu schwächen, kann Kritik hier jedoch etwas realisieren, was als der besondere *Mehrwert* einer transdisziplinären Forschung gesehen werden muss: Nachdem die Forschungsergebnisse einer Prüfung aus unterschiedlichen epistemischen Perspektiven unterzogen wurden, findet eine sogenannte „Integration zweiter Ordnung“ statt. In diesem Prozess können die Forschungsergebnisse derart optimiert werden, dass sie für die jeweiligen Adressaten in Politik, Wirtschaft oder Zivilgesellschaft anschlussfähig sind und der Wissenschaft selbst neue Forschungsimpulse geben.<sup>17</sup>

Mit dieser knappen Charakterisierung von Transdisziplinarität wollte ich deutlich machen, warum dieser Forschungsmodus *einen* Weg in Richtung einer nachhaltigen Wissenschaft weist. Seine Stärke ist, dass er die Kernelemente des Nachhaltigkeitsgedankens in das Forschungshandeln aufnimmt: das Erhalten und das Erneuern. Indem er das Verhältnis zwischen Wissenschaft und Gesellschaft klärt, kann er dazu beitragen, die Funktion der Wissenschaft als Kraft der Selbstaufklärung von Gesellschaft zu *erhalten*. Indem er sich gleichzeitig den konkreten gesellschaftlichen Problemen öffnet, kann er sich aber auch methodisch und konzeptionell an jedem Einzelfall *erneuern*. Transdisziplinarität ist in diesem Sinne ein evolutiver Forschungsmodus.

#### 4. Qualitätskriterien für die Nachhaltigkeitsforschung

Zum Schluss möchte ich auf das in meiner Eingangsfrage bereits angeklungene Thema der Qualität der Forschung zurückkommen. Aus meiner Sicht ist die Entwicklung von allgemein anerkannten Qualitätskriterien der Schlüssel, um eine transdisziplinäre Nachhaltigkeitsforschung zu etablieren und zu einer entscheidenden Kraft bei der Bewältigung der Herausforderungen einer nachhaltigen Entwicklung zu machen. Die Qualitätsfrage ergibt sich vor allem aus zwei Gründen: Zum einen bewegt sich der transdisziplinäre Forschungsmodus im Moment eher noch in einer Nische. Er wird mit dem Argument marginalisiert, es gebe bislang keine adäquaten Qualitätskriterien. Würde man dagegen die etablierten Kriterien anwenden, wie etwa die Höhe der eingeworbenen DFG-Mittel oder den Hirschfaktor, fiel das Ergebnis

---

17 An dieser Stelle schließt sich die spannende Frage an, was mit dem in transdisziplinären Forschungsprozessen neu entstandenen Wissen geschieht. Ein Versuch der transdisziplinären Theoriebildung stellt die (neuere) Soziale Ökologie dar, wie wir sie am ISOE seit über zwanzig Jahren als Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen als ein immer dichter und breiter werdendes, in seinen Bezügen stabilisiertes theoretisches Begriffsnetz ausarbeiten (BECKER und JAHN 2006, BECKER et al. 2011). Angereichert wird dieses Begriffsnetz durch die praktische Forschung an gesellschaftlichen Problemen, die wir am ISOE in unterschiedlichen Themenschwerpunkten durchführen ([www.iso-e.de](http://www.iso-e.de)).

eher bescheiden aus. Denn einerseits gibt es nur wenige anerkannte Zeitschriften, die sich auf transdisziplinäre Forschung spezialisieren, und andererseits ist die DFG-Förderung nach wie vor eher disziplinär ausgerichtet. Zugespißt formuliert: transdisziplinäre Nachhaltigkeitsforschung wird zwar als wichtig, aber im Kern nicht als Wissenschaft angesehen. Zum anderen findet gleichzeitig ein *Mainstreaming* transdisziplinärer Forschung statt: Immer weniger Forschungsprogramme kommen ohne das Stichwort aus, und kaum jemand in der Nachhaltigkeitsforschung würde heute noch behaupten, nicht auf die eine oder andere Art transdisziplinär zu arbeiten und den Austausch mit der Gesellschaft zu suchen. Aber es fehlt dafür ein angemessener Bewertungsmaßstab. Auch deshalb wird aktuell eine Qualitätsdiskussion vor dem Hintergrund einer harten Kritik an den quantitativen Faktoren geführt, die die bundesdeutsche Debatte um Exzellenz in der Wissenschaft nach wie vor bestimmen.

Am ISOE haben wir uns schon früh mit dem Thema Qualitätskriterien für eine transdisziplinäre Forschung an gesellschaftlichen Problemen beschäftigt.<sup>18</sup> In einem Projekt, das in diesem Jahr zum Abschluss kommt, bearbeiten wir im Auftrag des Bundesumweltministeriums und des Umweltbundesamts die Frage, wie die Qualität und Relevanz der Nachhaltigkeitsforschung in Deutschland erhöht und gesichert werden kann.<sup>19</sup> Im Rahmen der Forschungsarbeiten zu diesem Projekt haben wir festgestellt, dass Qualität in der internationalen Debatte um *Sustainability Science* bisher eher ein Randthema ist. Von den in Thomson Reuters' *Web of Science* gelisteten gut 300 Artikeln, die sich seit dem Jahr 2000 prominent auf *Sustainability Science* beziehen, geht nur ein Bruchteil ausdrücklich auf die Debatte um Qualität ein. Auch wenn diese Quelle den Diskurs um Nachhaltigkeitswissenschaft sicher nicht umfassend abbildet, wird doch klar, dass die Qualitätsdiskussion noch in den Kinderschuhen steckt. Überraschend ist das aber nicht, denn wir haben es hier mit einer besonderen, neuen Bewertungsaufgabe zu tun: In transdisziplinärer Forschung muss sowohl die wissenschaftliche *Exzellenz* als auch die gesellschaftliche *Relevanz* der Forschung bewertet werden. Während wir, wie eben angesprochen, für erstere die etablierten *quantitativen* Leistungsindikatoren wie die Impact-Faktoren haben, liegen entsprechende Qualitätskriterien für das, was gesellschaftliche Relevanz der Forschung auszeichnet, zumindest nicht auf der Hand. Ein Grund dafür ist dagegen unmittelbar klar: Ob Forschungsergebnisse eine gesellschaftliche Wirkung entfalten, hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab, die in der Regel kaum vollständig erfasst und bei der Bewertung entsprechend berücksichtigt werden können. Zudem geht es oft um Zeitskalen, die es schwierig machen, festzustellen, ob und in welchem Maße beispielsweise eine soziale, eine technische, eine politische Innovation den Ergebnissen eines transdisziplinären Forschungsprozesses zugerechnet werden kann.

Vor diesem Hintergrund schien es uns angemessen, sich auf die Entwicklung *qualitativer Anforderungen* an eine Nachhaltigkeitswissenschaft als ersten Schritt in Richtung allgemein anerkannter Qualitätskriterien zu konzentrieren. Aus einer Sichtung der einschlägigen internationalen Literatur der letzten zwölf Jahre haben wir neun allgemeine Anforderungsdimensionen abgeleitet, auf die sich eine nachhaltige Forschung *grundsätzlich* beziehen sollte und die als Basis für die Entwicklung von konkreten Anforderungen beziehungsweise Qualitätskriterien dienen können (siehe Tab. 1).

Viele der Aspekte, die hier nicht weiter ausgeführt werden sollen, wurden bereits angesprochen. So bilden die Dimensionen „systemisch“, „skalenübergreifend“ und „prospektiv“

18 Vgl. BERGMANN et al. 2005.

19 Vgl. JAHN und KEIL 2012.

Tab. 1 Allgemeine Anforderungsdimensionen für die Nachhaltigkeitsforschung (nach JAHN und KEIL 2012, S. 8)

| systemisch  | skalenübergreifend   | prospektiv  |
|---|--|---|
| Verständnis sozial-ökologischer Systeme sowie von Feedback- und zeitlichen Verzögerungseffekten | Berücksichtigung unterschiedlicher räumlicher und sozialer Skalen und entsprechender Übergangseffekte            | Berücksichtigung von alternativen Entwicklungspfaden, kritischen Schwellen und Überraschungen |
| kontextspezifisch   | integrativ   | methodenbasiert   |
| Bezug zu konkreten Problemen und ihrem jeweiligen Handlungs- und Verhaltenskontext              | Integration auf epistemischer, sozial-organisatorischer, kommunikativer und technischer Ebene                    | nachvollziehbare und transparente Erzeugung, Integration und Bewertung von Wissen             |
| kritisch-reflexiv   | normativ   | Impact-orientiert   |
| Unsicherheit, Nichtwissen, Erkenntnisgrenzen, Folgenabschätzung, Rollenverständnis              | Erhalt der gesellschaftlichen Entwicklungsfähigkeit, Beachtung von heutigen und zukünftigen Gerechtigkeitsfragen | Anwendbarkeit und Umsetzbarkeit, Erhöhung der Handlungsfähigkeit, Sicherung des Wissens       |

vor allem die spezifische Problemstruktur ab, mit der Nachhaltigkeitswissenschaft konfrontiert ist. Die Dimensionen „kontext-spezifisch“, „integrativ“ und „methodenbasiert“ fokussieren dagegen auf die Qualität des Forschungsprozesses und auf die Frage, wie darin der Bezug zu konkreten Nachhaltigkeitsproblemen jeweils hergestellt und wie neues Wissen für den Umgang mit diesen Problemen erzeugt, verknüpft und bewertet wird. Die Dimensionen „kritisch-reflexiv“, „normativ“ und „Impact-orientiert“ adressieren schließlich den Aspekt der Qualität von Forschungsergebnissen, indem sie zum Beispiel die Fragen aufwerfen, wo die Grenzen des erzeugten Wissens liegen, in welchem Maße sich die Ergebnisse auf die wertbezogenen Aspekte nachhaltiger Entwicklung beziehen und wie versucht wird, ihre Anwendbarkeit und Umsetzbarkeit zu erhöhen.

In dem angesprochenen Projekt war es das Ziel, spezifische Anforderungen für eine Forschung zu entwickeln, die darauf zielt, politische Akteure in Fragen nachhaltiger Entwicklung mit spezifischem Wissen zu unterstützen. Für diesen Typ einer „politikrelevanten Nachhaltigkeitsforschung“ wurde ein detailliertes Anforderungsprofil entwickelt, indem die neun allgemeinen Anforderungsdimensionen in konkrete Anforderungen für Forschungsförderer, Forschende und politische Akteure, die sich direkt an Forschungsprozessen beteiligen, übersetzt wurden. In den drei genannten Akteursgruppen soll damit eine Orientierung und eine gemeinsame Kommunikationsgrundlage gegeben werden, die dazu beitragen kann, die Qualität von Forschungsprozessen und von Forschungsergebnissen zu erhöhen und zu sichern. Die übergeordnete Funktion des vorgeschlagenen Anforderungsprofils ist es jedoch, mit einem fundierten und konkreten Vorschlag einen wirksamen Impuls in die so entscheidende Debatte um Qualitätskriterien für die Nachhaltigkeitsforschung zu geben.

## 5. Ausblick

Statt eines Fazits oder einer Zusammenfassung möchte ich meine Ausführungen mit drei Fragen schließen, die gerade auch im Kontext des Wissenschaftsjahrs 2012 „Zukunftsprojekt Erde“ mit seinem Fokus auf die Nachhaltigkeitsforschung aus meiner Sicht immer wieder eine zentrale Rolle gespielt haben:

- Wie können wir das große Potenzial der Nachhaltigkeitsforschung, das in den unterschiedlichen Sektoren des deutschen Wissenschaftssystems in den letzten Jahren bereits aufgebaut wurde, noch besser erschließen?
- Wie können wir gerade junge, herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler für die transdisziplinäre Nachhaltigkeitsforschung begeistern, vor allem aber wie können wir sie darin unterstützen?
- Und schließlich: Welches sind heute und vor allem in Zukunft die Orte, an denen eine solche Forschung stattfinden kann und stattfinden sollte?

Mit dem Memorandum der Sozial-ökologischen Forschung<sup>20</sup> und dem Positionspapier der Helmholtz-Gemeinschaft<sup>21</sup> liegen zu diesen (und anderen) Fragen bereits interessante und sicher auch kontroverse Vorschläge auf dem Tisch. Hier gilt es, über das Wissenschaftsjahr 2012 hinaus weiterzudenken und weiter zu diskutieren.

## Literatur

- BECKER, E.: Nachhaltige Wissensprozesse. Von der klassischen Idee der Universität zur vorsorgenden Wissenschaft. In: EGNER, H., und SCHMID, M. (Eds.): *Jenseits traditioneller Wissenschaft? Zur Rolle von Wissenschaft in einer vorsorgenden Gesellschaft*. S. 29 – 48. München: oekom 2012
- BECKER, E., HUMMEL, D., und JAHN, T.: Gesellschaftliche Naturverhältnisse als Rahmenkonzept. In: GROSS, M. (Ed.): *Handbuch Umweltsoziologie*. S. 75–96. Wiesbaden: VS, Verlag für Sozialwissenschaften 2011
- BECKER, E., und JAHN, T. (Eds.): *Soziale Ökologie. Grundzüge einer Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen*. Frankfurt (Main), New York: Campus Verlag 2006
- BERGMANN, M., BROHMANN, B., HOFMANN, E., et al.: *Quality Criteria of Transdisciplinary Research. A Guide for the Formative Evaluation of Research Projects*. ISOE-Studientexte, Nr. 13. Frankfurt (Main) 2005
- BRUNDTLAND, G. H.: *Unsere gemeinsame Zukunft* [Brundtland-Bericht]. Grevén: Eggenkamp 1987
- CARLOWITZ, C. VON: *Sylvicultura oeconomica, oder haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur wilden Baum-Zucht*. Leipzig: Braun 1713
- JAHN, T.: Theorie(n) der Nachhaltigkeit? Überlegungen zum Grundverständnis einer „Nachhaltigkeitswissenschaft“. In: REMIG, M., und ENDERS, J. (Eds.): *Perspektiven nachhaltiger Entwicklung. Theorien am Scheideweg*. S. 47–64. Marburg: Metropolis-Verlag 2012
- JAHN, T.: Wissenschaft für eine nachhaltige Entwicklung braucht eine kritische Orientierung. *GAIA* 22/1, 29–33 (2013)
- JAHN, T., BERGMANN, M., and KEIL, F.: Transdisciplinarity: Between mainstreaming and marginalization. *Ecological Economics* 79, 1–10 (2012)

20 Verstehen – Bewerten – Gestalten. Transdisziplinäres Wissen für eine nachhaltige Gesellschaft. Memorandum zur Weiterentwicklung der sozialökologischen Forschung in Deutschland. Juni 2012.

Download: [www.sozial-oekologische-forschung.org/\\_media/SOEF\\_Memorandum.pdf](http://www.sozial-oekologische-forschung.org/_media/SOEF_Memorandum.pdf) [Stand: 2. 5. 2013]

21 Helmholtz 2020. Zukunftsgestaltung durch Partnerschaft. Der Beitrag der Helmholtz-Gemeinschaft zur Weiterentwicklung des Wissenschaftsstandorts Deutschland.

Download: [www.helmholtz.de/fileadmin/user\\_upload/publikationen/Helmholtz2020.pdf](http://www.helmholtz.de/fileadmin/user_upload/publikationen/Helmholtz2020.pdf) [Stand: 2. 5. 2013]

- JAHN, T., und KEIL, F.: Politikrelevante Nachhaltigkeitsforschung. Anforderungsprofil für Forschungsförderer, Forschende und Praxispartner aus der Politik zur Verbesserung und Sicherung von Forschungsqualität. Ein Wegweiser. Dessau: Umweltbundesamt 2012
- JANTSCH, E.: Inter- and transdisciplinary university: A systems approach to education and innovation. *Policy Sciences* 1/4, 403–428 (1970)
- KATES, R. W., CLARK, W. C., CORELL, R., et al.: Environment and development – sustainability science. *Science* 292, 641–642 (2001)
- KROHN, W.: Epistemische Qualitäten transdisziplinärer Forschung. In: BERGMANN, M., und SCHRAMM, E. (Eds.): *Transdisziplinäre Forschung. Integrative Forschungsprozesse verstehen und bewerten*. S. 39–68. Frankfurt (Main), New York: Campus Verlag 2008
- KROHN, W.: Künstlerische und wissenschaftliche Forschung in transdisziplinären Projekten. In: TRÖNDLE, M., und WARMERS, J. (Eds.): *Kunstforschung als ästhetische Wissenschaft. Beiträge zur transdisziplinären Hybridisierung von Wissenschaft und Kunst*. S. 1–20. Bielefeld: Transcript Verlag 2011
- MITTELSTRASS, J.: Methodische Transdisziplinarität. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 2/14, 18–23 (2005)
- PROCTOR, R. N.: Agnotology. A missing term to describe the cultural production of ignorance (and is study). In: PROCTOR, R. N., and SCHIEBINGER, L. (Eds.): *Agnotology The Making & Unmaking of Ignorance*. Stanford, California: Stanford University Press 2008
- RAUCH, W.: Die Informationsgesellschaft und die Krise der Universität. In: SCHRÖDER, T. A. (Ed.): *Auf dem Weg zur Informationskultur. Wa(h)re Information?* S. 25–30. Düsseldorf: Schriften der Universitäts- und Landesbibliothek 2000
- WBGU: Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Hauptgutachten des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen WBGU. Berlin 2011
- WESTLEY, F., OLSSON, P., FOLKE C., et al.: Tipping toward sustainability: Emerging pathways of transformation. *AMBIO* 40/7, 762–780 (2011)

Dr. Thomas JAHN  
ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung, Frankfurt/Main  
Hamburger Allee 45  
60486 Frankfurt am Main  
Bundesrepublik Deutschland  
Tel.: +49 69 707691912  
Fax: +49 69 707691911  
E-Mail: jahn@isoe.de

# **The Alternatives Growth and Defense: Resource Allocation at Multiple Scales in Plants**

*Internationales Leopoldina-Symposium*

vom 4. bis 6. Juli 2011 in Freising

Nova Acta Leopoldina N. F. Bd. 114, Nr. 391

Herausgegeben von Rainer MATYSSEK (München, Freising), Ulrich LÜTTGE  
(Darmstadt) und Heinz RENNENBERG (Freiburg)

(2013, 372 Seiten, 91 Abbildungen, 20 Tabellen, 28,95 Euro, ISBN: 978-3-8047-3057-1)

Die Beiträge eines internationalen Symposiums greifen den Konflikt auf, unterschiedliche ökophysiologische Anforderungen an Pflanzen im Prozessgeschehen der Ressourcenallokation auszubalancieren. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem Trade-off zwischen Wachstum und Stressabwehr mit jeweiligen Kosten-/Nutzen-Bewertungen. Wachstum stellt die Voraussetzung dar, um kompetitive Ressourcenakquirierung sicherzustellen, und Abwehr die Voraussetzung, um die Ressourcen nach Inkorporation für die Pflanze zu erhalten. Diese integrierte Betrachtungsweise erfordert in der Erkenntnis des intensiven Ressourcenaustausches der Pflanze mit ihrer abiotischen und biotischen Umwelt eine räumlich-zeitliche Prozessskalierung. Dies wird hinsichtlich des mechanistischen und zugleich ökologisch relevanten Klärungspotenzials geprüft. Die Analyse der Prozessvernetzung zwischen funktionalen und strukturellen pflanzen- und ökosysteminhärenten biologischen Organisationsebenen (Skalen) wird dabei als Voraussetzung für räumlich-zeitliche Musteraufdeckung im Allokationsgeschehen identifiziert. Die Beiträge erreichen so eine neue Qualität eines umfassenden, prozessbasiert integrierenden Verständnisses von „Systembiologie“.

*Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart*

## **Nachhaltige Forschung**





## **Ist Nachhaltigkeit eine brauchbare regulative Idee für die wissenschaftliche Forschung?**

Karl Ulrich MAYER ML (Berlin) und Jan BIESENENDER (Berlin)

Mit 3 Abbildungen

### *Zusammenfassung*

Dieser Beitrag fragt, ob Nachhaltigkeit eine brauchbare regulative Idee für die wissenschaftliche Forschung ist. Hierzu wird zunächst ausgeführt, auf welchen Ebenen Wissenschaft und Nachhaltigkeit aufeinandertreffen: Bei der Forschung über Nachhaltigkeit, bei der Nachhaltigkeit des Forschungsprozesses sowie beim Umgang mit den Ergebnissen von Forschung. Während der Begriff der Nachhaltigkeit in den ersten beiden Ebenen ausschließlich positiv konnotiert ist und nicht in Frage gestellt wird, sollte die Nachhaltigkeit kein normatives Ideal für den Umgang mit Erkenntnissen der Vergangenheit sein. Allerdings bietet der Begriff der Nachhaltigkeit Anlass für einige grundlegende Reflexionen über den Forschungsprozess und das Wissenschaftssystem.

### *Abstract*

This contribution is on sustainability as a regulatory idea for scientific research. The first part illustrates the relation between sustainability and science at distinct levels: research on sustainability, sustainable research and the sustainability of once generated knowledge. On the first two levels, sustainability has a positive connotation and is hardly ever questioned. However, this should not be true for the last level. Yet, the notion of sustainability is fruitful for fundamental reflections on the research process and the science system.

Wie nachhaltig ist Wissenschaft? Wie dauerhaft gültig, wirksam und konsequenzenreich sind Ergebnisse der Forschung? Darauf scheint es zwei Antworten zu geben. Die eine lautet: „We are all standing on the shoulders of giants.“ – Alles, was wir in der Wissenschaft erarbeiten, baut auf Jahrhunderte und Jahrtausende alte Erkenntnisse und Erfahrungen auf, und die Bewahrung dieser Erkenntnisse in den großen Bibliotheken der Antike und des Mittelalters und deren Wiederentdeckung in der Renaissance sind die Grundlage unserer Wissenschaftsentwicklung.

Die andere Antwort ist deutlich skeptischer. War ARISTOTELES verbindlich bis in die frühe Neuzeit und die Scholastik für eine Reihe von Jahrhunderten, so scheinen solch lange Zeiträume heute längst überholt. Dies soll belegt werden auf Grundlage der wissenschaftlichen Arbeit des Erstautors: Vor etwa zehn Jahren hat er für die 25-bändige *International Encyclopedia of the Behavioral and Social Sciences* als Mitherausgeber fungiert, und zwar für die „Biografien“, d. h. für Artikel über die bedeutendsten Verhaltens- und Sozialwissenschaftler überhaupt. Es gab nur drei Kriterien: Sie sollten die wichtigsten Forscher in den 46 in der Enzyklopädie vertretenen Fachgebieten sein, sie sollten schon tot sein, und es durften insgesamt nicht mehr als ca. 150 werden, und das über eine schier unendlich breite Masse an

Fächern: Genetik, Recht, Psychiatrie, Psychologie, Philosophie, Soziologie, Politikwissenschaft, Volkswirtschaftslehre etc. Die Ökonomen winkten gleich ab und sagten, alle für die Ökonomik wichtigen Wissenschaftler seien noch am Leben und alle Toten längst überholt.

Die folgenden drei Schaubilder zeigen Zusammenfassungen dieser Biografien-Abteilung: *erstens* die Verteilung der Todesjahre der ausgewählten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, *zweitens* die Häufigkeit, mit der sie in den 25 Bänden zitiert wurden und *drittens* wie viele aus der 20 Jahre zuvor erschienenen *International Encyclopedia* „überlebt“ haben.

Aus den Abbildungen lassen sich drei Schlussfolgerungen ziehen:

- *Erstens* ist etwa die Hälfte der Auserwählten nach 1950 gestorben und ein Drittel sogar nach 1980 (Abb. 1). Es scheint also so zu sein, dass „Bedeutung“ auch eine Frage der Zeit

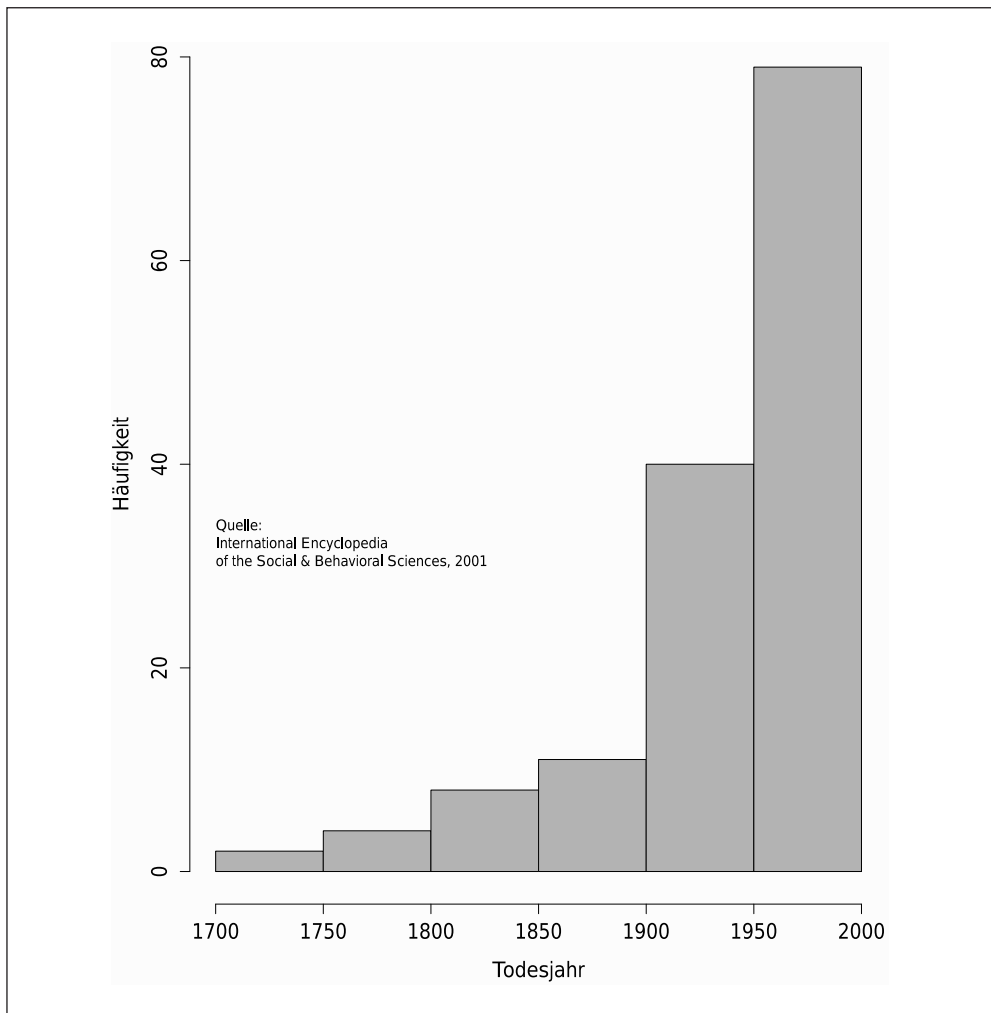


Abb. 1 Todesjahre der „bedeutendsten“ Verhaltens- und Sozialwissenschaftler

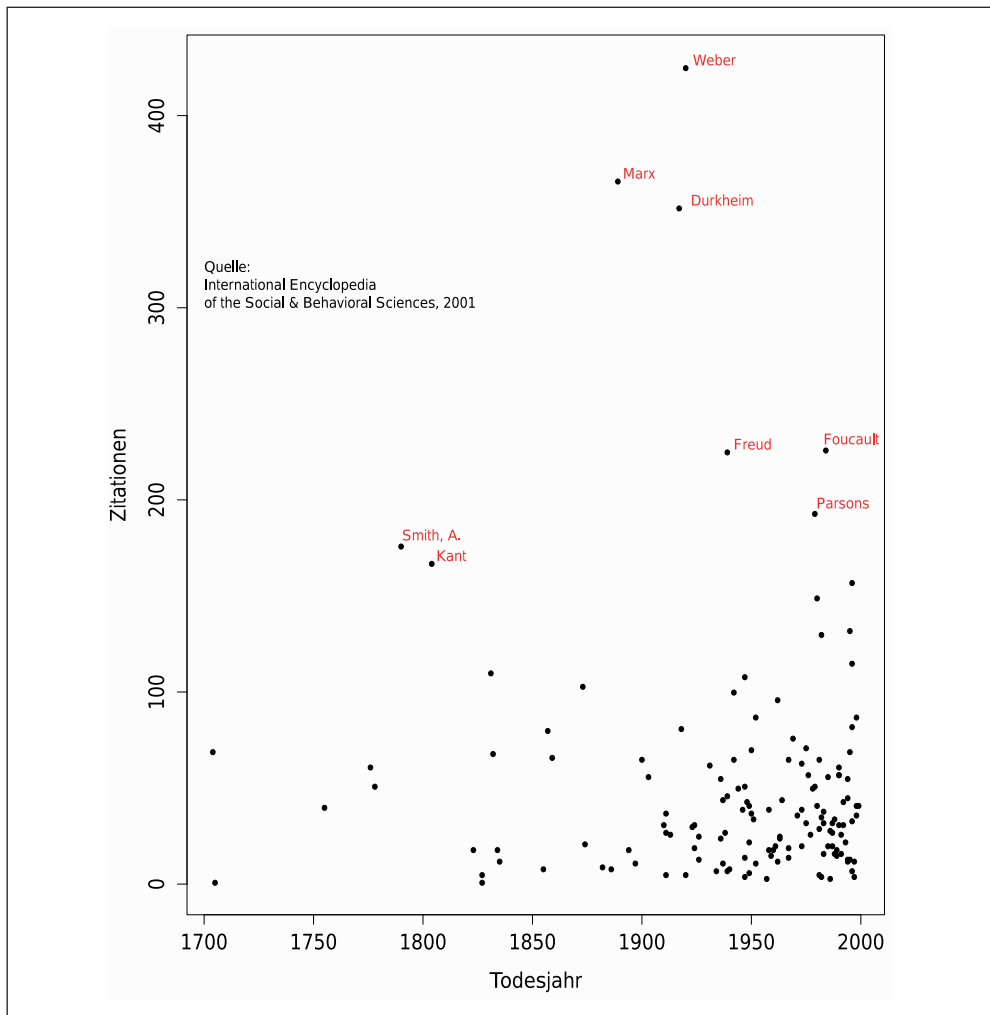


Abb. 2 Häufigkeit der Zitationen

ist. Die für die heutigen Wissenschaften bedeutendsten Leistungen sind also relativ neu und keinesfalls „nachhaltig“.

- *Zweitens* ist aber die Aufmerksamkeit – gemessen an der Zitationshäufigkeit – konzentriert auf einen (kleineren) Teil der Biografien, wobei die sechs am häufigsten Zitierten alle im 20. Jahrhundert verstorben sind. Die „kognitive“ Nachhaltigkeitsleistung wird also von relativ wenigen erbracht (unter ihnen Adam SMITH, Immanuel KANT, Sigmund FREUD, Emile DURKHEIM und Max WEBER) (Abb. 2).
- *Drittens* schließlich ist die „Überlebensrate“ über rund zwei (drei) Jahrzehnte ernüchternd gering: Nur 30 derjenigen, die in der *Encyclopedia*-Ausgabe des Jahres 1988 genannt wurden, tauchten auch in der Ausgabe von 2001 noch auf (Abb. 3).

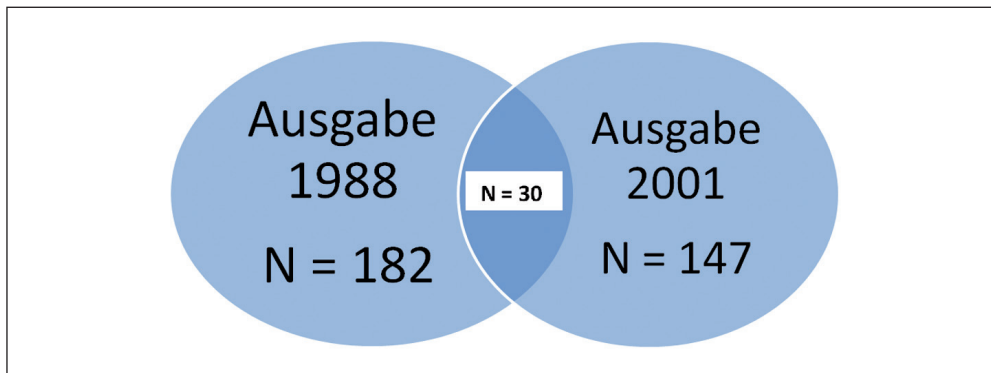


Abb. 3 Bedeuteende Wissenschaftler: „Überlebende“

Wenn wir also fragen, wie dauerhaft akzeptiert wissenschaftliche Ideen und Befunde sind, so fällt die Antwort für die Verhaltens- und Sozialwissenschaften auf Grundlage der obigen Deskription eher zurückhaltend aus: Wir scheinen es mit eher weniger dauerhaften Erkenntnissen zu tun zu haben. Interessant ist nun aber die normative Frage, die den Kern der Ausführungen bildet: Ist dies wünschenswert? Und: Wie *sollte* sich bereits generiertes Wissen zu neuem Wissen verhalten? Anders formuliert: Ist Nachhaltigkeit eine brauchbare regulative Idee für die wissenschaftliche Forschung?

Ohne bereits zu viel vorwegzunehmen: „Nachhaltigkeit“ ist, wenn damit die Sicherung des Bestehenden oder das Bemühen, Dinge, die in der heutigen Zeit als Erkenntnis gesetzt sind, zu erhalten, gemeint ist, gerade *keine* geeignete regulative Idee in der Wissenschaft. Ganz im Gegenteil, wie gezeigt werden soll. Darauf aufbauend werden einige praktische Fragen angerissen werden, die sich aus dem Nachdenken über Nachhaltigkeit und Wissenschaft ergeben. Die Hinleitung soll zunächst einen kleinen Beitrag zur analytischen Klärung leisten und für die präzise Verwendung des Begriffs der Nachhaltigkeit im Hinblick auf die Wissenschaft plädieren. Denn wir müssen drei Dimensionen unterscheiden, in der Nachhaltigkeit und Wissenschaft aufeinandertreffen:

- die Forschung über Nachhaltigkeit,
- nachhaltiges Forschen und
- die Nachhaltigkeit der Forschung bzw. ihrer Ergebnisse.

Zunächst zur analytischen Klärung: Bei der Forschung über Nachhaltigkeit ist die Nachhaltigkeit selbst der Untersuchungsgegenstand. Es geht also primär darum, zu untersuchen, wie wir möglichst schonend mit begrenzten (natürlichen) Ressourcen umgehen. Hier ist die Nachhaltigkeit ein Relevanzkriterium für die Auswahl von Forschungsthemen. Einige Beispiele: In den Ingenieurwissenschaften etwa geht es darum, die Effizienz technischer Produkte zu erhöhen, so in der Automobilindustrie. Für die Agrar- oder Forstwissenschaftler stellt sich das Problem, wie Böden oder Wälder so zu nutzen sind, dass sie für nachfolgende Generationen erhalten bleiben. Die Sozialwissenschaften untersuchen die Determinanten der Umsetzung nachhaltiger Politiken und fragen zum Beispiel, weshalb einige Staaten nachhaltige Politiken (Umwelt, Bildung, Soziales etc.) umsetzen, andere aber nicht. Die Wirtschaftswissenschaften schließlich untersuchen beispielsweise die Effizienz nachhaltiger Politiken aus einer norma-

tiven Perspektive. Sie stellen dabei Kriterien für die Zuschreibung des Attributs „nachhaltig“ auf und fragen, ob als „nachhaltig“ bezeichnete Politiken tatsächlich „nachhaltig“ sind. Ein konkretes Beispiel hierfür ist die Untersuchung der Abwrackprämie in Deutschland, wo mittels Kosten-Nutzen-Analysen betrachtet wird, ob durch eine solche Politik unter ökologischen Gesichtspunkten eine Verbesserung des regulativen *Status quo* erreicht wird.

In einer zweiten Dimension sprechen wir über nachhaltiges Forschen, also die Frage der Energienutzung im Forschungsprozess. Diese Frage stellt sich etwa für solche Einrichtungen, die *per se* einen hohen Energieverbrauch haben, etwa die Teilchenbeschleuniger CERN oder DESY. Ähnliches gilt für die Erforschung der Festkörperelektronik oder die Höchstfrequenztechnik. Ein ungleich banaleres Beispiel ist aber natürlich bereits der Papierverbrauch im Büro von Forschungseinrichtungen.

Diese ersten beiden Dimensionen der Nachhaltigkeit haben nun gemein, dass sie als normatives Ideal und Ziel von Politik absolut unumstritten sind. Welche Definition von Nachhaltigkeit auch immer zugrunde gelegt wird: Sie sind in ihrer Zielsetzung ausschließlich positiv konnotiert.

Das gilt jedoch nicht, wenn wir uns der Frage zuwenden, ob die Forschung und ihre Ergebnisse „nachhaltig“ sein sollen. Dies ist der dritte Bereich, in dem Nachhaltigkeit und Wissenschaft zusammenkommen. Bereits im Jahre 1935 hat Karl POPPER in seiner *Logik der Forschung* gefordert, dass unsere wissenschaftlichen Methoden und Erkenntnisse sich einer ständigen Prüfung stellen müssen. Das regulative Prinzip, das POPPER postuliert, ist die Falsifikation. POPPERS Forderung lautet, dass Theorien und Experimente so gestaltet werden müssen, dass sie falsifizierbar sind, also unser vermeintlich gewonnenes Wissen überprüft werden kann. Praktisch bedeutet dies mindestens zweierlei:

- *Erstens* benötigen wir präzise Hypothesen, die eine Rückbindung von Annahmen und empirischen Ergebnissen erlauben.
- *Zweitens* muss auch auf einer technischen Ebene gewährleistet sein, dass Ergebnisse replizierbar sind. Insofern stellt die Replizierbarkeit bereits eine notwendige Bedingung für die Nachhaltigkeit der Forschung dar.

Jene Forderungen POPPERS stehen aber geradezu diametral gegen die Nachhaltigkeit. Denn: Das Ziel von Nachhaltigkeit darf nicht dazu führen, dass Verfahren und Erkenntnisse gegen Kritik immunisiert werden. Das Streben nach Nachhaltigkeit darf also nicht bedeuten, dass einmal gewonnenes Wissen in Stein gemeißelt wird. Sondern, dass wir die begrenzten Ressourcen des Wissenschaftssystems effizient nutzen müssen, um – sobald begründete Zweifel an einmal gewonnenen Erkenntnissen auftauchen – den Versuch zu unternehmen, diese zu falsifizieren.

Hier ist nun eine Differenzierung nötig: Meine Behauptung ist, dass Nachhaltigkeit keine regulative Idee bzw. kein normatives Ideal für den Umgang mit dem *Ergebnis* von Forschung darstellt. Gleichzeitig kann der Begriff der Nachhaltigkeit aber für das Nachdenken über einige wichtige Aspekte fruchtbar gemacht werden, die im Folgenden angerissen werden sollen: die Nachhaltigkeit des Forschungsprozesses, die Frage nach der angemessenen Finanzierung von Forschung, die Ausbildung des Nachwuchses und die Nachhaltigkeit des Wissenschaftssystems, beispielhaft anhand des anstehenden Auslaufens der Exzellenzinitiative.

Im Hinblick auf den Forschungsprozess widerspricht die Poppersche Forderung nach einer Falsifizierung nicht der Forderung, dass Erkenntnisse grundsätzlich aufeinander aufbauen sollen. Sofern wir also auf einigermaßen sicherem Grund stehen, sollten wir vorherige Kennt-

nisse systematisch nutzen, um Wissen aufzubauen. Das Rad muss schließlich nicht ständig neu erfunden werden.

In praktischer Hinsicht bedeutet dies jedoch, dass wir dafür sorgen müssen, die Wege, auf denen unsere Vorgänger zu Erkenntnissen gelangt sind, transparent und zugänglich zu machen. Hiermit gemeint ist insbesondere der Zugang zu verwendeten Methoden und Daten. Denn nur durch eine systematische Bereitstellung etwa von Testverfahren und Daten sind wir in der Lage, frühere Ergebnisse zu replizieren und dann zu schauen, ob und inwiefern unsere Forschung anschlussfähig ist. Dies gelingt in Datenarchiven einerseits aufgrund eines gewandelten Bewusstseins, andererseits aufgrund anderer technischer Möglichkeiten, immer besser. Hierfür stehen etwa das durch die DFG neu aufgelegte Programm „Informationsinfrastrukturen für Forschungsdaten“ oder beispielhaft Einrichtungen wie das Leibniz-Zentrum für Psychologische Information und Dokumentation in Trier oder das GESIS – Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften in Mannheim.

Neben dem Forschungsprozess kann der Begriff der Nachhaltigkeit auch für das Nachdenken über eine noch fundamentalere und gleichermaßen kaum zu beantwortende Frage fruchtbar gemacht werden: Wann ist ein Problem „erforscht“? Wann kann eine Forschungsagenda als abgearbeitet gelten? Wie lange soll ein Thema auf der Agenda stehen? Grundsätzlich muss natürlich gelten, dass Themen nicht auf Dauer gestellt werden sollen, da hier der notwendige Wettbewerb um (Forschungs-)Mittel ausgehebelt wird und Ineffizienzen entstehen. Daran schließt sich jedoch direkt die Frage an, was die optimale Dauer einer Themenstellung ist. Anders gefragt: Was bedeutet das Prinzip der Nachhaltigkeit für die Gestaltung von Finanzierungszeiträumen? Wann ist eine Finanzierung problemadäquat? Grundsätzlich gilt, dass Ineffizienzen – also die nicht-nachhaltige Verwendung endlicher, d. h. personeller oder monetärer Ressourcen – entstehen, wenn wissenschaftliche Problemstellung und Finanzierung nicht kongruent sind. Hierbei sind zwei Fälle unterscheidbar.

Wo Förderzeiträume *a priori* festgelegt werden (was die Regel ist), besteht zunächst das logische Problem, dass die gewünschte Erkenntnis und der Weg dorthin Unsicherheiten beinhalten, die eben *a priori* häufig nicht abzuschätzen sind. Als Regel kann wohl gelten, dass umso innovativer die Forschung, desto größer die Unsicherheiten, desto größer das Problem einer *A-priori*-Festlegung einer Finanzierung. Ineffizienzen entstehen dann, wenn allenfalls Vorarbeiten auf dem Weg zur Erkenntnis geleistet werden konnten, die Forschung dann aber aufgrund einer auslaufenden Finanzierung nicht beendet werden kann. Der Forschungsprozess ist dann nicht nachhaltig, weil man „auf halbem Wege stehengeblieben ist“ (Unterfinanzierung). Andersherum besteht das Problem jedoch auch: Wo eine *A-priori*-Allokation von Mitteln stattgefunden hat, ein Problem jedoch nach einem Teil des Förderzeitraums bereits gelöst ist, entstehen Ineffizienzen. Auch dieser Weg ist nicht nachhaltig, weil Ressourcen verschwendet werden, die anderweitig hätten verwendet werden können (Überfinanzierung).

Was bedeutet das Prinzip der Nachhaltigkeit für die Ausbildung? Zweifellos sind die Menschen die wichtigste „natürliche“ Ressource in der Wissenschaft. Wir müssen also die Wissenschaftsorientierung bei Kindern und Schülern sicherstellen und ein Interesse an der Forschung bei Studierenden wecken. Das heißt aber auch, dass wir denjenigen, die sich dann im Anschluss für eine Promotion entscheiden, auch Entwicklungs- und Karrierechancen bieten müssen. Allerdings führt dies zu einer weiteren zentralen Frage: Bilden wir nicht eigentlich zu viele Doktoranden aus? Laut Statistischem Bundesamt hatten wir im Wintersemester 2010/11 in allen Fächern zusammen über 200 000 Promovierende. Im Jahr 2010 wurden über 25 000 Promotionen abgeschlossen. Natürlich streben nicht all diese Promovierten eine wis-

senschaftliche Karriere an. Unter dem Gesichtspunkt der effizienten Nutzung von Ressourcen muss jedoch die Frage erlaubt sein, ob es sich um sinnvoll genutzte Lebenszeit handelt oder ob wir nicht viele junge Menschen überqualifizieren. Und das in einer Art, die auch noch für viele Berufe nicht anforderungsadäquat ist. Es stellt sich dann nämlich auch weiterhin das Problem, dass in der Regel unklar ist, was mit denjenigen Postdoktoranden passiert, die es nicht auf Professuren schaffen. Dieses Problem mag in den Natur-, Ingenieur- und Lebenswissenschaften überschaubar sein, da hier mit der Privatwirtschaft in der Regel alternative Karrierewege offenstehen. Für die Sozialwissenschaften ist dies jedoch ein offenes Problem.

Schließlich stellt sich die Frage der Nachhaltigkeit des Wissenschaftssystems exemplarisch auch anhand des Auslaufens der Exzellenzinitiative. Ab 2017 endet die Finanzierung der Zukunftskonzepte, der Exzellenzcluster und der Graduiertenschulen. Sofern bis dann keine institutionelle Finanzierung über die Länder (oder den Bund im Falle der Abschaffung des Kooperationsverbots des Artikel 91b GG) erreicht ist, werden diese neuen Einheiten absterben. Nun stellt sich auch hier die Frage: Ist dies wünschenswert im Sinne der „Erneuerung“? Oder sollten wir nicht ganz genau hinschauen, wo Einrichtungen geschaffen wurden, die als Institute verstetigt werden sollten? Die Leibniz-Gemeinschaft kann hier entsprechende Angebote machen: Wir bieten ein strenges Verfahren der Evaluierung und ein eingespieltes System der Neuaufnahme in die Bund-Länderförderung. Für die Institute selbst liegen die Vorteile in der Möglichkeit der Vernetzung mit den anderen Einrichtungen und dem Zugang zu den im Wettbewerb zu vergebenden Mitteln der Gemeinschaft. Damit wäre ein Beitrag zur Nachhaltigkeit des Wissenschaftssystems erbracht.

Natürlich wollen wir Forschung über Nachhaltigkeit und nachhaltige Forschung. Als regulative Idee im Hinblick auf Forschungsergebnisse ist die Nachhaltigkeit jedoch ausgesprochen ungeeignet. Aber: Nachhaltigkeit kann als Idee wichtige Anregungen geben, über fundamentale Fragen der Wissenschaft und des Wissenschaftssystems nachzudenken.

Prof. Dr. Karl Ulrich MAYER  
Präsident  
Leibniz-Gemeinschaft  
Chausseestraße 111  
10115 Berlin  
Bundesrepublik Deutschland  
Tel.: +49 30 20604940  
Fax: +49 30 20604955  
E-Mail: praesident@leibniz-gemeinschaft.de

# **Der Begriff der Natur**

## **Wandlungen unseres Naturverständnisses und seine Folgen**

### **Gaterslebener Begegnung 2009**

gemeinsam veranstaltet

vom Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben und  
von der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina  
vom 7. bis 9. Mai 2009

Nova Acta Leopoldina N. F. Bd. 109, Nr. 376

Herausgegeben von Anna M. WOBUS (Gatersleben), Ulrich WOBUS (Gatersleben)  
und Benno PARTHIER (Halle/Saale)

(2010, 266 Seiten, 50 Abbildungen, 1 Tabelle, 29,95 Euro,  
ISBN 978-3-8047-2801-1)

Das Verhältnis des Menschen zur „Natur“ ist in seiner Geschichte durch unterschiedliche Beziehungen geprägt. Seit der Aufklärung wird die Natur dem Menschen zu seiner Nutzung untergeordnet und zunehmend ausgebeutet. Natur wurde zum Objekt technischen, ökonomischen und politischen Handelns. Spätestens seit Mitte des vorigen Jahrhunderts wissen wir um die akute Gefährdung natürlicher Lebensräume.

Die Gaterslebener Begegnung 2009 widmete sich daher dem Thema „Der Begriff der Natur“ und untersuchte Wandlungen des Naturverständnisses sowie die Folgen der gegenwärtigen Auffassungen von Natur. Behandelt werden unser Bild vom Leben, die Frage „Was ist Natur?“ aus verschiedenen Perspektiven und die philosophische Analyse der Stellung des Menschen in der Natur. Beiträge zum Naturverständnis in der Gegenwartskunst und zum Problemkomplex Naturrecht und Bioethik sowie eine Diskussion „Frieden mit der Natur“ ergänzen den Band.



## **Forschungsergebnisse: Gedankengebäude mit Verfallsdatum?**

Katharina KOHSE-HÖINGHAUS ML (Bielefeld)

Mit 6 Abbildungen

### *Zusammenfassung*

Dieser Beitrag beruht auf einem Vortrag, der im Rahmen des Leopoldina-Workshops „Nachhaltigkeit in der Wissenschaft“ am 12. November 2012 in Berlin gehalten wurde. Im Mittelpunkt dieses Teils des Workshops stand die Frage, ob die Wissenschaft selbst nachhaltig sei, ob also die wissenschaftliche Methode mit der ihr inhärenten Möglichkeit zur Überprüfung und somit möglichen Verifizierung oder Falsifizierung zu einem Aufbau nachhaltigen Wissens führe. Wenn auch diese Frage hier nicht erschöpfend beantwortet werden kann, so sollen doch einige Gedanken aus der Perspektive der Naturwissenschaften, speziell der Chemie, im vorliegenden Artikel zu einem Diskussionsbeitrag zusammengefasst werden.

### *Abstract*

This contribution is the transcript of a lecture that was presented at the Leopoldina Workshop “Sustainability in Science” in Berlin, November 12, 2012. The part of the Workshop in which the lecture was presented focused on the sustainability of science itself. It was argued whether the scientific method, with its inherent possibility of examination, respectively verification or falsification, will lead to sustainable knowledge. This question, however, cannot be answered exhaustively here. Rather, several thoughts for further discussion of this topic will be offered from the perspective of the natural sciences, especially from a chemist’s view.

### **1. Einführung**

Über die Nachhaltigkeit der wissenschaftlichen Methode nachzudenken ist nicht in erster Linie ein Privileg der Naturwissenschaften, sondern könnte – zumindest aus meiner Perspektive – am besten aus der Sicht der Wissenschaftstheorie erfolgen. Kann man die Welt verstehen, indem man methodisch kontrolliert und systematisch gewonnenes Wissen erwirbt und bereitstellt? Kann man damit, dass ein solches methodisch und kontrolliert erworbenes Welt-Wissen immer wieder überprüft wird, Nachhaltigkeit dieses Wissens sicherstellen? Entsteht dadurch, dass das einmal vermeintlich gewonnene und verfügbare Wissen durch neue Erkenntnis verifiziert oder falsifiziert wird, auf die Dauer ein zwar immer wieder im Detail veränderbares, aber letztlich unangreifbares Wissens- oder Gedankengebäude? Und ist ein Gebäude, ein Turm oder ein Haus, überhaupt ein vernünftiges Bild für das nachhaltig Erkannte? Ein Turm aus Bauklötzen, in fast beliebigen Formen und Höhen allein oder gemeinsam errichtet, ist in seinem Fundament sehr schnell zu erschüttern und kann zusammenbrechen, wenn wenige Klötze entfernt werden, vielleicht sogar nur ein einziger Klotz herausgezogen wird. Ist dies also ein vielversprechendes Bild für ein wissenschaftliches Gebäude?

Es ist ja ein wenig kühn, eine Chemikerin zu einem solchen Beitrag einzuladen, und daher wird ein bescheidener Versuch einer Annäherung aus dem eigenen Umfeld der Naturwissenschaften, ganz speziell der Chemie, hierzu genügen müssen. Der „Turm der Erkenntnis“, das wissenschaftliche Gedankengebäude als Ergebnis der Forschung – macht denn dies aus der Chemie einen nachhaltigen Eindruck? Es gibt eine ganze Reihe von Metaphern, mit dem der Forschungsprozess symbolisiert werden kann, und das Gedankengebäude ist nur eine davon. Der „Baum der Erkenntnis“, von einem starken Fundament getragen, sich in feinere Zweige verästelnd, weiter und weiter wachsend, wäre nicht so schnell einzureißen wie ein Spielzeugturm. Aber wird am Stamm des Baums nichts mehr verändert? Oder wäre eine Wissenschaftszwiebel mit ganz vielen Schalen besser als Symbol geeignet? Liefert eine solche Zwiebel, die immer umfassendere Wissensräume bildet, sozusagen aus einem Nukleus immer dicker werden kann, ein besseres Bild für Wissenswachstum? Wird denn jede neue Erkenntnis dazu führen, dass alles bisher verlässlich und überprüfbar Gefundene noch weiter gilt, jede Innenschale der Zwiebel also immer bestehen bleibt? Alternativ könnte man sich die wissenschaftliche Weiterentwicklung auch als Fluss vorstellen, ab und an turbulent, auch einmal mit einer rückwärts gerichteten Strömung, aber letztendlich in einer Vorzugsrichtung, definitionsgemäß dann „vorwärts“ weiter fließend. Vielleicht ist es auch eher so, dass zunächst Wissensinseln als gesichert gelten, und zwar erst einmal unabhängig voneinander. In einem Netzwerk von solchen Inseln könnten dann durch Berührungen, Überschneidungen oder Verknüpfungen größere Wissensbereiche entstehen, auch wie in einem Spiel, bei dem zum Beispiel schwarze Spielsteine durch bestimmte Regeln des Berührens mit weißen Steinen infiziert und zu weißen umgedreht werden können.

Ich möchte mir nicht anmaßen, hier das richtige Bild für einen nachhaltigen Forschungsprozess zur Schaffung beständigen Wissens auszuwählen, sondern benutze im Weiteren hierfür die Vorstellung des Gedankengebäudes. Gebäude, wie handgreiflich an vielen die Jahrhunderte überdauernden Kathedralen aus Stein repräsentiert, können verlässlich, dauerhaft und über die Zeiten beständig sein. Verbindlichkeit, Verlässlichkeit und Glaubwürdigkeit wären dann gleichsam auch Charakteristika für Nachhaltigkeit der Wissenschaft. Die mit wissenschaftlichen Methoden gewonnenen Ergebnisse sollten zudem Beliebigkeit einschränken, also Festlegungen treffen können. Sie sollten geeignet sein, zu einem Ganzen beizutragen, und ein Element des Fortschritts der Erkenntnis, des Richtungsweisenden, beinhalten können. Richtungsweisend heißt dabei nicht *per se*, dass bekannt ist, wie es weitergeht, oder an welcher Stelle des Prozesses wir uns gerade befinden. Auch wenn der Wissensfortschritt relativ sanft und unspektakulär zu verlaufen scheint, man sich also quasi in einer Ebene fortbewegt, bedeutet das nicht, dass der nächste Schritt in seiner Zielrichtung und Bedeutung erfassbar wäre. Man kann sich dazu bildhaft zwei Kurvenverläufe vorstellen – einmal die einem Grenzwert zustrebende Sättigungskurve, wie beispielsweise bei einem sich dem Gleichgewicht nähernden Reaktionsverlauf, oder aber eine etwa S-förmige Kurve, die nur ein zwischenzeitliches Plateau erreicht und danach wieder steil ansteigt, so wie es bei einer stufenweisen Titration der Fall sein kann. Im übertragenen Sinn also – stehen wir bei der Aussicht, das Wissensgebäude fertigzustellen, gerade kurz vor dem Gipfel, oder liegt der jetzige Standort nur auf einem Treppenabsatz, und der nächste steile Anstieg steht bevor? Ist es möglich, irgendwann einmal „mission completed“ zu vermelden, alles verstanden? Oder ist dies aus Prinzip unmöglich? Wie nachhaltig kann also Wissenschaft überhaupt sein? Und hängt dies von geeigneten Rahmenbedingungen für Wissenschaft ab, wie diese zum Beispiel im Sinne von BACONS utopischer Institution *Salomon's House* in seinem postum erschienenen Werk

*New Atlantis* (1627) beschrieben werden? Ein Kommentar hierzu aus der Sicht eines Chemikers findet sich bei MÜLLER (2000), der als einen wesentlichen Aspekt die Faszination des inneren Zusammenhalts der Dinge, des Experiments und des Begreifens der Phänomene thematisiert – ein zentrales Plädoyer für Grundlagenforschung also. In den zentralen Punkten, „the greatest jewels“, die mit *Salomon's House* verbunden sind, zählen die folgenden Prinzipien: „[...] the knowledge of causes, and secret motions of things; and the enlarging of the bounds of human empire, to the effecting of all things possible“; wobei es sich aus dem Kontext erschließt, dass es hier nicht vornehmlich um technologischen Fortschritt oder Wissenstransfer in die Anwendung geht. Wissen, das in die Zukunft weist, muss auf einer geeigneten Basis, einem geeigneten Rückhalt in der Gesellschaft, so gepflegt und vertieft werden, dass es für die und in der Zukunft nachhaltig nutzbar sein kann.

## **2. Chemie: Ordnung und Reaktion**

Um wesentliche Prinzipien des Forschungsprozesses herauszustellen und zu betrachten, ob dabei das Wesen der Nachhaltigkeit im Sinne der Beständigkeit, Verlässlichkeit und methodischen Glaubwürdigkeit ebenso erfüllt ist wie die Einschränkung zum Bestimmten aus der Beliebigkeit aller denkbaren Möglichkeiten, möchte ich vom Allgemeinen in die eigene Disziplin der Chemie übergehen. Im Kontext der naturwissenschaftlichen Methode ist es üblich, für einen zu erzielenden Wissensfortschritt erst einmal eine geeignete Forschungsfrage zu definieren. Für eine solche geeignete Ausgangsfrage spielen dann noch weitere Festlegungen eine Rolle – die sogenannten Randbedingungen müssen zweifelsfrei und für andere nachvollziehbar definiert werden. Mit einer solchen Festlegung kann dann ein Experiment erfolgen, oder auch ein Gedankenexperiment oder eine Simulation, und als Folge davon ergeben sich Resultate. Der Minimalanspruch an Resultate in der Naturwissenschaft ist die Reproduzierbarkeit. Am besten reproduziert man erst einmal selbst, bevor man die Ergebnisse in geeigneter Form berichtet, zum Beispiel in Konferenzbeiträgen oder Veröffentlichungen. Damit stehen die Ergebnisse dann zur Diskussion, und sie werden unabhängig durch andere überprüft, verifiziert oder falsifiziert. Diese Routine des Berichtens und der unabhängigen Überprüfung gehört als ein wichtiger Schritt zum Wissenschaftsprozess in den Naturwissenschaften. Verfestigen sich die durch eigene und andere Arbeiten erhaltenen Ergebnisse, dann stützen sie gegebenenfalls bisher getroffene Annahmen und bekannte Theorien; tun sie dies nicht, so wird es womöglich ganz spannend, und die bahnbrechenden neuen Erkenntnisse können letztendlich zu einer neuen und vielleicht sogar umfassenderen Theorie führen. Solche Zyklen haben natürlich in der Geschichte des Faches schon mehrfach stattgefunden, und als ein wichtiges Beispiel soll hier die Entwicklung des Periodensystems dienen.

### *2.1 Chemie mit System*

Die Entwicklung des Periodischen Systems der Elemente war einer der größten wissenschaftlichen Durchbrüche im 19. Jahrhundert, vielleicht sogar überhaupt. ROUVRAY (2004) hat dies folgendermaßen beschrieben: „The discovery of the Periodic Table of the chemical elements in the 1860s was one of the greatest scientific breakthroughs ever made. It can certainly be ranked in importance with the classification of plant species by Linnaeus in the 1750s or the systematization of the subnuclear particles by the physicists Gell-Mann and Ne'erman in the

1950s.“ Dabei ist das Periodensystem als Klassifikationsschema einsichtig und in gewissem Maße prädiktiv zugleich; es ordnet jedem Element einen zweifelsfreien Platz und aus diesem abgeleitet, bestimmte Eigenschaften zu. Anders als bei alltäglichen Klassifizierungen von Gegenständen nach Größe oder Form geht es also hier um andere, sich – wie wir heute wissen – aus der physikalisch-chemischen Struktur ergebende Eigenschaften und Sortierkriterien. Nach JENSEN (1986) ist „chemistry [...] the first science to deal in detail with a particular organizational aspect of matter, the first science to have species, the first science to have a natural history as well as a natural philosophy component, and consequently the first science to make pervasive use of class concepts.“ SCERRI (2012) leitet seinen Beitrag zum Periodensystem im *Handbook of the Philosophy of Science* mit den Worten ein: „The periodic table of the elements is perhaps the most natural system of classification in the whole of science.“

Die Klassifizierung der chemischen Elemente erfolgte, wie man gut bei ROUVRAY (2004) zusammengefasst nachlesen kann, historisch in verschiedenen Schritten, und einige Aspekte aus diesem Übersichtsartikel sollen hier kurz wiedergegeben werden. Lange Zeit galten, gemäß der griechischen Tradition (PLATON, *Timaios*), als Elemente Erde, Wasser, Feuer und Luft, ergänzt noch um ein fünftes Element, den Äther. Die regelmäßigen Formen des Würfels (Erde), Tetraeders (Feuer), Oktaeders (Luft), Dodekaeders (Äther) und Ikosaeders (Wasser) wurden mit den jeweiligen Elementen assoziiert, und gewisse Umwandlungsprozesse untereinander waren denkbar. Verschiedene Metalle, wie Quecksilber, und andere Substanzen, wie Schwefel, nahmen in der alchemistischen Periode eine besondere Rolle ein, und erst im 17. Jahrhundert wurden diese Vorstellungen durch den Beginn wissenschaftlicher Konzepte abgelöst. BOYLE, LAVOISIER und DALTON sind hier als einige wesentliche Schrittmacher zu nennen. Eine Auflistung der chemischen Elemente von LAVOISIER aus dem Jahr 1789, veranschaulicht in Abbildung 3 des Artikels von ROUVRAY (2004), nennt viele der heute noch als Elemente klassifizierten Substanzen, wie zum Beispiel Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff oder die Metalle Eisen, Kobalt, Kupfer, Nickel und Gold. Ein wesentlicher weiterer Schritt war die Zuweisung relativer Atomgewichte, basierend auf einer Skala, die Wasserstoff das Einheitsgewicht zuschreibt, durch DALTON (Abb. 1). Allerdings waren einige wesentliche chemische Verbindungen nicht mit der richtigen Summenformel (HO statt  $H_2O$  für Wasser) beschrieben, und so war die Skala nicht frei von Fehlern. Erst Jahre später wurden, basierend auf Arbeiten von AVOGADRO und CANNIZZARO, solche Fehler korrigiert und, wie zum Beispiel durch DÖBEREINER, Gruppen von Elementen mit ähnlichen Eigenschaften zusammengefasst. Hilfreich für die weitere Klassifizierung waren zudem die Spektralanalyse von BUNSEN und KIRCHHOFF (1860) und die damit verbundene Entdeckung von Rubidium und Cäsium.

Viele weitere bedeutende Beiträge zur Systematisierung kulminierten in den 1860er Jahren dann in der fast gleichzeitigen Beschreibung des Periodensystems durch verschiedene Wissenschaftler, u. a. durch MEYER und MENDELEJEV. Dabei wurden bei der Anordnung der Elemente nach ihren Atomgewichten Periodizitäten in ihren Eigenschaften erkennbar. Eine Besonderheit, die die Deutungsmacht dieser Klassifizierung unterstreicht, war die damalige Benennung von Lücken im periodischen Schema. Diese Lücken sollten einige Elemente repräsentieren, die zum Zeitpunkt der Systematisierung noch nicht gefunden worden waren und die somit vorhergesagt werden konnten, wie Scandium (entdeckt 1879), Gallium (1874) und Germanium (1886). Diese spektakuläre Vorhersage wurde als Bestärkung des Klassifizierungsansatzes interpretiert.

In seiner weiter angepassten und verwendeten Form mit Sortierung nach Ordnungszahlen statt Atomgewichten ist das Periodensystem eines der mächtigsten Beispiele für eine

| ELEMENTS   |           | Wt. |
|------------|-----------|-----|
| Hydrogen   | Strontian | 46  |
| Azote      | Barytes   | 68  |
| Carbon     | Iron      | 50  |
| Oxygen     | Zinc      | 56  |
| Phosphorus | Copper    | 56  |
| Sulphur    | Lead      | 90  |
| Magnesia   | Silver    | 190 |
| Lime       | Gold      | 190 |
| Soda       | Platina   | 190 |
| Potash     | Mercury   | 167 |

Abb. 1 Liste der Elemente mit Atomgewichten von John DALTON, 1810; Fig. 4 aus ROUVRAY (2004). Das Original ist im Besitz der Manchester Literary and Philosophical Society; die Reproduktionsrechte für den Abdruck in der Zeitschrift *Endeavour* (2004) wurden durch ROUVRAY bei der Science Museum's Science and Society Picture Library erhalten; hier abgedruckt mit Genehmigung von Elsevier.

deduktive methodische Vorgehensweise, und es befähigt Zuschreibungen von physikalisch-chemischen Eigenschaften der Elemente sowie des Reaktionsvermögens, der Struktur der Elektronenhülle und der Prinzipien chemischer Bindung. Auch wenn das periodische System der Elemente im Detail seit den 1860er Jahren einige Male überarbeitet und ergänzt werden musste, so stellt es doch inzwischen ein kulturelles Symbol mit Wiedererkennungswert dar, das auch Künstler aus aller Welt inspiriert hat. So zeigt das *Periodic Table Printmaking Project* (2007) 118 mit unterschiedlichen Techniken erstellte Werke von 97 Künstlerinnen und Künstlern zusammengesetzt als Periodensystem; entsprechende Assoziationen verdeutlichen zum Beispiel Gallium durch einen Hahn, Kohlenstoff durch Wald und Autoauspuff, Wolfram durch einen Wolf oder Aluminium durch eine Getränkedose. Nicht mehr nur ein einziges Periodensystem ist jedoch inzwischen im Gebrauch, sondern JENSEN (1986) erwähnt für den Zeitraum von 1869 bis 1970 etwa siebenhundert, SCERRI (2012) über tausend verschiedene Darstellungen.

Die Zurückführung der Chemie auf die Physik der Atome und die Elektronenkonfigurationen mittels der Gesetzmäßigkeit des Periodensystems ist allerdings nach SCERRI (2012) immer noch Gegenstand der Diskussion. Auf der naturwissenschaftlichen Seite betrifft dies zum Beispiel die Einordnung schwerer Elemente, bei denen durch relativistische Effekte Verzerrungen der Periodizität entstehen. Eher philosophisch stellt sich allerdings auch die Frage, ob das Periodensystem nur wegen seiner Nützlichkeit oder auch wegen seiner möglichen



„Wahrheit“ besticht. Im Kontext der hier diskutierten Nachhaltigkeit kann das periodische System der Elemente sicherlich auch aus reinen Nützlichkeitsbetrachtungen als beständiges Konzept bezeichnet werden, denn seine Systematik wäre aus der Chemie heute kaum mehr wegzudenken. Dafür erscheint es mir eher unerheblich, ob das Klassifizierungsschema lediglich einer Idee oder aber einem Naturgesetz folgt.

## 2.2 Gold und seine Größe

Mit dieser ausführlich beschriebenen Einordnung der Elemente in das Periodensystem sollten demnach im Sinne der Nachhaltigkeit dieses Konzepts in der Chemie keine Zweifel bestehen, wann es sich bei einer Substanz um das Element Gold handelt und welche Eigenschaften Gold dann besitzt. Dies ist für einen Barren oder Klumpen Gold, also eine makroskopische Menge dieses Elementes, auch durchaus gegeben, und Gold erscheint uns dann mit seiner typischen goldenen Farbe. Aber die Farbe des Goldes (und nicht nur die des Goldes) ist größenabhängig! Wunderschöne Goldrubingläser in vielen Museen, so auch im Grünen Gewölbe in Dresden, ausgestellt, zeigen durch Beimischung von Goldpartikeln eine tiefrote Farbe. Schon seit dem Mittelalter wurde rotes „aurum potable“ als Heilmittel durch etliche Schriften und für viele Zwecke beschrieben, und einige interessante Zitate kann man etwa einer kurzen Einführung von HAUSER (1952) entnehmen. FARADAY hat Absorption an Goldkolloiden beschrieben, und auf MIE gehen Berechnungen der Spektren von Goldpartikeln zurück. Unter anderem mit der Verleihung des Nobelpreises für Chemie an ZSIGMONDY 1925 für Arbeiten zur Ultramikroskopie fanden Messtechniken für kleine und kleinste Teilchen breiten Eingang in die Naturwissenschaften. Allerdings dauerte es auch dann noch etwa ein halbes Jahrhundert, bis durch SCHMID und seine Mitarbeiter Goldcluster systematisch synthetisiert, untersucht und beschrieben wurden, wie etwa in der Arbeit von WALLENBERG et al. (1985), in der die Strukturen solcher Teilchen aufgezeigt werden (Abb. 2).

Sehr kleine Goldteilchen zeigen bei Anregung durch Licht kollektive Schwingungen der Elektronen an der Oberfläche, und damit eine größenabhängige Farbe oder Wellenlänge. Durch diese sogenannte Plasmonenresonanz erscheinen Goldteilchen von etwa 20 nm Durchmesser eher blau, und solche von etwa 10–15 nm Größe weisen den rotvioletten bis

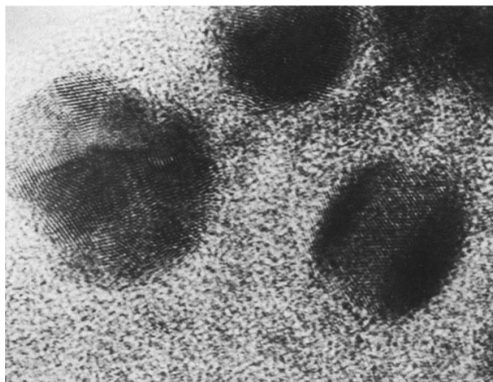


Abb. 2 Elektronenmikroskopische Aufnahme der Struktur von Gold-Nanopartikeln von ca. 10 nm Größe; Fig. 3 aus WALLENBERG et al. (1985) mit Genehmigung von Elsevier.

satt roten Ton der Rubingläser auf; das Absorptionsmaximum verschiebt sich mit abnehmendem Durchmesser in Richtung kürzerer Wellenlängen. Gold-Nanopartikel und Plasmonenresonanz erweisen sich heute als außerordentlich hilfreich für die hochauflösende Mikroskopie und Charakterisierung entsprechend funktionalisierter (weicher) Materie, wie kürzlich zum Beispiel durch PILLET et al. (2013) für die Untersuchung von Protein-DNA-Wechselwirkungen beschrieben. Werden die Goldteilchen noch kleiner, so ändern sich ihre optischen Eigenschaften mit der Struktur, und wie etwa die Übersicht von QIAN et al. (2012) zeigt, ist die präzise Kontrolle solcher größenabhängigen Eigenschaften ein aktives Forschungsfeld.

Allerdings geht Gold im Nanometer-Maßstab nicht nur die goldene Farbe verloren, sondern Gold ist in solchen kleinen Abmessungen kein Edelmetall mehr. Gold wird zum Beispiel für Eheringe oder anderen beständigen Schmuck geschätzt, da es, wie durch HAMMER und NORSKOV (1995) diskutiert, als edelstes Metall praktisch nicht mit Gasen oder Flüssigkeiten an seiner Oberfläche reagiert. Werden ultrafeine Goldpartikel dagegen auf geeigneten Oxid-Trägerschichten deponiert, so ändert sich das chemische Verhalten des Goldes drastisch, und etwa 5 nm große Goldpartikel auf Titandioxid zum Beispiel eignen sich, wie von HARUTA (1997) beschrieben, hervorragend als aktiver Katalysator für die Umsetzung

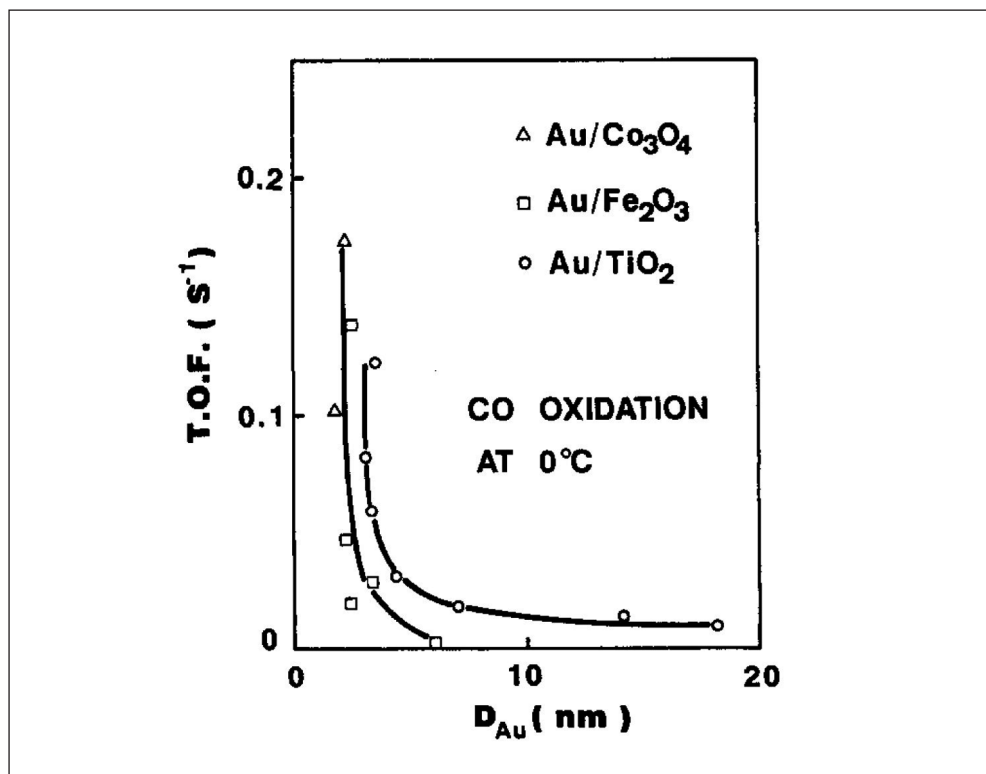


Abb. 3 Katalytische Wirkung von Oxid-geträgerten Gold-Nanopartikeln: Umsatz (Turn-over-Frequenz T.O.F.) von CO als Funktion des Partikel-Durchmessers  $D_{Au}$ ; Fig. 4 aus HARUTA 1997, mit Genehmigung von Elsevier.

von Kohlenmonoxid (Abb. 3). Die Struktur solcher Oxid-geträgerten Gold-Nanopartikel (Abb. 4) und ihr Einsatz für unterschiedliche katalytische Reaktionen wurden in einem kürzlich erschienenen Reviewartikel von TAKEI et al. (2012) ausführlich diskutiert. Das Periodensystem reicht also offenbar als Konzept für die Beschreibung der Elemente und ihrer chemischen Eigenschaften nicht aus, wenn man in atomare Dimensionen vorstößt; dennoch bleibt es weiterhin ein geeignetes Schema für die Klassifizierung makroskopischer Materie. Widerspruchsfreiheit zweier nebeneinander für unterschiedliche Randbedingungen bestehenden Systeme wäre demnach eine Minimalanforderung im Sinne der Nachhaltigkeit dieser wissenschaftlichen Konzepte.

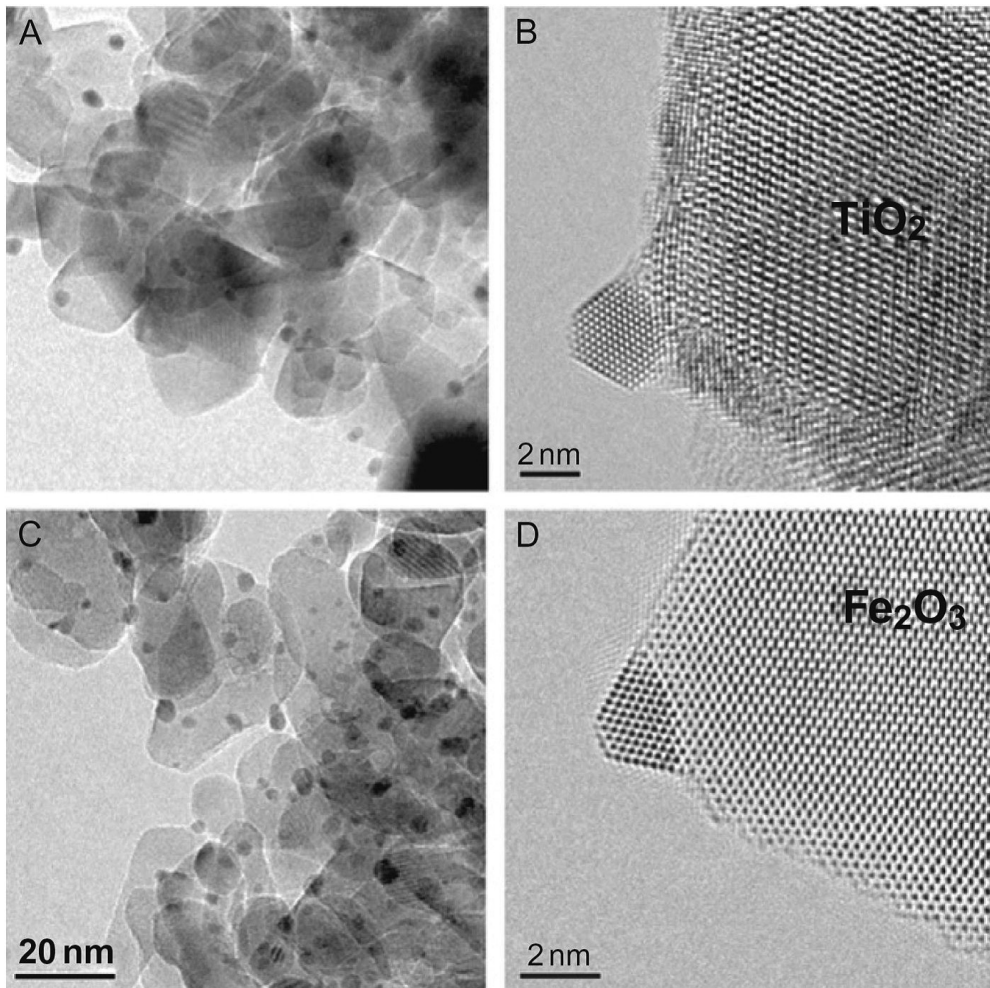


Abb. 4 Elektronenmikroskopische Aufnahmen (links niedrige, rechts hohe Auflösung) von auf Titandioxid bzw. Eisenoxid geträgerten katalytisch aktiven Gold-Nanopartikeln. Die Goldpartikel sind links als schwarze Bereiche erkennbar, rechts sind deutlich die Grenzen zwischen Oxid und Goldpartikeln an der Struktur zu unterscheiden; Fig. 1.2 aus TAKEI et al. (2012), mit Genehmigung von Elsevier.



### 3. Naturwissenschaften: Russische Puppen, Kollektive und Einzelfälle

Die Gültigkeit des Klassifizierungsschemas Periodensystem in der Chemie wurde durch die Quantenmechanik nicht außer Kraft gesetzt, wenn auch seiner Anwendbarkeit für bestimmte daraus abgeleitete physikochemische Eigenschaften Grenzen gesetzt werden müssen, sobald die betrachtete Menge Materie „zu klein“ wird. In der Quantenwelt, der Physik im Bereich atomarer Dimensionen, hat man sich jedoch an veränderte Spielregeln gewöhnt, insbesondere an das Konzept der Unschärfe. Wie sich etwa auf einem Gemälde von MONET, z. B. auf dem (auch auf den Internetseiten des *Musée Marmottan*, Paris) zu betrachtenden *Pont japonais de Giverny*, die Pinselstriche „unscharf“ nur zur Vorstellung einer Brücke zusammenfügen, diese jedoch nicht mit photographischer Detailauflösung abbilden, so lösen sich auch in der Physik exakte Größen zu nicht mehr gleichzeitig bekannten Eigenschaften auf, wenn man zu nah hinschaut. Ort und Impuls, Energie und Zeit sind solche Paare von Größen, die man über ein Teilchen nicht gleichzeitig exakt in Erfahrung bringen kann. Faszinierend ist die Vorstellung, dass Materie sich sowohl als Teilchen als auch als Welle verhalten kann, wobei allerdings unsere Alltagswelt mit ihren makroskopischen Dimensionen dafür wenig Anhaltspunkte und Erklärungen liefert.

Im Kontext der Überlegungen zur Nachhaltigkeit der naturwissenschaftlichen Methode ist es somit keinesfalls sinnvoll, sich nur auf erfahrbare, aus dem Alltagserleben „vernünftig“ erscheinende Konzepte zu beschränken. Allerdings sollte man erwarten dürfen, dass sich Ideen, Konzepte und Systeme zur Ordnung des Wissens empirisch verifizieren lassen und dass sie somit einer Überprüfung standhalten.

#### 3.1 Dualismus und Doppelspalt

Die Experimente zur Erhärtung quantenmechanischer Gesetzmäßigkeiten sind zahlreich, und hier sei nur an den berühmten Doppelspalt-Versuch erinnert. Elektronen oder andere Quantenteilchen verhalten sich nicht wie alltägliche makroskopische Körper, also beispielsweise Glasmurmeln, Schrotkugeln oder Sandkörner, sie besitzen und zeigen neben ihren Teilcheneigenschaften ihre Wellennatur. Lässt man nämlich einen Elektronenstrahl eine Blende mit zwei schmalen parallelen Schlitzen passieren und danach auf einen geeigneten Sensor treffen, der dahinter aufgestellt ist, so wird jedes auftreffende Elektron zum Beispiel durch einen schwarzen Punkt dort registriert. Für ein individuelles Elektron kann nicht vorhergesagt werden, wo genau es registriert werden wird. Ließe man viele Schrotkugeln durch zwei solche parallelen Spalte fliegen, so würde man erwarten, nach einer Weile genau zwei Haufen Kugeln hinter den Spalten aufzufinden, entsprechend ihrer Flugbahnen durch den einen oder den anderen Spalt. Das Schwärmungsmuster, das am Sensor durch viele Elektronen hervorgerufen wird, sieht allerdings ganz anders aus – es zeigen sich Interferenzstreifen wie für Lichtwellen.

Die klassische physikalische Theorie scheitert an der Beschreibung dieses Phänomens; erst durch die Arbeiten von SCHRÖDINGER, HEISENBERG, BORN und anderen lassen sich die Streifenmuster berechnen. Dabei kann weiterhin nicht die „Flugbahn“ für ein einzelnes Teilchen bestimmt werden, sondern nur für das Kollektiv die Wahrscheinlichkeitsverteilung für das Auftreffen anhand der entsprechenden Wellenfunktionen. Statt scharf begrenzter Zonen, wie sie für Sandkörner, Schrotkugeln oder andere makroskopische Körper erwartet würden, konstruieren sich nun aus den Einzelereignissen nicht mehr Gewissheiten, sondern Wahrscheinlichkeiten bezüglich des Aufenthalts – ähnliche nicht scharf begrenzte Ränder wie im

erwähnten impressionistischen Gemälde, mit durchaus eindeutig erkennbaren Mustern. Physikalische Realitäten im für uns nicht sinnlich wahrnehmbaren Maßstab lassen sich eindeutig mathematisch fassen und durch entsprechende Experimente überprüfen – entsprechend den Kriterien für die Nachhaltigkeit der naturwissenschaftlichen Methode. Dass der Dualismus Welle – Partikel nicht nur Elektronen betrifft, sondern auch viel massivere Teilchen mit Abmessungen im Nanometermaßstab, haben NAIKZ et al. (2003) in der Arbeitsgruppe um ZEILINGER eindrucksvoll an Fulleren-Molekülen gezeigt: vergleichsweise große  $C_{60}$ -Moleküle, an deren Identität als Teilchen man keine Zweifel hätte, zeigen dennoch in entsprechend raffinierten Experimenten auch Welleneigenschaften (Abb. 5).

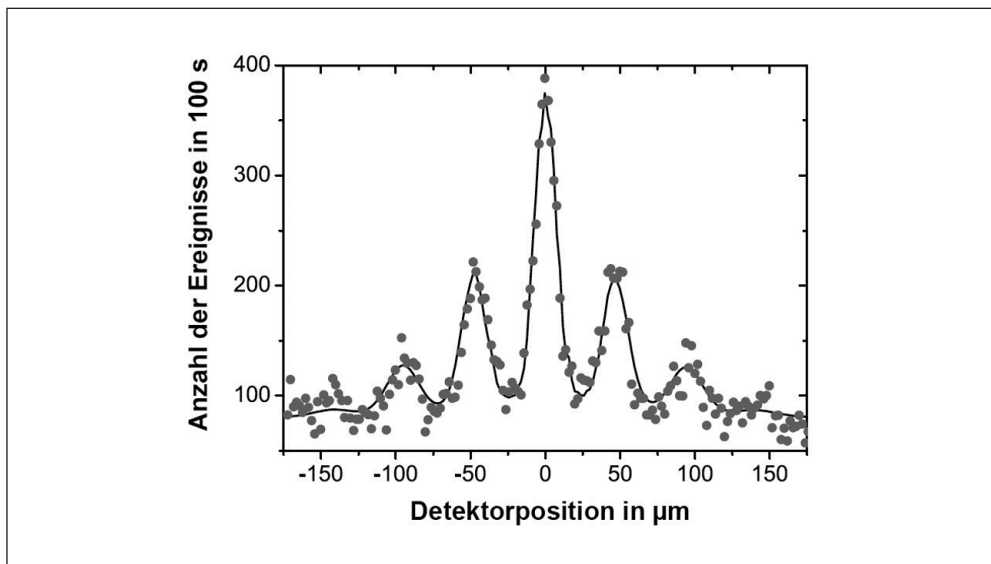


Abb. 5 Interferenzmuster zur Demonstration des Welle-Partikel-Dualismus an Fulleren-Molekülen ( $C_{60}$ ); Nachdruck mit Genehmigung von Olaf NAIKZ, Markus ARNDT und Anton ZEILINGER, *Amer. J. Phys.* 71, 319 (2003). Copyright [2003], *American Association of Physics Teachers*.

Quanteneigenschaften von Materie in kleinen Dimensionen sind vielfältig und von großer Relevanz nicht nur für das prinzipielle physikalische Verständnis „der Welt“, sondern auch für technologische Anwendungen, gerade zum Beispiel bei der Miniaturisierung von elektronischen Bauelementen und bei Speicher- und Datenübertragungstechniken. Bose-Einstein-Kondensate, Atomlaser, hochpräzise Zeitbestimmung und Navigation, Quantenoptik oder Quantencomputer sind nur einige Stichworte für diese Entwicklungen, über die man weiterführende Informationen zum Beispiel in den Arbeiten von ANGLIN und KETTERLE (2002), CRONIN et al. (2009), LADD et al. (2010), LÜCKE et al. (2011), TANZILLI et al. (2012) und anderen findet.

Da die Quantennatur das Verhalten von Materie im kleinen, atomar dimensioniertem Maßstab beschreibt, jedoch für makroskopische Körper nicht angewendet werden muss, könnte man sich im Sinne der Nachhaltigkeit des die materielle Welt abbildenden und erklärenden Gedankengebäudes etwa einen Satz russischer Puppen vorstellen: Dieses Bild der immer neu

zum Vorschein kommenden, kleiner werdenden Puppen begleitet dann gleichsam den Weg von den gigantischen kosmischen Dimensionen, von Galaxien und Planeten, hin zu kleiner werdenden Abmessungen der irdischen Skala, dem menschlichen Metermaßstab, weiter zu kleiner werdenden Bauteilen – Organen, Zellen, supramolekularen Komplexen, Aminosäuren, Molekülen, Atomen, subatomaren Partikeln, und mit jeder neuen Skala öffnen sich mit neuen physikalischen Eigenschaften und weitergehenden dazu notwendigen Theorien weitere Puppen. Wenn man diese Puppen logisch auseinander schachtelt oder zusammensetzt, hat man doch alles verstanden, oder? Ist die Welt von der Astro- bis zur Nanophysik, in der Körper und Partikel vieler Größenordnungen mit Massen von etwa  $10^{48}$  –  $10^{-30}$  kg und Abmessungen von etwa  $10^{24}$  –  $10^{-12}$  m existieren, mit einem einzigen Formalismus beschreibbar, wobei je nach Randbedingungen einfachere oder komplexere Modelle angewendet werden? Muss dies überhaupt verlangt werden, damit das Charakteristikum Nachhaltigkeit zutrifft?

### *3.2 Komplexe Systeme und Unordnung*

Nach unserem heutigen Verständnis erscheint die Chemie mit dem periodischen System vermeintlich reduziert auf die Physik der Atome und ihre Beziehungen untereinander, die Physik ihrerseits zieht zur formalen Beschreibung der Naturgesetze mathematische Relationen heran – findet man darin, in der mathematischen Beschreibung, nun die nachhaltige Beschreibung der Realität wieder? Bildet sie die „wahren“ Naturgesetze ab? Auch hier findet man verschiedene Ebenen, mit unterschiedlichen Randbedingungen. Es reicht im flachen Land, die euklidische Geometrie anzuwenden. Lehrsätze wie die Winkelsumme eines Dreiecks mit  $180^\circ$ , oder die Existenz nur einer Parallelen durch einen gegebenen Punkt, sind nutzbringend bei der Landvermessung, sind jedoch nicht hinreichend, wenn zum Beispiel die Erdkrümmung für die Navigation zwischen Kontinenten berücksichtigt werden muss. Andere Voraussetzungen – Geometrie im gekrümmten Raum statt in der Ebene – bedingen andere Ergebnisse. Bildliche Vorstellungen hierfür, auch ohne die entsprechenden Formeln, findet man in ESCHERS Werken, wie zum Beispiel im (auch auf der Internetseite der *Escher Foundation* zu findenden) Holzschnitt *Circle Limit III* (1959), ästhetisch ansprechend, faszinierend, eventuell auch verwirrend, wenn man sich tief hineinversenkt.

Aus recht übersichtlichen Formeln können zudem sehr komplexe und instabile Zustände resultieren. Dies geschieht zum Beispiel bei Systemen, die Potenzgesetzen gehorchen und Selbstähnlichkeit zeigen wie etwa ein Kopf Romanesco-Kohl. Fern vom Gleichgewicht entstehen bei kleinen Störungen sogar krisenhafte Zustände, wie bei geschichteten Kugelhäufen (Abb. 6), deren Einstürzen zum Beispiel, wie von RAMOS et al. (2009), als Modell für die Entstehung von Lawinen herangezogen werden kann. Ähnliche Überlegungen und Modelle werden für Erdbeben, Staus oder auch krisenhafte Entwicklungen an Börsen angewendet. Kann man solche Zustände vorhersagen? Offenbar spielt bei der Auslösung einer Lawine die innere Struktur, das Vorhandensein einer bestimmten lokalen Ordnung eine Rolle. Dort, wo sich Abweichungen von der Struktur mit der höchsten Ordnung ergeben, besteht am ehesten Einsturzgefahr.

Ordnung ist ein ganz wesentlicher Parameter bei allen Veränderungen. Die Thermodynamik fasst das Streben zu größerer Unordnung mit dem Begriff der Entropie. Noch um 1950 war man nicht allgemein sicher, ob Lebensprozesse, die ja eine besonders hohe Ordnung, eine ganz genaue Struktur, für eine entsprechende Funktion voraussetzen, den gleichen physikalischen Gesetzen gehorchen sollten wie unbelebte Materie. SCHRÖDINGER und nicht zuletzt EIGEN haben sich damit intensiv auseinandergesetzt. SCHRÖDINGER (1944) hat in sei-

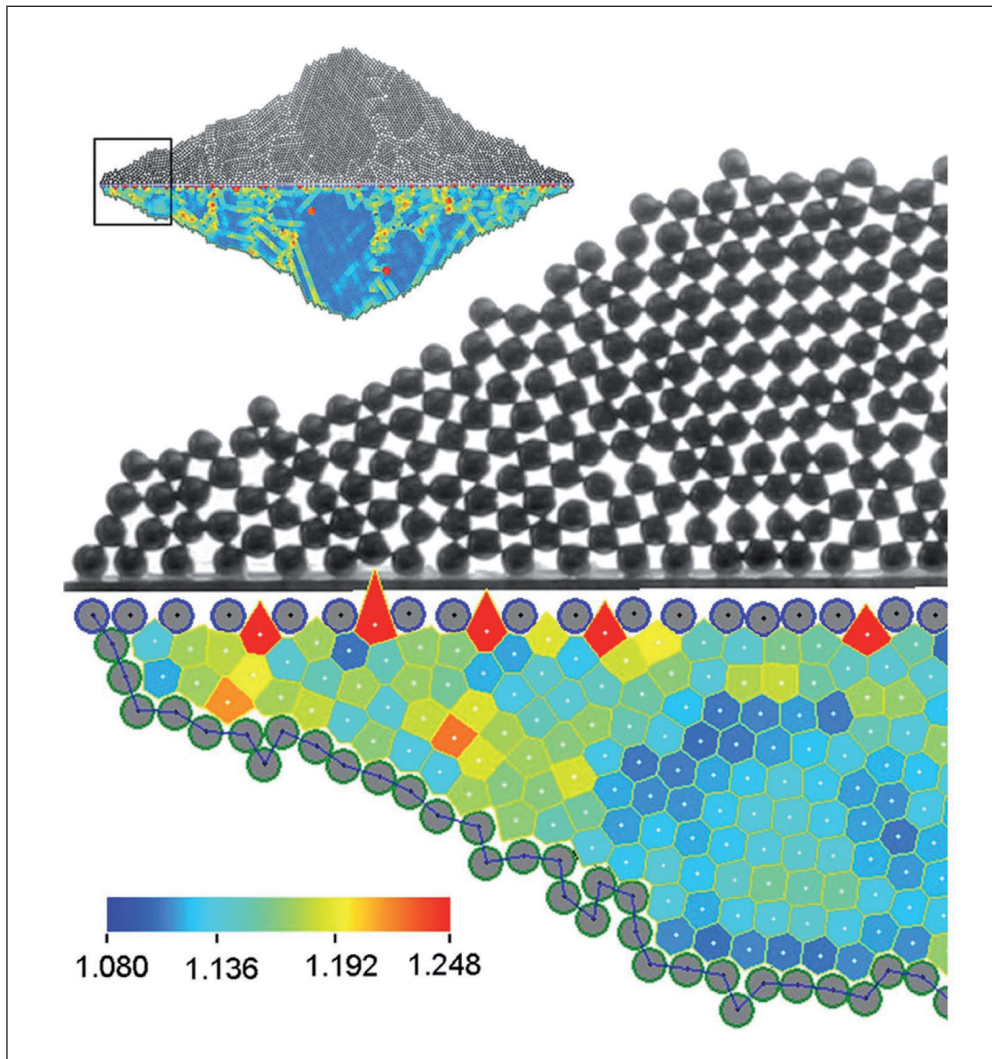


Abb. 6 Innere Struktur eines Perlenhaufens aus Stahlkugeln als Basis für die Vorhersage von Lawineneignissen. Vorn ist eine Ausschnittvergrößerung aus dem links hinten angezeigten Rechteck dargestellt. Der dargestellte Formfaktor  $\zeta$  erreicht verschiedene Werte auf der angezeigten Farbskala; er stellt ein Maß für die lokale Ordnung im Haufen dar. Für die stabilste Situation (regelmäßiges Sechseck) ist  $\zeta = 1.103$ ; höhere Werte entsprechen niedrigerem Ordnungsgrad. Im Zentrum des Haufens ist eine hexagonale Packung mit hohem Ordnungsgrad zu erkennen, während an einigen Stellen (rot) starke Abweichungen von dieser regelmäßigen internen Struktur auftreten; Fig. 3 aus RAMOS et al. 2009. Copyright (2009) der American Physical Society.

nem Buch *Was ist Leben* im Übrigen sehr gut beschrieben, warum Atome im Verhältnis zu unserem Körper so klein sind: Wir brauchen nämlich riesige Mengen davon, um die Störung der Ordnung durch die Wärmebewegung verschwindend gering werden zu lassen. Als Konsequenz dieser statistischen Prozesse sollte ein Organismus daher vielatomig aufgebaut sein.

Für die chemischen Reaktionen – ob in belebter oder unbelebter Materie – ist zu unterscheiden zwischen dem möglicherweise recht einfach strukturierten mathematischen Zusammenhang, der das Geschehen für eine aus vielen Molekülen bestehende Gesamtheit vorhersagen kann, und dem Schicksal eines einzelnen Moleküls, das sich aus dieser Relation nicht zweifelsfrei ableiten lässt. In den Worten SCHRÖDINGERS (1944): „Der Chemiker ist immer vor eine ungeheure Menge gleichartiger Moleküle gestellt, selbst wenn er es mit einem sehr komplizierten Molekül *in vitro* zu tun hat. In diesem Fall haben seine Gesetze Gültigkeit. Er kann beispielsweise bei einer bestimmten von ihm entfachten Reaktion vorhersagen, dass nach einer Minute die Hälfte und nach einer weiteren Minute drei Viertel der Moleküle reagiert haben werden. Ob aber ein ganz bestimmtes Molekül – angenommen, man könnte seinen Gang verfolgen – unter denen, welche reagiert haben, oder unter denjenigen, welche noch nicht erfasst sind, zu finden sein wird, das kann er nicht voraussehen. Das ist eine Sache des Zufalls.“ Analoges ist für den radioaktiven Zerfall bekannt. Hierzu noch einmal SCHRÖDINGER: „Wenn man aber ein einzelnes radioaktives Atom betrachtet, so ist seine wahrscheinliche Lebensdauer sehr viel schwerer abzuschätzen als diejenige eines gesunden Spatzen. Man kann im Grunde über seine Lebensdauer nicht mehr aussagen als das: Solange es lebt (und das mag während Tausenden von Jahren der Fall sein), bleibt die Möglichkeit, dass es schon in der nächsten Sekunde explodiert, immer bestehen, sei sie nun groß oder klein. Trotz dieses offenkundigen Mangels an individueller Bestimmbarkeit besteht das exakte Exponentialgesetz für den Zerfall einer großen Zahl gleichartiger radioaktiver Atome.“ Auch Versicherungen arbeiten ja mit entsprechenden Vorhersagen für ein großes Ensemble, um einem einzelnen Individuum ein passendes Angebot zu machen. Für eine große Gesamtheit sind die physikalischen Gesetze also durchaus gültig – auch für hochgeordnete Moleküle, so wie sie in belebter Materie organisiert sind und zum Beispiel für den Stoffwechsel und damit für den Fortgang des Lebensprozesses arbeiten. Für das individuelle Atom, Molekül oder supramolekulare Gebilde ist nur mit einer entsprechenden Wahrscheinlichkeit eine Aussage möglich.

Spannend ist es jedoch inzwischen weniger, fast 70 Jahre nach SCHRÖDINGERS Überlegungen, zu prüfen, ob die thermodynamischen Betrachtungen für alle Materie, so auch belebte, anwendbar sind, sondern was eine individuelle Veränderung, wie zum Beispiel eine Mutation, in ihrem Kontext auslöst. Die Vielfalt der Ausprägungen belebter Materie und die Mechanismen ihrer Entstehung und Veränderung sind Gegenstand vieler Untersuchungen am einzelnen Organismus, an der einzelnen Zelle, am einzelnen Molekül. Mit geeigneten biophysikalisch-chemischen Methoden wie Einzelmolekül-Fluoreszenz-Techniken, so wie sie zum Beispiel von der Gruppe um SCHWILLE entwickelt und verwendet werden, und wie in Reviewartikeln von HAUSTEIN und SCHWILLE (2004 und 2007) dargestellt, können solche individuellen Besonderheiten, Veränderungen und dynamischen Entwicklungen verfolgt werden. Statt der deterministischen Betrachtung von Mittelwerten ist Forschen am Einzelfall, Verständnis der multiplen Einzelausprägungen und individuellen Lösungen somit im Grenzbereich zwischen Physik, Chemie und Biologie stärker in den Fokus gerückt. Nachhaltige Gültigkeit der grundlegenden physikalisch-chemischen Gesetzmäßigkeiten muss jedoch dabei nicht (mehr) bezweifelt werden.

#### **4. Fazit**

Wenn also das Gedankengebäude nun von der Physik bis in die Biologie figurativ immer noch steht – können wir dann in Kürze den Schlussstein setzen, wie in einem gotischen Kreuz-



gewölbe, und das „Monument Wissenschaft“, oder spezieller, „Gebäude der Naturwissenschaften“ bald für fertig erklären? Müssen wir nur die Grundgesetze kennen? Stehen wir also in der Nähe des Gleichgewichts auf der Sättigungskurve? Und ist das Gebäude dann auch so hoch symmetrisch wie eine Kathedrale, oder doch eher etwas lockerer und unschärfer gestaltet mit einer noch veränderbar erscheinenden Struktur wie beispielsweise die (auch im Internet anzuschauende) *Mannheimer Kugel* (1991) von EDOGA? Ein fertiges Weltgebäude glaubte man am Beginn des 20. Jahrhunderts schon einmal zu haben – bevor die Quantenmechanik die mit der klassischen Physik nicht erklärbaren Effekte in der Nanodimension beschrieb. Also ist unser Standpunkt vielleicht doch eher in einem Hochplateau, vor der nächsten Wende? Wenn man ESCHERS Bilder betrachtet, so öffnen sich vielleicht noch weitere mögliche Gedankengebäude, so wie in dem Holzschnitt *Still Life and Street* (1937), bei dem sich in einem Bücherregal ein Fenster hinein in eine neue Häuserzeile auftut. Die naturwissenschaftliche Methode hat zu gewissen Festlegungen geführt, etliche Zusammenhänge sind besiegelt, wir wissen, welche Gesetzmäßigkeiten jetzt als gültig und zumindest vorläufig nicht mehr verhandelbar zu betrachten sind. Wie aber geht es weiter?

Am Ende meines Beitrags stellen sich mir weiterhin viele Fragen, von denen nur einige genannt sein sollen. Funktioniert die (natur-)wissenschaftliche Methode immer? Gibt es Kriterien für ihre Nichtanwendbarkeit? Sind wissenschaftliche Erkenntnisse reproduzierbar? In bestimmten wissenschaftlichen Disziplinen, wie auch in der Chemie, geht man davon aus. Aber gilt dies allgemein? Schwierig wird es, wenn die Anfangsbedingungen einen außerordentlich starken Effekt auf die Ausprägung des Systems haben. Manche Systeme erscheinen auch zu groß oder zu komplex für eine potenzielle Reproduzierbarkeit, wie Weltall, Weltbevölkerung oder Klima. Kann alles auf Grundprinzipien zurückgeführt werden, solange alle Variablen bekannt sind? Weisen also neue Erkenntnisse den bisherigen die Rolle des Spezialfalls zu? Welche Rolle spielt der Störfaktor Mensch bei der Genese von Ideen und Modellen? Ist die Erkennung von einfachen Mustern und übersichtlichen Relationen intrinsisch menschlich? Und wo erwarten wir denn wissenschaftlichen Fortschritt? Eher in Richtung einer *Theory of Everything*, eines fertigen Turms, oder ist denn doch Detektivarbeit am komplexen Einzelfall faszinierender?

Sie sehen mein persönliches Fazit – viele Fragen, wenig Antwort!

### Dank

Im Zusammenhang mit diesem Vortrag habe ich sehr von einem langen Gespräch mit meinem Bielefelder Kollegen Prof. Dr. Martin CARRIER ML, Lehrstuhl für Philosophie, profitiert, dem ich hierfür und für die kritische Durchsicht des Manuskriptes herzlich danken möchte. Ebenso danke ich Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Achim MÜLLER ML, Anorganische Chemie, Bielefeld, für eine intensive Diskussion und hilfreiche Kommentare.

### Literatur

- ANGLIN, J. R., and KETTERLE, W.: Bose-Einstein condensation of atomic gases. *Nature* 416, 211–218 (2002)  
BACON, F.: The New Atlantis. In: ELIOT, C. W. (Ed.): The Harvard Classics. Vol. III, Part 2. New York: F. Collier & Son 1909–1914. Online publiziert durch Bartleby.com (2001), [www.bartleby.com/3/2/](http://www.bartleby.com/3/2/) (Zugriff am 12.02.2013)  
CRONIN, A. D., SCHMIEDMAYER, J., and PRITCHARD, D. E.: Optics and interferometry with atoms and molecules. *Rev. Mod. Phys.* 81, 1051–1129 (2009)  
EDOGA, M.: [www.edoga.de/pages/frameset\\_werke.html](http://www.edoga.de/pages/frameset_werke.html), Zugriff am 06.02.2013  
*Escher Foundation*: The Official M. C. Escher Website. [www.mcescher.com](http://www.mcescher.com) (Zugriff am 06.02.2013)

- HAMMER, B., and NORSKOV, J. K.: Why gold is the noblest of all metals. *Nature* 376, 238–240 (1995)
- HARUTA, M.: Size- and support-dependency in the catalysis of gold. *Cat. Today* 36, 153–166 (1997)
- HAUSER, E. A.: Aurum potabile. *J. Chem. Educ.* 29, 456–458 (1952)
- HAUSTEIN, E., and SCHWILLE, P.: Single molecule spectroscopic methods. *Curr. Opin. Struct. Biol.* 14, 531–540 (2004)
- HAUSTEIN, E., and SCHWILLE, P.: Fluorescence correlation spectroscopy: Novel variations of an established technique. *Annu. Rev. Biophys. and Biomol. Struct.* 36, 151–169 (2007)
- JENSEN, W. B.: Classification, symmetry and the Periodic Table. *Comp. & Maths. with Appls.* 128, 487–510 (1986)
- KIRCHHOFF, G., und BUNSEN, R.: Chemische Analyse durch Spektralbeobachtungen. *Ann. Phys.* 186, 161–189 (1860)
- LADD, T. D., JELEZKO, F., LAFLAMME, R., NAKAMURA, Y., MONROE, C., and O'BRIEN, J. L.: Quantum computers. *Nature* 464, 45–53 (2010)
- LÜCKE, B., SCHERER, M., KRUSE, J., PEZZÉ, L., DEURETZBACHER, F., HYLLUS, P., TOPIC, O., PEISE, J., ERTMER, W., ARLT, J., SANTOS, L., SMERZI, A., and KLEMP, C.: Twin matter waves for interferometry beyond the classical limit. *Science* 334, 773–776 (2011)
- MÜLLER, A.: Science, society and hopes of a Renaissance utopist. *Science and Society* 1, 23–33 (2000)
- Musée Marmottan Monet Paris*: [www.marmottan.fr/fr/claude\\_monet-musee-2517](http://www.marmottan.fr/fr/claude_monet-musee-2517) (Zugriff am 06.02.2013)
- NAIRZ, O., ARNDT, M., and ZEILINGER, A.: Quantum interference experiments with large molecules. *Amer. J. Phys.* 71, 319–325 (2003)
- Periodic Table Printmaking Project* (2007): [www.periodictableprints.com](http://www.periodictableprints.com) (Zugriff am 29.01.2013)
- PILLET, F., SANCHEZ, A., FORMOSA, C., SÉVERAC, M., TRÉVISIOL, E., BOUET, J.-Y., and LEBERRE, V. A.: Dendrimer functionalization of gold surface improves the measurement of protein – DNA interactions by surface plasmon resonance imaging. *Biosens. Bioelectron.* 43, 148–154 (2013)
- PLATON: Timaios. In: PLATON: Sämtliche Werke. Hrsg. von U. WOLF nach der Übersetzung von F. SCHLEIERMACHER und H. MÜLLER. Bd. 4. Berlin: Rowohlt's Enzyklopädien 1957–1959
- QIAN, H., ZHU, M., WU, Z., and JIN, R.: Quantum sized gold nanoclusters with atomic precision. *Acc. Chem. Res.* 45, 1470–1479 (2012)
- RAMOS, O., ALTSCHULER, E., and MÅLØY, K. J.: Avalanche prediction in a self-organized pile of beads. *Phys. Rev. Lett.* 102, 078701 (2009)
- ROUVRAY, D. H.: Elements in the history of the Periodic Table. *Endeavour* 28, 69–74 (2004)
- SCERRI, E. R.: The Periodic Table. In: GABBAY, D. M., THARGARD, P., and WOODS, J. (Eds.): *Handbook of the Philosophy of Science*. Vol. 6 ed. by R. F. HENDRY, P. NEEDHAM and A. I. WOODY (Vol. Eds.); pp. 329–338. Amsterdam etc.: Elsevier BV 2012
- SCHRÖDINGER, E.: What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell. Based on Lectures Delivered under the Auspices of the Dublin Institute for Advanced Studies at Trinity College, Dublin, 1943. Cambridge, London, New York, Melbourne: Cambridge University Press 1944
- SCHRÖDINGER, E.: Was ist Leben? Die lebende Zelle mit den Augen des Physikers betrachtet. Piper Bd. 1134 (Neuaufgabe). München, Zürich: Piper 1989
- TAKEI, T., AKITA, T., NAKAMURA, I., FUJITANI, T., OKUMURA, M., OKAZAKI, K., HUANG, J., ISHIDA, T., and HARUTA, M.: Chapter one – Heterogeneous catalysis by gold. *Adv. Catalysis* 55, 1–126 (2012)
- TANZILLI, S., MARTIN, A., KAISER, F., DE MICHELI, M. P., ALIBART, O., and OSTROWSKY, D. B.: On the genesis and evolution of integrated quantum optics. *Laser & Photonics Rev.* 6, 115–143 (2012)
- WALLENBERG, L. R., BOVIN, J.-O., and SCHMID, G.: On the crystal structure of small gold clusters and large gold clusters. *Surf. Science* 156, 258–284 (1985)

Prof. Dr. Katharina KOHSE-HÖINGHAUS  
Universität Bielefeld  
Fakultät für Chemie  
Physikalische Chemie I  
Universitätsstraße 25  
33615 Bielefeld  
Bundesrepublik Deutschland  
Tel.: +49 521 1062052  
Fax: +49 521 1066027  
E-Mail: [kkh@uni-bielefeld.de](mailto:kkh@uni-bielefeld.de)

# **Wachstum und Reifung in Natur und Gesellschaft**

## **Gaterslebener Begegnung 2011**

gemeinsam veranstaltet

vom Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben und  
von der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der  
Wissenschaften

Nova Acta Leopoldina N. F. Bd. 115, Nr. 393

Herausgegeben von Anna M. WOBUS (Gatersleben/Weinböhla), Ulrich WOBUS  
(Gatersleben/Weinböhla) und Benno PARTHIER (Halle/Saale)  
(2012, 287 Seiten, 58 Abbildungen, 7 Tabellen, 29,95 Euro,  
ISBN: 978-3-8047-3059-5)

Auf die „Grenzen des Wachstums“ hatte bereits 1972 der *Club of Rome* aufmerksam gemacht. Seitdem sind die gesellschaftlichen Dimensionen und Folgen eines ungebremsten wirtschaftlichen Wachstums national und international ein zentrales Thema öffentlicher Diskussionen, aber auch politischen Handelns. Auf der Gaterslebener Begegnung 2011 wurde dem quantitativen Parameter „Wachstum“ das qualitative Pendant „Reifung“ zur Seite gestellt und die Thematik in zwei Problemkomplexen „Wachstum in der unbelebten und belebten Natur“ und „Quantitatives und qualitatives Wachstum in der Gesellschaft“ behandelt. Am Anfang stehen „Kritische Anfragen“ an Wissenschaftler, gefolgt von einer sozialwissenschaftlich orientierten Darstellung zu „Wachstum und Nachhaltigkeit“. Die an Natur- und Geisteswissenschaftler, Publizisten, politisch Verantwortliche und interessierte Laien gleichermaßen gerichteten Beiträge umfassen Wachstum und Reifung als grundlegende Eigenschaften organismischen Lebens, aber auch in der Bevölkerungsentwicklung, in der Ökonomie („Wachstum in einer globalisierten Welt“, „Wirtschaftswachstum und Klimawandel“) und sogar im Weltall einerseits sowie in Literatur und Kunst andererseits.



## Das Paradox der Leistungsmessung und die Nachhaltigkeit der Forschung<sup>1</sup>

Margit OSTERLOH (Warwick, Großbritannien, und Zürich, Schweiz)

Mit 2 Abbildungen

### *Zusammenfassung*

Leistungsmessung in der Forschung erfolgt mehr und mehr als Messung von Publikationen, Zitationen und Impact-Faktoren. Im Zuge des *New Public Management* werden Formen der Output-Kontrolle angewendet, ohne genügend zu fragen, ob dies für die Wissenschaft angemessen ist. Dabei wird nicht bedacht, dass diese Maße in der Wissenschaft unerwünschte Nebeneffekte hervorrufen. Diese werden in der Controlling-Literatur schon länger als „Performance Paradox“ diskutiert. In der Forschung bewirkt dieses, dass der „taste for science“ sich in einen „taste for publication“ oder gar „taste for rankings“ wandelt. Es wird diskutiert, welche alternativen Instrumente der Leistungsmessung angewendet werden können.

### *Abstract*

Performance evaluation in research is more and more based on numbers of publications, citations, and impact factors. In the wake of New Public Management output control has been introduced into research governance without taking into account the conditions necessary for this kind of control to work efficiently. It is argued that to evaluate research by output control is counterproductive as it leads to a “performance paradox”. It induces to substitute the “taste for science” by a “taste for publication” or a “taste for rankings”. Instead, input control by careful selection and socialization serves as an alternative.

### **1. Einleitung**

Nachhaltigkeit in der Forschung aus der Perspektive der Managementwissenschaft, aus der ich sie hier behandle, hat mit den veränderten Anreizstrukturen in der Wissenschaft zu tun und deren Einfluss auf den Prozess des wissenschaftlichen Arbeitens. Dies kommt in den beiden folgenden Bildern zum Ausdruck, welche zwei unterschiedliche regulative Ideen des wissenschaftlichen Arbeitens zum Ausdruck bringen.

Das Bild von REMBRANDT zeigt einen Wissenschaftler, der eifrig auf der Suche nach Wahrheit, oder besser, Widerspruchsfreiheit ist. Die Karikatur von Nicolas MAHLER gibt ironisch wieder, was heute in vielen Fällen in der Wissenschaft zählt: die Anzahl Publikationen und Zitationen in wichtigen Zeitschriften. Diese Art Indikatoren führen allerdings zu einem sogenannten „Performance Paradox“ oder dem Paradox der Leistungsmessung. Es wird zum

---

<sup>1</sup> Dieses Papier ist unter Verwendung von OSTERLOH 2012 entstanden.



Abb. 1 Gemälde von REMBRANDT  
„Der Philosoph“.  
Quelle: <http://pagophila.wordpress.com>

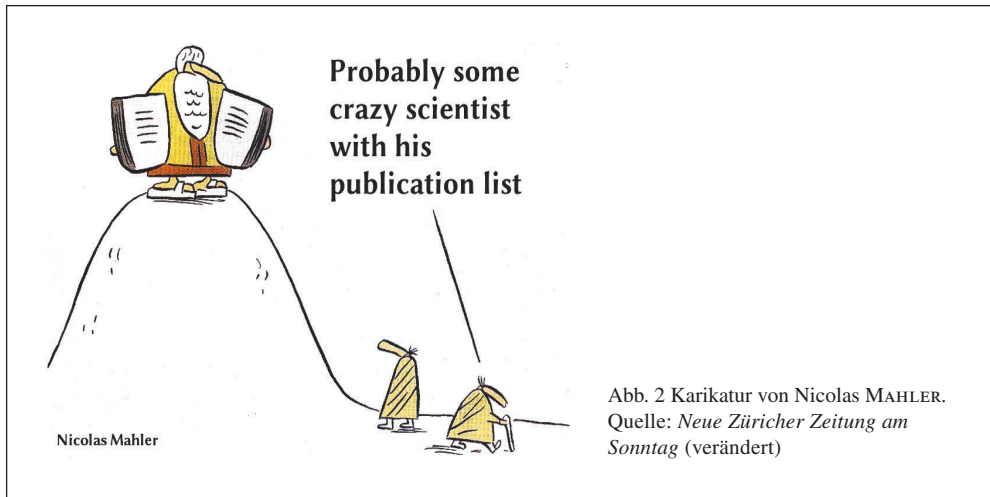
Beispiel daran deutlich, dass Universitäten viel Geld für ein „Ranking Management“ ausgeben, obwohl sie sich der Fragwürdigkeit der Rankings sehr bewusst sind.<sup>2</sup>

## 2. Was ist das Paradox der Leistungsmessung?

Das „Performance Paradox“ (MEYER und GUPTA 1994, MEYER 2009) wird verursacht durch die Tendenz aller Leistungskriterien, mit der Zeit ihre Relevanz zu verlieren. In der Folge können gute von schlechten Leistungen nicht mehr unterschieden werden. Das Paradox wirkt umso stärker, je komplexer die Aufgabe und je geringer die Anzahl der Leistungsindikatoren ist. Der oft gehörte Ruf nach „wenigen, aber klaren Leistungsindikatoren“ ist daher ein Verstärker des „Performance Paradox“. Die Ursache sind zwei gegenläufige Effekte, die allerdings in der Realität nur äußerst schlecht auseinander gehalten werden können: Leistungsindikatoren können einerseits einen positiven Lerneffekt hervorrufen, z. B. deutlich machen, dass für gute Wissenschaft gute Publikationen ausschlaggebend sind. Dies kann einen positiven Anreizeffekt sowie einen positiven Selektions- und Selbst-Selektions-Effekt bewirken, wodurch die Varianz der Leistung sinkt. Andererseits kann dieses Sinken auch eine ganz andere Ursache haben, nämlich einen perversen Lerneffekt. Dieser tritt dann auf, wenn man den Fokus auf den Leistungsindikator legt und nicht auf das, was er messen soll: „When a measure becomes a target, it ceases to be a good measure.“<sup>3</sup> Menschen sind besonders kreativ, wenn es darum geht, bei Kennzahlen gut abzuschneiden, ohne die tatsächlich relevante Leistung zu erhöhen. Die Folge sind sinnlose Wettbewerbe und in Zahlen gegossene Irrelevanz (BINSWANGER 2010). Die einzige Methode, um diesem Paradox zu enttrinnen und dennoch Leistungsindikatoren beizubehalten, wären deren ständige Veränderungen und Anpassungen durch die betroffenen Fachleute. Dies ist meist

2 Siehe z. B. den Artikel über die Universität in der *Neuen Zürcher Zeitung am Sonntag* vom 4. 11. 2012 mit der Überschrift „Die Universität will besser werden“. Im Artikel steht dann: „Obwohl die Universität Rankings das Prädikat ‚wenig aussagekräftig‘ verleiht, unternimmt sie nun Anstrengungen, um ihre Position zu verbessern.“

3 STRATHERN 1996, S. 4.



schwer durchzusetzen. Diejenigen werden Protest anmelden, welche mit Hilfe der bestehenden Indikatoren Einfluss errungen oder in deren Nutzung investiert haben. Sie sind ja in diesem System und gemäß seinen Kriterien erfolgreich geworden. Eine Änderung der Kriterien würde ihren Erfolg schmälern. Also wollen sie, dass die Indikatoren bleiben, wie sie sind.

Das Paradox der Leistungsmessung wurde ursprünglich für die Leistungsmessung in Unternehmen entwickelt. Es hat aber auch in der Wissenschaft Gültigkeit. Es bewirkt, dass hier eine „Governance by Numbers“ (HEINTZ 2008) an Einfluss gewinnt und immer höhere Anteile am Forschungsbudget beansprucht.<sup>4</sup>

Worauf beruht aber das „perverse Lernen“? Es sind dies drei Effekte, die Zielverschiebung, die Verdrängung der intrinsischen Motivation und Versuche, „das System zu schlagen“.

Die *Zielverschiebung* wird in der Soziologie schon seit längerem unter den Begriffen „Reaktivität“ (CAMPBELL 1957, ESPELAND und SAUDER 2007) oder „goal displacement“ (MERTON 1940, PERRIN 1998) und in der Ökonomik als „multiple tasking“-Effekt (HOLMSTROM und MILGROM 1991, ETHIRAJ und LEVINTHAL 2009, ORDONEZ et al. 2009) diskutiert. Gemeint ist damit: Ziele als Leistungsindikatoren bewirken in einem komplexen Zielsystem, dass in erster Linie die leicht messbaren Ziele erfüllt werden, wohingegen die schwer messbaren, aber häufig wichtigeren Ziele vernachlässigt werden. Die Position in Rankings ist leicht messbar im Gegensatz zur schwer messbaren Qualität der Forschung. Wird die Anzahl von Veröffentlichungen zum wichtigsten Leistungsindikator, werden andere, schwer messbare Qualitätsmerkmale vernachlässigt. Ein nachdrückliches Beispiel in der Forschung liefert eine Studie aus Australien (BUTLER 2003). Dort wurden in den 1990er Jahren Prämien für Veröffentlichungen gezahlt. Die Folge war die sogenannte Salamitaktik, nämlich die Aufteilung von Forschungsergebnissen in die „least publishable unit“, mit dem Ergebnis, dass die Anzahl der veröffentlichten Artikel anstieg, die Qualität gemessen an Zitaten pro Artikel (welche sich erst nach längerer Zeit herausstellt) aber sank.

<sup>4</sup> Der europäische Rechnungshof warf der EU im Jahr 1997 im Zusammenhang mit dem 4. Forschungsrahmenprogramm „aufgeblähte Bürokratie und sinnlose Geldverschwendung“ vor. Von den zur Verfügung stehenden 13 Milliarden kamen nur etwa 60 % bei den Forschungsinstitutionen an, vgl. BINSWANGER 2010, S. 178.

Die Verdrängung der intrinsischen Motivation bedeutet, dass diese für die Forschung besonders wichtige Motivation durch die Einschränkung von Autonomie reduziert wird, sofern nicht gleichzeitig ein inhaltlich unterstützendes Feedback gegeben wird (DECI et al. 1999, FREY 1992, OSTERLOH und FREY 2000), welches Rankings nicht geben können.<sup>5</sup> Im Bereich der Forschung gilt intrinsische Motivation als die wichtigste Voraussetzung für Kreativität (z. B. HENESSEY und AMABILE 1998, BHAGWAT et al. 2004). Eine Einschränkung der intrinsischen Motivation durch Rankings konnte bis jetzt zwar nicht direkt empirisch nachgewiesen werden, jedoch existieren einige indirekte Befunde, dass durch Rankings ein intrinsisch motivierter „taste for science“ unterminiert und durch einen extrinsisch motivierten „taste for publication“ oder gar „taste for rankings“ ersetzt wird. Der „taste for science“ ist gekennzeichnet durch eine hohe Wertschätzung von Autonomie, Anerkennung durch die Peers und eine vergleichsweise geringere Wertschätzung von Geld (ROACH und SAUERMAN 2010). STERN (2004) zeigt empirisch, dass hochqualifizierte Wissenschaftler auf mehr Einkommen verzichten, wenn sie dafür mehr Autonomie erhalten.

Wenn die intrinsische durch eine extrinsische Motivation verdrängt worden ist, werden auch noch Manipulationsversuche wahrscheinlicher. „Gaming the System“ kommt auch in der Wissenschaft nicht zu selten vor. Ich werde in Abschnitt 5 Beispiele dazu liefern.

### 3. Warum ist das Paradox der Leistungsmessung in der Wissenschaft besonders prekär?

Warum ist der generell gültige Mechanismus des „Performance Paradox“ gerade in der Wissenschaft so prekär? Was ist hier anders als in Unternehmen? Wenn Unternehmen Leistungskriterien nicht beachten, verschwinden sie irgendwann vom Markt, auch wenn es manchmal lang dauert. In der Wissenschaft gibt es solche Marktmechanismen nicht, und zwar aus mehreren Gründen.

*Zum Ersten* ist Forschung dadurch gekennzeichnet, dass sie öffentliche Güter erzeugt, die durch Nichtausschließbarkeit und Nichtrivalität im Konsum charakterisiert sind, weshalb der Markt hier nicht funktioniert.

*Zum Zweiten* ist für Forschung eine fundamentale Unsicherheit typisch. Diese ist konkret sichtbar an sogenannten Serendipitätseffekten, d. h., man findet etwas anderes als das, was man gesucht hat. Solche Effekte sind in der Wissenschaft zahlreich, z. B. die Entdeckung des Dynamits, der Röntgenstrahlen oder der Radioaktivität.<sup>6</sup>

*Zum Dritten* stellt sich der Nutzen wissenschaftlicher Entdeckungen mitunter erst nach sehr langer Zeit ein. Die Wissenschaft stellt sogenannte Vertrauensgüter her im Unterschied zu Erfahrungsgütern. Bei letzteren kann man nach Gebrauch feststellen, ob sie etwas taugen oder nicht. Bei Vertrauensgütern kann man das nur sehr langfristig oder manchmal nie.

*Zum Vierten* gibt es Zurechnungsprobleme von Entdeckungen zu Personen. Die Wissenschaftsgeschichte ist voll von sogenannten Multiples, d.h. Entdeckungen, die ursprünglich Einzelnen zugeschrieben wurden und die sich später als „in der Luft liegend“ herausgestellt haben, sodass nicht klar ist, wer der Erste war.<sup>7</sup> Beispiele sind die Erfindung der Infini-

5 Für die Lehre wird von WILKESMANN 2012 empirisch nachgewiesen, dass die intrinsische Motivation durch Einschränkungen der Autonomie reduziert wird.

6 Vgl. SIMONTON 2004.

7 Vgl. SIMONTON 2004.

tesimalrechnung (LEIBNIZ *versus* NEWTON) oder die Evolutionstheorie (DARWIN *versus* WALLACE).

#### 4. Die „Gelehrtenrepublik“ als Marktersatz?

Es gibt also in der Wissenschaft ein systematisches Marktversagen. Für den fehlenden Markt braucht es einen Marktersatz. Das ist die Gelehrtenrepublik, „the republic of science“. Diese stellt „von innen heraus“ fest, was gute Forschung ist: „The soil of academic science must be exterritorial in order to secure its rule by scientific opinion.“<sup>8</sup>

Leider gibt es eine Fülle von empirischer Evidenz dafür, dass die Gelehrtenrepublik oder „Scientific Community“ schlecht funktioniert. *Erstens* gibt es eine geringe Übereinstimmung von Gutachterurteilen (PETERS und CECI 1982, STARBUCK 2005). Die Korrelation zwischen Gutachterurteilen liegt zwischen 0,09 und 0,5. Dabei ist die Übereinstimmung von Gutachterurteilen im unteren Qualitätsbereich höher als im oberen Bereich. In der klinischen Neurowissenschaft wurde sogar eine statistische Korrelation zwischen Gutachtern festgestellt, die nicht signifikant höher war als die einer Zufallsauswahl (ROTHWELL und MARTYN 2000). Die Auswahl der Gutachter hat einen entscheidenden Einfluss auf Annahme oder Ablehnung eines Papiers (BORNMAN und DANIEL 2009). *Zweitens* ist die prognostische Qualität von Gutachten gering. Die Einschätzungen der Gutachter korrelieren nur zu 0,25 bis 0,37 mit späteren Zitationen (STARBUCK 2006). *Drittens* ist die zeitliche Konsistenz von Gutachterurteilen niedrig. Es gibt zahlreiche Beispiele dafür, dass in sogenannten A-Journals zurückgewiesene Artikel später berühmt wurden und Preise gewonnen haben, inklusive des Nobelpreises (GANS und SHEPHERD 1994, CAMPANARIO 1996). Ein aktuelles Beispiel ist Daniel SHECHTMAN, der Chemie-Nobelpreisträger des Jahres 2011. Er wurde – gemäß Zeitungsberichten<sup>9</sup> – für seine Entdeckung der Quasi-Kristalle zunächst von seinen Kollegen nicht nur ausgelacht, sondern auch aus seiner Forschungsgruppe hinausgeworfen. *Viertens* gibt es zahlreiche Bestätigungsfehler. Gutachter fanden in 72 % von Papieren methodische Fehler, wenn diese dem „Mainstream“ widersprachen, hingegen nur in 25 % der Fälle, wenn das Papier im „mainstream“ liegend argumentierte (MAHONEY 1977). *Fünftens* gibt es einen beträchtlichen Institutionen- und Gender-Bias. Bei Forschungsanträgen favorisieren Gutachter Bewerbungen von prestigereichen Institutionen (GODLEE et al. 1998). Der Nachweis eines Gender-Bias in Schweden bei der Vergabe von Forschungsgeldern hat viel Aufmerksamkeit erregt (WENNERAS und WOLD 1997).

Bei aller Kritik an wissenschaftlichen Begutachtungsverfahren haben diese jedoch einige große Vorteile, nämlich Vieldimensionalität, Dezentralität und Vielfalt im Gegensatz zur Eindimensionalität von Rankings. Wird eine Publikation abgelehnt, kann man sie in anderen Journalen ähnlicher Qualität einreichen. Auch herrscht im deutschen Universitätssystem eine große Vielfalt an Möglichkeiten zur Bewerbung an gleichwertigen Universitäten.<sup>10</sup>

<sup>8</sup> POLANYI 1962.

<sup>9</sup> Zum Beispiel:

<http://www.ftd.de/wissen/natur/kopf-des-tages-daniel-shechtman-der-quasi-wissenschaftler/60112463.html>.

<sup>10</sup> Kritischer sind allerdings die Auswirkungen bei der Begutachtung von Forschungsanträgen, weil in Deutschland eine starke Konzentration der zu vergebenden prestigereichen Drittmittel bei einer Institution, der DFG, existiert.

## 5. Rankings als Marktersatz?

Weil die Gelehrtenrepublik als Marktersatz so schlecht funktioniert, haben sich Rankings etablieren können. Rankings versprechen eine größere Objektivität als Peer-Reviews. Es besteht die Hoffnung, dass die Fehleinschätzungen der Gutachter durch Aggregation ausgeglichen werden, dass die Altherren-Netzwerke an Bedeutung verlieren und dass eine größere Transparenz nach außen gegeben ist. Rankings kann jeder verstehen, auch jemand, der vom Inhalt der Wissenschaft keine Ahnung hat. Damit wird die Illusion einer Rechenschaft gegenüber der Öffentlichkeit hergestellt.

Rankings haben Vorteile, aber sie haben auch Nachteile. Dabei unterscheide ich zwei Formen. *Erstens* gibt es prinzipiell behebbare Nachteile von Rankings, die dadurch zustande kommen, dass es schlecht gemachte Rankings sind.<sup>11</sup> Deren Fehler sind schwerwiegend, aber man kann sie beheben, wenn auch zu hohen Kosten. Wichtiger sind *zweitens* die nicht behebbaren Nachteile, welche durch paradoxe Effekte zustande kommen. Diese können auf der individuellen oder der institutionellen Ebene auftreten. Besonders prekär sind die institutionellen Effekte.

Hier geht es vor allem um *Lock-in*-Effekte, welche zu einer sich selbst erfüllenden Prophezeiung führen. Es sind dies Voraussagen, welche die Bedingungen ändern, unter denen die Voraussage erfüllt wird (MERTON 1948). Diesen Effekten können sich einzelne Personen oder Institutionen nur sehr schwer entziehen, auch wenn sie deren Schädlichkeit erkennen. Beispiele hierfür sind:

- Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler beugen sich dem Druck des „publish or perish“, welcher eine unüberschaubare Flut von Publikationen, immer neuen Journalen, immer mehr und oberflächlicheren Gutachten bewirkt. Alle schreiben, keiner liest mehr. Das Publikationsrad dreht sich immer schneller, ohne dass der Wettbewerb zu einer höheren Qualität von Papieren und zur besseren Dissemination von darin publizierten Erkenntnissen führt: Nur 50 % der in referierten Zeitschriften veröffentlichten Arbeiten werden von anderen als den Autoren und den Gutachtern gelesen, und 90 % der Artikel werden niemals zitiert (MEHO 2006). Der Anteil der „dry holes“, d.h. von Papieren, die nie zitiert werden, hat sich trotz aller Bemühungen um die Forschungsqualität in den letzten Jahren nicht verringert (LABAND und TOLLISON 2003). Darüber hinaus scheint die Zuverlässigkeit der empirischen Forschung zu sinken (GLÄSER et al. 2008).
- An britischen Universitätsdepartments werden vor dem Termin des *Research Assessment Exercise* Forscher mit hohen Publikationszahlen teuer eingekauft. Diese veredeln zwar die Publikations- und Zitationsindikatoren, sind aber in der Regel kaum anwesend.
- Zeitschriften-Herausgeber fordern ihre Autoren auf, mindestens vier bis fünf Artikel ihrer Zeitschrift zu zitieren, um deren Impact-Faktor zu erhöhen.
- Fakultäten berufen neue Mitglieder in erster Linie gemäß ihrem Publikationsranking, um ihre „Leuchtturm-Position“ zu stärken. Dadurch wird aber zugleich die disziplinäre Abschottung gefördert. An die Stelle inhaltlicher Argumentation – der Grundlage der „Gelehrtenrepublik“ – tritt Pseudo-Objektivität aufgrund von quantitativen Indikatoren, welche ohne interdisziplinäre Diskussion auskommt.
- Befunde aus Großbritannien und Australien mit ihren stark entwickelten Systemen der evaluationsbasierten Ressourcenzuweisung zeigen, dass dort die Forschung homogener

---

<sup>11</sup> Vgl. OSTERLOH 2012.



geworden ist und sich mehr am Mainstream orientiert (z. B. LEE 2007) und dass die Etablierung von neuen Forschungsfeldern schwieriger geworden ist (z. B. HARGREAVES HEAP 2002).

Die Ursachen solcher *Lock-in*-Effekte werden von ESPELAND und SAUDER (2007) analysiert. *Zum Ersten* vergrößern Rankings die Unterschiede unverhältnismäßig. Die Unterschiede zwischen den Ranking-Positionen mögen noch so gering sein, in der Wahrnehmung von Rankings bekommen sie ein großes Gewicht. Entsprechend hart ist der Kampf um die Positionen. Auf diese Weise werden die vielfältigen Kriterien, nach denen eine komplexe Leistung beurteilt werden müsste, durch Rankings zunehmend in eine einfältige, hierarchische Rangordnung gebracht, welche den „institutionalisierten Skeptizismus“ (MERTON 1973) untergräbt, der gute Forschung ausmacht.

Dies bewirkt *zum Zweiten*, dass Ressourcen innerhalb der Universitäten anders verteilt werden. Ranking-relevante Aktivitäten werden verstärkt zulasten von Aktivitäten mit geringer Sichtbarkeit. Beispiele sind Investitionen ins Universitätsmarketing, um sich für die Rankings auf der Basis von Expertenurteilen mehr Aufmerksamkeit zu verschaffen und sich als „Leuchtturm“ zu etablieren.

*Drittens* treten „Matthäus-Effekte“ im Sinne des „Wer hat, dem wird gegeben“ ein (MERTON 1968). Mittel werden bevorzugt an diejenigen verteilt, die in der Vergangenheit die Rankings anführten, wodurch deren Reputation und auch Leistungsfähigkeit entsprechend der Ranking-Kriterien gesteigert wird. Dies erklärt, warum vergangene Rankings die stärksten Prädiktoren für gegenwärtige Rankings sind (STAKE 2006). Vorsicht ist allerdings bei der Verteilung von Ressourcen anhand von Leistungsindikatoren der Vergangenheit geboten, selbst wenn diese Indikatoren mit hinreichender Genauigkeit Forschungsleistungen messen könnten. Es gibt auch in der Forschung einen abnehmenden Grenznutzen von Ressourcen,<sup>12</sup> weshalb selbst im Sinne der jeweiligen Indikatoren mehr Ressourcen für exzellente Forscher oder Forschergruppen nicht immer effizient sind. Vielmehr kann es einen höheren Zusatznutzen erbringen, zunächst mittelmäßige Forschung zu fördern.

*Viertens* werden Neigungen gefördert, die Regeln zu manipulieren, um das „System zu schlagen“. Dies ist umso stärker zu erwarten, desto mehr die intrinsische Motivation eines „taste for science“ zerstört ist. Beispiele hierfür sind Hochschulen, die schlechte Studierende in Sondergruppen abschieben (z. B. in Klassen für vorläufig Aufgenommene), welche nicht in der Statistik erscheinen (GIOIA und CORLEY 2002). Schlimmer noch sind Krankenhäuser, in denen Schwerkranke nicht aufgenommen werden, um die Mortalitätsrate zu drücken (FIGLIO und GETZLER 2002).

## **6. Was kann man gegen das Paradox der Leistungsmessung tun?**

Welche Maßnahmen kann man ergreifen, wenn man einsieht, dass die Nachhaltigkeit der Forschung durch die geschilderten paradoxen Effekte beeinträchtigt wird?

Eine mögliche Maßnahme ist der Boykott von Rankings. Das hat es im letzten Jahr in der Tat an verschiedenen Stellen gegeben. Der Präsident der Universität Hamburg gibt nur noch in Ausnahmefällen Daten für Rankings heraus. Der Verband der Historiker Deutschlands, der

---

<sup>12</sup> Zu empirischen Befunden siehe JANSEN et al. 2007.

Deutscher Soziologinnenverband und die Gesellschaft Deutscher Chemiker haben zum Boykott des CHE-Rankings aufgerufen. Alfred KIESER von der Zeppelin-Universität und ich haben im August dieses Jahres einen Boykott des *Handelsblatt*-Rankings initiiert. Dieses Ranking ist für die Professorinnen und Professoren der deutschsprachigen Betriebswirtschaftslehre von großer Wichtigkeit. Innerhalb einer Woche haben 10 % der Kolleginnen und Kollegen, die davon betroffen sind, unterschrieben. Auch hat sich eine sehr lebendige Diskussion in den Blogs entwickelt.<sup>13</sup>

Ein zweiter Vorschlag ist das sogenannte „informed peer review“, wie es auch der Deutsche Wissenschaftsrat vorschlägt.<sup>14</sup> Man hofft, dass sich die Vor- und Nachteile von Rankings und Peer-Reviews ausgleichen. Dabei darf allerdings kein einziges Ranking dominieren, das autoritativ von einer Forschergemeinschaft verabschiedet wurde. Vielmehr sollten Gutachter möglichst unterschiedliche Rankings einbeziehen und in ein qualitatives Gesamturteil einfließen lassen. Dabei könnten sie – entsprechend den Ausführungen zum „Performance Paradox“ – Indikatoren anpassen bzw. dynamisch gewichten. Diese Vorschläge sind hilfreich. Sie führen aber dazu, dass die Nachvollziehbarkeit von Qualitätsurteilen außerhalb der „Gelehrtenrepublik“ drastisch reduziert wird. Darüber hinaus ist nicht klar, ob sie die Begünstigung von „Mainstream“-Forschung korrigieren können, die Rankings wie auch qualitativen Peer-Reviews zur Last gelegt wird.

Der dritte Vorschlag besteht darin, „informed peer reviews“ auf wenige karriererelevante Entscheidungen zu beschränken, z. B. bei der Bewerbung um eine Stelle oder bei der Beantragung von zusätzlichen Forschungsmitteln (OSTERLOH 2010, OSTERLOH und FREY 2010). Es ist dies das Konzept einer Input- oder Eingangskontrolle anstelle einer kontinuierlichen Bewertung durch Rankings. Sie hat die Aufgabe, das Innovationspotenzial einer Person zu überprüfen. Das schließt nicht nur die Evaluation der fachlichen Kenntnisse ein, sondern auch die Einschätzung, ob eine genügend hohe Motivation für selbstorganisiertes Arbeiten und eine Identifikation mit dem „taste of science“ vorhanden ist. Hat man dieses „Eintrittsticket“ in die „Gelehrtenrepublik“ aufgrund einer rigorosen Prüfung erworben, dann kann und sollte weitgehende Autonomie gewährt werden. Dies sollte eine angemessene Grundausstattung einschließen, welche es den Forschenden freistellt, sich am Wettlauf um Drittmittel zu beteiligen oder nicht. Eine solche Input-Kontrolle ist keineswegs neu. Sie wird an den „Institutes for Advanced Studies“ ebenso praktiziert wie an der Harvard-Universität, in deren Prinzipien es heißt: „The primary means for controlling the quality of scholarly activities of this faculty is through the rigorous academic standards applied in selecting its members.“<sup>15</sup>

Dieses Konzept hilft zum einen, die geschilderten Schwächen der Begutachtungsprozesse zu reduzieren, indem Begutachtungen auf wenige Anlässe beschränkt werden. Nach einer rigorosen Eingangskontrolle wird dadurch der Spielraum für unorthodoxe Forschung beträchtlich erweitert. Zum anderen werden auch die unbeabsichtigten Nebenwirkungen und Gegenstrategien in der Forschung reduziert, welche als Folge von Rankings auftreten. Zwar benutzen auch Input-Kontrollen Publikationslisten und (möglichst verschiedene) Rankings, dies aber immer in Verbindung mit einem qualifizierten Expertenurteil auf der Basis von Argumenten. Damit setzt dieses Konzept auf dezentrale, diskursive Beurteilungskonzepte,

<sup>13</sup> Vgl. <https://handelsblattranking.wordpress.com/>.

<sup>14</sup> Vgl. *Wissenschaftsrat* 2011.

<sup>15</sup> <http://www.fas.harvard.edu/research/greybook/principles.html>.



die zwar ebenfalls – wie geschildert – alles andere als perfekt sind, die aber im Vergleich zu Rankings durch eine hohe Diversität gekennzeichnet sind.

Den Vorteilen dieses Konzeptes steht allerdings auch ein Nachteil gegenüber. Diese Form der Kontrolle stellt der Öffentlichkeit und dem Forschungsmanagement kein einfach zu benutzendes Instrument zur Beurteilung der Qualität von Forschung zur Verfügung. Dies bleibt Sache des Diskurses in der „Gelehrtenrepublik“. Transparenz und Rechenschaftspflicht für die Öffentlichkeit können in diesem Fall nur heißen, dass die Verfahren offengelegt und gerechtfertigt werden, nach denen dieser Diskurs geführt wird.<sup>16</sup> Zur Rechenschaftspflicht sollte es auch gehören, vor der Illusion einfacher Kriterien und dem naiven Gebrauch von Rankings zu warnen.

Die beiden zuletzt genannten Vorschläge würden bewirken, dass unbeabsichtigte Nebenwirkungen der Qualitätsbeurteilung, insbesondere Zielverschiebungen, *Lock-in*-Effekte und *Matthäus*-Effekte, an Bedeutung verlieren würden. Auch Gutachterfehlurteile verlören an Gewicht. Es würde der Tatsache Rechnung getragen, dass Wissenschaft von Diversität, Widerspruch und „organisiertem Skeptizismus“ (MERTON 1973) lebt.

## *Literatur*

- BHAGWAT, J. G., ONDATEGUI-PARRA, S., ZOU, K. H., GOGATE, A., INTRIERE, L. A., KELLY, P., SELTZE, S. E., and ROS, P. R.: Motivation and compensation in academic radiology. *J. Amer. College of Radiology*, 1/7, 493–496 (2004)
- BINSWANGER, M.: Sinnlose Wettbewerbe. Warum wir immer mehr Unsinn produzieren. Freiburg (i. Br.): Herder 2010
- BORNHANN, L., and DANIEL, H. D.: The luck of the referee draw: The effect of exchanging reviews. *Learned Publishing* 22/2, 117–125 (2009)
- BUTLER, L.: Explaining Australia's increased share of ISI publications – the effects of a funding formula based on publication counts. *Research Policy* 32, 143–155 (2003)
- CAMPANARIO, J. M.: Using citation classics to study the incidence of serendipity in scientific discovery. *Scientometrics* 37, 3–24 (1996)
- CAMPBELL, D. T.: Factors relevant to the validity of experiments in social settings. *Psychol. Bull.* 54, 297–312 (1957)
- DECI, E. L., KOESTNER, R., and RYAN, R. M.: A meta-analytic review of experiments examining the effects of extrinsic rewards on intrinsic motivation. *Psychol. Bull.* 125, 627–668 (1999)
- Deutsche Forschungsgemeinschaft*: Stellungnahme zum Beitrag „Die Freiheit der Wissenschaft ist bedroht“ von Roland Reuß und Volker Rieble. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, Mittwoch, 19. Oktober 2011 (2011)
- ESEPLAND, W. N., and SAUDER, M.: Rankings and reactivity: How public measures recreate social worlds. *Amer. J. Sociology* 113/1, 1–40 (2007)
- ETHIRAJ, S. K., and LEVINTHAL, D.: Hoping for A to Z while rewarding only A: Complex organizations and multiple goals. *Organization Science* 20, 4–21 (2009)
- FIGLIO, D. N., and GETZLER, L. S.: Accountability, ability and disability: Gaming the system. NBER Working Paper No. W9307 (2002) <http://bear.warrington.ufl.edu/figlio/w9307.pdf>
- FREY, B. S.: *Tertium datur: Pricing, regulating and intrinsic motivation*. *Kyklos* 45, 161–185 (1992)
- FREY, B. S., and OSTERLOH, M.: *Managing Motivation*. 2. Ed. Wiesbaden: Gabler 2002
- GANS, J. S., and SHEPHERD, G. B.: How are the mighty fallen: Rejected classic articles by leading economists. *J. Economic Perspectives* 8, 165–179 (1994)
- GIOIA, D. A., and CORLEY, K. G.: Being good versus looking good: Business school rankings and the Circean transformation from substance to image. *Academy of Management Learning and Education* 1, 107–120 (2002)
- GLÄSER, J., LANGE, S., LAUDEL, G., and SCHIMANK, U.: Evaluationsbasierte Forschungsfinanzierung und ihre Folgen. In: MAYNTZ, R., NEIDHART, F., WEINGART, P., und WENGENROTH, U. (Hrsg.): *Wissensproduktion und Wissenstransfer. Wissen im Spannungsfeld von Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit*. S. 145–170. Bielefeld: Transkript 2008

<sup>16</sup> Vgl. zum Diskurs über die Angemessenheit von Verfahren bei der Vergabe von Drittmitteln durch die DFG REUSS und RIEBLE 2011 sowie der Stellungnahme der DFG 2011 hierzu.

- GODLEE, F., GALE, C. R., and MARTYN, C. N.: The effect on the quality of peer review of blinding reviewers and asking them to sign their reports. A randomised controlled trial. *J. Amer. Med. Assoc.* 263/10, 1438–1441 (1998)
- HARGREAVES HEAP, S. P.: Making British universities accountable. In: MIROWSKI, P., and SENT, E. M. (Eds.): *Science Bought and Sold: Essays in the Economics of Science*; pp. 387–411. Chicago, IL: University of Chicago Press 2002
- HEINTZ, B.: Governance by Numbers. Zum Zusammenhang von Quantifizierung und Globalisierung am Beispiel der Hochschulpolitik. In: SCHUPPERT, G. F., und VOSSKUHLE, A. (Eds.): *Governance von und durch Wissen*. S. 110–304. Baden-Baden: Nomos 2008
- HENNESSEY, B. A., and AMABILE, T.: Reward, intrinsic motivation and creativity. *American Psychologist* 53/6, 647–675 (1998)
- HOLMSTROM, B. P., and MILGROM, P.: Multitask principal-agent analyses: Incentive contracts, asset ownership, and job design. *J. Law, Economics, and Organization* 7, 24–52 (1991)
- JANSEN, D., WALD, A., FRENKE, K., SCHMOCH, U., und SCHUBERT, T.: Drittmittel als Performanzindikator der wissenschaftlichen Forschung. Zum Einfluss von Rahmenbedingungen auf Forschungsleistung. *Kölner Z. Soziologie Sozialpsychologie* 59, 125–149 (2007)
- LABAND, D. N., and TOLLISON, R. D.: Dry holes in economic research. *Kyklos* 56, 161–174 (2003)
- LEE, F. S.: The research assessment exercise, the state and the dominance of mainstream economics in British universities. *Cambridge J. Economics* 31, 309–325 (2007)
- MAHONEY, M. J.: Publication prejudices: An experimental study of confirmatory bias in the peer review system. *Cognitive Therapy Res.* 1, 161–175 (1977)
- MEHO, L. I.: The rise and *rise* (fall?) of citation analysis. Preprint Physics (2006)  
<http://arxiv.org/pdf/physics/0701012>
- MERTON, R. K.: Bureaucratic structure and personality. *Social Forces* 18, 560–568 (1940)
- MERTON, R. K.: The self-fulfilling prophecy. *Antioch Rev.* 8, 193–210 (1948)
- MERTON, R. K.: The Matthew effect in science. *Science* 159, 56–63 (1968)
- MERTON, R. K.: *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigation*. Chicago, IL: University of Chicago Press 1973
- MEYER, M. W.: *Rethinking Performance Management. Beyond the Balanced Scorecard*. Cambridge: Cambridge University Press 2009
- MEYER, M. W., and GUPTA, W.: The performance paradox. *Research in Organizational Behavior* 16, 309–369 (1994)
- ORDONEZ, L. D., SCHWEITZER, M. E., GALINSKY, A. D., and BAZERMAN, M. H.: Goals gone wild: the systematic side effects of overprescribing goal setting. *Academy of Management Perspectives* 23, 6–16 (2009)
- OSTERLOH, M.: Governance by numbers. Does it really work in research? *Analyse & Kritik* 32, 267–283 (2010)
- OSTERLOH, M.: „New Public Management“ versus „Gelehrtenrepublik“. Rankings als Instrument der Qualitätsbeurteilung in der Wissenschaft? In: WILKESMANN, U., und SCHMIDT, C. (Hrsg.): *Hochschule als Organisation*. S. 209–221. Wiesbaden: Springer VS-Verlage 2012
- OSTERLOH, M., and FREY, B. S.: Motivation, knowledge transfer, and organizational forms. *Organization Science* 11, 538–550 (2000)
- OSTERLOH, M., and FREY, B. S.: Research governance in academia: Are there alternatives to academic rankings? CREMA Working Paper 2009-17 (2010) ([www.crema-research.ch](http://www.crema-research.ch))
- PERRIN, B.: Effective use and misuse of performance measurement. *Amer. J. Evaluation* 19, 367–379 (1998)
- PETERS, D., and CECI, S. J.: Peer review practices of psychological journals: The fate of published articles, submitted again. *The Behavioral and Brain Sciences* 5, 187–195 (1982)
- POLANYI, M.: The republic of science: Its political and economic theory. *Minerva* 1, 54–73 (1962). Wieder abgedruckt in: MIROWSKI, P., and SENT, E. M.: *Science Bought and Sold. Essays in the Economics of Science*; pp. 465–485. Chicago, IL: The University of Chicago Press 2002
- REUSS, R., and RIEBLE, V.: Die Freiheit der Wissenschaft ist bedroht. *Frankfurter Allgemeine Zeitung* Nr. 243 vom 19. Oktober 2011, N5 (2011)
- ROACH, M., and SAUERMAN, H.: A taste for science? PhD scientists' academic orientation and self-selection into research career in industry. *Research Policy* 39, 422–434 (2010)
- ROTHWELL, P. M., and MARTYN, C. N.: Reproducibility of peer review in clinical neuroscience. Is agreement between reviewers any greater than would be expected by chance alone? *Brain* 123, 1964–1969 (2000)
- SIMONTON, D. K.: *Creativity in Science. Chance, Logic, Genius, and Zeitgeist*. Cambridge, UK: Cambridge University Press 2004
- STAKE, J. E.: The interplay between law school rankings, reputations, and resource allocations: Ways rankings mislead. *Indian Law J.* 82, 229–270 (2006)

- STARBUCK, W. H.: How much better are the most prestigious journals? The statistics of academic publication. *Organization Science* 16, 180–200 (2005)
- STARBUCK, W. H.: *The Production of Knowledge. The Challenge of Social Science Research*. Cambridge, UK: Oxford University Press 2006
- STERN, S.: Do scientists pay to be scientists? *Management Science* 50, 835–853 (2004)
- STRATHERN, M.: From improvement to enhancement: An anthropological comment on the audit culture. *Cambridge Anthropology* 19, 1–21 (1966)
- WENNERAS, C., and WOLD, A.: Bias in peer review of research proposals in peer reviews in health sciences. In: GODLEE, F., and JEFFERSON, T. (Eds.): *Peer Review in Health Sciences*; pp. 79–89. London, UK: BMJ Books 1999
- WILKESMANN, U.: Auf dem Weg vom Gelehrten zum abhängig Beschäftigten? Zwei deutschlandweite Surveys zur Lehrmotivation von Professoren. In: WILKESMANN, U., und SCHMID, C. (Hrsg.): *Hochschule als Organisation*. S. 363–381. Wiesbaden: Springer VS Verlage 2012
- Wissenschaftsrat: Empfehlungen zur Bewertung und Steuerung von Forschungsleistung*. Drs. 1656–11 (2011)

Prof. Dr. Dr. h. c. Margit OSTERLOH  
Professor of Management Science  
Warwick Business School  
University of Warwick, UK

Professor (em.) University of Zurich  
Department of Business Administration  
Internet: [www.business.uzh.ch](http://www.business.uzh.ch)

CREMA  
(Center for Research in Economics, Management and the Arts)  
Südstrasse 11  
CH-8008 Zürich  
Schweiz  
Tel.: +41 44 3800078  
Fax: +41 86 0443800078  
E-Mail: [margit.osterloh@business.uzh.ch](mailto:margit.osterloh@business.uzh.ch)  
Internet: [www.crema-research.ch](http://www.crema-research.ch)



## **Podiumsdiskussion**



Die Teilnehmer der Podiumsdiskussion: der ehemalige Präsident der Leibniz-Gemeinschaft Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Ernst Theodor RIETSCHEL ML (Berlin), der Vorsitzende des Wissenschaftsrats Prof. Dr.-Ing. Wolfgang MARQUARDT (Aachen), die Leopoldina-Vizepräsidentin Prof. Dr. Bärbel FRIEDRICH ML (Berlin und Greifswald) und der Moderator Dr. Patrick ILLINGER, *Süddeutsche Zeitung* (München) sowie die Ökonomin Prof. Dr. Dr. h. c. Margit OSTERLOH (Zürich und Warwick, Großbritannien) und der damalige Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) Prof. Dr.-Ing. Matthias KLEINER ML (Dortmund) (von links)

## **Bericht über die Podiumsdiskussion zur Nachhaltigkeit in der Wissenschaft**

Stefan ARTMANN (Halle/Saale) und Yvonne BORCHERT (Berlin)

Der Leopoldina-Workshop „Nachhaltigkeit in der Wissenschaft“, der am 12. November 2012 in der Vertretung des Landes Sachsen-Anhalt beim Bund in Berlin stattfand, wurde durch eine Podiumsdiskussion abgeschlossen, die alle drei Themenblöcke der Veranstaltung aufgriff: Erforschung von Nachhaltigkeit – Nachhaltig forschen – Nachhaltigkeit von Forschung. An der Diskussion nahmen die Moderatoren dieser Themenblöcke – der damalige Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) Prof. Dr.-Ing. Matthias KLEINER ML (Dortmund), der ehemalige Präsident der Leibniz-Gemeinschaft Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Ernst Theodor RIETSCHEL ML (Berlin) und der Vorsitzende des Wissenschaftsrats Prof. Dr.-Ing. Wolfgang MARQUARDT (Aachen) – sowie Leopoldina-Vizepräsidentin Prof. Dr. Bärbel FRIEDRICH ML (Berlin und Greifswald) und die Ökonomin Prof. Dr. Dr. h. c. Margit OSTERLOH (Zürich und Warwick, Großbritannien) teil. Moderiert wurde die Diskussion, in der sich auch das Publikum zu Wort meldete, von Dr. Patrick ILLINGER, *Süddeutsche Zeitung* (München).

Zwei eng miteinander zusammenhängende Fragen standen im Mittelpunkt der Podiumsdiskussion. *Erstens*: Gibt es ein Spannungsverhältnis zwischen der Freiheit der Wissenschaft und der Forderung, dass ihre Entwicklung nachhaltig sein soll? *Zweitens*: Welche konkreten Auswirkungen der gesellschaftlichen Nachhaltigkeitsdebatte auf die Strukturen des Wissenschaftssystems sind zu erwarten? Die erste Frage gab den Anstoß zu einer lebhaften Debatte über das Verhältnis zwischen der Selbstorganisation der Wissenschaft einerseits, den gesellschaftlichen Erwartungen an die Resultate der Wissenschaft andererseits. Bei der zweiten Frage drehte sich die Diskussion insbesondere um die Stärkung interdisziplinär ausgerichteter Infrastrukturen im Wissenschaftssystem und die Intensivierung des Wissenstransfers zwischen Wissenschaft und Gesellschaft.

Das Verhältnis zwischen Wissenschaftsfreiheit und Nachhaltigkeitsforderung erwies sich in der Diskussion als Leitmotiv, das sich durch zahlreiche Beiträge zog. Ernst Theodor RIETSCHEL vertrat dezidiert die Ansicht, dass – neben Qualität und Originalität als bewährten Evaluierungskriterien für wissenschaftliche Leistungen – die gesellschaftliche Relevanz von Forschungsprojekten und ihr potenzieller Beitrag zum Wohl der Menschen eine wichtigere Rolle als bisher zu spielen hätten. Dies gelte besonders für die außeruniversitären Einrichtungen, in Teilen für die Universitäten. Andernfalls werde der Druck der Öffentlichkeit und zivilgesellschaftlicher Organisationen (insbesondere im Umweltschutzbereich) auf das Wissenschaftssystem, schneller und wirksamer mittels selbstregulativer Mechanismen auf drängende Probleme der Nachhaltigkeit zu reagieren, immer weiter ansteigen. Falls es der Wissenschaft nicht

gelingen, so RIETSCHEL, diesem gesellschaftlichen *Agenda Setting* eigenständig zu begegnen, drohe die für ein funktionsfähiges Wissenschaftssystem so bedeutsame Balance zwischen erkenntnisorientierter Grundlagenforschung und nutzenorientierter angewandter Forschung verloren zu gehen. Gerade weil die Grundlagenforschung in Deutschland auf ihrem sehr hohen Niveau erhalten werden müsse, habe die Wissenschaft auf die Gesellschaft zuzugehen und nutzenorientierter Forschung von sich aus einen größeren Bereich einzuräumen. RIETSCHEL betonte, dass seine Warnung nicht als Ruf nach einem rigiden Einsatz von Kriterien der Nachhaltigkeit bei der Wissenschaftsförderung misszuverstehen sei. Er fordere jedoch, die finanziellen und institutionellen Spielräume für diejenigen zu erhöhen, die sich mit dem Thema „Nachhaltigkeit“ wissenschaftlich auseinandersetzen möchten, damit im Wissenschaftssystem der dringend notwendige Übergang vom Diskurs über Nachhaltigkeit zum Handeln im Sinne der Nachhaltigkeit besser vorankomme. Hierzu gehöre es wesentlich, dass Forscherinnen und Forscher, die sich in diesem Sinne engagierten, in der Wissenschaft entsprechende Anerkennung finden könnten. Um für eine stärkere Anregung des Forschungsalltags durch Nachhaltigkeitsideen zu sorgen, warb RIETSCHEL für eine Charta der Nachhaltigkeit im Sinne einer Selbstverpflichtung des deutschen Wissenschaftssystems. Vorbild hierfür könne die Rolle der Nachhaltigkeit im Leitbild der Fraunhofer-Gesellschaft sein, die aber an die Bedingungen und Bedürfnisse der verschiedenen Wissenschaftsinstitutionen angepasst werden müsste.

Matthias KLEINER nahm in der Podiumsdiskussion einen Standpunkt ein, der zwar auch die Intensivierung der Wechselwirkung zwischen Wissenschaft und Gesellschaft fordert, aber die Wissenschaft grundsätzlich vor dem Druck schützen will, in einem von der Gesellschaft zu bestimmenden Sinne nützlich sein zu müssen. Daher sprach sich KLEINER einerseits dafür aus, Anreize zur Erforschung von Nachhaltigkeit durch die Einführung bzw. den Ausbau geeigneter Förderformate zu setzen. Andererseits wandte er sich explizit gegen eine Charta für Nachhaltigkeit in der Wissenschaft und gegen die Einführung eines Nachhaltigkeitskriteriums in die Entscheidungsprozesse über Forschungsanträge bei der DFG. Letzteres führte entweder zu Beliebigkeit, da jeder Antragsteller gezwungen wäre, sein Projekt wie auch immer mit der Nachhaltigkeitsidee in Verbindung zu bringen. Oder es wäre auf Seiten der DFG ein genaues Prüfungsverfahren zu installieren, um eingereichte Projektanträge auf ihren Beitrag zur Nachhaltigkeit zu überprüfen – dies sei von der DFG aber unmöglich zu leisten. KLEINER kritisierte jeden Versuch, im Zusammenhang der Debatte um Nachhaltigkeit in der Wissenschaft auch einen Gegensatz zwischen von Neugier getriebener Grundlagenforschung und von Nutzenerwartung getriebener angewandter Forschung zu konstruieren. Stattdessen hätten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine Vielzahl komplexer Motivationen, die die Forschungsförderer durch ein differenziertes Portfolio von Förderformaten mit unterschiedlichen Zielsetzungen unterstützen sollten.

Zur Debatte über Wissenschaftsfreiheit im Kontext der Nachhaltigkeitsthematik trug aus dem Publikum Dr. Thomas JAHN (Frankfurt/Main) die Anregung bei, keinesfalls die Verantwortung der Wissenschaft zu vergessen. Die Ausübung von Freiheit ohne Bindung an Standards der Verantwortung drohe, in Willkür auszuarten. Die Wissenschaft habe die für sie konstitutive Freiheit von Forschung und Lehre als Verpflichtung gegenüber einer Gesellschaft zu begreifen, die die Wissenschaft in ihrem Streben nach Wahrheit unterstützen solle. In diesem Sinne sollten Forschung und Lehre ihre bisher zu defensive Haltung gegenüber der Umsetzung des Nachhaltigkeitsgedankens im Wissenschaftssystem aufgeben.

Beleuchtete die Diskussion um das Verhältnis zwischen Wissenschaftsfreiheit und Nachhaltigkeitsforderung eine allgemeine Grundlage des heutigen Verständnisses wissenschaftli-



chen Handelns, so thematisierte die zweite Frage, die während der Podiumsdiskussion immer wieder aufkam, konkrete Auswirkungen der gesellschaftlichen Nachhaltigkeitsdebatte auf die Strukturen des Wissenschaftssystems.

Wolfgang MARQUARDT gab eine sehr skeptische Beurteilung der gegenwärtigen Fähigkeit des deutschen Wissenschaftssystems ab, das Thema „Nachhaltigkeit“ angemessen – und das hieße: in interdisziplinären Verbänden – behandeln zu können. Diese Situation könne nur durch intrinsische Anreize verbessert werden, dank der die Forschung sowohl erkenntnistheoretisch als auch institutionell für übergreifende Themen sensibilisiert würde. MARQUARDT skizzierte die Alternative, ob Nachhaltigkeit der Gegenstand einer im Entstehen begriffenen Disziplin oder eine Randbedingung, der der Forschungsprozess zu genügen habe, sei. Diese Alternative müsse das Wissenschaftssystem sehr viel stärker, als es bisher geschehen sei, explorieren. Dies könne nur jenseits von vergleichsweise kurzfristiger Projektförderung geschehen: Universitär wie außeruniversitär müssten Strukturen geschaffen werden, die auch langfristig zur interdisziplinären Entstehung von neuen Methoden der Erforschung von Nachhaltigkeit führen könnten. Von Interesse sollten dabei nicht zuletzt die Ingenieurwissenschaften sein, in denen nachhaltige Innovationen schon seit langem aus ökonomisch getriebenen Entwicklungsprozessen resultierten. Dass das Wissenschaftssystem aber selbst beim Einsatz nachhaltiger Forschungsergebnisse der gesellschaftlichen Entwicklung hinterherhinke, belegte MARQUARDT an Hand des Hochschulbaus: Von wenigen Ausnahmen abgesehen werde hier nicht energieeffizient gebaut, da die Idee einer auf den Lebenszyklus einer Immobilie bezogenen Gesamtkostenrechnung in der Verwaltungspraxis noch nicht angemessen umsetzbar sei.

Das Thema „Hochschulen und Nachhaltigkeit“ aufgreifend wies Bärbel FRIEDRICH auf durchaus vielversprechende Ansätze zur interdisziplinären Forschung an den Universitäten auch als Resultat der Exzellenzinitiative hin. Sie unterstrich aber ebenfalls die Schwierigkeiten, innerhalb der Universitäten angesichts ihrer gegenwärtigen Unterfinanzierung neue Forschungs- und Lehrstrukturen einzurichten, die Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler ausreichend integrieren könnten – was unabdingbar sei, da gerade von ihnen wichtige Impulse zur Erforschung von Nachhaltigkeit kämen.

An Hand des Themas „Geo-Engineering“ stellte Matthias KLEINER dar, dass aus der Perspektive der DFG die Etablierung neuer interdisziplinärer Forschungsprogramme ein überaus komplexer Prozess sei: Gerade die Forschungsförderung müsse, bevor sie ein derartiges Thema schwerpunktmäßig unterstütze, den breiten wissenschaftlichen Diskurs suchen, um der Gefahr vorzubeugen, dass ihre Entscheidungsprozesse sich zu stark auf technische Einzelfragen konzentrierten. Er teile aber die kritischen Diagnosen hinsichtlich der fehlenden Kapazität des Wissenschaftssystems, Nachhaltigkeitsfragen interdisziplinär zu bearbeiten, ausdrücklich nicht. DFG-Formate wie Sonderforschungsbereiche und Forschergruppen oder die Cluster im Rahmen der Exzellenzinitiative seien erfolgreiche und vielversprechende Gegenbeispiele. Bei der Entwicklung einer Kultur der Interdisziplinarität müsse, so KLEINER, auch Geduld eingefordert werden dürfen, um der Entwicklung des wechselseitigen Verständnisses zwischen verschiedenen wissenschaftlichen Blickwinkeln genügend Zeit einräumen zu können. Dies gelte auch für die Frage der Begutachtung von interdisziplinären Projektanträgen: Es brauche einige Zeit, bis es qualifizierte Gutachter gebe, die ausreichend Erfahrung bei der interdisziplinären Arbeit im jeweils beantragten Forschungsfeld hätten sammeln können.

Margit OSTERLOH ergänzte die Diskussion mit ihrer Kritik an der im Wissenschaftssystem weit verbreiteten Gewohnheit, bestimmte Themen voreilig als „modisch“ abzustempeln (in den Wirtschaftswissenschaften sei dies beispielsweise beim Thema „Corporate Social Re-

sponsibility“ der Fall). Solche Themen seien gerade beim wissenschaftlichen Nachwuchs überaus beliebt, und unter dem Druck dieser wissenschaftsintrinsischen Nachfrage werde auch Nachhaltigkeit als Forschungsgegenstand breitere Akzeptanz finden. Allerdings bestehe weiterhin die Schwierigkeit, entsprechende Forschungsinteressen über interdisziplinäre Veröffentlichungen in renommierten *Journals* für den Reputationsgewinn auszuwerten: Hier spielten die traditionellen Grenzen zwischen den Fächern und die durch sie verzerrte Wahrnehmung von Publikationen der jeweils anderen Disziplinen immer noch eine überaus hinderliche Rolle.

Aus dem Publikum unterstrich Prof. Dr. Dr. h.c. Hans Joachim SCHELLNHUBER ML (Potsdam und Santa Fe, NM, USA) in seinem Diskussionsbeitrag nicht nur die gesellschaftliche Vorbildfunktion der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler hinsichtlich der Nachhaltigkeit ihres Handelns. Darüber hinaus forderte er – unter Hinweis auf entsprechende Aktivitäten beispielsweise der *National Academy of Sciences* der USA – eine verstärkte Unterstützung für die Etablierung der Disziplin „Sustainability Sciences“ an Universitäten und Akademien sowie in wissenschaftlichen Zeitschriften. Ein solches Fach arbeite in sich inter- und transdisziplinär, so dass es die angestrebte stärker fächerübergreifende und nutzenorientierte Ausrichtung des Wissenschaftssystems weit voranbringen könne.

Die Podiumsdiskussion zeigte, warum zu erwarten ist, dass das Thema „Nachhaltigkeit in der Wissenschaft“ von steigender Bedeutung für das Selbstverständnis der Wissenschaft, für die Weiterentwicklung des Wissenschaftssystems und für die gesellschaftliche Wahrnehmung von Wissenschaft sein wird. Es verbindet grundlegende ethische, rechtliche und politische Fragen der Autonomie wissenschaftlichen Handelns mit intensiven Debatten um gesellschaftliche Rahmenbedingungen von Forschung, Lehre und Wissenstransfer. Nachhaltigkeit als Forschungsthema, nachhaltige Forschungspraxis und die Nachhaltigkeit von Forschung überhaupt sind wesentliche Aspekte einer Problematik, die in den kommenden Jahren den wissenschaftspolitischen Diskurs prägen wird.

PD Dr. Stefan ARTMANN  
Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina  
– Nationale Akademie der Wissenschaften –  
Jägerberg 1  
06108 Halle (Saale)  
Bundesrepublik Deutschland  
Tel.: +49 345 47239863  
Fax: +49 345 47239839  
E-Mail: stefan.artmann@leopoldina.org

Yvonne BORCHERT M.A.  
Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina  
– Nationale Akademie der Wissenschaften –  
Berliner Büro  
Reinhardtstraße 14  
10117 Berlin  
Bundesrepublik Deutschland  
Tel.: +49 30 2038997416  
Fax: +49 30 2038997409  
E-Mail: yvonne.borchert@leopoldina.org

## **Dokumentation**



## **Programm**

### **Leopoldina-Workshop Nachhaltigkeit in der Wissenschaft**

12. November 2012, 9.30 – 19.00 Uhr  
Landesvertretung Sachsen-Anhalt | Luisenstraße 18 | 10117 Berlin

9.30 Uhr

#### **Begrüßung**

Jörg HACKER  
Georg SCHÜTTE

9.45 – 11.15 Uhr

#### **Vortragsblock I: Erforschung von Nachhaltigkeit**

Moderation: Matthias KLEINER

##### **Nachhaltigkeit im Anthropozän**

Klaus TÖPFER

##### **Sustainability Science: Eine ungewöhnliche Erfolgsgeschichte**

Hans Joachim SCHELLNHUBER

##### **Nachhaltigkeit und ihr Platz in der Ausbildung an einer technischen Hochschule**

Konrad HUNGERBÜHLER

11.15 – 11.45 Uhr Pause

11.45 – 13.15 Uhr

#### **Vortragsblock II: Nachhaltig forschen**

Moderation: Ernst Th. RIETSCHEL

##### **Wem gehört das Wissen? Wissen als „Anti-Commons“**

Ottmar EDENHOFER

##### **Forschung nachhaltig nutzen – Wissenstransfer zum Entscheidungsträger**

Hildegard WESTPHAL

##### **Transdisziplinarität – Forschungsmodus für nachhaltiges Forschen**

Thomas JAHN

13.15 – 14.30 Uhr Mittagspause

14.30 – 16.00 Uhr

**Vortragsblock III: Nachhaltige Forschung**

Moderation: Wolfgang MARQUARDT

**Ist Nachhaltigkeit eine brauchbare regulative Idee für die wissenschaftliche Forschung?**

Karl Ulrich MAYER

**Forschungsergebnisse: Gedankengebäude mit Verfallsdatum?**

Katharina KOHSE-HÖINGHAUS

**Paradox der Leistungsmessung und Nachhaltigkeit der Forschung**

Margit OSTERLOH

16.00 – 16.30 Uhr Pause

16.30 – 18.00 Uhr

**Podiumsdiskussion**

Moderation: Patrick ILLINGER

Teilnehmer:

Bärbel FRIEDRICH

Matthias KLEINER

Wolfgang MARQUARDT

Margit OSTERLOH

Ernst Th. RIETSCHEL

18.00 Uhr

**Empfang**

## **Liste der Vortragenden und Moderatoren**

Prof. Dr. Ottmar EDENHOFER

Direktor des Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change, Potsdam

Prof. Dr. Bärbel FRIEDRICH ML

Lehrstuhl für Mikrobiologie an der Humboldt-Universität Berlin,

Vize-Präsidentin der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Jörg HACKER ML

Präsident der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina

Prof. Dr. Konrad HUNGERBÜHLER

Leiter des Instituts für Chemie- und Bio-Ingenieurwissenschaften, ETH Zürich

Dr. Patrick ILLINGER

Ressortleiter Wissen, Süddeutsche Zeitung

Dr. Thomas JAHN

Leiter des Instituts für sozial-ökologische Forschung, Frankfurt (Main)

Prof. Dr.-Ing. Matthias KLEINER ML

Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft

Prof. Dr. Katharina KOHSE-HÖINGHAUS ML

Universitätsprofessorin für Physikalische Chemie an der Universität Bielefeld

Prof. Dr. Wolfgang MARQUARDT

Vorsitzender des Wissenschaftsrats

Prof. Dr. Karl Ulrich MAYER ML

Präsident der Leibniz-Gemeinschaft

Prof. Dr. Dr. h. c. Margit OSTERLOH

Institut für Organisation und Unternehmenstheorien, Universität Zürich

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Ernst Th. RIETSCHEL ML

Past-Präsident der Leibniz-Gemeinschaft

Prof. Dr. Dr. h. c. Hans Joachim SCHELLNHUBER ML

Direktor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung

Dr. Georg SCHÜTTE

Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung

Prof. Dr. Dr. Klaus TÖPFER

Direktor des Institute for Advanced Sustainability Studies, Potsdam

Prof. Dr. Hildegard WESTPHAL

Direktorin des Leibniz-Zentrums für Marine Tropenökologie, Bremen



## **Climate Change**

Konferenz aus Anlass des 200. Gründungsjubiläums der Humboldt-Universität zu Berlin in Zusammenarbeit mit dem Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) und der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina

Unter der Schirmherrschaft des Auswärtigen Amtes der Bundesrepublik Deutschland

vom 21. bis 23. April 2010 in Berlin

Nova Acta Leopoldina N. F. Bd. 112, Nr. 384

Herausgegeben von Wilfried ENDLICHER (Berlin) und Friedrich-Wilhelm GERSTENGARBE (Potsdam)

(2010, 320 Seiten, 103 Abbildungen, 17 Tabellen, 27,95 Euro,  
ISBN: 978-3-8047-2795-3)

Der Klimawandel gehört zu den drängendsten globalen Problemen unserer Zeit. Die Menschheit steht vor besonderen Herausforderungen, um insbesondere den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu senken. Führende Wissenschaftler aus der Klimaforschung betrachten die Auswirkungen des Klimawandels auf die Kontinente Europa, Asien, Afrika, Amerika und Australien sowie die Polarregionen. Dabei werden neueste Klimadaten unter globalen und regionalen Gesichtspunkten ausgewertet und Simulationsmodelle für zukünftige Entwicklungen diskutiert. Die Ausführungen bieten ein gut fundiertes Bild der Klimaänderungen, die sich weltweit bereits vollziehen bzw. in Zukunft ereignen werden, und untersuchen kritisch die Folgen für Natur, Gesellschaft und Wirtschaft. Der Kongress „Continents under Climate Change“ wurde im Rahmen der 200. Jahrfeier der Humboldt-Universität zu Berlin vom Potsdam-Institut für Klimaforschung und der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften veranstaltet. Alle Beiträge sind in englischer Sprache verfasst.

## **Nano im Körper**

### **Chancen, Risiken und gesellschaftlicher Dialog zur Nanotechnologie in Medizin, Ernährung und Kosmetik**

Akademien-symposium

Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften

(für die Union der deutschen Akademien der Wissenschaften)

am 9. November 2010 in München

Nova Acta Leopoldina N. F. Bd. 114, Nr. 392

Herausgegeben von Wolfgang M. HECKL (München)

(2012, 143 Seiten, 26 Abbildungen, 21,95 Euro, ISBN: 978-3-8047-3058-8)

Nanotechnologie rückte in den letzten Jahren immer stärker in den Fokus der Öffentlichkeit. Dies ist einerseits das Ergebnis einer vielfältigen erfolgreichen Forschungsarbeit, die zu neuen Anwendungsmöglichkeiten von synthetischen Nanopartikeln auf verschiedenen Gebieten geführt hat; andererseits werden auch Verbraucher zunehmend mit Produkten konfrontiert, die Nanopartikel enthalten. Daher stehen außer den großen Potenzialen der Nanotechnologie naturgemäß auch Unsicherheiten. Diese Publikation dokumentiert eine Veranstaltung der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften und der Akademienunion. Sie hinterfragt und diskutiert kritisch die verschiedenen Facetten der Nanotechnologie, insbesondere in den Bereichen Medizin, Kosmetik und Ernährung.

## Altern in Deutschland

Die Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina und die Deutsche Akademie für Technikwissenschaften acatech gründeten im Mai 2005 eine gemeinsame interdisziplinäre Akademiengruppe „Altern in Deutschland“, die auf der Grundlage der besten verfügbaren wissenschaftlichen Evidenz öffentliche Empfehlungen erarbeitete, um die Chancen der im letzten Jahrhundert erheblich gestiegenen Lebenserwartung – die „gewonnenen Jahre“ – vernünftig zu nutzen und mit den Herausforderungen des demographischen Alterns klug umzugehen.

### **Nova Acta Leopoldina N. F.**

Bd. 99, Nr. 363 – Altern in Deutschland Band 1

#### **Bilder des Alterns im Wandel**

Herausgegeben von Josef EHMER und Otfried HÖFFE unter Mitarbeit von Dirk BRANTL und Werner LAUSECKER

(2009, 244 Seiten, 32 Abbildungen, 1 Tabelle, 24,00 Euro, ISBN: 978-3-8047-2542-3)

Bd. 100, Nr. 364 – Altern in Deutschland Band 2

#### **Altern, Bildung und lebenslanges Lernen**

Herausgegeben von Ursula M. STAUDINGER und Heike HEIDEMEIER

(2009, 279 Seiten, 35 Abbildungen, 9 Tabellen, 24,00 Euro, ISBN: 978-3-8047-2543-0)

Bd. 101, Nr. 365 – Altern in Deutschland Band 3

#### **Altern, Arbeit und Betrieb**

Herausgegeben von Uschi BACKES-GELLNER und Stephan VEEN

(2009, 157 Seiten, 29 Abbildungen, 20 Tabellen, 24,00 Euro, ISBN: 978-3-8047-2544-7)

Bd. 102, Nr. 366 – Altern in Deutschland Band 4

#### **Produktivität in alternden Gesellschaften**

Herausgegeben von Axel BÖRSCH-SUPAN, Marcel ERLINGHAGEN, Karsten HANK, Hendrik JÜRGES und Gert G. WAGNER

(2009, 157 Seiten, 28 Abbildungen, 2 Tabellen, 24,00 Euro, ISBN: 978-3-8047-2545-4)

Bd. 103, Nr. 367 – Altern in Deutschland Band 5

#### **Altern in Gemeinde und Region**

Stephan BEETZ, Bernhard MÜLLER, Klaus J. BECKMANN und Reinhard F. HÜTTL

(2009, 210 Seiten, 10 Abbildungen, 11 Tabellen, 24,00 Euro, ISBN: 978-3-8047-2546-1)

Bd. 104, Nr. 368 – Altern in Deutschland Band 6

#### **Altern und Technik**

Herausgegeben von Ulman LINDENBERGER, Jürgen NEHMER, Elisabeth STEINHAGEN-THIESSEN, Julia A. M. DELIUS und Michael SCHELLENBACH

(2011, 174 Seiten, 42 Abbildungen, 8 Tabellen, 24,00 Euro, ISBN: 978-3-8047-2547-8)

Bd. 105, Nr. 369 – Altern in Deutschland Band 7

#### **Altern und Gesundheit**

Herausgegeben von Kurt KOCHSIEK

(2009, 302 Seiten, 46 Abbildungen, 18 Tabellen, 24,00 Euro, ISBN: 978-3-8047-2548-5)

Bd. 106, Nr. 370 – Altern in Deutschland Band 8

#### **Altern: Familie, Zivilgesellschaft, Politik**

Herausgegeben von Jürgen KOCKA, Martin KOHLI und Wolfgang STREECK unter Mitarbeit von Kai BRAUER und Anna K. SKARPELIS

(2009, 343 Seiten, 44 Abbildungen, 9 Tabellen, 24,00 Euro, ISBN: 978-3-8047-2549-2)

Bd. 107, Nr. 371 – Altern in Deutschland Band 9

#### **Gewonnene Jahre. Empfehlungen der Akademiengruppe Altern in Deutschland**

(1. Aufl. 2009, 2. Aufl. 2010, 102 Seiten, 1 Abbildung, 12,00 Euro, ISBN: 978-3-8047-2550-8)

*Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart*



