

# *philosophia naturalis*

JOURNAL FOR THE  
PHILOSOPHY OF NATURE

Herausgeber / Editors    Andreas Bartels  
   Bernd-Olaf Küppers  
   C. Ulises Moulines  
   Erhard Scheibe

- Olaf L. Müller    Innen und außen: zwei Perspektiven auf  
   analytische Sätze
- Steffen Ducheyne    Some Worries for Norton's Material  
   Theory of Induction
- Andrej Krause    Euler über die Teilbarkeit der Körper und  
   die Ortlosigkeit der geistigen Substanzen
- Stephan M. Fischer    Die Beherrschung des Zufalls in der  
   Verhaltensökologie oder Potentialität  
   als Grundkonzept wissenschaftlicher  
   Erklärung
- Gregor Betz    Der Umgang mit Zukunftswissen in der  
   Klimapolitikberatung

*philosophia*  
JOURNAL FOR THE PHILOSOPHY OF NATURE *naturalis*

45 / 2008 / 1

Herausgeber / Editors    Andreas Bartels  
   Bernd-Olaf Küppers  
   C. Ulises Moulines  
   Erhard Scheibe

Beirat / Editorial Board    Werner Diederich (Hamburg)  
   Bernulf Kanitscheider (Gießen)  
   Daryn Lehoux (Kingston, Ontario)  
   Felix Mühlhölzer (Göttingen)  
   Friedrich Rapp (Dortmund)  
   Manfred Stöckler (Bremen)  
   Eckart Voland (Gießen)  
   Gerhard Vollmer (Braunschweig)  
   Michael Wolff (Bielefeld)

KLOSTERMANN



## Inhalt

Olaf L. Müller	Innen und außen: zwei Perspektiven auf analytische Sätze	5
Steffen Ducheyne	Some Worries for Norton's Material Theory of Induction	37
Andrej Krause	Euler über die Teilbarkeit der Körper und die Ortlosigkeit der geistigen Substanzen	47
Stephan M. Fischer	Die Beherrschung des Zufalls in der Verhaltensökologie oder Potentialität als Grundkonzept wissenschaftlicher Erklärung	65
Gregor Betz	Der Umgang mit Zukunftswissen in der Klimapolitikberatung. Eine Fallstudie zum Stern Review	95
	Verzeichnis der Autoren	131
	Richtlinien zur Manuskriptgestaltung	132


The articles are indexed in *The Philosopher's Index* and *Mathematical Reviews*.

Abonnenten der Printausgabe können über Ingentaconnect auf die Online-Ausgabe der Zeitschrift zugreifen: [www.ingentaconnect.com](http://www.ingentaconnect.com)

Zurückliegende Jahrgänge sind mit einer Sperrfrist von fünf Jahren für die Abonnenten von [www.digizeitschriften.de](http://www.digizeitschriften.de) zugänglich.

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main 2008

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Satz: Mirjam Loch, Frankfurt am Main / Druck: KM-Druck, Groß-Umstadt.  
Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier  ISO 9706.

ISSN 0031-8027

Olaf L. Müller

## Innen und außen: zwei Perspektiven auf analytische Sätze

### Zusammenfassung

Man kann die Unterscheidung zwischen synthetischen und analytischen Sätzen aus zwei Perspektiven betrachten – von innen oder von außen: mit Blick auf die eigene Sprache oder mit Blick auf die Sprache anderer. Wer die Außenperspektive einnimmt, sucht eine Antwort auf die deskriptive Frage, welche Sätze einer fremden Sprache als analytisch zu klassifizieren sind. Wer die Innenperspektive einnimmt, sucht dagegen eine Antwort auf folgende normative Frage: Welche Sätze darf ich nicht preisgeben oder zurückweisen – wenn ich keinen Unfug reden will? Die beiden Blickwinkel schließen einander nicht aus; sie ergänzen sich und unterstützen einander. In seinem Aufsatz „Two dogmas of empiricism“ kritisiert Quine die Unterscheidung zwischen synthetischen und analytischen Sätzen aus der Innenperspektive; in seinem Buch *Word and object* wiederholt er dieselbe Kritik aus der Außenperspektive. In beiden Fällen richtet sich seine Kritik gegen die Ziele des frühen Carnap (der sämtliche Ausdrücke der Wissenschaftssprache mithilfe analytisch wahrer Definitionen verständlich machen wollte). Ich trete beiden Fassungen dieser Kritik entgegen und schlage zwei Definitionen des Begriffs vom analytischen Satz vor, die Quines Kritik entgehen: eine Definition aus der Außen- und eine aus der Innenperspektive. Zum Abschluss führe ich in einer leicht spekulativen Betrachtung vor, wie man bloßen Begriffswandel vom Wandel der inhaltlichen Überzeugungen trennen könnte – und zwar sogar im Fall wissenschaftlicher Revolutionen.

### Abstract

The analytic/synthetic distinction can be conceived from two points of view: from within or from without; from the perspective of one's own language or from the perspective of the language of others. From without, the central question is which sentences of a foreign language are to be *classified* as analytic. From within, by contrast, the question concerning the synthetic and the analytic acquires a *normative* dimension: which sentences am I not *permitted* to reject – if I want to avoid talking nonsense? Both perspectives on analytic sentences do not mutually exclude but supplement and illuminate each other. In “Two dogmas of empiricism”, Quine's criticism of the analytic/synthetic

distinction comes from within, whereas in *Word and object*, Quine repeats his earlier criticism from without. His criticism is directed against Carnap's early views on our understanding of scientific terms. I challenge Quine's criticism in both of its versions and provide two definitions for analyticity that are immune to Quine's arguments. Using the first of these definitions (the one from without) I try to show how it is possible to distinguish (genuine) belief revision from linguistic change – even in case of a scientific revolution.

## I. Zwei Perspektiven

Wer die Welt wissenschaftlich zu beschreiben sucht, kann sich fragen: Welche wahren Sätze werden von der Welt wahr gemacht und welche müssen – ohne weltlichen Beitrag – schon allein aufgrund sprachlicher Bedeutungsregeln wahr sein? Das ist in grober Form die wissenschaftsphilosophische Frage nach dem Unterschied zwischen analytischen und synthetischen Sätzen. Man kann die Frage nach der Unterscheidung zwischen analytischen und synthetischen Sätzen aus zwei Blickwinkeln betrachten: von innen oder von außen; für die eigene Sprache oder für die Sprache anderer.<sup>1</sup> In der Außenperspektive fragt sich, welche Sätze einer fremden Sprache als analytisch zu klassifizieren sind; hierbei geht es um die *Beschreibung* einer Sprache, d. h. eines Systems von Sprachgewohnheiten irgendwelcher Sprecher.

In der Innenperspektive gewinnt die Frage nach den analytischen Sätzen eine *normative* Dimension: Welchen Sätzen *darf* ich nicht widersprechen, wenn ich ausgemachten Unsinn vermeiden will? (Die so aus der Innenperspektive ausgezeichneten Sätze bringen auch in anderer Hinsicht ein normatives Element in das Meinungssystem des Sprechers: Sein Meinungssystem muss nicht nur logisch konsistent sein; es darf darüber hinaus nur solche Meinungen enthalten, die logisch konsistent mit allen analytischen Sätzen des Sprechers sind).

Die beiden Perspektiven des Blicks auf die analytischen Sätze – von innen und von außen – schließen sich nicht gegenseitig aus; sie ergänzen und erhellen einander. Man kann vieles, was sich aus der Innenperspektive über die analytischen Sätze sagen lässt, von außen neu formulieren und dadurch einen frischen Blick aufs Thema gewinnen; man tritt dabei gleichsam einen Schritt zurück. Da verzwickte normative Fragen dadurch in den Hintergrund treten und (wie wir sehen werden) von bodenständigen kausalen Fragen abgelöst werden, lässt sich nach dem Perspektiven-

wechsel kontrollierter über das Thema der analytischen Sätze streiten; man kann auf deskriptivem Grund leichter bestimmen, welche Partei den Streit für sich entschieden hat.

Umgekehrt lässt sich das so in der Außenperspektive Gewonnene von innen betrachten, wodurch es für das eigene Nachdenken und Argumentieren an Relevanz gewinnt.

Auf den folgenden Seiten möchte ich im Wechselspiel der beiden Perspektiven ein paar gute Nachrichten über die analytischen Sätze verkünden. Die analytischen Sätze haben gute Nachrichten nötig. Seit einem halben Jahrhundert stehen sie unter philosophischem Beschuss. Außerhalb der Philosophie hat das zwar bislang keine großen Konsequenzen gezeitigt.<sup>2</sup> Aber auf philosophischem Terrain sieht die Lage umso verzweifelter aus. Quines Kritik am *Sinn* der Unterscheidung zwischen Analytischem und Synthetischem beherrscht das Feld; die Schlacht scheint seit langem verloren.<sup>3</sup>

Aber das scheint nur so. Denn das wichtigste Argument Quines gegen die Unterscheidung beruht auf einem Denkfehler. Der Fehler lässt sich mit Blick von innen genauso dingfest machen wie mit Blick von außen. Doch bevor ich dahin komme, will ich Quines Kritik vorführen; auch dies lässt sich aus der Innen- und aus der Außenperspektive tun, und ich werde mit der Innenperspektive anfangen.

## II. Quines Kritik von innen

Quine hat die Unterscheidung (zwischen analytischen und synthetischen Sätzen) in einem ganz bestimmten philosophischen Kontext angegriffen. Er attackierte Russells und Carnaps Hoffnungen auf die analytischen Sätze.<sup>4</sup> Diese Denker wollten die konventionell wahren, analytischen Sätze zur *Rechtfertigung* gewisser anderer Sätze heranziehen: zur Rechtfertigung (als unsicher empfundener) naturwissenschaftlicher Sätze mithilfe von Beobachtungssätzen, die als sicher empfunden wurden. Die analytischen Sätze sollten den Übergang von Beobachtung zu naturwissenschaftlicher Theorie absichern.<sup>5</sup>

Dieser Übergang schien mit Recht problematisch. Wie sollen wir durch Beobachtung irgendwelcher Computerbildschirme (etwa an Teilchenbeschleunigern) jemals zu gesichertem Wissen über Myonen vordringen, die viel zu klein und flüchtig sind, um jemals beobachtet zu werden?



Ließe sich ein analytisches Bikonditional angeben, das rechter Hand von Myonen redet und linker Hand nur Beobachtungsvokabular enthält, dann wäre die Kluft zwischen Beobachtung und Theorie geschlossen – so die Hoffnung von Russell und Carnap, die Quine attackiert hat.

Quines Attacke beruht auf dem Bestätigungs-Holismus, auf der sogenannten Quine/Duhem-These: Ein Satz mit theoretischen Termen – ein Satz aus dem Innern einer Theorie wie z.B. ein Satz über Myonen – lässt sich nicht isoliert vors Tribunal der Erfahrung stellen. Was sich mit Erfahrung konfrontieren, d.h. bestätigen oder widerlegen lässt, sind komplette Theorien, Ganzheiten aus einer Vielzahl theoretischer Sätze, die logisch zusammenhängen.<sup>6</sup>

Laut Quine ist die Hoffnung auf ein analytisches Bikonditional verfehlt, weil uns das Bikonditional erlauben würde, von der Beobachtung einzelner Zeigerausschläge zu theoretischen Behauptungen über Myonen überzugehen. Und mit seiner Kritik hieran liegt Quine offenbar richtig. Denn nehmen wir an, dass wir in einem Experiment andere Zeigerausschläge beobachten, als unsere Theorie voraussagt. Welchen Satz der Theorie sollen wir dann preisgeben? Wir könnten die Annahme preisgeben, dass die verwendeten Messinstrumente einwandfrei funktionieren; wir könnten die allgemeine Theorie der Messinstrumente modifizieren; wir könnten Störeinflüsse postulieren; wir könnten bislang unangefochtene Hintergrundannahmen revidieren; oder wir könnten den Satz verwerfen, den wir erneut hatten bestätigt sehen wollen. Wichtig ist, so Quine, dass uns die Beobachtungen keine eindeutige Entscheidung aufzwingen. Im Lichte widerspenstiger Erfahrungen können wir jeden beliebigen Satz unserer Theorie unverändert beibehalten, wenn wir nur an geeigneten Stellen anderswo die passenden Änderungen vornehmen.<sup>7</sup>

Das spricht zunächst nur gegen den analytischen Reduktionismus. Wieso spricht es gegen die Rede von analytischen und synthetischen Sätzen schlechthin? Auch hier kommt der Holismus der Quine/Duhem-These ins Spiel. Wenn wir im Lichte widerspenstiger Erfahrungen an ganz verschiedenen Stellen zu Änderungen unseres theoretischen Gesamtsystems bewegt werden können, dann ist keiner unserer Sätze *per se* sakrosankt. Es hängt von unseren theoretischen Vorlieben ab (von Fragen der Eleganz, Einfachheit, Sparsamkeit usw.), welche Sätze wir preisgeben und welche wir gegen widerspenstige Erfahrung immunisieren. Und die angeblich analytischen Sätze sind hiervon nicht ausgenommen. Sie bilden keine Extraklasse mit besonderem Status. Umgekehrt gilt laut Qui-

ne: Was wir *de facto* nicht aufzugeben bereit sind, muss noch lange kein analytischer Satz sein.

Die zuletzt formulierte These Quines trifft zu. Sie bildet das Herzstück seiner Kritik an der Unterscheidung zwischen analytischen und synthetischen Sätzen.<sup>8</sup> Um sie zu belegen, möchte ich zwei Beispiele aus der Geschichte der Physik betrachten.

Mein erstes Beispiel entspringt Goethes Protest gegen Newtons Theorie des Lichts und der Farben. Wenn ich recht liege, protestierte Goethe in erster Linie nicht gegen den *Inhalt* der newtonischen Theorie; vielmehr protestierte er gegen Newtons *erkenntnistheoretischen* Anspruch, die Homogenität des weißen Sonnenlichtes *empirisch* widerlegen zu können. Dass sich abstrakte, theoretische Fragen (wie die nach der Zusammensetzung weißen Sonnenlichts) mithilfe von Experimenten allein entscheiden ließen, hielt Goethe für ausgeschlossen.<sup>9</sup> Und das bedeutet, dass sich Goethe berechtigt sah, am folgenden Satz festzuhalten, komme, was wolle:

(1) Das weiße Licht der Sonne ist homogen (also nicht aus verschiedenfarbigen Lichtstrahlen zusammengesetzt).

Obwohl sich dieser Satz gegen widerspenstige Versuchsergebnisse immunisieren lässt (und obwohl ihn Goethe in der Tat gegen sie immunisiert hat), gilt der Satz nicht analytisch; er besagt etwas Informatives über die Welt, sollte also als synthetischer Satz klassifiziert werden.

Dagegen könnten Sie einwenden, dass Goethes Protest gegen Newton keinen Musterfall wissenschaftlicher Rationalität biete. Beruht die Affaire nicht vielmehr auf poetischer Verrücktheit? Hat Goethe nicht die Spielregeln der Wissenschaft in den Wind geschlagen, indem er Newtons Experimente ignorierte? – Nein; Goethe hat Newtons Experimente nicht ignoriert. Er hat deren *Interpretation* zurückgewiesen. Keines der newtonischen Experimente bot einen zwingenden Grund gegen Goethes standfeste Überzeugung, dass weißes Sonnenlicht homogen sei. Gleichgültig, welche Experimente die Newtonianer aufgeboten haben: Goethe vermochte an Satz (1) festzuhalten und alle widerspenstigen Erfahrungen dadurch zu neutralisieren, dass er die Theorie an anderen Stellen nachbesserte. Und er passte seine Theorie weit weniger *ad hoc* an widerspenstige prismatische Versuchsergebnisse an, als gemeinhin gedacht wird. So weist Goethe mit Recht darauf hin, dass Newton ganz bestimmte abstrakte Annahmen über Lichtstrahlen *voraussetzen* muss, wenn er aus

prismatischen Experimenten die Negation des Satzes (1) ableiten möchte, wenn er also experimentell beweisen will, dass gilt:

(-1) Das weiße Licht der Sonne ist nicht homogen, sondern aus verschiedenfarbigen Lichtstrahlen zusammengesetzt.

In der Tat, *Lichtstrahlen* kann man nicht direkt wahrnehmen. Sie sind dafür zu dünn. Was kann man denn in den prismatischen Experimenten sehen? Bunte, weiße oder schwarze *Flecken*, also etwas, das sich in zwei Dimensionen erstreckt.<sup>10</sup> Nichts, was man sehen kann, gibt einen zwingenden Grund dafür her, sich der newtonischen Rede von Lichtstrahlen anzuschließen (die sich nur in einer Dimension erstrecken müssten). Wer sich aber den newtonischen Idealisierungen und Annahmen über Lichtstrahlen widersetzt, dem steht es auch frei, sich der newtonischen Behauptung (-1) zu widersetzen; dem steht es frei, so wie Goethe an der Homogenität des weißen Lichts festzuhalten.

Mehr noch: Selbst wer nichts gegen mathematische Idealisierungen à la Newton einwendet, dem steht es immer noch frei, sich der newtonischen Behauptung (-1) zu widersetzen. Das liegt daran, dass deren Rechtfertigung durch Newton auf weiteren Hintergrundannahmen beruht, die Goethes scharfem Blick nicht entgangen sind. Denn Newton kann seine Behauptung (-1) nur rechtfertigen, weil er (unhinterfragt) voraussetzt, dass Finsternis in den prismatischen Experimenten keine eigene kausale Rolle spielt.<sup>11</sup> Diese Voraussetzung hat mit An- oder Abwesenheit von Störfaktoren zu tun – mit einer Frage, die sich nicht unabhängig von den prismatischen Experimenten klären lässt, um die es geht. Es gibt kein Experiment, das zwingende Gründe zugunsten der Behauptung liefert, dass die newtonischen Experimente (mit viel Dunkelheit bei wenig Licht) rein und ungestört ablaufen, während deren Gegenstücke (mit wenig Dunkelheit bei viel Licht) unrein ablaufen und von Störfaktoren verdorben werden. Es steht Ihnen frei, den Spieß umzudrehen. Es steht Ihnen frei, andere Hypothesen über Störeinflüsse zu postulieren als Newton. Und wenn Sie das tun, so können Sie aus den prismatischen Experimenten ableiten, dass nicht weißes Sonnenlicht heterogen ist, sondern Finsternis!<sup>12</sup>

Kurz und gut, Newtons Versuchsergebnisse allein vermögen nicht festzulegen, welche Theorie über die Zusammensetzung des Sonnenlichts stimmt. Unsere wissenschaftliche Entscheidung ist offen, bis wir Newtons Hintergrundannahmen unterschreiben – bis wir uns auf mathema-

tische Idealisierungen festlegen und auf Annahmen über Störfaktoren. Und da es uns freisteht, uns diesen Idealisierungen und Annahmen zu entziehen, steht uns auch die Ablehnung der newtonischen Theorie (–1) frei.

Ich gebe zu: Es wird insgesamt vernünftiger sein, sich gegen Goethes und für Newtons Theorie des Lichts und der Farben auszusprechen. Warum? Weil Newtons Theorie einfacher, schöner und eleganter ist als Goethes – und weil sie sich besser in unser augenblickliches Weltbild einfügt. Aber selbst wenn dies stimmt, heißt das nicht, dass die Sache allein durch Empirie entschieden ist; anders als Newton gedacht hat. Und das bedeutet: Wer alle prismatischen Experimente Newtons in Augenschein genommen hat und sich *ausschließlich* an empirischen Evidenzen orientieren will, der darf sich immer noch auf Goethes Seite schlagen und an der Homogenität des weißen Lichts festhalten – komme, was wolle. Trotzdem sollte man den unorthodoxen Satz von der Homogenität des weißen Lichts besser nicht als analytischen Satz auffassen; der Satz enthält eine gewagte Behauptung über die Welt, spiegelt also mehr Information wider, als in Wortbedeutungen steckt. Der Satz illustriert und belegt Quines Kritik an *einem* Explikationsvorschlag für den Begriff der analytischen Sätze (dem zufolge alle Sätze analytisch wären, an denen man im Lichte beliebiger Evidenzen festhalten darf).

Mein zweites Beispiel wird Ihnen vielleicht weniger exotisch vorkommen als der Streitfall zwischen Goethe und Newton. Es betrifft einen wissenschaftlichen Satz, der nicht vom bekanntesten deutschen Dichter formuliert wurde, sondern vom bekanntesten deutschen Physiker – von Albert Einstein. Dessen Satz lautet:

(2) Die Welt funktioniert deterministisch.

Dieser Satz ist (unter intuitiver Betrachtungsweise) ganz bestimmt kein analytischer Satz, da er etwas Gehaltvolles über die Welt aussagt. Trotzdem kann mich kein denkbare Experiment dazu zwingen, den Satz aufzugeben. Denn was immer mir die Experimentatoren vorführen: Stets kann ich an diesem Satz festhalten und den widerspenstigen Erfahrungen anderswo Rechnung tragen, notfalls *ad hoc*. Albert Einstein hat das bis ans Ende seines Lebens eisern durchgehalten.<sup>13</sup>

Die angeblich widerspenstigen Erfahrungen können den Satz (2) mithin so wenig antasten wie Goethes Satz (1). An beiden Sätzen darf ich festhalten, komme, was da wolle. In dieser Hinsicht ähneln sie den ana-

lytischen Sätzen. Doch im Lichte all unserer semantischen Intuitionen sollten die beiden Sätze (1) und (2) besser nicht als analytische, sondern als synthetische Sätze klassifiziert werden. *Und daher*, so Quine, *lässt sich die Unterscheidung zwischen Analytischem und Synthetischem nicht dingfest machen.*

Dieser Schluss ist vorschnell. Bislang ist *etwas* weniger gezeigt worden. Es wurde nur gezeigt, dass folgendes Kriterium nicht zur Unterscheidung zwischen analytischen und synthetischen Sätzen taugt:

(D<sub>1B</sub>) Ein Satz heißt *bestätigungs-analytisch*, wenn er bestätigt ist, komme, was wolle (d. h. wenn ich an ihm unter beliebigen Erfahrungen festhalten darf, bzw. wenn keine denkbare Erfahrung den Satz widerlegt).

In dieser Definition habe ich dem Explicandum („analytisch“) einen Vorbau angefügt („bestätigungs-“), um anzudeuten, dass die Definition nur einen Weg weist, wie man den Begriff des analytischen Satzes könnte fassen wollen: einen Weg, den Quine uns in der Tat verbaut hat – mithilfe der Quine/Duhem-These, der These vom Bestätigungs-Holismus.

### III. Wechsel der Perspektive

Fassen wir die Ergebnisse des letzten Abschnittes zusammen. Laut *Bestätigungs-Holismus* bietet die Definition des *bestätigungs-analytischen* Satzes (D<sub>1B</sub>) keine angemessene Explikation des intuitiven Begriffs vom analytischen Satz. Warum nicht? Weil der Begriff des analytischen Satzes enger ist als der des bestätigungs-analytischen Satzes. Die Sätze:

- (1) Das weiße Licht der Sonne ist homogen (also nicht aus verschiedenfarbigen Lichtstrahlen zusammengesetzt),
- (2) Die Welt funktioniert deterministisch,

könnten bestätigungs-analytisch sein; aber sie sind gewiss nicht analytisch.

Lässt sich der Begriff des bestätigungs-analytischen Satzes so verschärfen, dass die vom Holismus herkommenden Schwierigkeiten vermieden werden können? Darüber sagt Quines Argument bislang nichts. Allerdings reicht diese Feststellung nur für ein Unentschieden. Wer die analytischen Sätze verteidigen will, hätte erst gewonnen, wenn er eine

Definition des analytischen Satzes vorlegen kann, die sogar unter den Bedingungen von Quines Bestätigungs-Holismus funktioniert.

Bevor ich das tue, werde ich Quines Beispiel folgen und die Perspektive auf das Problem wechseln. Bislang haben wir uns das Problem im Windschatten des Quine der Zeit von „Two dogmas of empiricism“ (1951) von innen angesehen. Es ging um den epistemischen Wert meiner Erfahrungen, Beobachtungen und Experimente; um die Frage, welche meiner Sätze im Lichte dieser oder jener Erfahrung bestätigt oder erschüttert, bewiesen oder widerlegt wären. Quines Bestätigungs-Holismus hat eine normative Dimension: Ich *darf* Goethe bzw. Einstein folgen und im Lichte noch so widerspenstiger Erfahrungen am Satz (1) bzw. (2) festhalten.<sup>14</sup>

Im Jahrzehnt nach der Veröffentlichung von „Two dogmas“ hat Quine seinen Holismus und seine Kritik an der Unterscheidung zwischen synthetischen und analytischen Sätzen externalisiert. Seit *Word and object* (1960) betrachtet Quine den Sprecher nicht mehr von innen, sondern von außen.<sup>15</sup> Die erkenntnistheoretische, normative Diskussion tritt dadurch in den Hintergrund. Jetzt geht es nicht mehr um die *Rechtfertigung* irgendwelcher Sätze im Lichte irgendwelcher Experimente, Erfahrungen oder Beobachtungen; sondern um die *Beschreibung* der verbalen Reaktionen des Sprechers auf äußere Reize. Behavioristische Beschreibung tritt an die Stelle erkenntnistheoretischer Rechtfertigung.

Durch diesen Übergang ändert sich an der Natur des holistischen Problems nichts, es wird nur neu eingekleidet. Die Kleider des Problems sind nicht mehr aus justifikatorischem Stoff, sondern aus kausalem Stoff gewebt. An die Stelle von (rechtfertigenden) Gründen treten (kausale) Ursachen.

Wieder betrachtet (und verwirft; dazu später mehr) Quine einen Explanationsversuch des analytischen Satzes. Diesmal heißt das Explanans „reizanalytisch“ (anstelle von „bestätigungs-analytisch“):

(D<sub>IR</sub>) Ein Satz ist *reizanalytisch*, wenn der Sprecher dem Satz zustimmt, komme, was wolle (d. h. wenn der Sprecher disponiert ist, dem Satz unter beliebigen Stimulationen zuzustimmen, bzw. wenn keine denkbare Stimulation den Sprecher dazu veranlassen könnte, dem Satz zu widersprechen).<sup>16</sup>

Diese Definition geht durch einen Wechsel der Perspektive aus der ursprünglichen Definition (D<sub>IB</sub>) hervor, nämlich durch folgende Ersetzungen:

bestätigungs-analytisch	→	reizanalytisch
ich (von innen)	→	der Sprecher (von außen)
bestätigt sein	→	Zustimmung auslösen
am Satz festhalten dürfen	→	disponiert sein, dem Satz zuzustimmen.

Da in den beiden Definitionen ein und dieselbe Sache in verschiedener Nuancierung jeweils dreifach gesagt wurde, möchte ich die Definitionen, allerlei Feinheiten außer acht lassend, wie folgt abkürzen:

(D<sub>2B</sub>) Ein Satz heißt *bestätigungs-analytisch*, wenn der Satz bestätigt oder gerechtfertigt ist und wenn es keine denkbare Erfahrung gibt, die den Satz widerlegen würde.

(D<sub>2R</sub>) Ein Satz heißt *reizanalytisch*, wenn der Sprecher dem Satz zustimmt und wenn er durch keine denkbare Stimulation dazu veranlasst würde, dem Satz zu widersprechen.

Hier liegt klar zutage, dass die erste Definition in erkenntnistheoretisch normativem Vokabular dasselbe sagt, was die zweite Definition in behavioristisch deskriptivem Vokabular sagt. Im nächsten Abschnitt wollen wir sehen, wie Quine den neuen behavioristischen Explikationsversuch in holistische Bedrängnis bringt.

#### IV. Quines Kritik von außen

Laut Quine ist Definition (D<sub>2R</sub>) genau wie ihr (im Ergebnis schon erörtertes) Gegenstück (D<sub>2B</sub>) nicht eng genug, um eine angemessene Explikation des Begriffs vom analytischen Satz zu bieten. Um diesen Punkt aus der Außenperspektive hervortreten zu lassen, präsentiert uns Quine ein albernes Beispiel. Ein (normaler) Sprecher wird durch keine denkbare Stimulation dazu veranlasst, dem Satz

(3) Es hat schwarze Hunde gegeben,

zu widersprechen.<sup>17</sup> Denn was auch immer geschieht, die *Hintergrundtheorie* disponiert jeden Sprecher, zuzustimmen, dass es schwarze Hunde gegeben hat. Mit kursiver Schrift habe ich hier das entscheidende Stichwort hervorgehoben: Hintergrundtheorie. Nun mag man es übertrieben finden, hausbackene Annahmen über Hunde sogleich als Hintergrundtheorie zu titulieren. Daher werde ich bald zu einem Beispiel übergehen, wo so ein Titel weniger hergeholt wirkt. Doch auf die Details des Bei-

spiels kommt es jetzt nicht an. In der Tat stützt sich Quines Kritik wieder auf die Quine/Duhem-These, diesmal nicht aus der Innenperspektive („Bestätigungs-Holismus“), sondern aus der Außenperspektive, auf das, was ich „Reizholismus“ nennen möchte:

Ob ein Sprecher einem Satze zustimmt oder nicht, hängt nicht bei allen Sätzen kausal von der augenblicklichen Stimulation des Sprechers ab. Es gibt Sätze (aus dem Inneren der Theorie des Sprechers), für deren Bewertung durch den Sprecher keine einzige Reizmusterfolge kausal relevant ist.<sup>18</sup>

In dieser Fassung ist Quines These (anders als ihre normativ erkenntnistheoretische Vorläuferin) rein deskriptiv; sie bedient sich kausaler Begriffe (anstelle von Begriffen der Rechtfertigung, Bestätigung usw.), und sie spricht über Dritte, nicht über die Erste Person. Das heißt, der Reizholismus geht aus dem Bestätigungs-Holismus durch dieselben Ersetzungen hervor wie die Definition des Reizanalytischen aus der Definition des Bestätigungs-Analytischen.<sup>19</sup>

Diese Parallele legt es nahe, Quines ursprüngliche Kritik (gegen die explikatorische Angemessenheit des Begriffs vom bestätigungs-analytischen Satz, siehe II) aus der Außenperspektive *genau* zu wiederholen. Der Begriff des Reizanalytischen ist nicht eng genug, um unser Explicandum (den intuitiven Begriff des analytischen Satzes) zu treffen.

Um das zu belegen, gehe ich zu meinem ersten Beispiel zurück: Anhand Goethes Protest gegen Newton lässt sich nämlich die philosophische Pointe der Kritik Quines besser herausarbeiten als anhand schwarzer Hunde; Quines Beispiel ist suboptimal. Der folgende Satz war für Goethe reizanalytisch, ohne im intuitiven Sinne als analytisch klassifiziert werden zu können:

(1) Das weiße Licht der Sonne ist homogen (also nicht aus verschiedenfarbigen Lichtstrahlen zusammengesetzt).

Kein denkbares Experiment hätte Goethe dazu veranlasst, diesen Satz preiszugeben.<sup>20</sup> Nichtsdestoweniger hätte Goethe seinen Protest gegen Newton nicht als Streit um Worte aufgefasst. Im Gegenteil, es war ein substantieller Streit, und Goethe ging davon aus, dass er die Wörter in (1) genauso versteht wie seine newtonischen Gegner.

Ich möchte nun einen Begriff beleuchten, der in Quines Überlegungen (aus der Außenperspektive) eine Schlüsselrolle spielt und den ich bislang



kommentarlos eingesetzt habe: den Begriff *veranlasster* Zustimmung bzw. Ablehnung („*prompted dissent*“, „*prompted assent*“). *Veranlassung* ist bei Quine ein kausaler, kein zeitlicher Begriff. Wenn (in Quines Terminologie) eine Reizmusterfolge einen Sprecher dazu veranlasst, einem Satz z. B. zu widersprechen, so heißt das nicht nur, dass der Widerspruch gegen den Satz unmittelbar auf die Reizmusterfolge zeitlich folgt; es heißt zusätzlich, dass der Sprecher dem Satz *wegen* der Reizmusterfolge widerspricht, dass also die Reizmusterfolge kausal zum Widerspruch beiträgt.<sup>21</sup> Betrachten wir ein Beispiel. Wenn der Sprecher einem Satz wie

(4) Die Krokusse blühen,<sup>22</sup>

widerspricht, dann *kann* das an augenblicklich präsenten Reizmusterfolgen liegen, wie sie etwa von farblosen, tristen Blumenbeeten herrühren mögen. (In diesem Fall veranlassen farblose Reizmusterfolgen den Sprecher zum Widerspruch gegen den Satz.) Der Sprecher kann dem Satz aber auch widersprechen, wenn er abends vor dem Kaminfeuer sitzt und draußen keine Blumenbeete mehr erkennt. In diesem Fall geht die pyromanische Reizmusterfolge dem Widerspruch gegen Satz (4) zeitlich voraus, ohne ihn zu verursachen. Sie veranlasst die Urteilsreaktion des Sprechers nicht und wird daher – in Quines Redeweise – „irrelevant“ genannt.<sup>23</sup> Genauer gesagt, ist die Reizmusterfolge irrelevant nur *für* den Satz (4), denn sie ist natürlich höchst relevant für einen geeigneten anderen Satz wie „Das Feuer lodert“.

Was ist die wahre Ursache für Urteilsreaktionen, die nicht von augenblicklich präsenten Reizmusterfolgen veranlasst werden? Quines Antwort: Hintergrundinformation. Im betrachteten Beispiel erinnert sich der Sprecher, der am Kamin sitzt und auf den Frühling wartet, an die vergebliche Suche tagsüber nach Krokusblüten. Oder ihm wird (mitten im Winter) klar, dass es noch nicht an der Zeit für blühende Krokusse ist.

Hintergrundinformation bestimmt unser alltägliches Sprachverhalten weit stärker, als den Sprachphilosophen vor Quine bewusst gewesen ist. Und in den theoretischen Wissenschaften hat Hintergrundinformation noch größeren Einfluss. Nur die allerwenigsten unserer Urteile über wissenschaftliche Sätze werden kausal ausschließlich von dem veranlasst, was wir sehen – oder in Quines Redeweise: von den augenblicklich präsenten Reizmusterfolgen. Die wenigen Sätze, bei denen es sich so verhält, bilden sozusagen die wissenschaftliche Vorhut – Quine nennt sie Beobachtungssätze.<sup>24</sup>

Die meisten wissenschaftlichen Urteile sind keine Beobachtungssätze, beruhen also kausal nicht allein auf Reizmusterfolgen; was Wissenschaftler sagen, wird zum größten Teil von Hintergrundannahmen und Hintergrundinformationen verursacht.

Wie ich hoffe, ist durch meinen Exkurs in Quines Einteilung der verschiedenen Ursachen für wissenschaftliches Sprechen deutlicher geworden, inwiefern Goethes Zustimmung zu dem Satz

- (1) Das weiße Licht der Sonne ist homogen (also nicht aus verschiedenfarbigen Lichtstrahlen zusammengesetzt),

gar nicht von Versuchsergebnissen, Beobachtungen oder Reizmusterfolgen veranlasst zu sein braucht. Goethe beharrt auf dem Satz, weil der für sein Denken über Licht und Farben zentral ist; er stimmt dem Satz zu, komme, was wolle. Der Satz ist in Goethes Sprache reizanalytisch, aber nicht analytisch im intuitiven Sinne.

Dasselbe Resultat kommt bei dem anderen Beispiel heraus, das ich betrachtet habe. Denn der folgende Satz war in Einsteins Sprache reizanalytisch, ohne im intuitiven Sinn analytisch gewesen zu sein:

- (2) Die Welt funktioniert deterministisch.

Keine denkbare Stimulation hätte Einstein dazu veranlasst, dem Satz zu widersprechen.<sup>25</sup> Und doch hätte Einstein seinen Streit mit den Quantenphysikern nicht als bloßen Streit um Worte verstanden. Er glaubte, die in (2) auftauchenden Begriffe genauso zu verwenden wie seine Gegner.

Bis zu diesem Punkte stimme ich Quine zu. Von innen überzeugt mich seine bestätigungs-holistische Kritik am Begriff des bestätigungs-analytischen Satzes; von außen überzeugt mich seine reizholistische Kritik am Begriff des reizanalytischen Satzes. Beide Begriffe sind (aus strukturell denselben Gründen) nicht eng genug, um das zu treffen, was wir „analytisch“ nennen.

Bevor ich meine eigene Strategie gegen Quines holistische Kritik an der Unterscheidung zwischen analytischen und synthetischen Sätzen vorführe, möchte ich ein paar klärende Worte über die dialektische Lage loswerden.

Erstens habe ich Quines Kritik, ganz parallel, aus der normativen Innen- wie aus der behavioristischen Außenperspektive dargestellt. Die Kritik hängt nicht wesentlich von Quines Hinwendung zum Behaviorismus ab. Wäre er bei der ursprünglichen Präsentation seiner Kritik

(aus der Innenperspektive) geblieben, so wäre niemand der Idee verfallen, dass an Quines bedeutungsskeptischen Thesen dessen überzogener Behaviorismus schuld wäre.<sup>26</sup>

Genau deshalb habe ich mich entschlossen, die beiden Perspektiven miteinander zu vergleichen. Ich möchte Sie davon überzeugen, dass Quines Kampf gegen analytische Sätze, gegen den Synonymie-Begriff und überhaupt gegen Bedeutungen nichts zu tun hat mit der behavioristischen Außenperspektive, mit der man Quine üblicherweise in Verbindung bringt. Selbst wenn man von der Außen- in die Innenperspektive zurückwechselt, behalten Quines Überlegungen gegen die analytischen Sätze ihren Schwung.<sup>27</sup>

Zweitens wendet sich Quines Kritik vor allem gegen analytische Sätze mit theoretischen Termen.<sup>28</sup> Da uns die Ideen von Myonen, charmanten Quarks usw. ganz sicher nicht angeboren sind, *kann* gegen Quines Kritik kein Verweis à la Chomsky auf angeborene Denk- und Sprachstrukturen helfen; und zwar einerlei, wie die Details eines solchen Verweises aussehen mögen.

(Und was ist mit dem Satz „Alle Jungesellen sind unverheiratet“? Antwort: Um solche Sätze ist es Quine nicht zu tun. Er hat bereitwillig ein Kriterium vorgeschlagen, dem zufolge *solche* Sätze analytisch sind.)<sup>29</sup>

Drittens. Entgegen einem verbreiteten Missverständnis geht Quines Kritik an der Unterscheidung zwischen analytischen und synthetischen Sätzen *weiter* als seine Kritik am Übersetzungsbegriff.<sup>30</sup> Man darf (so wie ich im nächsten Abschnitt) einen wohldefinierten Begriff des analytischen Satzes vorschlagen, ohne etwas gegen Quines Unbestimmtheit der Übersetzung ausrichten zu können. Die umgekehrte Haltung ist dagegen ausgeschlossen. Wer Übersetzung für wohldefiniert hält, also Synonymien quersprachein (zwischen beliebigen Sprachen  $L_1$  und  $L_2$ ) akzeptiert, hat *a fortiori* auch einen innersprachlichen Synonymiebegriff (setze  $L_1 = L_2$ ) und kann sofort einen Begriff des analytischen Satzes einführen („p ist analytisch, wenn innersprachlich synonym zu  $q \rightarrow q$ “, siehe Quine, 1960, S. 65). Dagegen führt der Begriff des analytischen Satzes zwar sofort zu einem *innersprachlichen* Synonymiebegriff („p und q sind innersprachlich synonym, wenn  $p \leftrightarrow q$  analytisch ist“, siehe Quine, 1960, S. 65), aber dieser Begriff lässt sich nicht automatisch auf Synonymie quersprachein ausdehnen (weil  $p \leftrightarrow q$  Unsinn wird, wenn p und q nicht derselben Sprache angehören.)<sup>31</sup>

Das heißt: Jede Antwort auf Quines Bedeutungskepsis muss Ressour-

cen anzapfen, mit deren Hilfe sich sofort zwischen analytischen und synthetischen Sätzen unterscheiden lässt. Wer Quines Bedeutungskepsis überhaupt etwas entgegensetzen und einfache Themen als erstes behandeln will, muss bei den analytischen Sätzen anfangen. Das werde ich im nächsten Abschnitt tun.

## V. Zwei verbesserte Definitionen

Zeit für die guten Nachrichten, die ich versprochen habe. Meiner Ansicht nach spricht Quines Kritik weder von innen noch von außen gegen die Möglichkeit, die definierten Begriffe so weit zu verschärfen, dass sie auch unter holistischen Bedingungen funktionieren, wie wir uns das vorstellen. Ich führe die Verschärfung zunächst aus der Außenperspektive vor:

(D<sub>3R</sub>) Ein Satz  $p$  heißt *eng reizanalytisch*, wenn für alle Sätze  $t$  (etwa die Hintergrundtheorien des Sprechers) und für alle denkbaren Reizmusterfolgen  $\sigma$  gilt: Würde der Sprecher von  $\sigma$  veranlasst, der Konjunktion ( $p \ \& \ t$ ) zu widersprechen, so würde  $\sigma$  den Sprecher auch zum Widerspruch gegen  $t$  veranlassen.<sup>32</sup>

Zum Warmwerden will ich zeigen, dass alle eng reizanalytischen Sätze auch reizanalytisch im Sinne der Definition (D<sub>2R</sub>) sind. (Das Umgekehrte gilt nicht, wie wir danach sehen werden). Nehmen wir an, es gäbe einen Satz  $p$ , der eng reizanalytisch ist, aber nicht reizanalytisch gemäß Definition (D<sub>2R</sub>). Dann müsste es (wegen mangelnder Reizanalytizität) mindestens eine Reizmusterfolge  $\sigma$  geben, die den Sprecher zum Widerspruch gegen  $p$  führt. Dann würde die Reizmusterfolge  $\sigma$  den Sprecher auch zum Widerspruch gegen die Konjunktion aus  $p$  und dem Satz „Jungesellen sind unverheiratet“ veranlassen. Laut (D<sub>3R</sub>) müsste die Reizmusterfolge  $\sigma$  den Sprecher also auch zum Widerspruch gegen die den Jungesellensatz alleine veranlassen, und solche Sprachgewohnheiten hat kein deutscher Sprecher. Also führt die Annahme, dass  $p$  reizanalytisch, aber nicht eng reizanalytisch ist, zu einem Fehler, und mithin ist die Annahme falsch, Q.E.D.

Jetzt will ich zeigen, dass nicht alle reizanalytischen Sätze eng reizanalytisch sind. Eng reizanalytische Sätze sind laut Definition (D<sub>3R</sub>) solche Sätze, die nicht nur in Isolation nichts über die Welt besagen (insofern sie infolge keiner denkbaren Stimulation abgelehnt werden); darüber hinaus

besagen sie (anders als manche reizanalytischen Sätze, die wir kennengelernt haben) auch in keinem theoretischen Kontext etwas über die Welt. Denn jede Reizmusterfolge, die den Sprecher gegen den eng reizanalytischen Satz *plus Kontext t* votieren lässt, veranlasst den Sprecher laut Definition auch schon zum Widerspruch gegen den Kontext *t* allein. Wer den eng reizanalytischen Satz also in irgendeinen Kontext *t* einbettet, der erhöht dadurch nicht die Widerlegungs-Anfälligkeit der entstehenden Ganzheit. Und wenn ein Satz durch Einbettung in beliebige Kontexte (d. h. durch Konjunktion an beliebige andere Sätze *t*) das so entstehende Ganze niemals für Ablehnung infolge ungünstiger Stimulationen anfälliger macht, dann läuft der fragliche Satz überall leer mit und sagt nichts über die Welt. Kurz, er ist analytisch im intuitiven Sinn.<sup>33</sup>

Um vorzuführen, wie die verbesserte Definition funktioniert, möchte ich zu Goethes Satz zurückgehen:

(1) Das weiße Licht der Sonne ist homogen.

Wie wir gesehen haben, sollten wir den Satz nicht im intuitiven Sinne als „analytisch“ klassifizieren; und wie wir nun sehen werden, ist der Satz auch nicht eng reizanalytisch im Sinne der Definition ( $D_{3R}$ ), genau wie unsere Intuitionen es verlangen.

Wir müssen eine Reizmusterfolge aufweisen, die für einen geeigneten Satz *t* irrelevant ist (jedenfalls wenn man *t* isoliert betrachtet) und die doch hinreicht, um Goethe dazu zu veranlassen, der folgenden Konjunktion zu widersprechen:

(5) Das weiße Licht der Sonne ist homogen, *und t*.

Welche Reizmusterfolge hat die gewünschten Eigenschaften? Versuchen wir es mit den Reizmusterfolgen, die aus Newtons prismatischen Experimenten herkommen. Wie wir in Abschnitt II gesehen haben, bieten Newtons Versuchsergebnisse keinen zwingenden Grund dafür, dass Goethe seinen Satz (1) aufgeben müsste – zumindest, wenn es nur isoliert um Satz (1) geht. Ebenso wenig bieten sie einen zwingenden Grund dafür, dass man sich auf die newtonische Rede von Licht*strahlen* einlassen müsste (was, wie wir gesehen haben, viel zu abstrakt ist, um allein von Erfahrung fixiert zu werden). Und sie bieten keinen zwingenden Grund dafür, irgendeine andere Hintergrundannahme zu unterschreiben, die Newton braucht (etwa über Störeinflüsse, siehe Abschnitt II).

Wiederholen wir diese Überlegung aus der Außenperspektive. Wer

Goethes Sprachverhalten von außen beobachtet, wird zunächst feststellen, dass Goethe seinem eigenen Satz:

(1) Das weiße Licht der Sonne ist homogen,

zustimmt, während er folgenden Sätzen der Newtonianer widerspricht:

(6) Licht besteht aus Lichtstrahlen (die nur in einer Dimension ausgeht sind, entlang ihrer Bewegungsrichtung);

(7) Finsternis spielt keine eigene kausale Rolle in den prismatischen Versuchen (d.h. wer bei diesen Versuchen mit wenig Licht in sonst dunkler Umgebung experimentiert, der erzielt ungestörte Resultate, die von keinen fremden Einflüssen verdorben sind).

Soviel zu Goethes tatsächlichen Urteilsreaktionen auf die Sätze (1), (6) und (7). Werden diese Urteilsreaktionen wirklich von den Reizmusterfolgen, die aus Newtons Experimenten herkommen, *ausgelöst*? Keineswegs! Warum Goethes Zustimmung zum Satz (1) von keiner denkbaren Reizmusterfolge ausgelöst wird, habe ich in Abschnitt IV dargetan. Ich will die damalige Überlegung kurz mit Blick auf die Sätze (6) und (7) wiederholen. Aus der Innenperspektive habe ich schon erklärt, dass die Versuchsergebnisse keinen rational zwingenden Grund zugunsten von (6) oder (7) liefern (Abschnitt II). Aus der Außenperspektive hört sich dieselbe Überlegung so an:

Goethe widersprach den newtonischen Idealisierungen in (6) nicht aufgrund der Reizmusterfolgen, die ihm Newtons Experimente darboten – sondern, weil er philosophiert und über naturwissenschaftliche Methoden nachgedacht hatte.<sup>34</sup> Und dasselbe trifft auf Newtons Annahme (7) über Störeinflüsse zu. Auch hier wurden (wie wir übertreibend annehmen wollen) Goethe *und* Newton genau von denselben Reizmusterfolgen getroffen. Ihr Streit (über die kausale Rolle von Dunkelheit) beruhte nicht auf unterschiedlicher Sinnesreizung; er beruhte darauf, dass sie sich für widerstreitende *Gesamttheorien* aussprechen wollten. Goethe widersprach dem Satz (7), weil er genau dadurch imstande war, an seinem Satz (1) festzuhalten und ihn gegen die widerspenstigen Reizmusterfolgen à la Newton zu immunisieren. Und Newton dürfte dem Satz (7) zugestimmt haben, weil es ihm um theoretische Geschlossenheit zu tun war.

Ich fasse zusammen. Weder in Goethes noch in Newtons Sprache gibt es Reizmusterfolgen, die kausal stark genug wären, um irgendeine Urteilsreaktion auf die Sätze (1), (6) oder (7) auszulösen.

Ganz anders steht es, wenn wir die drei Sätze zu einer kleinen Theorie zusammenfassen, also mit der logischen Konjunktion „und“ miteinander verbinden (sie miteinander konjugieren). Wer geeignete Sätze miteinander konjugiert, der erhöht deren „semantische Masse“, sagt Quine.<sup>35</sup> Weniger metaphorisch klingt diese Einsicht Quines so: Reizmusterfolgen, die für jedes einzelne Konjunktionsglied irrelevant sind, können für deren Konjunktion sehr wohl relevant sein. (Das ist die positive Seite der Quine/Duhem-These). Genau das geschieht in unserem Beispiel. Denn betrachten Sie nur die Konjunktion der Sätze (1), (6) und (7):

- (8) Das weiße Licht der Sonne ist homogen, und Licht besteht aus Lichtstrahlen, und Finsternis spielt keine eigene kausale Rolle in den prismatischen Versuchen.

Wer diesen Satz beurteilen will, braucht dafür keine Hintergrundannahmen; der Satz formuliert sozusagen seine eigenen Hintergrundannahmen. Daher kann er empirisch getestet werden. Und in der Tat, einige der Experimente Newtons führen zu Reizmusterfolgen, die den Widerspruch gegen die Konjunktion (8) auslösen. Darin stimmten Goethe und Newton überein. Beide waren disponiert, der Konjunktion (8) angesichts dessen zu widersprechen, was sie sahen. Doch sie stimmten nicht darin überein, welches der Konjunktionsglieder aus (8) angesichts der Experimente aufgegeben werden müsste. Goethe stimmte dem ersten Konjunktionsglied zu und verwarf die anderen beiden; Newton entschied sich andersherum.

Damit haben wir endlich alles beisammen, um die neue Definition einzusetzen. Zur Erinnerung schreibe ich sie noch einmal auf:

- (D<sub>3R</sub>) Ein Satz *p* heißt *eng reizanalytisch*, wenn für alle Sätze *t* (etwa die Hintergrundtheorien des Sprechers) und für alle denkbaren Reizmusterfolgen  $\sigma$  gilt: Würde der Sprecher von  $\sigma$  veranlasst, der Konjunktion (*p* & *t*) zu widersprechen, so würde  $\sigma$  den Sprecher auch zum Widerspruch gegen *t* veranlassen.

Dass Goethes Satz (1) nicht eng reizanalytisch im Sinne dieser Definition ist, ergibt sich aus den bisherigen Überlegungen mithilfe folgender Erwägung. Gewisse prismatische Reizmusterfolgen würden Goethe veranlassen, dem Satz (8) zu widersprechen (der hier die Rolle der Konjunktion (*p* & *t*) spielt); eben diese Reizmusterfolgen sind aber in Goethes Sprachgewohnheiten irrelevant für die newtonischen Hintergrundannahmen

(6) und (7).<sup>36</sup> Die prismatischen Experimente und Versuchsergebnisse erlaubten Goethe, sich von den newtonischen Hintergrundannahmen zu distanzieren; sie hätten ihm ebenso erlaubt, sich auf diese Annahmen einzulassen.<sup>37</sup>

Im letzten Satz habe ich unversehens die Perspektive gewechselt und die Sache von innen dargestellt. Dadurch hat sich nichts Wesentliches geändert. Denn meine behavioristische Definition (D<sub>3R</sub>) hat ein Gegenstück aus der Innenperspektive:

(D<sub>3B</sub>) Ein Satz *p* heißt *eng bestätigungs-analytisch*, wenn für alle Sätze *t* (etwa für meine Hintergrundtheorien) und für alle denkbaren Erfahrungen  $\phi$  gilt: Würde  $\phi$  gegen Konjunktion (*p* & *t*) sprechen, so würde  $\phi$  auch gegen Satz *t* sprechen (d.h. böte mir  $\phi$  Evidenz gegen (*p* & *t*), so auch gegen *t* allein).

Diese Definition verschärft das Kriterium aus (D<sub>2B</sub>) auf dieselbe Weise wie (D<sub>3R</sub>) das Kriterium aus (D<sub>2R</sub>). Quine hatte die ursprünglichen Kriterien durch den Bestätigungs- bzw. Reizholismus aus dem Spiel geworfen. Dieser Spielzug trifft die Begriffe des *eng* bestätigungs-analytischen Satzes bzw. des *eng* reizanalytischen Satzes nicht. Im Gegenteil, die beiden neuen Definitionen sind eigens für das Spiel auf holistischem Feld eingerichtet. Damit ist Quines Hauptkritik an der Unterscheidung zwischen Analytischem und Synthetischem pariert. Anders als Quine gemeint hat, bietet die Quine/Duhem-These keinen zwingenden Grund, auf die Unterscheidung zu verzichten.

## VI. Analytisch von Beobachtung zur Theorie

Was für Sätze sind denn nun *eng* reiz- bzw. bestätigungs-analytisch? Die ersten Kandidaten wären natürlich logische Tautologien und mathematische Theoreme. Da solche Sätze *eng* reizanalytisch sein sollen (um nur einen unserer neuen Begriffe zu nennen), müssen sich Logiker und Mathematiker beim Sprechen *de facto* nach bestimmten Regeln richten. Tun sie das? Anderswo habe ich zu zeigen versucht, dass wir damit rechnen dürfen – zumindest dann, wenn die fraglichen Sprecher minimalen Rationalitätsbedingungen gehorchen, die letztlich mit Quines Prinzip des Wohlwollens zusammenhängen.<sup>38</sup>

Gibt es außerhalb von Logik und Mathematik weitere Fälle *eng* ana-



lytischer Sätze im Sinn meiner zwei Definitionen? Gibt es analytische Sätze in der Physik? Es würde den Rahmen dieses Aufsatzes sprengen, diese Frage im Detail anhand eines konkreten Beispiels zu bearbeiten. Wer die Frage aus der Außenperspektive beantworten will, müsste das tatsächliche Sprachverhalten der Physiker untersuchen; im Idealfall wäre eine linguistische Feldstudie in den Laboren der Physik-Institute durchzuführen. Das kann ich hier nicht leisten. Der Wissenschaftsphilosoph muss und darf sich damit begnügen, gut begründete Vermutungen über den Ausgang solcher Feldstudien zu formulieren. Seine Aufgabe besteht nicht so sehr darin, herauszufinden, welche Sätze der Physik analytisch sind; vielmehr soll er dieser Frage einen klaren Sinn verleihen.

Die Situation ändert sich, wenn die Frage nach analytischen Sätzen der Physik aus der Innenperspektive zu beantworten ist. Hier ist der Platz für normative Wissenschaftsphilosophie. Im Lichte meiner Definition des eng bestätigungs-analytischen Satzes hat es guten Sinn zu fragen: Ist es vernünftig und zweckmäßig, eine physikalische Theorie so zu strukturieren, dass einige ihrer Sätze analytisch sind, dass sie also in keinem denkbaren Einbettungskontext einen eigenen Beitrag zum empirischen Gehalt des resultierenden Ganzen liefern? Das ist eine normative Frage; nichtsdestoweniger wäre es verantwortungslos und riskant, wenn Wissenschaftsphilosophen sie beantworten wollten, ohne zu wissen, was in der Physik vor sich geht. Ich empfehle also einmal mehr, zwischen den beiden Perspektiven hin- und herzuwechseln.

Weil die Angelegenheit schnell hochkompliziert wird und weil ihre seriöse Behandlung viel Platz verschlingen würde, werde ich mich hier nicht dazu hinreißen lassen, eine dezidierte These über analytische Sätze in der Physik zu verfechten. Trotzdem möchte ich diesen Aufsatz etwas konstruktiver ausklingen lassen als mit dem Geständnis meiner Unwissenheit. Daher erlaube ich mir zum Abschluss eine kleine Spekulation, ohne Netz.<sup>39</sup> Ich vermute, dass Carnap am Ende recht gehabt hat, nicht Quine. Carnap freute sich darüber, dass sich der Beobachtung Gehalt einer Theorie  $t$  mithilfe ihres Ramsey-Satzes  $\text{rams}(t)$  dingfest machen lässt. Der Ramsey-Satz  $\text{rams}(t)$  einer Theorie entsteht durch geschickte Elimination der theoretischen Terme aus  $t$ : Sie werden durch Variable (geeigneten Typs) ersetzt, die wiederum in einer Art Vorspann der Theorie per Existenzquantifikation gebunden werden. Eine Theorie z. B. über Lichtstrahlen (die kein Mensch je gesehen hat) verwandelt sich in einen Satz, dem zufolge es irgendeine Menge an Entitäten  $L$  *gibt* mit allerlei

Eigenschaften (die ihrerseits nicht allesamt beobachtbar sein müssen, sondern zum Teil esoterisch sind wie z. B. der infinitesimal kleine Radius der Elemente aus L). Kurz, der Ramsey-Satz tut nicht einmal so, als müsse ihr Benutzer die theoretischen Entitäten kennen, von denen die Theorie spricht.

Was ist damit gewonnen? Das will ich jetzt erklären. Zunächst: Der Ramsey-Satz der Theorie  $t$  ist im allgemeinen eine existenzquantifizierte *Konjunktion* offener Sätze (da bereits  $t$  selber eine Konjunktion aus Axiomen, Postulaten, Hintergrundannahmen usw. sein wird). Und Konjunktionen im Regierungsbereich eines Existenzquantors können starke Konsequenzen nach sich ziehen; stärkere Konsequenzen als bei Existenzquantifikation der einzelnen Konjunktionsglieder. So ist der überraschende Satz „Es gibt lila Kühe – also Objekte, die lila sind *und zugleich* Kuh“, weit stärker als die banale Konjunktion „Es gibt lila Objekte, und es gibt Kühe“. Der erste Satz ist deshalb stärker als der zweite, weil der erste die Existenz *ein und desselben* Objekts mit *zwei* Eigenschaften fordert, während der zweite Satz schon wahr wird, wenn die fraglichen Eigenschaften über zwei Objekte verstreut sind. Das illustriert, wie durch holistische Ansammlung von Konjunktionsgliedern im Regierungsbereich eines Existenzquantors kritische semantische Masse erreicht werden könnte. Der Ramsey-Satz einer Theorie ist also im allgemeinen stärker als die Konjunktion der Ramsifikationen derjenigen Sätze, aus denen die Theorie besteht.

Mehr noch: Wie sich zeigen lässt, hat der Ramsey-Satz der Theorie  $t$  genau denselben empirischen Gehalt wie  $t$  – sagt Ramseys Theorem.<sup>40</sup> Dennoch ist der Ramsey-Satz logisch schwächer als die Theorie, denn die Theorie redet ausdrücklich über unbeobachtbare Entitäten, während der Ramsey-Satz sozusagen nur ins Blaue hineinquantifiziert (und sogar stimmen könnte, wenn es mathematische Objekte<sup>41</sup> oder Göttinger Bierseidel mit den gewünschten Eigenschaften geben würde).

An dieser Stelle kommt Carnaps genialer Schachzug. Er fragt, welchen Satz man zum nackten Ramsey-Satz hinzufügen muss, um die gesamte Theorie ableiten zu können. Der schwächste Satz mit dieser Eigenschaft ist der sogenannte Carnap-Satz der Theorie  $t$ :

$$\text{rams}(t) \rightarrow t.$$

Er formuliert sozusagen das, was zum theoriefreien Beobachtungsgehalt der Theorie noch hinzukommt. So liegt es nahe zu vermuten: Das, was

abgesehen von ihrem Beobachtungsgehalt zusätzlich in einer Theorie steckt, sind Bedeutungsregeln – Konventionen zum Gebrauch der theoretischen Terme. Verhielte es sich so, dann müsste der Carnap-Satz der Theorie am Ende ihren begrifflichen (analytischen) Anteil ausdrücken; und zwar selbst unter den holistischen Bedingungen der Quine/Duhem-These. Kurz, genau wie Carnap gemeint hat, müsste im Falle hinreichend komplexer Theorien  $t$  der Konditionalsatz:

$$\text{rams}(t) \rightarrow t,$$

analytisch sein. Er wäre in meiner Terminologie, die Carnap nicht zur Verfügung hatte, eng reiz- bzw. bestätigungs-analytisch.

Bei Carnap nimmt die Affaire eine suboptimale Wendung. Er benutzt die Carnap-Sätze, um den Begriff des analytischen Satzes zu explizieren. Dass Carnap-Sätze analytisch sind, wäre dann selber kraft Konvention wahr, tautologisch; es wäre keine inhaltlich interessante These. Ich finde es attraktiver, auf nicht-tautologische Weise zu behaupten, dass die Carnap-Sätze analytisch *im Sinne meiner Explikationen* sind. Diese Explikationen sind unabhängig von dem Gedankengang, den ich eben vorgeführt habe; sie gehen ihm voraus.<sup>42</sup>

Nehmen wir einmal an, es stimmt, dass der Carnap-Satz einer Theorie analytisch ist. Dann kann die Theorie  $t$  in zwei Komponenten zerlegt werden, erstens in eine begriffliche Komponente und zweitens in den Rest, der den beobachtbaren Inhalt der Theorie ausmacht. Das bedeutet für die Rechtfertigung unserer Theorien, die von unbeobachtbaren Entitäten handeln: Man kann zuerst empirische Evidenzen zugunsten von  $\text{rams}(t)$  direkt beobachten, und wer solche Evidenzen beobachtet hat, darf danach mithilfe des analytischen Carnap-Satzes

$$\text{rams}(t) \rightarrow t,$$

auf die Theorie selber schließen. Dieser Sicht zufolge wäre Abduktion unter bestimmten Bedingungen ein *begrifflich* vermittelter Schluss.<sup>43</sup>

Selbst wenn das alles stimmen sollte, würde der vorgeführte Übergang von Beobachtung zur Theorie nicht isoliert funktionieren;  $t$  ist im allgemeinen eine hochkomplexe Konjunktion aus vielen Sätzen, die viele theoretische Terme enthalten und sich *nicht einzeln* auf Beobachtung stützen lassen. Das bedeutet: Quines Kritik am analytischen Reduktionismus bleibt unangetastet.

Und die analytischen Sätze sind nicht sakrosankt. Sprecher können

beim Übergang von einer Theorie zur nächsten sehr wohl ihre analytischen Sätze preisgeben, etwa infolge einer wissenschaftlichen Revolution.<sup>44</sup> In diesem Fall akzeptieren die Sprecher eine neue Theorie  $t^*$ , die nicht nur mit der alten Theorie  $t$  unvereinbar ist, wie bei jedem Meinungswechsel, sondern auch mit dem schwächeren, analytischen Satz ( $\text{rams}(t) \rightarrow t$ ). In diesem Fall wurde der Meinungswechsel von einem Wandel in der Sprache begleitet; das ist nicht der Normalfall.

Wie ist es möglich, dass wir im Rahmen der holistischen Annahmen Quines imstande sind, Sprach- und Meinungswechsel auseinanderzuidividieren, wenn doch laut Holismus alles mit allem zusammenhängt? Auf diese Frage habe ich zwei Antworten.

Erstens, der Holismus sagt nicht, dass alles ununterscheidbar ist. Zum Beispiel sagt er nicht, dass eine theoretische Ganzheit dieselben Eigenschaften hat wie diejenige Ganzheit, die sich ergibt, wenn man ihr einen weiteren Satz hinzufügt: Beim Zusammenfügen von Sätzen kann kritische semantische Masse entstehen, wie Quine das nennt; das ist die positive Seite der Quine/Duhem-These.<sup>45</sup> Genau das habe ich in meinen beiden Definitionen ausgenutzt. Quines Fehler bestand darin, die positive Seite seiner eigenen Lehre zu übersehen.

Zweitens habe ich (z.B.) den Begriff des eng reizanalytischen Satzes auf die Gesamtheit der verbalen Dispositionen des Sprechers *zu einem gegebenen Zeitpunkt* zurückgeführt. (Die Dispositionen lassen sich zwar nicht alle zu ein und demselben Zeitpunkt *ermitteln*; aber sie sind auch da, wenn sie gerade nicht aktualisiert werden). Diese Gesamtheit der Dispositionen betrifft die verrücktesten Zusammenstellungen von Sätzen; natürlich ändern sich die einzelnen Dispositionen dauernd. (Wer z.B. von der Heirat eines entfernten Bekannten erfährt, der wird andere Dispositionen zur Reaktion auf den Satz „Sieh da, ein Junggeselle!“ zeigen, als er vorher gezeigt hätte; das allein macht keinen Sprachwandel aus).

Aber aus dem dispositionellen Chaos eines Sprechers lassen sich bestimmte Fixpunkte extrahieren – etwa die eng reizanalytischen Sätze, deren plötzliche Verwerfung die Gesamtheit der Dispositionen auf tiefgreifende und ganz andere Weise verändert als der normale Lauf der Dinge. Wenn in der Sprache eines Sprechers zu einem Zeitpunkt andere Sätze eng reizanalytisch sind als zu einem anderen Zeitpunkt, dann hat sich seine Sprache verändert.<sup>46</sup>

Ich habe meine letzte Antwort aus der Außenperspektive gegeben, anhand von Stimulationen, Dispositionen und anhand des Begriffs vom

eng reizanalytischen Satz. Wie die Antwort aus der Innenperspektive aussehen würde: das herauszufinden, überlasse ich meinen Leserinnen und Lesern.<sup>47</sup>

### Anmerkungen

- 1 Um der Kürze willen möchte ich im folgenden nur die *Wissenschaftssprachen* als „Sprachen“ ansprechen. (Der Grund für diese Beschränkung wird in den Abschnitten II und IV deutlicher zutage treten).
- 2 So auch Horwich, 1992, S. 95.
- 3 Siehe Quine, 1976 (1936), Quine, 1961 (1951), Quine, 1960, Kapitel 2 und Quine, 1976 (1962).
- 4 So auch Horwich, 1992, S. 102/3.
- 5 Siehe Russell, 1951 (1914); Carnap, 1979 (1928). In späteren Schriften hat Carnap den eher schlichten – aber strengen – analytischen oder definitivischen Reduktionismus aus dem *Logischen Aufbau der Welt* (Carnap, 1979 (1928)) modifiziert und durch raffiniertere, aber laxere Sichtweisen ersetzt (Carnap, 1936/37, Carnap, 1956 (1952), Carnap, 1956, Carnap, 1975 (1958)). So ist der gereifte Carnap bereit, Wissenschaftssprachen zu akzeptieren, die nicht vollständig interpretiert werden können: „Thus, if we wish to introduce a new term into the language of science, we have to distinguish two cases. If the situation is such that we wish to fix the meaning of the new term once for all, then a definition is the appropriate form. On the other hand, if we wish to *determine the meaning* of the term at the present time for *some cases only*, leaving its further determination for other cases to decisions which we intend to make step by step, on the basis of empirical knowledge which we expect to obtain in the future, then the method of [non-analytic – O.M.] reduction is the appropriate one, rather than that of definition“ (Carnap, 1936/37, S. 449, mein Kursivdruck; vergl. Carnap, 1956, S. 67 sowie Carnap, 1975 (1958), S. 79 *et passim*; ein ausdrücklicher Widerruf der Position aus dem *Aufbau* findet sich z. B. in Carnap, 1936/37, S. 464; vergl. Carnap, 1956, S. 39, S. 42, S. 48). Diese Verfeinerungen der Position Carnaps hat Quine in seiner Carnap-Kritik nirgends mit der wünschenswerten Akkuratessse berücksichtigt. Dass Carnaps Positionen oft missverstanden worden sind, hat auch terminologische Ursachen. Wer z. B. bei Ausdrücken wie „Reduktion“ immer gleich semantisch-analytische Assoziationen mitschwingen hört, dem entgeht leicht Carnaps ausdrücklicher und höchst holistischer Hinweis, dass manche Reduktionsätze (*zusammengenommen*) synthetische Konsequenzen haben, also nicht als analytische Reduktionsvorschläge ohne faktischen Gehalt verstanden werden können (siehe Carnap, 1936/37, §7–10, insbes. S. 444/5, S. 450/1; vergl. Carnap, 1956 (1952), S. 228).
- 6 Vergl. Duhem, 1978 (1906), S. 245–49, S. 266/7, S. 276, S. 290 und Quine, 1961 (1951), S. 41/2; Quine, 1960, S. 64; Quine, 1975, S. 313; Quine, 1981, S. 70/1; Quine, 1990, S. 10/1; Quine, 1992 (1990), S. 13/4; Quine, 1991, S. 268, S. 272.

- 7 Quine, 1961 (1951), S. 43. Überraschenderweise gibt es viele ähnliche Passagen beim späten Carnap, siehe z.B. in Carnap, 1956, S. 68. Anderswo habe ich vorgeführt, dass sogar schon Schlick erstaunlich holistische Überlegungen in der Erkenntnistheorie verfochten hat (siehe O.M., 2008b, Abschnitt III).
- 8 Quine, 1961 (1951), S. 43. Die zuvor erwähnte These Quines findet sich an derselben Stelle; sie bildet gleichsam das Komplement der These, um die es mir zu tun sein wird. Jene komplementäre These besagt: Was analytisch gilt und angeblich gegen Erfahrung immun ist, kann genauso revidiert werden wie der ganze Rest – wenn nur das entstehende Gesamtsystem besser, eleganter, einfacher, sparsamer usw. zu den Erfahrungen passt als sein Vorgänger. Ich werde dieser komplementären These im letzten Abschnitt *en passant* Tribut zollen.
- 9 Siehe z.B. Goethe, 1958 (1810), § 30.
- 10 Siehe z.B. Goethe, 1958 (1810), § 217.
- 11 Siehe z.B. Goethe, 1958 (1810), § 253, § 506 *et passim*.
- 12 Das ist die Hypothese von der Heterogenität der Finsternis. Ich sage anderswo mehr darüber (siehe O.M., 2007, Abschnitte 6 bis 10 sowie O.M., 2008a, Abschnitt IV).
- 13 Anderswo diskutiere ich das Beispiel aus der Außenperspektive (O.M., 1998a, §9.2off).
- 14 Eine zusätzliche normative Tönung bekommt die Quine/Duhem-These des Bestätigungs-Holismus, wenn man sich klarmacht, dass sie den Wissenschaftlern *empfiehlt*, nicht den Vorschriften von Reduktionismus (oder Operationalismus) zu folgen, sondern freier mit der eigenen Sprache umzugehen und notfalls auch irgendwelche Definitionen umzustoßen. So war Einstein im Lichte der Quine/Duhem-These berechtigt, die angeblich analytische (weil stipulativ etablierte) Impulsgleichung Newtons zu verwerfen. Siehe dazu O.M., 1996. Carnap hat in dieser Sache ebenfalls holistisch argumentiert, indem er zwischen (starrer) Definition und (flexiblerer) Reduktion unterschied (Carnap, 1936/37, § 10).
- 15 Siehe Quine, 1960, Kapitel 2. Wie die beiden Perspektiven zusammenhängen, steht in Quine, 1960, S. 64.
- 16 Quine, 1960, S. 66. Quine benutzt den englischen Ausdruck „stimulus-analytic“.
- 17 „There have been black dogs“ (Quine, 1960, S. 66). In diesem Satz gehen viele Probleme durcheinander; erstens hat er mit Hintergrundinformation über die Vergangenheit zu tun (was wegen der Verbform im *present perfect*, die keine deutsche Entsprechung hat, gar nicht leicht zu verstehen ist), zweitens mit Reizbedeutungsverlusten aufgrund von Existenzquantifikation. Warum uns das Beispiel trotzdem nicht in Quines Bedeutungskepsis zu treiben braucht, habe ich anderswo entfaltet (O.M., 1998a, § 6.21–§ 6.26).
- 18 Quine, 1960, S. 64.
- 19 Quine, 1960, S. 64.
- 20 Für meine augenblicklichen Zwecke spielt es keine große Rolle, ob diese Behauptung die Überzeugungen des historischen Goethe trifft, zuspitzt oder verzerrt.

- 21 Dass sie dazu nur „beiträgt“, hängt damit zusammen, dass es noch andere Teilursachen gibt, die gleichfalls kausal zum Widerspruch beitragen; z.B. die Formulierung der Frage, die den Widerspruch allererst auf sich zieht. Siehe Quine, 1960, S. 32–37, S. 62–64.
- 22 Quines Beispiel, siehe Quine, 1960, S. 36.
- 23 Quine, 1960, S. 36.
- 24 „Observation sentences“, siehe Quine, 1960, S. 40–42.
- 25 Wiederum spielt es für unsere Zwecke keine Rolle, ob das den historischen Einstein trifft, zuspitzt oder verzerrt.
- 26 So ähnlich Harman, 1969, S. 22/3.
- 27 Dasselbe trifft auf Quines Überlegungen gegen den Synonymie-Begriff zu – ein Thema, das ich in diesem Aufsatz ausblenden muss. Mehr dazu in O.M. (2002), S. 252–255.
- 28 Siehe Quine, 1991, S. 271 und Putnam, 1975 (1962), S. 62.
- 29 Siehe Quine, 1974, S. 78–80, Quine, 1991, S. 270/1. Vergl. auch Quine, 1976 (1962), S. 129.
- 30 Siehe O.M., 1998a, § 5.5–§ 5.6.
- 31 Entsprechend Quine, 1992 (1990), S. 53.
- 32 Eine weitere Verschärfung der Definition biete ich anderswo an (O.M., 1998a, § 9.27). Welche Sätze kommen für *t* in Betracht? Die Definition redet von *allen* Sätzen *t*, und daher ist es leichter, die Erfüllung des Kriteriums zu widerlegen als nachzuweisen. Doch es hat wenig Sinn, wirklich alle Sätze in den Blick zu nehmen. So sind am Ende nur diejenigen Sätze relevant, in denen einige der theoretischen Terme des Satzes *p* wieder auftauchen. Nur durch *gemeinsame* theoretische Terme kann kritische semantische Masse entstehen.
- 33 Ganz im holistischen Geiste verfiert der späte Carnap fast dieselbe Überlegung, allerdings nicht zugunsten des Begriffs der analytischen Sätze (sondern zugunsten des Signifikanzbegriffs) und nicht aus der Außenperspektive (sondern aus der Innenperspektive): „If  $S_O$  [an observational sentence – O.M.] can be deduced from the four premises  $S_M$ ,  $S_K$ ,  $T$ , and  $C$ , while it cannot be deduced from  $S_K$ ,  $T$ , and  $C$  alone, then the sentence  $S_M$  makes a difference for the prediction of an observable event, and therefore has observational significance“ (siehe Carnap, 1956, S. 50). Die Signifikanz-Definitionen  $D_1$  und  $D_2$ , die Carnap auf diesem Grundgedanken aufbaut, sind zu verzwickelt, um hier erörtert werden zu können (Carnap, 1956, S. 51). Ich vermute, dass sich die Definitionen (in denen Signifikanz schrittweise, Term für Term, erklärt wird), nicht eng genug am Holismus orientieren. Es wäre reizvoll zu untersuchen, ob sie sich in eine geeignete Definition des analytischen Satzes ummünzen lassen.
- 34 Siehe Goethe, 1958 (1810), § 290–§ 298.
- 35 Siehe Quine, 1992 (1990), S. 17.
- 36 Die Hintergrundtheorie *t* aus der Definition wird hier also wiederum von einer Konjunktion gebildet, von der Konjunktion aus (6) und (7). Streng genommen habe ich nicht gezeigt, dass die fraglichen Reizmusterfolgen irrelevant für die *Konjunktion* aus (6) und (7) sind; ich habe nur gezeigt, dass sie *einzelne* irrelevant für (6) bzw. (7) sind. Doch was ich also – streng

- genommen – noch zeigen müsste, lässt sich leicht nachholen. Die Konjunktionsglieder haben keine entscheidenden theoretischen Ausdrücke gemein. Erst durch Konjunktion mit einem weiteren geeigneten Satz wie (1) entsteht kritische semantische Masse. Siehe nächster Abschnitt.
- 37 Anderswo habe ich behauptet, dass es sich mit Einsteins Satz (2) genauso verhält wie mit Goethes Satz (1), siehe O.M., 1998a, §9.20/1. Hans Rott hat dieser Behauptung (im elegraphischen Austausch) so starke Argumente entgegengesetzt, dass ich eingesehen habe: Bislang bin ich diesem schwierigen Beispiel nicht gerecht geworden.
- 38 Siehe O.M., 1998a, §10.13–§10.17.
- 39 Zum Folgenden siehe Carnap, 1975 (1958), S. 81–84, Carnap, 1966, S. 270–272 sowie meine ausführliche Diskussion in O.M., 1998a, §11.4–§11.12.
- 40 Für den Beweis siehe Stegmüller, 1970, S. 409–411.
- 41 Ähnlich Carnap, 1975 (1958), S. 81, S. 83.
- 42 Ein anonymes Gutachter hat Carnap gegen diese Kritik in Schutz genommen und darauf verwiesen, dass Carnaps Explikation des analytischen Satzes (z.B. in Carnap, 1975 (1958), S. 84) auf einer Auffassung der analytischen Sätze beruht, für die wesentlich sei, dass analytische Sätze nicht zur Vorhersage von Beobachtungssätzen verwendet werden können. In der Tat bietet Carnap dieses Vorverständnis des Explicandums auf, um seine Explikation zu motivieren (Carnap, 1975 (1958), S. 83). Doch dies Vorverständnis reicht nicht, um ein eigenes Kriterium (eine Definition oder Explikation) für analytische Sätze zu liefern. Das Kriterium wäre zu lax; und zwar wieder aus holistischen Gründen. Denn es gibt (intuitiv betrachtet) nicht nur analytische, sondern auch *synthetische* Sätze, die keinerlei Beobachtungssätze vorherzusagen erlauben. Zum Beispiel folgt auch aus dem Satz „Es gibt Elektronen“ – isoliert von anderen Sätzen – keine Vorhersage von Beobachtungssätzen. Solche Sätze hätte Carnap sicher nicht analytisch nennen wollen.
- 43 Siehe O.M., 1998a, §12.3. Wie weit diese Sicht der Dinge dem späten Carnap entgegenkommt, lässt sich nicht leicht sagen. Um die Interpretation theoretischer Terme nicht völlig unbestimmt zu lassen, begnügte sich Carnap an vielen Stellen seiner späten Schriften mit dem, was er „C-Postulate“ nannte, das sind Korrespondenzpostulate, in denen Beobachtungsterme und theoretische Terme vorkommen, die aber nicht analytisch zu sein brauchen (siehe z. B. Carnap, 1975 (1958), S. 79 *et passim*). Sie dienen laut Carnap sowohl zur Ableitung von Beobachtungssätzen aus theoretischen Sätzen *als auch – umgekehrt – zur Ableitung von theoretischen aus Beobachtungssätzen* (siehe z. B. Carnap, 1956, S. 46/7). Wenn man nun diese Postulate C mit allen rein theoretischen Postulaten T konjugiert, dann bekommt man *eine* Repräsentation der fraglichen Theorie; Ramsey- und Carnap-Satz jener Konjunktion C & T ließen sich demzufolge als ableitbare Theoreme der Theorie verstehen. Aber eine gleichwertige Repräsentation der Theorie ergibt sich, wenn man umgekehrt vorgeht, also Ramsey- und Carnap-Satz als Postulate der Theorie auffasst; dann lassen sich C und T als ableitbare Theoreme verstehen (Carnap, 1975 (1958), S. 83/4). Zwar mag es bei nähe-



rem Hinsehen seltsam scheinen, den *Ramsey-Satz* als Postulat aufzufassen statt als Beobachtungssatz; aber das hat vielleicht mit den exaltierten Quantifikationen zu tun, mit denen der Ramsey-Satz anhebt und die den Satz in der Tat ein Stück vom Beobachtbaren entfernen. (Mehr zu diesem Thema in Carnap, 1936/37, S. 20-33, Carnap, 1956, S. 42/3, Carnap, 1975 (1958), S. 77/8). Vielleicht sollte man den Ramsey-Satz nur *prinzipiell* beobachtbar nennen. Ich möchte dies knifflige Thema auf sich beruhen lassen, um den Blick auf etwas anderes freizubekommen: Was für ein Postulat ist der *Carnap-Satz* einer Theorie? Da der Carnap-Satz sowohl theoretische als auch Beobachtungsterme enthält, müsste Carnap ihn als C-Postulat durchgehen lassen. Und da dieser Satz genau den Übergang vom *prinzipiell* beobachtbaren Ramsey-Satz zur unbeobachtbaren Theorie erlaubt, und da er obendrein analytisch ist, könnte man am Ende Carnap doch so interpretieren, als hätte er sich implizit für Abduktion als begrifflich vermittelten Schluss aussprechen wollen. Allerdings funktioniert dieser Gedanke nur für (nahezu) abgeschlossene Theorien mit hoher oder sogar maximaler semantischer Masse, also bei statischer Betrachtung, am Ende der wissenschaftlichen Entwicklung. Solange wir unsere Theorie noch Schritt für Schritt aufbauen müssen, solange kennen wir weder deren Ramsey- noch deren Carnap-Satz; und solange sind Carnaps C-Postulate (die im allgemeinen nicht analytisch sind) das einzige, was wir für den Übergang von Beobachtung zur Theorie haben. Dem späten Carnap scheint diese dynamische Betrachtung näher gelegen zu haben als die statische. Das ist offenbar der Grund dafür, dass sich Carnap immer wieder gegen die endgültige und vollständige Interpretierbarkeit theoretischer Terme ausgesprochen hat (z. B. Carnap, 1975 (1958), S. 67).

44 Siehe O.M., 1996.

45 Quine, 1992 (1990), S. 17.

46 Muss dieser Sprachwandel immer mit inhaltlichem Meinungswandel (über Beobachtbares) einhergehen, wie im Fall wissenschaftlicher Revolutionen? Nein; nehmen wir einen Sprecher, der überall in seiner Theorie die Wörter „Elektron“ und „Proton“ austauscht und so eine permutierte Fassung  $\text{perm}(t)$  seiner ursprünglichen Theorie  $t$  einsetzt. Bei diesem Wechsel bleibt der empirische Gehalt der Theorie logisch unverändert;  $\text{rams}(p)$  und  $\text{rams}(\text{perm}(t))$  sind logisch äquivalent. Aber der ehemalige analytische Satz  $\text{rams}(t) \rightarrow t$  wird beim Wechsel zur permutierten Theorie durch einen ihm widersprechenden Satz  $\text{rams}(t) \rightarrow \text{perm}(t)$  ersetzt. – Zugegeben, diese Art des Bedeutungswandels kommt in der Praxis nicht vor. Ich prognostiziere: Ein Physik-Student wird im Examen durchfallen, wenn er eine Permutation der allgemein akzeptierten Theorie verlauten lässt und sich dann damit herauszureden sucht, dass die Permutation denselben empirischen Gehalt habe wie die akzeptierte Theorie, also genauso gut bestätigt sei. Warum wäre es richtig und vernünftig, ihn durchfallen zu lassen, obwohl er sich keinen empirischen Fehler hat zuschulden kommen lassen? Meine Antwort: Er hat in der Physik keinen Platz, solange er einige theoretische Terme anders verwendet als in seinem Fach üblich, solange er also die Sprache des Fachs nicht beherrscht.

- 47 Dank an Isaac Levi für strenge und klare Kritik zu einer früheren englischen Fassung dieses Aufsatzes. Er hat mich dazu bewogen, viel expliziter zu werden, als ich geplant hatte. (Dennoch dürfte er mit dem Ergebnis unzufrieden sein). Dank an Hans Rott für lehrreiche Eilegramm-Wechsel über Analytizität sowie an einen anonymen Gutachter für den nur zu berechtigten Hinweis darauf, dass Carnap weit raffinierter argumentiert hat, als Quine-Leser denken könnten. Ich danke Matthias Herder und Stephan Naguschewski für Hilfe bei der Endredaktion.

### Literatur

- Carnap, Rudolf, 1936/37: Testability and meaning. In: *Philosophy of Science* Vol. 3 No. 4, S. 419–471, fortgesetzt in: *Philosophy of Science* Vol. 4 No. 1, S. 1–40
- Carnap, Rudolf, 1956 (1952): Meaning postulates. In: Carnap, Rudolf: *Meaning and necessity. A study in semantics and modal logic*. Chicago: The University of Chicago Press, second edition, S. 222–229
- Carnap, Rudolf, 1956: The methodological character of theoretical concepts. In: Feigl, Herbert; Scriven, Michael (Hrsg.): *The foundations of science and the concepts of psychology and psychoanalysis*. (= *Minnesota Studies in the Philosophy of Science* I). Minneapolis: University of Minnesota Press, S. 38–76
- Carnap, Rudolf, 1966: *Philosophical foundations of physics. An introduction to the philosophy of science*. (Herausgegeben von Martin Gardner). New York: Basic Books
- Carnap, Rudolf, 1975 (1958): Observational language and theoretical language. In: Hintikka, Jaako (Hrsg.): *Rudolf Carnap, logical empirist. Materials and perspectives*. (= *Synthese Library* Vol. 73). Dordrecht: Reidel, S. 75–85
- Carnap, Rudolf, 1979 (1928): *Der logische Aufbau der Welt*. Frankfurt: Ullstein
- Duhem, Pierre, 1978 (1906): *Ziel und Struktur der physikalischen Theorien*. (Autorisierte Übersetzung aus dem Französischen von Friedrich Adler). Hamburg: Meiner
- Goethe, Johann Wolfgang von, 1958 (1810): *Zur Farbenlehre, polemischer Teil*. Leopoldina Ausgabe, Erste Abteilung, Band 5. (= Die Schriften zur Naturwissenschaft. Herausgegeben (im Auftrag der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina) von Rupprecht Matthaer, Willhelm Troll, K. Lothar Wolf). Weimar: Hermann Böhlau Nachfolger

- Harman, Gilbert, 1969: An introduction to 'Translation and meaning', chapter two of 'Word and object'. In: Davidson, Donald; Hintikka Jaakko (Hrsg.): *Words and objections: Essays on the work of W. V. Quine*. Dordrecht: Reidel, S. 14–26
- Horwich, Paul, 1992: Chomsky versus Quine on the analytic-synthetic distinction. In: *Proceedings of the Aristotelian Society* XCII Part 1, S. 95–108
- Müller, Olaf, 1996: Trivialisert die Annahme analytischer Sätze den wissenschaftlichen Fortschritt? In: Hubig, Christoph; Poser, Hans (Hrsg.): *Cognitio Humana – Dynamik des Wissens und der Werte. XVII. Deutscher Kongreß für Philosophie*, Leipzig 1996. (Zwei Bände). Leipzig: Allgemeine Gesellschaft für Philosophie, S. 603–610
- Müller, Olaf, 1998a: *Synonymie und Analytizität: Zwei sinnvolle Begriffe. Eine Auseinandersetzung mit W. V. O. Quines Bedeutungskepsis*. Paderborn: Schöningh
- Müller, Olaf, 1998b: Does the Quine-Duhem thesis prevent us from defining analyticity? On fallacy in Quine. In: *Erkenntnis* 48 No. 1, S. 81–99
- Müller, Olaf, 2002: Holistische Stolpersteine in der Bedeutungslehre? Plädoyer gegen Quine und Davidson. In: *Facta Philosophica* 4, Heft 2, S. 239–270
- Müller, Olaf, 2007: Goethes philosophisches Unbehagen beim Blick durchs Prisma. In: Glasauer, Stefan; Steinbrenner, Jakob (Hrsg.): *Farben. Betrachtungen aus Philosophie und Naturwissenschaften*. Frankfurt / Main: Suhrkamp, S. 64–101
- Müller, Olaf, 2008a: Die Neuvermessung der Farbenwelt durch Ingo Nussbaumer. In: Nussbaumer, Ingo: *Zur Farbenlehre. Entdeckung der unordentlichen Spektren*. Wien: Edition Splitter, S. 11–20
- Müller, Olaf, 2008b: Ich sehe was, was Du nicht siehst: Moritz Schlick, die Erkenntnis und ihr Fundament. In: Engler, Fynn Ole; Iven, Matthias (Hrsg.): *Moritz Schlick: Leben, Werk und Wirkung*. Schlickiana, Band 1. Berlin: Parerga [voraussichtlich 2008], S. 247–276
- Putnam, Hilary, 1975 (1962): The analytic and the synthetic. In: Putnam, Hilary: *Mind, language and reality*. Philosophical papers, volume 2. Cambridge: Cambridge University Press, S. 33–69
- Quine, Willard Van Orman, 1960: *Word and object*. Cambridge / Mass.: MIT Press
- Quine, Willard Van Orman, 1961 (1951): Two dogmas of empiricism.

- In: Quine, Willard Van Orman: *From a logical point of view*. Cambridge / Mass.: Harvard UP, second edition, revised, S. 20–46
- Quine, Willard Van Orman, 1974: *The roots of reference. The Paul Carus lectures*. La Salle: Open Court
- Quine, Willard Van Orman, 1975: On empirically equivalent systems of the world. In: *Erkenntnis* 9, S. 313–328
- Quine, Willard Van Orman, 1976 (1936): Truth by convention. In: Quine, Willard Van Orman: *The ways of paradox and other essays*. Cambridge / Mass.: Harvard UP, revised and enlarged edition, S. 77–106
- Quine, Willard Van Orman, 1976 (1962): Carnap and logical truth. In: Quine, Willard Van Orman: *The ways of paradox and other essays*. Cambridge / Mass.: Harvard UP, revised and enlarged edition, S. 107–132
- Quine, Willard Van Orman, 1981: Five milestones of empiricism. In: Quine, Willard Van Orman: *Theories and things*. Cambridge / Mass.: Harvard UP, S. 67–72
- Quine, Willard Van Orman, 1990: Three indeterminacies. In: Barrett, Robert B.; Gibson, Roger F. (Hrsg.): *Perspectives on Quine*. Cambridge / Mass.: Blackwell, S. 1–16
- Quine, Willard Van Orman, 1991: Two dogmas in retrospect. In: *Canadian Journal of Philosophy* 21 No. 3, S. 265–274
- Quine, Willard Van Orman, 1992 (1990): *Pursuit of truth*. Cambridge / Mass.: Harvard UP, revised edition
- Russell, Bertrand, 1951 (1914): The relation of sense-data to physics. In: Russell, Bertrand: *Mysticism and logic and other essays*. London: Allen & Unwin, S. 145–179
- Stegmüller, Wolfgang, 1970: *Theorie und Erfahrung*. (= Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie, Band II, 1. Halbband). Berlin: Springer



Steffen Ducheyne

## Some Worries for Norton's Material Theory of Induction

### Abstract

In this essay, I take the role as friendly commentator and call attention to three potential worries for John D. Norton's material theory of induction (Norton, 2003). I attempt to show (1) that his „principle argument“ is based on a false dichotomy, (2) that the idea that facts *ultimately* derive their license from matters of fact is debatable, and (3) that one of the core implications of his theory is untenable for historical and fundamental reasons.

### Zusammenfassung

In diesem Aufsatz mache ich – in der Rolle des freundlichen Kommentators – auf drei potentielle Schwierigkeiten für John D. Nortons materiale Theorie der Induktion (Norton, 2003) aufmerksam. Ich versuche zu zeigen, (1) dass sein „Hauptargument“ auf einer falschen Dichotomie basiert, (2) dass seine Idee, dass Fakten ihre Beglaubigung *letztlich* von Tatbeständen ableiten, bestreitbar ist und (3) dass eine der Kernimplikationen seiner Theorie aus historischen und fundamentalen Gründen unhaltbar ist.

### Introduction

In philosophy of science numerous competing theories that seek to provide an adequate systematization of inductive inference have been developed (e.g. Bayesianism, IBE, hypothetical induction, demonstrative induction, bootstrapping, etc.). At present, scholars have not reached consensus on what such systematization might look like. How do we account for this proliferation of competing accounts?

In part to explain this proliferation, Norton defended and spelled out a „material theory of induction“ (Norton, 2003), according to which „[a]ll inductions *ultimately derive their licenses from facts pertinent to the matter of the induction*“ (p. 650 [italics in original], cf. p. 668). According

to J.D. Norton, the quest for a universal systematization of inductive reasoning is futile, since all inductive inferences are „grounded in matters of fact that hold only in particular domains, so that *all inductive inference is local*“ (Norton, 2003, p. 647 [emphasis in original]).<sup>1</sup> That we have failed to provide a universal framework is „not because of a lack of effort or imagination, but because we seek a goal that in principle cannot be found“ (p. 648). I agree with Norton on the futility of the quest for a universal account of inductive reasoning: inductive inference is such a complex phenomenon – for instance, it includes not only standard enumerative reasoning, but also hypothetical reasoning, eliminative reasoning, etc. – that an overarching account seems rather impossible and, if such account turned out to be possible after all, it would be so vague that it becomes futile in specific domains. Different accounts of inductive inference should therefore rather be seen as complementing each other: different accounts have their use in different domains, and taken together they form a repertoire for handling inductive reasoning in various domains. Developing a rich and domain-sensitive repertoire (or *instrumentarium*) is definitely the way to go and seems more promising than the quest for an *inductionis logica universalis*.

According to Norton’s material theory of induction, the admissibility of an induction is traced back to matters of facts and not to „universal schemas“, which derive from a formal theory (p. 648). Inductive inferences derive their license from facts; facts are therefore the „material“ of inductive inferences. For instance, Norton considers the case in which the melting points of bismuth and wax are observed. In the case of bismuth our observation of several samples of heated bismuth, showing that the samples have a melting point at 271°C, correctly underwrites our generalization that all samples of bismuth have a melting point at 271°C. In the case of wax, however, our observation of several samples of wax, showing that the samples of heated wax have a melting point at 91°C, does not correctly underwrite our generalization that all samples of wax have a melting point at 91°C, since contrary to bismuth wax is a generic name for a family of substances. Norton then comments as follows:

In the material theory, the admissibility of an induction is ultimately traced back to a matter of fact, not a universal schema. We are licensed to infer from the melting point of some samples of an element to the melting point of all samples by a fact about elements, we have a license to infer that other samples will most likely have the same properties. The license does not come from the

form of the inference, that we proceed from a „some ...“ to „an all ...“ It comes from the fact relevant to the material of the induction. (p. 650)

By „formal theories“ Norton means something very broad – which I shall henceforth refer to as (FT):

They are certainly not limited to accounts of induction within some formalized language or logic. The *defining characteristic* is just that the admissibility of an inductive inference is ultimately grounded in some universal template. (p. 649 [emphasis added], cf. p. 669)

The material theory, by contrast, is based „on the supposition that the material postulates obtain in specific domains; that is, facts that obtain „locally“ (p. 652). They are admissible „in the right context“ (p. 669). For instance, a universal schema for inductive inference based on simplicity is absent and „our decisions as to what is simple or simpler depend essentially upon the *facts or laws* that we believe to prevail“ (p. 656 [emphasis added]). *Idem* for Inference to the Best Explanation (p. 658). Then Norton states his Principle Argument – which I shall henceforth refer to as „PA“:

(PA) My principal argument for a local material theory of induction is that no inductive inference schema can be both universal and function successfully. (p. 652)

Somewhat further in the paper, Norton spells out an important implication of his account – which I shall henceforth refer to as „Imp“:

(Imp) At the same time, exactly because we learn more from the new evidence, we also augment our inductive schemas. For according to the material theory, all these schemas obtain only locally and are ultimately anchored in the facts of the domain. Crudely, the more we know, the better we can infer inductively. The result is that scientists do not need to pay so much attention explicitly to inductive inference. As we saw in the examples of section 4 [Norton is referring to Lavoisier's chemistry and Leverrier's discovery of Neptune], with each major advance in science has come a major advance in our inductive powers. *The mere fact of learning more will augment their inductive powers automatically.* (p. 664 [emphasis added])

In cases like these, „the added inferential power that comes from knowing more does not come from the delivery of some new schema“ (p. 663) and thus Norton's account „does not separate facts from inductive inference schema[s]“ (p. 669).



## Discussion

Now I shall assess the tenability of Norton's account. I shall argue that Norton's account, as it stands, is untenable for three fundamental reasons.

### *Worry 1: Either Material or Universal: A False Dilemma*

My first point is that the fact that no universal inductive schemas are at hand does not establish the claim that all inductive inferences are licensed by mere matters of fact. Norton's acceptance of the material theory of induction is based on his rejection of what he calls formal theories (FT), which are by definition, i.e. by Norton's definition, universal. The observation that, up until the present no universal and successful inductive schema has been established, motivates Norton to opt for his material account of induction – his argument is basically a disjunctive syllogism. However, Norton neglects at least one alternative: that non-„material“ schemas are local. By „non-material schemas“ I refer to those schemas which license inductive generalisations without being completely data-driven (also see *infra*). Although I agree with Norton that all inductive inferences have their origin in empirical knowledge (stated more clearly: that empirical knowledge is a necessary condition for induction), I disagree that inductive schemas are *exclusively* licensed by matters of fact. Inductive inferences are, by definition, data driven, but not completely determined by the data. As Daniel Steel has pointed out, they also depend upon „judgements concerning the *desiderata* of inductive reasoning“ (Steel, 2005, p. 189), i.e. on *normative* components. Indeed, local schemas contain *interpretative* and *pragmatic* components which do not, in a straightforward way, relate to empirical knowledge. Inductive schemas cannot be directly „read off“ the phenomena under consideration. Consider, for instance, that logically characterizing an inductive consequence relation is not a straightforward empirical thing: it involves fixing structural relations between sets of premises and their consequence sets.<sup>2</sup>

Norton does not make the distinction between formulating an empirical theory of induction and a normative theory of induction. He limits a generic theory of induction to the empirical components of a theory of induction and, correspondingly, bypasses the important normative features of inductive reasoning. I am inclined that this justifies the claim that

Norton's theory of induction is *not* a complete account of induction, as it stands. A theory of induction should address the normative features of induction, i.e. it should spell out – given a certain context – what the criteria of valid inductive inference are in cases where other than strictly empirical considerations license inductive generalizations. What Norton has successfully proven however is that inductive schemas are contextual.

*Worry 2: Can matters of fact „ultimately“ license inductive generalizations?*

Moreover, the idea that empirical generalisations *ultimately* derive their license from the relevant facts of a domain cannot be obviously decided. Suppose that *scientist*<sub>1</sub> ( $S_1$ ) and *scientist*<sub>2</sub> ( $S_2$ ) reason from two mutually inconsistent theories ( $T_1$  and  $T_2$ ), that the choice between them cannot be decided on strictly empirical grounds, and that both scientists have different theoretical views and background assumptions:  $BG_1$  and  $BG_2$  respectively (I use  $BG$  to refer to both the theoretical views and background assumptions). While *scientist*<sub>1</sub> might try to isolate the consistent parts of  $T_1$ , *scientist*<sub>2</sub> might try to isolate the consistent parts of  $T_2$  – for reasons relative to their theoretical views and background assumptions (see figure 1). Obviously, such  $BG$ 's might refer to epistemic values (in the sense of McMullin, 1983).

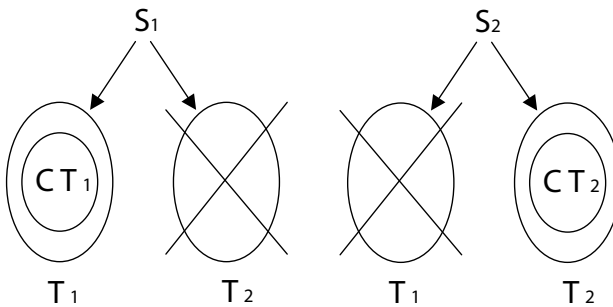


Figure 1

Note that the inductive generalisations, i.e. the choice of either  $T_1$  or  $T_2$  in view of the  $BG$  at hand, in this example *are* licensed by their respective  $BG$ 's (for *scientist*<sub>1</sub> the inductive generalization is licensed by  $BG_1$ ; for *scientist*<sub>2</sub> the inductive generalization is licensed by  $BG_2$ ). Thus: at a certain moment in the development of science, in which the choice between

two theories was empirically undecidable, specific inductive strategies, which are based on *BG*'s, licensed specific inductive generalizations. One might respond to this that in the long run the consistent theory will be detected, but this seems rather untenable. There is no guarantee that inductive generalization in general will „ultimately“ become empirically decidable. It is therefore reasonable to suggest that epistemic values and other relevant *BG* will continue to play an important *rôle* in future science and inductive reasoning.

*Worry 3: Why Imp Is Untenable: Fundamentally and Historically*

According to Imp, the mere fact of having more and more empirical knowledge *automatically* improves our inductive powers. So according to Norton, both are closely aligned and he essentially argues that the *quantity of the empirical data at our disposal* (Q(ED)) is directly proportional to the *improvement of our inductive powers* (I(IP)). This conclusion is, however, untenable for two reasons:

- O<sub>1</sub>: It is possible that a cornucopia of empirical data is at hand, but that no significant inductions are made based upon these data (i.e. there might be Q(EM) *without* I(IP)).
- O<sub>2</sub>: It is possible that our inductive inferences turn out to be false, empirically speaking, but shed light on normatively sound inductive criteria – valid within a domain of application (i.e. there might be I(IP) *without* Q(EM)).

As an example of O<sub>1</sub>, we might consider the fact that although Tycho Brahe and Johannes Kepler had the same data at their disposal, embodied in the *Rudolphine Tables* (finally published by Kepler in 1627), only Kepler succeeded in deriving his so-called laws (which were, in fact, considered as rules at the time). The tables were generally considered trustworthy and accurate to two or three minutes of arc (Wilson, 1972, p. 2; Stephenson, 1987). That extending our data automatically improves our inductive inferences is therefore a *non sequitur*.

Joan Baptiste Van Helmont's tree experiment provides an ample illustration of O<sub>2</sub>. Van Helmont reported on the following experiment (see Ducheyne, 2005 for further details):

But I have learned by this handicraft-operation, that all Vegetables do immediately, and materially proceed out of the Element of Water only. For I took an

Earthen Vessel [*vas*], in which I put 200 pounds of Earth that had been dried in a Furnace, weighing five pounds; and at length, five years being finished, the Tree sprung from thence, did weigh 169 pounds, and about three ounces: But I moistened the Earthen Vessel with Rain-water, or distilled water (always when there was need) and it was large, and implanted into the Earth and least the dust that flew about should be co-mingled with the Earth, I covered the lip of the mouth of the Vessel, with an Iron-plate with Tin, and easily passable with many wholes. At length, I again dried the Earth of the Vessel, and there were found the same 200 pounds, wanting about two ounces. Therefore 164 pounds of Wood, Barks, and Roots, arose out of water onely.<sup>3</sup> (Van Helmont, 1664, p. 109)

The *explanandum* here is the weight and growth of plants. First of all, the weight of the earth is measured. That the earth has been dried on a fire and is isolated from the external world by means of a plate is significant here, since these conditions guarantee, according to van Helmont, that no other elements than earth could reside in the pot. That the water is distilled (or is rainwater) equally guarantees that no other elements than water reside in the pot. (This assumption was later challenged by James Woodward (1700).) In contemporary parlance, we would say that Van Helmont attempted to control these variables (the amount of earth and water). Then, the gained weight of the tree is measured (*ca.* 164 pounds). Note however that after five years Van Helmont weighed the „Wood, Barks, and Roots“. Apparently, Van Helmont did not include the weight of the leaves for a reason unknown to me. Notice further that Van Helmont is not worried at all by difference of two ounces. Given that there did not reside any other elements than earth and water in the pot, and that the earth did not diminish significantly, Van Helmont (wrongly) concluded that *only* the water *produces* the growth of the tree. According to Van Helmont, only the addition of the water can explain the growth of the plant.

We now know that Van Helmont was completely wrong, but his experiment sought (quite unsuccessfully) to provide a controlled experiment, where certain variables are kept fixed and others varied. Although he was wrong, he had some profound insights how inductive inferences should be based on controlled experiments. This is what exactly what van Helmont's attempted with his tree-experiment: the earth is kept constant and the water is purified. In many of Van Helmont's experiments, procedures of keeping variables fixed – as well as reference to relatively closed physical systems, in which all external variables are screened off – frequently

occur (again see Ducheyne, 2005). Van Helmont had a particular and profound insight in the idea that knowledge of nature is produced by isolating certain natural processes or creating – or at least, trying to create as good as possible – relatively closed physical systems. In line with the above interpretation, Woodward’s refutation of Van Helmont’s willow experiment included both more exactness and more variables being fixed. Woodward weighed plants and the composition of water in more detail. He put different plants of the same kind near the same window (hence: species, warmth, and, amount of air and light are kept fixed) (Woodward, 1700, p. 199). He further compared water of different origin (rain water, Thames water, etc.) and constructed an artefact which guaranteed that the water can only be exhaled by the plants (ibid., pp. 201–202). Van Helmont’s intuitions on controlled experimentation were later put to practice more successfully by Woodward in 1700.

#### *How the Previous Problem can be Resolved*

The previous problem can be avoided by simply distinguishing between descriptive and normative features of induction.  $O_1$  is then explained by pointing to the fact that our empirical knowledge is well-developed but our corresponding inductive criteria are not ( $O_2$  is then explained conversely).

## Conclusion

Future research should highlight the locality of inductive criteria in scientific praxis. I contend that studying specific branches of science and by further developing logical systems for inductive reasoning will offer promising paths to do so.

Despite Norton’s appealing inductive anti-mono-criterial attitude and his equally attractive pluralism, his account faces two serious drawbacks. I have briefly outlined how they can be avoided by modifying Norton’s proposal but with sticking to its pluralistic core. If correct, this analysis shows that PA and Imp are untenable.

## Notes

- 1 Strictly speaking, Norton provides a material theory of ampliative reasoning in general.
- 2 Adaptive logics have been used to characterize several inductive consequence relations (see Batens & Haesaert, 2001, Batens, 2005, and Batens, 2006).
- 3 Translation of: „Omnia verro vegetabilia immediatè, & materialiter, ex solo aquae elemento prodire hac mechanica didici. Caepi enim vas terreum in quo posui terrae in clibano arefactae <sup>lb</sup> 200, quam madefeci aqua pluvia, illique implantavi truncum salicis, ponderantem <sup>lb</sup> 5. ac tandem exacto quinquennio, arbor inde prognata pendeat <sup>lb</sup> 169, & circiter unas tres. Vas autem terreum, sola aqua pluvial, vel distillata, semper (ubi opus erat) maduit, eratque amplum, & terrae implantatum, & ne pulvis obvolitans terrae commisceretur, lamina ferrae, stanno obducta, multoque foramina pervia, labrum vas tegebat. Non computavi pondus soliorum quaterno autumno deciduorum. Tandem iterum siccavi terram vasis, & repertae sunt caedem librae 200 duabus circiter unciis minus. Librae ergo 164 ligni, corticum, & radicum, ex sola aqua surrexerant.“ (Van Helmont, 1648, pp. 108–109).
- 4 This translation is at times quite incorrect and should be read with necessary precaution.

## References

- Batens, Diderik and Haesaert, Lieven (2001). On Classical Adaptive Logics of Induction. *Logique et Analyse*, 173–174–175, pp. 255–290 [appeared 2003].
- Batens, Diderik (2004). The Basic Inductive Schema, Inductive Truisms, and the Research-Guiding Capacities of the Logic of Inductive Generalization. *Logique et Analyse*, 185–188, pp. 53–84 [appeared 2005].
- Batens, Diderik (2006). On a Logic of Induction. *Logic and Philosophy of Science*, 4(1), pp. 3–32.
- Ducheyne, Steffen (2005). J.B. Van Helmont and the Question of Experimental Modernism. *Physis: Rivista Internazionale di Storia della Scienza*, 42(2), pp. 305–332.
- Ducheyne, Steffen (2008). J.S. Mill's Canons of Induction: From true causes to provisional ones. *History and Philosophy of Logic*, 29(4), pp. 361–376.
- McMullin, Ernan V. (1983). Values in Science. *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association 1982*, Volume Two: Symposia and Invited Papers, 50(2), SS. 23–28.

- Norton, John D. (2003). A Material Theory of Induction. *Philosophy of Science*, 70 (October), pp. 647–670.
- Steel, Daniel (2005). The Facts of the Matter: A Discussion of Norton's Material Theory of Induction. *Philosophy of Science*, 72(1), pp. 188–197.
- Stephenson, Bruce (1987). *Kepler's Physical Astronomy*, Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences 13. New York: Springer.
- van Helmont, J.B. (1648). *Ortus Medicinae, id est initia physicae inaudita. Progressus medicinae novus, in morborum ultionem ad vitam longam*. Edited by F. M. Van Helmont. Amsterdam: Elzevir.
- van Helmont, J. B. (1664). *WORKS, Containing his most Excellent Philosophy, Chirgury, Physick, Anatomy. Wherein The Philosophy of Schools is Examined, their Errors Refuted and the Whole Body of Physick REFORMED and RECTIFIED. Being a new rise and progresse for PHILOSOPHY and MEDICINE, for the Cure of Diseases and the Lengthening of Life*. Translated by J. Chandler. London: Printed for Lodowick Lloyd at the Castle in Cornhill.<sup>4</sup>
- Wilson, Curtis (1972). How did Kepler discover His First Two Laws? *Scientific American*, 226 (3), pp. 1–14.
- Woodward, James (1700). Some thoughts and experiments concerning vegetation. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 21, pp. 193–227.

Andrej Krause

## Euler über die Teilbarkeit der Körper und die Ortlosigkeit der geistigen Substanzen

### Zusammenfassung

Im Rahmen seiner naturphilosophischen Untersuchungen zum Körperbegriff vertritt der Schweizer Mathematiker Leonhard Euler (1707–1783) die Ansicht, daß, erstens, Körper unendlich oft teilbar sind und daß, zweitens, jeder Teil eines Körpers teilbar ist. Der Beitrag analysiert diese beiden Thesen sowie die dafür angegebenen Rechtfertigungen. Ferner erörtert er einige philosophische Implikationen, die sich daraus für die sogenannten geistigen Substanzen ergeben sollen, in erster Linie deren Ortlosigkeit. Es zeigt sich, daß bei Annahme des Eulerschen Körperbegriffs die erste These plausibel ist, während die zweite zusätzlicher Argumente bedarf. Die diskutierten Schlußfolgerungen, die Euler für die geistigen Substanzen zieht, insbesondere für deren Verbindung mit den Körpern, sind teilweise hochspekulativ und weiterhin begründungsbedürftig.

### Abstract

Within his philosophical examinations of the concept of body the Swiss mathematician Leonhard Euler (1707–1783) holds that, first, bodies are infinitely divisible and that, second, every part of a body is divisible. The paper analyzes both theses as well as the reasons which Euler gives for them. It discusses, further, some philosophical implications which Euler draws in this connection with respect to the so-called spiritual substances, above all their being-out-of-place. It is shown that, assuming Euler's concept of body, the first thesis is valid whereas the second one needs additional assumptions. Euler's conclusions regarding the spiritual substances and, especially, their connection with the bodies are, partly, highly speculative and need more justifications.

Unter den Gegenständen gibt es solche, die räumlich ausgedehnt sind, etwa Berge, Meere oder Planeten. Betrachten wir einen beliebigen räumlich ausgedehnten Gegenstand, etwa einen Baum. Wir können unser Augenmerk auf einen Teil dieses Baumes, z.B. seinen Stamm, richten und fragen, ob dieser Teil selbst teilbar ist. Dies ist offensichtlich der



Fall. Nun können wir auch fragen, ob alle Teile des Baumes teilbar sind bzw., allgemein, ob alle Teile von räumlich ausgedehnten Gegenständen teilbar sind. Die Beantwortung dieser Frage kann unterschiedlich ausfallen. So vertraten etwa Leibniz und Wolff die Auffassung, daß es unteilbare Gegenstände – Monaden – gibt, die, zu Aggregaten zusammengefaßt, ausgedehnte Gegenstände bilden; beide würden also die obige Frage verneinen. Im Gegensatz dazu plädierte einer der größten Mathematiker des 18. Jahrhunderts, Leonhard Euler (1707–1783), dafür, diese Frage zu bejahen. Nach seiner Ansicht ist jeder ausgedehnte und undurchdringliche Gegenstand – Euler nennt einen solchen Gegenstand *Körper* – unendlich oft teilbar und hat nur teilbare Teile. In diesem Aufsatz sollen, *erstens*, die genannte Auffassung Eulers und die von ihm dafür angegebene Begründungen diskutiert werden. Außerdem werden, *zweitens*, einige philosophische Implikationen seiner Ansicht untersucht, etwa die, daß die geistigen Substanzen, in erster Linie die menschlichen Seelen und Gott, ortlos sein müssen. Der Aufsatz betrachtet somit einige Schwerpunkte der Eulerschen Naturphilosophie, wobei er nicht die Absicht hat, eine Klassifizierung dieser Philosophie vorzunehmen und so beispielsweise zu entscheiden, ob Euler eher mit den naturphilosophischen Ansichten Descartes‘, Leibniz‘ oder Newtons übereinstimmt.<sup>1</sup> Der Mathematiker Euler hat sich im Rahmen der Philosophie nicht nur zu naturphilosophischen Fragen, sondern auch zu Problemen der Logik, der rationalen Psychologie, der Erkenntnistheorie und Religionsphilosophie geäußert, hauptsächlich in seinen „Briefen an eine deutsche Prinzessin“.<sup>2</sup> Diese sind 1768 (1. und 2. Teil) und 1772 (3. Teil) in französischer Sprache erschienen, dann, von Euler selbst übersetzt, in deutscher Sprache 1769 (1. und 2. Teil) und 1773 (3. Teil). Der Aufsatz beschränkt sich auf diese „Briefe“ und stützt sich auf den 1986 publizierten Nachdruck der ersten deutschen Ausgabe, also auf Euler, 1986.<sup>3</sup> Wollte man Eulers Naturphilosophie, vor allem auch seine Begriffe der Kraft, der Bewegung oder des Raumes, in Gänze diskutieren, müßte dies auf der Grundlage weiterer Schriften von ihm erfolgen.<sup>4</sup>

## I. Die Teilbarkeit der Körper

In den „Briefen“ finden sich längere Ausführungen über die damals stark diskutierte Monadenlehre. Euler war ein Kritiker dieser Lehre. Er hat die-

se bereits in seinen 1746 anonym veröffentlichten „Gedanken von den Elementen der Körper“ (Euler, 1942) kritisiert. In seiner Kritik bezieht er sich auch auf das Problem der Teilbarkeit der Körper ins Unendliche. Mit dieser Teilbarkeit ist nicht eine vom Menschen selbst vollziehbare Teilung gemeint, sondern eine solche, „die an sich selbst möglich ist und die von der göttlichen Allmacht könnte ausgeführt werden“ (126. Brief, S. 192). Euler hält in diesem Zusammenhang zwei Positionen auseinander:

„Die eine Parthey behauptet, daß diese Theilbarkeit bis ins Unendliche gehe, ohne daß man jemals auf so kleine Theilchen komme, die keiner weitem Theilung mehr fähig wären. Die andre hingegen sagt, daß die Theilbarkeit Grenzen habe, und daß man endlich auf so kleine Theilchen kommen müsse, die ohne alle Größe sind und daher auch nicht weiter getheilt werden können“ (125. Brief, S. 187f. Vgl. auch Euler, 1960, S. 282).

Diese Ansichten behaupten also jeweils zweierlei:

Ansicht 1 Satz 1: Jeder Körper ist unendlich oft teilbar.

Satz 2: Jeder Teil eines Körpers ist teilbar.

Ansicht 2 Satz 3: Kein Körper ist unendlich oft teilbar.

Satz 4: Nicht jeder Teil eines Körpers ist teilbar, d. h., jeder Körper hat Teile, die nicht teilbar sind.

Euler vertritt die erste Position (vgl. z. B. 123. Brief, S. 181–184, 126. Brief, S. 191–195, 132. Brief, S. 214, Euler, 1942), also die Sätze 1 und 2. Wenden wir uns seinen Argumenten für die Gültigkeit dieser Sätze zu, zunächst für die des Satzes 1:

„Wenn ... alle Körper ausgedehnt sind, so müssen nothwendig alle die Eigenschaften, die von der Ausdehnung überhaupt gelten, auch von jedem Körper insbesondere gelten. Nun sind aber alle Körper ausgedehnt und die Ausdehnung ist ins Unendliche theilbar; folglich wird auch jeder Körper ins Unendliche theilbar seyn“ (125. Brief, S. 189f.).

Demnach begründet Euler die Gültigkeit von Satz 1 wie folgt:

(i) Jeder Körper ist ausgedehnt.

(ii) Alles, was ausgedehnt ist, ist unendlich oft teilbar.

(iii) Also: Jeder Körper ist unendlich oft teilbar.

Dieser Schluß ist korrekt. Das kann man z. B. daran erkennen, daß sich, wenn die Reihenfolge der beiden Prämissen vertauscht wird, die gültige Schlußform „barbara“ der ersten Schlußfigur der Syllogistik ergibt:<sup>9</sup>

Obersatz: Alles, was ausgedehnt ist, ist unendlich oft teilbar.  
 Untersatz: Jeder Körper ist ausgedehnt.  
 Schlußsatz: Also: Jeder Körper ist unendlich oft teilbar.

Was die Gültigkeit der beiden Prämissen anbelangt, so wäre zunächst zu fragen, was Euler mit den Begriffen „Körper“ und „Ausdehnung“ meint. Der folgenden Äußerung läßt sich eine Definition zunächst des Begriffs des Körpers entnehmen: Man müsse

„... zugeben, daß ein Körper eine undurchdringliche Ausdehnung sey, weil nicht nur alle Körper ausgedehnt und undurchdringlich, sondern auch umgekehrt, alles was zugleich ausgedehnt und undurchdringlich ist, Körper sind“ (70. Brief, S. 235).

Demnach sollen die Begriffe „Körper“ und „undurchdringlicher ausgedehnter Gegenstand“ umfangsgleich sein. Folglich liegt es nahe zu schreiben:

Definition:  $x$  ist Körper genau dann, wenn  $x$  ausgedehnt und undurchdringlich ist.

Es ist somit nicht ohne weiteres verständlich, warum Elkana, 1974, S. 286f., der Auffassung ist, Euler würde die Undurchdringlichkeit (impenetrability) und die Kraft (force) als die wesentlichen Eigenschaften der Materie (as the essential properties of matter) ansehen. Denn nach Euler gehört, wie aus dem obigen Zitat ersichtlich, auch die Ausdehnung zur Definition des Körpers. Gleichwohl könnte sich diese Eigenschaft aus den Eigenschaften der Undurchdringlichkeit und der Kraft ergeben, zumal die Eigenschaft der Trägheit, die nach Euler, wie sich noch zeigen wird, jedem Körper zukommt, einen unmittelbaren Bezug zum Begriff der Kraft hat.

*Ausgedehnt* soll ein Körper sein, insofern er eine von Null verschiedene Länge, Breite und Dicke hat, mit Ausdehnung ist also hier (und im allgemeinen) die dreidimensionale Ausdehnung gemeint; *undurchdringlich* soll ein Körper sein, insofern es nicht möglich ist, daß sich an der Stelle, an der er sich jetzt befindet, gleichzeitig ein anderer Körper befindet (vgl. 69. Brief, S. 231–234). Letzteres soll nicht besagen, daß verschiedene Körper nicht gleichsam ineinander geschoben sein können. Euler gibt ein Beispiel für ein solches „Ineingeschobensein“ an (vgl. 70. Brief, S. 234f.): Wasser kann sich in einem Schwamm befinden, jedoch nur insofern, als es sich nicht genau dort befindet, wo der

Schwamm ist, sondern an den Stellen „innerhalb“ des Schwammes, die vorher mit Luft gefüllt waren. Ausgeschlossen soll sein, daß sich Wasser- teilchen und Schwammteilchen zur selben Zeit am selben Ort befinden. Diese Überlegung leuchtet prinzipiell ein, man würde jedoch den Begriff der Undurchdringlichkeit im atomaren Bereich heute vielleicht modifi- zieren, da beispielsweise Elektronen nicht nur Teilchen-, sondern auch Welleneigenschaften haben und Wellen sich überlagern, also zur selben Zeit am selben Ort sein können.

Aus der Definition des Körperbegriffs folgt Behauptung (i) bzw. der Untersatz sofort. Daß der Begriff des Körpers neben dem Merk- mal der Ausdehnung auch das der Undurchdringlichkeit haben sollte, resultiert für Euler daraus, daß der Raum zwar ausgedehnt, aber eben nicht undurchdringlich und daher kein Körper ist. Ferner enthalte auch der Begriff, „den sich das gemeine Volk von Gespenstern macht,“ das Merkmal der Ausdehnung, nicht aber das der Undurchdringlichkeit (vgl. 69. Brief, S. 232). Obwohl der Begriff des Gespenstes eine bloße Ein- bildung ist, kann er doch zum Beweis dienen, daß man sich etwas Aus- gedehntes denken kann, das kein Körper ist. Nun nimmt Euler in den „Briefen“ auch an, daß neben Ausdehnung und Undurchdringlichkeit die *Trägheit* eine notwendige Eigenschaft aller Körper ist (vgl. z. B. 74. Brief, S. 249 f., 92. Brief, S. 46, 122. Brief, S. 176). Träge soll ein Körper insofern sein, als er seinen Zustand – den Zustand der Ruhe oder der geradlinig gleichförmigen Bewegung – nur dann ändert, wenn eine äußere Kraft auf ihn einwirkt (vgl. 72.–74. Brief, S. 241–252, v. a. S. 248). Dieses Gesetz kennen wir heute aus dem Schulunterricht als das Newtonsche Trägheits- gesetz. Nun ist die Eigenschaft der Trägheit von den Eigenschaften der Ausdehnung und Undurchdringlichkeit sicher verschieden. Vielleicht ließe sie sich dann als ein *eigentliches Proprium* des Körpers im Sinne der aristotelisch-scholastischen Logik auffassen, also als eine Eigenschaft, die, auch wenn sie nicht zur Definition des Begriffes „Körper“ gehört, allen Körpern, und zwar immer, aber auch nur den Körpern zukommt?<sup>6</sup> Die Begriffe „träger Gegenstand“ und „Körper“ wären dann umfangs- gleich, die Menge der trägen Gegenstände wäre identisch mit der Menge der Körper, ohne daß die Trägheit eine *wesentliche* Eigenschaft von Kör- pern wäre. Andererseits sagt Euler manchmal auch, daß die Trägheit eine *wesentliche* Eigenschaft des Körpers *ist* (vgl. 121. Brief, S. 175, 122. Brief, S. 176). Sollte er also neben dem bereits definierten Körperbegriff mit den Merkmalen Ausdehnung und Undurchdringlichkeit einen engeren

Körperbegriff mit den Merkmalen Ausdehnung, Undurchdringlichkeit und Trägheit verwenden? Die Gültigkeit der Behauptung (i) bliebe davon unberührt, denn wenn jeder Körper undurchdringlich, ausgedehnt und träge ist, ist er a fortiori undurchdringlich und ausgedehnt. Im 74. Brief behauptet Euler nun auch, daß die Trägheit eines Gegenstandes aus dessen Undurchdringlichkeit und Ausdehnung *folgt*.<sup>7</sup> Inwiefern dies, eventuell unter Zuhilfenahme anderer Prämissen, tatsächlich so ist, soll hier nicht untersucht werden. Immerhin ist damit klar, daß Euler nicht die Absicht hat, verschiedene Körperbegriffe zu verwenden. Ergänzt sei, daß nach Euler die Körper keinen festen Aggregatzustand haben müssen. Beispielsweise ist auch die Luft ein Körper (vgl. 70. Brief, S. 235) und auch der Äther, von dem noch zu sprechen sein wird, kann als ein solcher aufgefaßt werden.

Kommen wir zur Behauptung (ii) des obigen Schlusses. Ist jeder Gegenstand, der ausgedehnt ist, der also eine von Null verschiedene Breite, Länge und Dicke hat, unendlich oft teilbar? Die Länge eines solchen Gegenstandes habe die Größe  $x$ . Dann läßt er sich in zwei Teile zerlegen, deren Längen jeweils die Größe  $x/2$  haben. Insofern ist jeder ausgedehnte Gegenstand teilbar. Er ist aber auch *unendlich* oft teilbar, denn wenn er es nicht wäre, müßte man nach endlich vielen Schritten der Teilung zu nicht teilbaren (= nicht ausgedehnten) Teilen von ihm gelangen, aus denen er zusammengesetzt ist. Dies jedoch ist nicht möglich, da kein Aggregat einer endlichen Anzahl nicht ausgedehnter Teile ausgedehnt ist. Somit ergibt sich die Gültigkeit von (ii) und, wenn man Eulers Begriff des Körpers akzeptiert, auch die von (iii) bzw. Satz 1. Folgt daraus aber schon die Gültigkeit von Satz 2? Folgt daraus, daß jeder Körper unendlich oft teilbar ist, daß jeder Teil von ihm teilbar ist? Es sei an dieser Stelle zunächst daran erinnert, daß auf die Frage, ob jeder Körper nur aus teilbaren Teilen zusammengesetzt ist, in der Geschichte der Philosophie verschiedene Antworten gegeben wurden. Diese Antworten lassen sich folgendermaßen klassifizieren:<sup>8</sup> (a) Jeder Körper ist zusammengesetzt aus einfachen, also unteilbaren Teilen, wobei die Anzahl dieser Teile endlich bzw. unendlich ist. Diese Ansicht wurde z.B. von Leibniz, Wolff oder Bolzano vertreten. (b) Jeder Körper ist zusammengesetzt sowohl aus einfachen Teilen als auch aus einem unendlich oft teilbaren Stoff, dessen sämtliche Teile teilbar sind. Vertreter dieser Ansicht waren Suarez und Brentano. (c) Körper sind nur aus teilbaren Teilen zusammengesetzt, jeder Teil eines Körpers ist also teilbar. Dieser Auffassung waren bei-

spielsweise Wilhelm von Ockham, Gregor von Rimini, Johannes Buridanus, Descartes und eben Euler. Euler war sich dieser Tradition vermutlich nicht bewußt, denn erstens werden in den „Briefen“ diese Namen, bis auf den Descartes‘, nicht genannt und zweitens stehen die dortigen Bezugnahmen auf Descartes jeweils in anderen Zusammenhängen.

Selbst wenn man nun Satz 1 („Jeder Körper ist unendlich oft teilbar“) annimmt, muß man nicht Satz 2 („Jeder Teil eines Körpers ist teilbar“) akzeptieren. Man könnte etwa, wie in (b), immer noch der Ansicht sein, daß Körper aus einem unendlich oft teilbaren Stoff und gleichzeitig aus unteilbaren Teilen zusammengesetzt sind. Euler gibt für die Gültigkeit des Satzes 2 auch eine eigene Begründung an, die allerdings, wie sich gleich zeigen wird, nur gegen (a) gerichtet sein kann:

„Wenn aber zwey Monaden keine Ausdehnung hervorbringen können, weil jede vor sich selbst keine besitzt; so können aus dem nämlichen Grunde auch drey, auch vier, und wie viel man ihrer nur annehmen will, keine hervorbringen, und das ganze Monadensystem fällt also gänzlich über den Haufen“ (126. Brief, S. 195).

Dieses Argument, eine *reductio ad absurdum*, kann man – formaler – so schreiben:

- (I)  $k$  sei ein beliebiger Körper. Er lasse sich vollständig zerlegen in jeweils nicht ausgedehnte Teile. (Annahme des indirekten Beweises)
- (II)  $m_1$  und  $m_2$  seien zwei nicht ausgedehnte Teile von  $k$ .
- (III) Das Aggregat von  $m_1$  und  $m_2$  ist nicht ausgedehnt.
- (IV) Jedes beliebige Aggregat von nicht ausgedehnten Teilen von  $k$  ist nicht ausgedehnt.
- (V)  $k$  ist ein ausgedehntes Aggregat von nicht ausgedehnten Teilen von  $k$ .
- (VI) Zwischen (IV) und (V) besteht ein Widerspruch. Folglich ist die Annahme des indirekten Beweises falsch.

Demnach kann  $k$  nicht vollständig zerlegbar sein in nicht ausgedehnte (= unteilbare) Teile. Daraus würde zwar die Falschheit von (a), nicht aber – zumindest nicht ohne weiteres – die von (b) folgen, es würde also auch nicht Satz 2 folgen. Aber zeigt diese *reductio ad absurdum* wirklich die Falschheit von (a)? Zunächst ergibt sich (II) aus (I), der Annahme des indirekten Beweises. Aus (II) folgt (III), aus (I) folgt (V). (IV) und (V) stehen zueinander in Widerspruch. So weit, so gut. Aber was ist mit (IV)? Ist jedes beliebige Aggregat nicht ausgedehnter Teile von  $k$  nicht

ausgedehnt? Euler begründet dies mit einer Art Induktion: Das Aggregat aus  $m_1$  und  $m_2$  ist nicht ausgedehnt, das Aggregat aus  $m_1$ ,  $m_2$  und  $m_3$  auch nicht, das Aggregat aus  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  und  $m_4$  ebenfalls nicht, und so weiter. Folgt aus dieser Überlegung (IV)? Was wäre, wenn es sich bei den Teilen  $m$  um überabzählbar unendlich viele handeln würde? Betrachten wir eine Gerade. Zwar ist sie unendlich oft teilbar, aber hat sie deswegen ausschließlich Teile, die teilbar sind? Hat sie nicht auch unteilbare Teile, nämlich die geometrischen Punkte, aus denen sie gleichsam zusammengesetzt ist? Heutige Lehrbücher der Geometrie fassen Geraden häufig als spezielle Punktmenge auf, so daß man die begründete Ansicht vertreten kann, daß ausgedehnte geometrische Gegenstände letztlich aus nichtausgedehnten geometrischen Gegenständen bestehen. Dann gäbe es Gegenstände, die unendlich oft teilbar sind und die letztlich aus unteilbaren Teilen bestehen. Warum sollte  $k$  nicht ein derartiger Gegenstand sein? Außerdem ist es möglich, daß Aggregate über andere Eigenschaften als ihre Teile verfügen, wie schon Bolzano, der kurz vor dem Tode Eulers geboren wurde und der dessen Schriften kannte, in Bezug auf die Eigenschaft der Ausdehnung formulierte.<sup>9</sup> Für Bolzano sind sowohl Linien, als auch Flächen und Körper Aggregate von Punkten, die in einer besonderen Weise „zusammenhängen“.<sup>10</sup> Er vertritt die von Euler kritisierte Ansicht, daß „alle Körper aus einer unendlichen Menge von Nichts ... bestehen“, daß „aus mehreren Nichts ein Etwas entstehen könne“ (vgl. 127. Brief, S. 196). Nun gab und gibt es in der Mathematik sowohl die Auffassung, daß Ausgedehntes aus Punkten besteht, als auch die, daß es nicht aus Punkten besteht, wobei die zweite Ansicht heute die wohl ungewöhnlichere ist. Jedenfalls sind sich auch jetzt noch die Mathematiker bezüglich der genannten Frage nicht einig. Der Aufsatz möchte sich nicht an den in den letzten Jahren diesbezüglich geführten Debatten<sup>11</sup> beteiligen und hält an dieser Stelle nur fest, daß es sowohl Gründe für die Ablehnung als auch Gründe für die Akzeptanz von (IV) und, allgemeiner, von Satz 2 gibt.

## II. Die Ortlosigkeit der geistigen Substanzen

Nachdem wir Eulers Ansicht, gemäß der jeder Körper, also jeder ausgedehnte und undurchdringliche Gegenstand, unendlich oft teilbar ist und nur teilbare Teile hat, diskutiert haben, wollen wir jetzt einige philosophi-

sche Implikationen dieser Auffassung untersuchen. Euler kennt nämlich neben materiellen auch geistige Substanzen, wobei sich dann für letztere bemerkenswerte Eigenschaften ergeben. Halten wir also zunächst fest, daß gelten soll:<sup>12</sup>

Satz 5: Die Welt enthält geistige und materielle Substanzen.

Satz 6: Keine geistige Substanz ist materiell (und umgekehrt).

Die wichtigsten geistigen Substanzen sind Gott und die menschlichen Seelen. Andere derartige Substanzen sind die Seelen der Tiere (vgl. 80. Brief, S. 4) und die (Seelen der) Engel.<sup>13</sup> Euler wendet sich gegen diejenigen, „die unsre Seelen und überhaupt alle Geister für materiell halten oder vielmehr das Daseyn der Seelen und Geister läugnen“ (vgl. 80. Brief, S. 2). Nicht nur nimmt er an, daß es geistige Substanzen gibt; für ihn sind sie der „vornehmste Theil der Welt“ und die Körper sind „bloß zu ihrem Dienste darinne ... eingeführt worden“ (vgl. 80. Brief, S. 4).<sup>14</sup> Somit ist Kröbers Behauptung falsch, nach der Euler auf die Frage nach dem Leib-Seele-Problem eine „der Sache nach materialistische Antwort“ gibt (vgl. Kröber, 1983, S. 22).<sup>15</sup> Euler vertritt ganz klar eine dualistische Position: Die Welt enthält Geistiges und Materielles (Satz 5) und beides unterscheidet sich grundlegend voneinander (Satz 6). Ein wichtiger Unterschied ist die Ausdehnung. Im Gegensatz zu den materiellen Substanzen sind die geistigen Substanzen nicht ausgedehnt, weil

„alles Ausgedehnte auch theilbar ist oder sich doch Theile darinn vorstellen lassen; ein Geist hingegen ist keiner Theilung fähig; man kann sich keine Hälfte, kein Drittheil eines Geistes denken“ (92. Brief, S. 46).

Dieses Argument ist ein Beispiel für die gültige Schlußform „camestres“ der zweiten Schlußfigur der Syllogistik:

- (i) Alles, was ausgedehnt ist, ist teilbar.
- (ii) Keine geistige Substanz ist teilbar.
- (iii) Also: Keine geistige Substanz ist ausgedehnt.

(i) ist unmittelbar plausibel. Gegenüber (ii) könnte man einwenden, daß eine geistige Substanz dadurch teilbar ist, daß man die Anzahl der Gedanken, Wünsche, Vorstellungen etc. dieser Substanz teilen könnte. Doch Euler geht es jetzt nicht um diese Qualitäten der geistigen Substanz, sondern um die geistige Substanz selbst. Teilte man letztere, zerstörte man sie. Diese Überlegung leuchtet ein. Ein zerteiltes „Ich“ oder



eine zerteilte „Person“ wäre kein „Ich“ bzw. keine „Person“ mehr. Nehmen wir also an, (ii) sei wahr, und unterstellen, Euler hätte (iii) gezeigt. Dann ergibt sich, daß Geistiges entweder punktförmig oder ortlos ist. Im ersten Fall befänden sich die geistigen Substanzen im Raum, im zweiten nicht. Euler hält die erste Möglichkeit für ausgeschlossen. Man habe sich in der scholastischen Philosophie die „Geister als unendlich kleine Wesen vorgestellt“ und etwa die Frage aufgeworfen, „wie viele Geister wohl auf einer Nadelspitze sollten tanzen können“ (vgl. 92. Brief, S. 47). Eine Punktförmigkeit der geistigen Substanzen sei aber nicht möglich. Euler begründet das an dieser Stelle nicht. Zwar sagt er, daß, sobald man einen Geist an einen gewissen Ort binde, dieser ausgedehnt sein müsse (vgl. 92. Brief, S. 49), aber auch dafür liefert er jetzt keine Begründung. Jedenfalls würde die Ablehnung der Punktförmigkeit der geistigen Substanzen nicht unmittelbar aus der Ablehnung von materiellen Monaden überhaupt resultieren, denn daraus, daß es keine punktförmigen (= unteilbaren) materiellen Substanzen gibt, folgt nicht, daß es keine punktförmigen geistigen Substanzen gibt. Warum sollten geistige Substanzen im Gegensatz zu den materiellen Substanzen nicht punktförmig sein? Nun ist Euler auch der Auffassung, daß die Welt vollständig mit Materie ausgefüllt ist. Dann gäbe es in der Welt gleichsam keinen Platz mehr für geistige Substanzen, letztere müßten also ortlos sein. Wie kommt er aber dazu anzunehmen, daß die „ganze Welt mit Materie angefüllt sey“ (vgl. 78. Brief, S. 262)? Dies steht doch, zumindest sieht es auf dem ersten Blick so aus, im Widerspruch zu Satz 5, denn es scheint nicht akzeptabel zu sein, daß die ganze Welt einerseits aus materiellen *und* geistigen Substanzen bestehen, andererseits aber mit Materie angefüllt sein soll. Sollte allerdings mit „Welt“ in Satz 5 etwas anderes gemeint sein als in diesem letzten Zitat, dann würde sich dieser Widerspruch vielleicht auflösen. Wie sich zeigen wird, ist dies tatsächlich der Fall. Der Terminus „Welt“ in Satz 5 soll nämlich so viel wie Realität oder Dasein bedeuten, während in dem letzten Zitat der Raum gemeint ist; zwischen der Behauptung, daß es Dinge der Art *x* und der Art *y* *gibt*, und der Behauptung, daß nur Dinge der Art *x* *sich im Raum befinden*, besteht aber kein Widerspruch.

Euler zufolge gibt es einen besonderen materiellen Gegenstand, den sogenannten *Äther*. Man kann diesen Äther, so wie die Luft, als einen Körper auffassen, und zwar als einen, der „unendlich feiner“ als Luft ist (vgl. 19. Brief, S. 61, 70. Brief, S. 235, 140. Brief, S. 244). Euler bezeichnet ihn als eine „flüssige Materie“; er soll sämtliche Stellen des Raumes, an

denen sich keine anderen Körper befinden, ausfüllen, also sowohl die Räume zwischen den anderen Körpern als auch die Poren dieser Körper.<sup>16</sup> Der Äther selbst soll keine Lücken enthalten. „Unbesetzte“ Stellen im Raum soll es nicht geben. Wenn aber jeder Ort des Raumes mit Materie „belegt“ ist, sei es mit „Ätherportionen“ oder mit anderen Körpern (und weil sich Geistiges und Materielles grundlegend unterscheidet), kann es keinen Ort geben, an dem sich die geistigen Substanzen befinden. Diese können dann in der Tat nicht punktförmig sein. Allerdings ist die Annahme eines Äthers, der leere Stellen im Raum, also ein Vakuum, verhindern soll, diskussionswürdig. Euler ist sogar der Ansicht, daß der Äther eine bestimmte Dichte und Elastizität hat, daß man ihn zusammendrücken und auseinanderziehen kann (vgl. 20. Brief, S. 66f., 140.–141. Brief, S. 244–251). Er hält es demnach für möglich, daß ein und dieselbe „Portion“ Äther, die einen gegebenen Raum  $R$  zu einer bestimmten Zeit vollständig ausfüllt, zu einer anderen Zeit einen größeren Raum  $R'$  ausfüllt, ohne daß es in  $R'$  „Lücken“, also unbesetzte Raumpunkte gibt, wobei die Dichte des Äthers in  $R'$ , so würde Euler vermutlich sagen, geringer wäre als in  $R$ . Wie soll das möglich sein? Heute würde man in diesem Fall nicht den Begriff der Dichte, sondern eher den der Mächtigkeit verwenden und die Punkte von  $R$  bzw. von  $R'$  trotz der verschiedenen Größe von  $R$  und  $R'$  als *gleichmächtige* Mengen ansehen. Vielleicht würde man auch akzeptieren, daß  $R$  und  $R'$  im modernen mathematischen Sinn gleich dicht sind. Als mathematisch dicht bezeichnet man eine Menge  $M$  genau dann, wenn zwischen zwei beliebigen Punkten aus  $M$  ein Punkt von  $M$  liegt. Diese Forderung erfüllt sowohl die Menge der Punkte von  $R$  als auch die Menge der Punkte von  $R'$ . Daraus aber, daß ein Raum in *diesem* Sinn dicht ist, würde nicht ohne weiteres folgen, daß er keine Lücken hat. Trägt man etwa die Menge der rationalen Zahlen auf der Zahlengeraden ab, so würden die rationalen Punkte zwar dicht liegen, es würde jedoch immer noch „Lücken“ geben, nämlich diejenigen Punkte der Geraden, die keiner rationalen Zahl zugeordnet werden können.

Euler begründet seine Ablehnung der Punktförmigkeit der geistigen Substanzen auch durch eine theologische Überlegung (vgl. 93. Brief, S. 50, 53): Die Annahme der Punktförmigkeit der geistigen Substanzen sei anstößig; es sei „unendlich edler“ davon auszugehen, daß diese Substanzen, und insbesondere Gott, nicht punktförmig sind. Sollte Gott punktförmig sein, in welchem Punkt genau sollte er sich befinden?

Er würde doch an einen gewissen Ort gebunden und könne unmöglich an mehreren Orten zugleich sein. Welche Art von Omnipräsenz oder Omnipotenz wäre aber damit vereinbar? Eulers Bedenken sind verständlich. Insbesondere müßte es, wenn Gott punktförmig wäre, Orte geben, an denen man Gott *räumlich* näher als an anderen Orten wäre.

Wenn die geistigen Substanzen nicht punktförmig sind, müssen sie ortlos sein, gewissermaßen nirgends. Euler räumt ein, daß diese Ansicht befremdend ist. Nichtsdestoweniger meint er, daß der Gedanke, daß es etwas geben könne, das sich an keinem Ort befindet, sich auf dem zweiten Blick als vernünftig herausstellt. Beispielsweise sei die gegenwärtige Stunde ein Seiendes, sie habe Realität, ohne an einem Ort zu sein (vgl. 92. Brief, S. 48 f.). Entsprechendes gelte für geistige Substanzen. So sei seine Seele weder *in* seinem Kopf noch *außerhalb* seines Kopfes, noch sonst irgendwo, dennoch existiere sie, nur eben ortlos:

„Ein Geist existiert also, ohne in einem gewissen Orte zu existieren.“ (92. Brief, S. 49)<sup>17</sup>

Daraus ergibt sich die bereits erwähnte Auflösung des Widerspruches zwischen Satz 5 und der Behauptung, die ganze Welt sei mit Materie angefüllt: Geistige Substanzen sind insofern in der Welt, als sie Dasein, Realität haben, nicht aber insofern, als sie sich im Raum befinden und ihn ausfüllen. Sie sind also insofern *in der Welt*, als es sie *gibt*; sie sind aber insofern *nicht in der Welt*, als sie *sich nicht im Raum befinden*. Somit ist Breiderts Bemerkung, nach der Euler „Ausdehnungsloses für nichts erklärt“ (vgl. Breidert, 1983, S. 451), nicht zutreffend, denn geistige Substanzen sind Euler zufolge ausdehnungslos (weil ortlos), aber nicht nichts. Nun scheint Euler noch eine dritte Bedeutung von „Welt“ zu kennen. Im 60. Brief schreibt er, daß die Welt „der Inbegriff aller erschaffenen vergangenen, gegenwärtigen und zukünftigen Dinge ist“ (vgl. 60. Brief, S. 203). Nach diesem Zitat gehört Gott nicht zur Welt, wobei der Ausdruck „Welt“ hier weder das gleiche bedeutet wie in Satz 5 noch das gleiche wie in der zitierten Behauptung, nach der die ganze Welt mit Materie angefüllt ist. Es ergeben sich also drei verschiedene Bedeutungen, die man wie folgt unterscheiden kann:

„Welt<sub>1</sub>“: Menge aller Seienden

„Welt<sub>2</sub>“: Menge aller im Raum befindlichen Seienden

„Welt<sub>3</sub>“: Menge aller Seienden mit Ausnahme von Gott.

Gott gehört zur Welt<sub>1</sub>, nicht aber zur Welt<sub>2</sub> und nicht zur Welt<sub>3</sub>. Die menschlichen Seelen gehören sowohl zur Welt<sub>1</sub> als auch zur Welt<sub>3</sub>, nicht aber zur Welt<sub>2</sub>. Die materiellen Substanzen (einschließlich Äther) gehören zu allen drei Welten.

Trotz ihrer Ortlosigkeit sollen die geistigen Substanzen, insbesondere die menschlichen Seelen und Gott, auf Körper wirken können, wobei die Körper selbst sich an irgendwelchen Orten befinden müssen. Die Allgegenwart Gottes sei dann so zu verstehen, daß Gott sich zwar an keinem einzigen Ort befinde, daß er aber auf alle Körper ohne Ausnahme wirken könne (vgl. 92. Brief, S. 49, 93. Brief, S. 52). Euler mußte freilich erklären, wie eine ortlose Substanz, Gott, auf etwas Räumliches wirken kann. Gott mußte nämlich über Kräfte verfügen, die sowohl ortlos als auch nicht ortlos wären, ersteres, insofern sie von Gott ausgehen, letzteres, insofern ihre Wirkungen örtlich sind. Es ist nicht ohne weiteres zu erkennen, wie das möglich sein soll. Nun sagt Euler auch, daß das Wirken Gottes auf die materiellen Substanzen geheimnisvoll sei; schon die Verbindung der menschlichen Seele mit ihrem Körper werden „wir niemals ... ergründen können,“ sie bleibe „beständig ein unerklärliches Geheimnis in der Philosophie“ (vgl. 80. Brief, S. 4, bzw. 82. Brief, S. 9). Gleichwohl versucht er, diese Verbindung näher zu beschreiben. Er kommt dabei auf das System der „vorherbestimmten Harmonie“ zu sprechen und kritisiert an diesem, daß es den Einfluß der geistigen Substanzen auf die materiellen Substanzen (und umgekehrt) leugne und die menschliche Freiheit zerstöre (vgl. z.B. 81.–84. Brief, S. 5–18). Nicht nur gebe es für die Unmöglichkeit des besagten Einflusses keinen Beweis, vielmehr werde am Wirken Gottes deutlich, daß ein solcher Einfluß möglich sei. Gott habe das Vermögen, auf materielle Substanzen zu wirken, und auch die menschliche Seele könne dies, wenngleich nicht auf alle materiellen Substanzen und nur insofern, als sie von Gott die Fähigkeit dazu erhalten habe (vgl. 83. Brief, S. 14).<sup>18</sup>

Die menschliche Seele ist zu Lebzeiten mit einem – ihrem – Körper verbunden. Diese Verbindung soll nicht darin bestehen, daß die Seele sich in oder an dem Körper befindet, sondern darin, daß sie ihn beeinflusst. Euler hält es für denkbar, daß die menschliche Seele zwei Körper gleichzeitig beeinflussen kann, etwa einen Körper auf der Erde und einen anderen auf dem Mond (vgl. zum Folgenden 93. Brief, S. 52–54). Sie wäre dann gleichsam auf der Erde *und* auf dem Mond. Ferner:

„... wenn es ... Gott gefiele, nach meinem Tode eine neue Verbindung zwischen meiner Seele und einem organischen Körper im Monde zu errichten; so würde ich von dem Augenblicke an im Monde seyn, ohne eine Reise dahin nöthig zu haben.“ (93. Brief, S. 52)

Die Seele soll also neue Verbindungen eingehen können. Sie würde in diesem Fall nicht an einen anderen Ort versetzt, da sie schon immer ortlos ist und bleiben wird; sie verhält sich ja gegen jeden Ort auf die gleiche Art. Sollte sie nach dem Tod keinerlei Einfluß mehr auf irgendeinen Körper haben, würde sie sich in einem traumartigen Zustand befinden. Sie würde insbesondere ihre Vernunftfähigkeit behalten, etwa weiterhin denken, Vorstellungen haben und Schlüsse ziehen können. Da die menschlichen Seelen vollkommener werden sollen (vgl. Euler, 1960), Vervollkommnung und Veränderung überhaupt aber nur in der Zeit geschehen kann, ist klar, daß aus der Ortlosigkeit der menschlichen Seelen nicht deren Zeitlosigkeit folgen darf. Hingegen scheint Euler anzunehmen, daß Gott zeitlos ist (vgl. 90. Brief, S. 39-42), wobei sich dann unter anderem die Frage stellt, wie eine zeitlose Substanz zeitliche Wirkungen hervorbringen kann.

Die zuletzt dargestellten Überlegungen Eulers zu den geistigen Substanzen sind hochspekulativ. Dies ist verständlich, betrachtet er doch die Verbindung dieser Substanzen mit den materiellen Substanzen, insbesondere die Verbindung von Seele und Leib, als etwas Geheimnisvolles, das vom Menschen letztlich nicht begriffen werden kann. Allerdings ist seine offensichtliche Überzeugung, daß es Bereiche der (nichtgöttlichen) Realität gibt, die dem erkennenden Zugriff des Menschen prinzipiell entzogen sind, diskussionswürdig. Eine solche Erörterung wäre jedoch ein Thema für einen anderen Aufsatz.<sup>19</sup>

### Anmerkungen

- 1 Eine Zusammenfassung der naturphilosophischen Ansichten Eulers wird gegeben von Pulte, 1989, S. 110–121. Zu Eulers Philosophie im allgemeinen vgl. v. a. Bredert, 1983 (Eine damit nahezu identische englische Fassung ist Bredert, 2007), Calinger, 1975/76, sowie Speiser, 1960. Vgl. auch Fellmann, 1995, S. 70–73, Thiele, 1982, S. 124–130, Cassirer, 1971, S. 472–485, 501–505, u. Spiess, 1929, v. a. S. 114ff.
- 2 Religionsphilosophische Erwägungen finden sich ebenfalls in Euler, 1960.
- 3 Dieser Abdruck werde im folgenden (ohne Verbesserung gelegentlicher

- Druckfehler) durch die Angabe der Nummer des Briefes und der ursprünglichen Seitenzahl, die am linken bzw. rechten Rand des Textes durch kleine Ziffern angegeben ist (wobei die Zählung in den drei Teilen der „Briefe“ jeweils neu beginnt), zitiert. Dies hat den Vorteil, daß man nicht unbedingt auf diesen Nachdruck zurückgreifen muß, um die Textstellen verifizieren zu können. Dazu, daß Euler die erste deutsche Übersetzung selbst anfertigte, vgl. den editorischen Hinweis in Euler, 1986, S. XLVI, sowie Fellmann, 1995, S. 135 (dort Anm. 191).
- 4 Einige dieser Schriften werden aufgezählt in Pulte, 1989, S. 112. Eulers naturphilosophische Untersuchungen beeinflussten u. a. Kant. Vgl. dazu Walford, 1999, Elkana, 1974, sowie die immer noch lesenswerte Arbeit von Timerding, 1919.
  - 5 Zu den gültigen Schlußformen der aristotelischen Syllogistik vgl. v. Kutschera, 1967, S. 340–349.
  - 6 Vgl. Peter of Spain, 1972, S. 22: „Quarto modo dicitur proprium quod appellatur proprie proprium, et diffinitur sic: proprium est quod inest omni et soli et semper.“
  - 7 Vgl. 74. Brief, S. 251 f.: „Wir wissen erstlich, daß alle Körper eine Ausdehnung von drey Dimensionen haben; zum andern, daß sie undurchdringlich sind; und daraus entspringt die allgemeine Eigenschaft derselben, die unter dem Namen Trägheit bekannt ist.“
  - 8 Vgl. dazu Zimmerman, 1996. Zimmerman nennt auch die Quellen, vgl. v. a. S. 150f., 170.
  - 9 Vgl. Bolzano, 1970, S. 304 (dort Anm. 38): „... auf die Frage, wie Theile, deren keiner für sich selbst ausgedehnt ist, ein ausgedehntes Ganze erzeugen können, erwidere ich, daß dies geschehe, weil jedem Ganzen bekanntlich Beschaffenheiten zukommen, die seinen Theilen fehlen.“ Vgl. auch ders., 1975, S. 72.
  - 10 Vgl. Bolzano, 1975, S. 71–75.
  - 11 Vgl. dazu Wille, 2003, Laugwitz, 1997, Thiel, 1995, S. 179–204.
  - 12 Vgl. 81. Brief, S. 5: „Da die Geister und Körper Wesen oder Substanzen von einer durchaus verschiednen Natur sind, so daß die Welt zwey Arten von Substanzen enthält, geistige und körperliche oder materielle Substanzen ...“ Ferner 80. Brief, S. 4: „Es ist ... gewiß, daß diese Welt zwey Arten von Wesen enthält; körperliche oder materielle Wesen und immaterielle Wesen oder Geister.“
  - 13 Im 45. Brief, S. 158, sagt Euler, daß die Engel zumindest zeitweise Körper haben, und zwar schwerelose Körper. Inwiefern diese Annahme mit dem von ihm sonst verwendeten Körperbegriff vereinbar ist, sei einmal dahingestellt.
  - 14 Vgl. ferner 89. Brief, S. 37: „... so bemerke ich gleich anfangs, daß die Geister unendlich vortrefflichere Wesen, als die Körper, sind, und daß sie den vornehmsten Theil der Welt ausmachen.“ Außerdem 93. Brief, S. 50: „Die Natur der Geister“ steht „über die Natur aller Körper unendlich.“
  - 15 Zur Kritik an Kröbers Äußerung vgl. auch Breidert, 1983, S. 456. Breidert bezieht sich dort auf eine frühere Auflage von Kröber, 1983.
  - 16 Vgl. 141. Brief, S. 248: Der Äther befindet sich „nicht allein in allen leeren

- Räumen der Welt, sondern auch in den kleinsten Poren aller Körper.“ Vgl. ferner 19. Brief, S. 61f., 20. Brief, S. 65, 75. Brief, S. 254.
- 17 Vgl. ferner 93. Brief, S. 52: „... das Daseyn der Geister hat nichts mit einem Orte zu thun.“
- 18 Zur Diskussion der menschlichen Freiheit bei Euler vgl. Calinger, 1975/76, S. 230f.
- 19 An dieser Stelle möchte ich Jonas danken. Er hat mich, was Euler anbelangt, auf die Spur gebracht.

### Literatur

- Bolzano, Bernard, 1970: *Athanasia*. Frankfurt: Minerva (Abdruck der Ausgabe Sulzbach 1838).
- ders., 1975: *Paradoxien des Unendlichen*. Hamburg: Meiner (Abdruck der Ausgabe Leipzig 1851).
- Breidert, Wolfgang, 1983: Leonhard Euler und die Philosophie. In: *Leonhard Euler 1707–1783. Beiträge zu Leben und Werk. Gedenkband des Kantons Basel-Stadt*. Basel: Birkhäuser, S. 447–457.
- ders., 2007: Leonhard Euler and Philosophy. In: Bradley, Robert E.; Sandifer, C. Edward (Hrsg.): *Leonhard Euler: Life, Work and Legacy*. Amsterdam (u. a.): Elsevier, S. 97–108.
- Calinger, Ronald, 1975/76: Euler's „Letters to a Princess of Germany“ As an Expression of his Mature Scientific Outlook. In: *Archive for History of Exact Sciences* 15, S. 211–233.
- Cassirer, Ernst, 1971: *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit*. Bd. 2. Hildesheim – New York: Olms.
- Elkana, Yehuda, 1974: Scientific and Metaphysical Problems: Euler and Kant. In: *Boston Studies in the Philosophy of Science* 14, S. 277–305.
- Euler, Leonhard, 1942: Gedanken von den Elementen der Körper, in welchen das Lehr-Gebäude von den einfachen Dingen und Monaden geprüft, und das wahre Wesen der Körper entdeckt wird. In: ders.: *Opera Omnia*. Serie III. Bd. 2. Leipzig (u. a.): Teubner, S. 347–366 (Abdruck der Ausgabe Berlin 1746).
- ders., 1960: Rettung der Göttlichen Offenbarung gegen die Einwürfe der Freygeister. In: ders.: *Opera Omnia*. Serie III. Bd. 12. Zürich: Orell Füssli, S. 267–286 (Abdruck der Ausgabe Berlin 1747).
- ders., 1986: *Briefe an eine deutsche Prinzessin über verschiedene Gegenstände aus der Physik und Philosophie*. Braunschweig: Vieweg & Sohn

- (Abdruck der Ausgabe Leipzig 1769 [1. u. 2. Teil] bzw. St. Petersburg, Riga und Leipzig 1773 [3. Teil]).
- Fellmann, Emil A., 1995: *Leonhard Euler*. Hamburg: Rowohlt.
- Kröber, Günter (Hrsg.), 1983: *Leonhard Euler. Briefe an eine deutsche Prinzessin über verschiedene Gegenstände aus der Physik und Philosophie. Philosophische Auswahl*. Leipzig: Reclam.
- Kutschera, Franz von, 1967: *Elementare Logik*. Wien – New York: Springer.
- Laugwitz, Detlef, 1997: *Mathematische Modelle zum Kontinuum und zur Kontinuität*. Darmstadt: Technische Hochschule – Fachbereich Mathematik.
- Peter of Spain (Petrus Hispanus Portugalensis), 1972: *Tractatus called afterwards Summule logicales*. Assen: Van Gorcum.
- Pulte, Helmut, 1989: *Das Prinzip der kleinsten Wirkung und die Kraftkonzeptionen der rationalen Mechanik*. Stuttgart: Steiner.
- Speiser, Andreas, 1960: Einleitung. In: *Euler*, 1986, S. XXI–XLV.
- Spiess, Otto, 1929: *Leonhard Euler*. Frauenfeld – Leipzig: Huber.
- Thiel, Christian, 1995: *Philosophie und Mathematik*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Thiele, Rüdiger, 1982: *Leonhard Euler*. Leipzig: Teubner.
- Timerding, H. E., 1919: Kant und Euler. In: *Kantstudien* 23, S. 18–64.
- Walford, David, 1999: The Aims and Method of Kant's 1768 *Gegenden im Raume* Essay in the Light of Euler's 1748 *Réflexions sur L'Espace*. In: *British Journal for the History of Philosophy* 7, S. 305–332.
- Wille, Rudolf, 2003: *Sind unsere Vorstellungen von Raum und Zeit richtig? Oder: Besteht ein Kontinuum aus Punkten?* Darmstadt: Technische Universität – Fachbereich Mathematik.
- Zimmerman, Dean W., 1996: Indivisible Parts and Extended Objects: Some Philosophical Episodes from Topology's Prehistory. In: *The Monist* 79, S. 148–180.





Stephan M. Fischer

# Die Beherrschung des Zufalls in der Verhaltensökologie oder Potentialität als Grundkonzept wissenschaftlicher Erklärung

## Zusammenfassung

Die Verhaltensökologie ist sowohl aus wissenschaftstheoretischer als auch normativ-handlungstheoretischer Sicht philosophisch interessant. Der Aufsatz analysiert die Grundstruktur der Theorie hinsichtlich ihrer zeitlichen Struktur und der Bewältigung von Zufall und kontingenter Dynamik. Die methodischen Antworten auf diese Herausforderungen etablieren die Erklärungsstruktur, erzwingen aber auch die Annahme einer unendlichen Potentialität. Es wird vorgeschlagen, diese Annahme für die Entwicklung eines Erklärungs- und Handlungsverständnisses fruchtbar zu machen. Sowohl Erklärungen als auch normative Handlungsentscheidungen werden als Simulationsprozeß verstanden, der bei offenen Möglichkeitsräumen seinen Ausgang nimmt.

## Abstract

Philosophy of science as well as philosophy of normative action has to take the results of behavioural ecology into account. This paper analyses the basic conception of this theory, mainly concerning its temporal structure and the role of mere accident and contingent dynamics. By the methodological answer to these challenges the explanatory structure is established. Additionally, however, a conception of infinite potentiality is enforced. Subsequent to this analysis an understanding of explanation as well as normative action is introduced, which tries to make use of such a modal conception. Explanation as well as normative action is understood as a simulative process by use of open possibility spaces.

## Die philosophische Relevanz der Verhaltensökologie

Zwei Aspekte der Formulierung evolutionsbiologischer Konzepte als Verhaltensökologie (*behavioural ecology*) sind für die Philosophie von besonderem Interesse. Zum einen fließen die Ansätze einer modernen Fassung des Darwinschen Konzeptes (die *modern synthesis*),<sup>1</sup> die spiel-

*philosophia naturalis* 45 / 2008 / 1

theoretischen<sup>2</sup> und Kosten-Nutzen-Verfahren<sup>3</sup> sowie Optimalitätskonzepte zusammen. In der Bündelung dieser Konzeptionen und Methoden gelingt es zu Verfahren zu kommen, die Prognosen sowie experimentelle Überprüfung zulassen; ein Merkmal, das im Umfeld allgemeiner evolutionsbiologischer Theorien herauszuheben ist. Aus philosophischer respektive wissenschaftstheoretischer Sicht wird diese Konzeption damit im Problemkreis wissenschaftlicher Erklärungen bedeutsam.<sup>4</sup> Daneben bietet sich in der Verwendung spieltheoretischer und Optimalitätsmethoden ein Ansatzpunkt, oft gesuchte Verbindungen evolutionstheoretischer Konzeptionen etwa mit ökonomischen Ansätzen, zu konkretisieren.

Zum zweiten sind es diese Ansätze, aus denen in der Soziobiologie – teils starkes allgemeines Aufsehen erregende – Erklärungsmuster auch menschlicher Verhaltensweisen, besonders die Felder der Partnersuche, der Geschlechterrollen, gesellschaftlicher Organisation und Gewaltverteilung, entwickelt wurden. Die Frage nach sozialem (in der positiven Konnotation des Wortes) Verhalten als gründend im Altruismus oder in spieltheoretischer Entscheidungstheorie oder unter einer Klammer der Sanktionierung der ‚Betrüger‘ (*cheater*), sei als Beispiel genannt. Die aus dieser Sichtweise entstehende Nähe zu Moral und Ethikkonzeptionen zeigt den Stellenwert der verhaltensökologischen Theorie für Bereiche der Philosophie, die auch über die Wissenschaftstheorie hinausgehen.

Auch ich möchte mich in dieser Arbeit den beiden oben genannten Aspekten zuwenden. Allerdings soll dies nicht in Form praktischer Konsequenzen der verhaltensökologischen Sichtweise geschehen. Vielmehr geht es mir hier darum, die sehr fundamentalen Voraussetzungen dieser Konzeption für die Philosophie der beiden Aspekte selbst fruchtbar zu machen.

Ich werde eine Analyse der Konzeption vorstellen, die vor allem die Rolle der Zeit und die Bewältigung der kontingenten Dynamik der Evolution betrachtet. Die Konzeption wird sich als weitgehend zeitunabhängig herausstellen. Die innere Dynamik der Erklärungen und der Optimalitätsansatz ergänzen und stützen sich im Anspruch an die erklärende Kraft der Theorie gegenseitig. Ich werde zeigen, daß der zentrale Begriff des, ein bestimmtes beobachtetes Verhalten begründenden, Selektionsdrucks ohne den Optimalitätsansatz (optimale Adaption) nicht anwendbar ist. Bedingt wird diese Situation auch aus der notwendigen Quantifizierung eines Überlebenswertes, eben jenem Aspekt, der

die experimentell-prognostische Perspektive des besprochenen Ansatzes eröffnet.

Schließlich werde ich zeigen, wie dieses Bündel konzeptioneller Bedingungen zu einer Forderung nach unendlicher Potentialität gerinnt. In welcher Weise diese interpretiert wird respektive an welcher ‚Stelle‘ sie anzusiedeln ist, wird sowohl für den wissenschaftstheoretisch-erkenntnistheoretischen Status des verhaltensökologischen Ansatzes entscheidend (der erstgenannte Aspekt), als auch für die Interpretation menschlicher Verhaltensweisen oder genauer, deren Bedingungen aus philosophischer Sicht (der zweite Aspekt).

## Die Grundauffassungen der Theorie

An die von Krebs und Davies gegebene Beschreibung anschließend, ist der Arbeitsauftrag der Verhaltensökologie darin zu sehen, sich mit dem „Überlebenswert des Verhaltens“ (Krebs, Davies, 1981, 1) zu beschäftigen. Dabei wird die Auffassung miteinbezogen, daß „die Art und Weise, wie das Verhalten zum überleben und zur Fortpflanzung beiträgt, von der Ökologie abhängig ist“ (ebd.). Womit der Arbeitstitel Verhaltensökologie umschrieben wäre. Man begeht keinen für das Verständnis der Ausgangskonzepte schwerwiegend mißverstehenden Fehler, wenn man unter Verhalten praktisch jede ‚Äußerung‘ eines Tieres versteht, die für einen in dritter Person agierenden Beobachter registrierbar ist. Damit wird alles, was im Zusammenhang mit einzelnen Tieren oder Tiergruppen zu registrieren ist – ausgenommen physikalisch-biochemische Abläufe, die der momentanen Aufrechterhaltung des Systems Organismus dienen – zu Verhalten und damit zum möglichen Gegenstand der Forschung. Es ist schnell auch für biologische Laien ersichtlich, welch ungeheuer breites Feld sich mit einer solchen Arbeitsgrundlage auf tut.

Eine entscheidende Grundauffassung Verhalten betreffend ist das Verständnis desselben als nichts anderem als „einer Serie von Nervenimpulsen und Muskelkontraktionen“ (Krebs, Davies, 1981, 15). Diese Muskelkontraktionen und auslösender Nervenimpulse werden als Prozesse bio-chemischer Natur durch chemische Substanzen gesteuert. Die chemischen Steuersubstanzen werden hergestellt, reguliert und eingesetzt durch Genexpression, womit der Kern der ganzen Geschichte erreicht ist. Verhalten ist jetzt nichts anderes als die beobachtbare und sichtbare

Auswirkung genetisch festgeschriebener Programme. Wobei dies natürlich nicht in einfacher Weise gesehen wird, etwa in der Form, daß ein bestimmtes Gen jeweils ein Verhalten steuert, ein Fall der eher selten auftritt (Honigbiene),<sup>5</sup> sondern als Wirkung eines Gens vor dem Hintergrund der Wechselwirkung mit dem gesamten, den Organismus bestimmenden Genom.

Nun wird die Aufgabe der Verhaltensökologie dahingehend konkretisiert, dem Verhalten einen Überlebenswert zuzuordnen zu können. Doch kann man den Überlebenswert in verschiedener Weise zu quantifizieren versuchen und darin unterscheiden sich auch verschiedene Schulen der Soziobiologie. Um den Überlebenswert überhaupt quantitativ erfassen zu können, muß geklärt werden, welche die durch Selektion zu maximierende Größe ist.<sup>6</sup> Es sind zwei verschiedene Möglichkeiten des Ansatzpunktes der natürlichen Selektion offen, einmal das Individuum, ein anderes Mal das Gen selbst. Im Falle des Gens als Ansatzpunkt der Evolution ist die zu maximierende Größe die Replikation. Das heißt, es wird danach gefragt, wie oft ein Allel repliziert, also vervielfältigt wird und daher werden Allelfrequenzen in einer Population gemessen. Dies ist der Ansatz der Populationsgenetiker. Wird das Individuum als Ansatz der Evolution betrachtet, so ist die entscheidende Größe die – etwas klassischere – Eignung oder Fitneß, welche über Unterschiede im Fortpflanzungserfolg gemessen werden soll. Um diese beiden Vorstellungen aneinander anzupassen, wurde aus dem Konzept der Fitneß jenes der *inclusive fitness*<sup>7</sup> oder Gesamteignung, womit nicht nur der persönliche Fortpflanzungserfolg, sondern auch der Anteil an der Fortpflanzung der genealogisch Verwandten miteinbezogen ist, der auch, auf Grund der genetischen Ähnlichkeit, als Erfolg im Verbreiten der Gene bewertet wird.

Dieser Ansatz eröffnete auch einen neuen Zugang zum Verständnis der so genannten *kin-selection*,<sup>8</sup> also Verwandtenselektion, und allgemeiner dem Phänomen des Altruismus. In den siebziger Jahren vorgeschlagene Erklärungen für Altruismus im Rahmen der Soziobiologie sind die mitentscheidenden Erfolge, die dieser Evolutionstheorie<sup>9</sup> zur Anerkennung verhelfen.

Ausgangsbasis ist also die Vorstellung von sich in einem hochkomplexen Wechselspiel mit ihrer Ökologie, mithin der gesamten Umgebung, befindlichen Genen, die das Verhalten in der Weise bestimmen, daß es ihrer Verbreitung dient. Umgekehrt und diese Umkehrung ist von ent-

scheidender Bedeutung, da sie der zugänglichen Beobachtung entspricht, wird angenommen, daß Individuen sich in der Weise verhalten, um das Überleben ihrer Gene zu fördern. Verhalten wird dann genau in der Weise behandelt wie jedes andere phänotypische Merkmal und unterliegt in gleicher Weise der natürlichen Selektion, also dem ‚Allel-Wettkampf‘.

Es mag nach der Formulierung dieser zentralen Thesen auffallen, daß ein in der Evolutionsbiologie vielfach auftauchender Begriff überhaupt nicht vorgekommen ist, beziehungsweise nur sehr implizit vorkommt. Es handelt sich dabei um die Vorstellung der Anpassung beziehungsweise der Adaption. Dies liegt an der weiteren Voraussetzung, daß Tiere optimal an ihrer Umwelt angepaßt also bestens adaptiert sind. Anders ausgedrückt ist im Moment der Beobachtung eines bestimmten Verhaltens die in der obigen konzeptionellen Grundauffassung beschriebene und *für dieses beobachtete Verhalten fundierende* Konkurrenz insoweit als abgeschlossen zu betrachten, als sich eben dieses Verhalten herausgebildet hat. In diesem Fall wird nie von Adaption als Prozeß, sondern immer von Adaption als Zustand gesprochen. Es wird nicht danach gefragt, ob eine Anpassung stattfindet, sondern lediglich wird Verhalten dahingehend untersucht, ob die zu Grunde liegenden Selektionsdrücke auffindbar und verstehbar sind. Der Adaptionenprozeß spielt also keine Rolle, während der Adaptionenzustand als optimal definiert wird und eine methodische Voraussetzung darstellt. Diese methodische Rolle werde ich im folgenden Abschnitt genauer betrachten und die ‚statische‘ Adaptionenauffassung genauer herausarbeiten.

## Die Untersuchungsmethodik in der Verhaltensökologie

Die beschriebenen konzeptionellen Ansätze führen auf zwei große Gebiete der Methodik. In einem Falle werden ganze Gruppen oder Arten herangezogen, um aus beobachteten Verhaltensunterschieden und zu ermittelnden Differenzen in der die jeweiligen Gruppen betreffenden Ökologie auf die Bedingungen zu schließen, die ein bestimmtes Verhalten relativ zur Umgebung selektiv bevorzugen. In besonderer Weise eignen sich für diesen Ansatz Gruppen nahe verwandter Arten, die Verhaltensunterschiede aufweisen, da auf Grund der verwandtschaftlichen, phylogenetischen Nähe eine breite, beiden untersuchten Gruppen gemeinsame Grundlage angenommen werden kann. Ist es nun möglich

Verhaltensunterschiede zwischen diesen Gruppen mit ökologisch unterschiedlichen Verhältnissen zu korrelieren, so kann diesem methodischen Ansatz zufolge aus diesen ökologischen Differenzen der das Verhalten bestimmende Selektionsdruck gefolgert werden.

Als konzeptionelle Grundannahme gilt bei dieser Vorgehensweise, daß die Unterschiede im Verhalten sich „unter verschiedenen ökologischen Zwängen wie Menge und Verteilung von Nahrung und Feinden entwickelt haben“ (Krebs, Davies, 1981, 39). Mit dieser Grundannahme wird auch das Adaptionskonzept der Verhaltensökologie klarer. Wird nämlich der Vergleich zweier nahe verwandter Gruppen herangezogen, so will man ja auf ökologische Zwänge hinaus, die für die beiden Gruppen unterschiedlich sind. Solche Unterschiede herauszufinden und sie mit dem Verhalten zu korrelieren wird nun aber praktisch unmöglich, wenn man annimmt, die Gruppe hätte noch gar nicht in einer beschreibbaren und vor allem in *abgeschlossener* Weise auf ihre Umwelt reagiert.

Würden sich zwei verglichene Gruppen inmitten eines adaptiven Prozesses befinden, so könnte keine stabile Korrelation zwischen Verhaltensäußerungen und Umwelt gefunden werden. Sie könnte ja auch eine durchaus schlechte Adaption sein, so schlecht, daß die betreffende Spezies unweigerlich aussterben wird. Eine jede gefundene Übereinstimmung könnte dann nur als vorläufig in dem adaptiven Prozeß gesehen werden und wäre sicher nicht besonders zufrieden stellend als argumentative Grundlage für eine Erklärung eines Verhaltens. Fände man sich mit einer solchen ‚vorläufigen‘, im Moment möglicherweise richtigen Erklärung ab, so handelte man sich das äußerst schwierige Problem ein, diese Vorläufigkeit in irgendeiner Weise abzugrenzen. Der Adaptionsprozeß als dynamischer, geschichtlicher Prozeß müßte ja in irgendeiner Weise an Kriterien gekoppelt werden, die es ermöglichen, über die Dauer des soeben erreichten Adaptionsniveaus Aussagen machen zu können. Eben dies stellt jedoch eine der schwierigsten Herausforderungen an jede Evolutionstheorie dar. Nicht nur können prognostisch praktisch keine Aussagen über die Stabilität eines erreichten Zustandes gemacht werden, auch spielt hier die Zufallskomponente der Theorie mit hinein. Eine der Möglichkeiten, diesen Problemen, gut bekannt unter dem Schlagwort „Zufall und Notwendigkeit“ (Monod, 1970) zu entgehen, ist es, die Erstere der beiden Komponenten in der aktuellen Betrachtung auszuschließen. Die Annahme der optimalen Anpassung, enthalten im Konzeptgerüst, welches einer Erklärung des Zustandes, wie er beobachtet

wird, zugrunde liegt, leistet genau diesen Dienst. Mit anderen Worten, um den Selektionsdruck der Ökologie auf ein bestimmtes Verhalten herauszufinden, muß der Zustand der Wechselseitigkeit von ökologischer Veränderung und daraus resultierender Verhaltensausbildung stabil sein. Also muß ein ‚adaptiver Stillstand‘ angenommen werden. Diese methodische Grundannahme erscheint innerhalb der Verhaltensökologie auch in der zweiten großen Gruppe der Vorgehensweisen, die sich im Unterschied zur soeben besprochenen stärker auf das Individuum bezieht.

Diese zweite methodische Vorgehensweise ist nicht völlig losgelöst vom ersten Konzept zu sehen, vielmehr ergänzen sich die beiden Vorgehensweisen gegenseitig. Ein Unterschied liegt jedoch in der Möglichkeit, bessere quantitative Werte für den Überlebenswert eines untersuchten Verhaltens zu finden. Damit sollen auch fundierte Voraussagen ermöglicht werden. Das hierfür herangezogene Instrumentarium basiert auf der Vorstellung einer Entscheidungssituation. An Stelle einer Vielzahl von Vergleichen zwischen Arten oder Gruppen richtet sich das Augenmerk auf das Verhalten eines Individuums, welches nach einem Kosten-Nutzen-Prinzip analysiert wird. Ursprünglich wurde diese Idee in Experimenten Tinbergens<sup>10</sup> zur Bestimmung von Überlebenswerten einer bestimmten Verhaltensweise angewandt. In neueren Fassungen spiegelt sich diese Methode in Form so genannter evolutionärer Optimalitätsmodelle oder spieltheoretischer Ansätze wieder.

In solchen Modellen wird nicht nachgewiesen, daß sich ein Tier optimal verhält, denn dies stellt ja gerade das Ausgangskonzept dar. Vielmehr wird versucht, mittels einer Kosten-Nutzen-Analyse diejenigen Größen herauszufinden, die gegeneinander abgewogen werden und deren optimaler Kompromiß zu einer bestimmten Verhaltensweise mit geringstem Aufwand bei größten Erfolgsaussichten führt. Erfolg wird selbstverständlich wieder daran gemessen wie sehr es einem Tier gelingt seine Gene in nachfolgende Generationen einzubringen. Kann man solche gegensätzlichen Größenpaare, etwa aufgewandte Energie bei der Futtersuche gegenüber dem Energiegewinn durch die so erworbene Nahrung, in zu optimierende Beziehung setzen, so lassen sich nicht nur wie im vergleichenden Ansatz qualitative, sondern quantitative Aussagen treffen. Daraus lassen sich Voraussagen ableiten, wie die Tiere auf veränderte Bedingungen reagieren werden.

Diese Methode eröffnet also einen direkten und meßbaren Zugang zur experimentellen Überprüfung bestimmter Hypothesen. Treffen die



Voraussagen nicht zu, so ist nicht das Konzept zu verwerfen, sondern zu entscheiden, woran der falsche Ausgang des Experiments liegt, also nach anderen, dem Kosten-Nutzen-Prinzip unterliegenden Größen zu suchen, auf Grund deren Abwägung eine zutreffende Voraussage gefunden werden kann. Mithin läßt sich dieses Prinzip als indirektes Herantasten an die tatsächlich am stärksten beeinflussenden Umweltgrößen und damit die Selektionsdrücke verstehen. Es kann von einem Hypothesen-Bestätigungs-Gefüge und Annähern an die entscheidenden Faktoren gesprochen werden.

Ich werde im folgenden Abschnitt die Struktur der Argumentation anhand eines Beispiels eingehend darstellen. Ich werde dann versuchen, die beteiligten Aussagen und Beobachtungen ähnlich dem bekannten Erklärungsschema aus Gesetz, Randbedingungen und Explanandum zu gruppieren. Dies soll nicht geschehen, um verhaltensökologische Erklärungen am covering-law Modell zu messen oder zu kritisieren. Vielmehr offenbart sich daran die statische Komponente der Erklärung, wie sie aus der Konzeption entstehen muß. Auch die formal-exaktere Quantifizierung mittels des expliziten Optimalitätsansatzes, der ich mich dann zuwende, verstärkt diese Sicht und zeigt die enge methodische Verbindung dieser zeitlichen Struktur mit dem Optimalitätsansatz.

## Von Paschas und Sichelnektarvögeln

Das Beispiel spielte innerhalb der Verhaltensbiologie eine große Rolle, da es immer wieder herangezogen wurde, um für Individualselektion und gegen den Primat der Arterhaltung zu argumentieren. Es betrifft das Verhalten von Löwenrudeln,<sup>11</sup> insbesondere die Machtübernahme im Rudel durch neue „Paschas“.

Wie stellen sich die Ausgangsdaten ein Löwenrudel betreffend dar? Ein solches Rudel besteht meist aus etwa drei bis zwölf erwachsenen Weibchen sowie wenigen männlichen Löwen, den Paschas. Die Weibchen stehen in einem engen Verwandtschaftsverhältnis zueinander, während die Männchen zwar meist ebenfalls untereinander verwandt sind, jedoch von außen in das Rudel kommen. Sie erobern sich ein fremdes Rudel, indem sie dessen alte Herrscher vertreiben. Den Kern eines Löwenrudels stellen somit die Weibchen dar, die auch während einer Zeit von etwa zwanzig Jahren dem Rudel angehören, im Prinzip von ihrer Geburt bis

zu einem mehr oder weniger natürlichen Tod. Die Männchen können, im Gegensatz dazu, nur über eine statistische Aufenthaltsdauer in einem Rudel von zwei bis drei Jahren verfügen, bevor sie von neuen, jüngeren Rivalen vertrieben werden. Ein Ereignis, nach dem viele Einzelgänger rasch den Tod finden.

Die jungen männlichen Löwen aus dem Nachwuchs des Rudels verbleiben im Unterschied zu ihren Schwestern und Cousins nicht im Rudel. Sie werden nach etwa drei Jahren regelrecht gezwungen, das Rudel zu verlassen. So weit stellt sich die Ausgangslage des Löwenalltags also dar und nun werden Beobachtungen angestellt, die das Fortpflanzungsverhalten der Löwen betreffen.

Die erste Beobachtung ist die der Synchronisierung der Empfängnisbereitschaft der im Rudel befindlichen Weibchen. Die zweite betrifft die ungeheuer große Anzahl an Kopulationen, die durchgeführt werden müssen, um zu einem Nachkommen zu führen. Rechnet man ein, daß nur etwa zwanzig Prozent der geborenen Tiere tatsächlich selbst in ein fortpflanzungsfähiges Alter kommen, liegt die Zahl bei über 3000 Kopulationen pro Jungtier. Die dritte Beobachtung schließlich ist die in diesem Beispiel berühmteste, die Tötung der Jungtiere durch die neuen Herren.

Hier nun die funktionellen Erklärungen für diese drei Phänomene, beginnend mit der Östrussynchronisation. Sie bewirkt eine diskrete Generationenfolge. Durch die gleichzeitige Aufzucht wird die Zeit, in der Jungtiere besonders schutzbedürftig sind, im Verhältnis zu den beteiligten Löwinnen (nämlich allen) kurz gehalten. Zugleich können einige der Löwen der Jagd nachgehen und die jungen Tiere werden dann von anderen Löwinnen betreut. Dies ist eine Form des Altruismus unter nahe verwandten Tieren. Die männlichen Jungen müssen, wie oben beschrieben, nach circa drei Jahren das Rudel verlassen und versuchen, sich ein eigenes Rudel zu erobern. Dabei ist es natürlich ein großer Vorteil, wenn die Löwen gemeinsam und in gleicher Stärke, sprich Alter, das Rudel verlassen können. Das bedeutet, die durch Östrussynchronisation bewirkte diskrete Generationenfolge erhöht insgesamt die Überlebenschancen der Jungtiere.

Die hohe Kopulationsrate wird durch einen Befriedigungseffekt erklärt. Die männlichen Löwen eines Rudels sind daran interessiert, möglichst erfolgreich ihre Gene an die nächste Generation weiterzugeben. Dabei stellt jeder andere Löwe grundsätzlich einen Konkurrenten dar, dessen Möglichkeit, sich mit einer der Löwinnen zu paaren, verhindert werden

sollte. Kombiniert man nun den nahen Verwandtschaftsgrad der herrschenden Löwen und die niedrige Wahrscheinlichkeit, einen Nachkommen zu zeugen, so wird ersichtlich, daß es sich für den einzelnen Löwen kaum lohnt, Energien in einen Isolierungskampf für ein Weibchen zu investieren. Daher kommt es zu keinen Auseinandersetzungen um den Vorrang und so insgesamt zu einer Energien und Ressourcen schonenden Befriedung.

Schließlich die dritte Beobachtung der Tötung der Jungtiere bei einer neuen Machtübernahme. Dazu denke man noch einmal an die kurze Zeitspanne die einem Löwen in seinem Rudel zur Verfügung steht. Löwinnen, die ein Jungtier zu versorgen haben, sind für einen Zeitraum von etwa 25 Monaten nicht fortpflanzungsfähig. Bei Verlust der Jungen reduziert sich diese Phase jedoch auf etwa neun Monate. Da die Jungen anderer Männchen in erster Linie genetisch fremde Konkurrenten für eigene Jungen darstellen und die 25 Monaten der Pause gefährlich nahe an die dem Löwen überhaupt zur Verfügung stehende Aufenthaltsdauer im Rudel, das ist bei den Weibchen, herankommt und damit ein Fortpflanzungserfolg stark gefährdet ist, kommt es also zur Tötung der Jungen. Dies ist genau der oben angedeutete Punkt, den die Vertreter der Individualektion immer wieder ins Feld führten, gegen eine Arterhaltung, innerhalb derer dieses Verhalten so nicht erklärbar wäre.

## Das Netz der Erklärungen

Ich werde in zwei verschiedenen Schritten vorgehen, um einem Verständnis der Struktur dieser Erklärungen näher zu kommen. Zuerst werde ich die Erklärungen noch einmal durchgehen und den engen Zusammenhang aller drei untereinander zeigen. Im zweiten Schritt soll die oben erwähnte Gruppierung der Aussagen versucht werden.

Die Beobachtung zeigt also eine Synchronisation der Empfängnisbereitschaft der im Rudel lebenden Weibchen. Diese Beobachtung wird durch die erhöhten Überlebenschancen der Jungtiere einerseits und die verbesserten Möglichkeiten speziell der jungen Männchen, wenn diese gezwungen sind, das Rudel zu verlassen andererseits, erklärt.

Wodurch genau steigert sich die Überlebenschance des jungen Nachwuchses? Die gemeinsame Obsorge der Löwinnen stellt eine Form des Altruismus dar, da die Jungen, welche sie säugen, ja nicht unbedingt ihre

eigenen sein müssen. Dieses altruistische Verhalten ist ein Beispiel für Verwandtenselektion, die durch die korrespondierende genetische Ähnlichkeit bei hohem Verwandtschaftsgrad erklärt wird. Man sieht also, daß der hohe Verwandtschaftsgrad der Löwinnen eine Bedingung für jenen Altruismus darstellt, der die Versorgung der Jungtiere garantiert. Damit wird der verwandtschaftliche Zusammenhang zu einer Bedingung für die Erklärung der Östrussynchronisation und damit muß man sich fragen, wie diese Situation zu Stande kommen kann. Immerhin stellt eine der Beobachtungen die relativ kurze Aufenthaltszeit der Männchen in den Rudeln fest. Denkt man nun an eine längere Zeitspanne in der immer wieder fremde Männchen das Rudel übernehmen und ihren eigenen Nachwuchs speziell ihre eigenen Töchter zeugen, so kommt man schnell zu dem Schluß, daß die Verwandtschaftsnähe in einem solchen Rudel immer mehr dazu tendiert, auseinander zu driften. Man könnte sogar so weit gehen zu behaupten, daß sich verschiedene ‚Clans‘ jeweils engeren Verwandtschaftsgrades herausbilden müßten die sozusagen als ‚eigene Familien‘ absprengen und Rudel bilden müßten. Diesen Fall jedoch scheint man nicht zu beobachten. Wie kann dann aber dieses Driften des Verwandtschaftsgrades eingengt oder verhindert werden?

Die Methode der Wahl um kontinuierliche Fortpflanzung, an der verschiedene Löwen Anteil haben, auszuschließen besteht darin, sicherzustellen, daß Nachwuchs eines Löwenherrscherteams, das ja verwandt ist, mit allen Löwinnen möglich ist, also eine jeweils den gerade herrschenden Paschas entsprechende Generationenfolge. Dies ist in zwei Schritten erreichbar. Erstens muß unliebsamer Nachwuchs irgendwie aus dem Weg geschafft werden und zweitens müssen diskrete Generationenfolgen bestehen, was sich durch eine Synchronisation der Empfängnisbereitschaft der Weibchen von selbst ergibt. Was die Seite der Männchen betrifft, so ist unter ihnen als Herrscher, wiederum unter Berücksichtigung ihrer kurzen Phase des Aufenthalts und damit des starken Wechsels verschiedener Männchen, ein so hoher Grad verwandtschaftlicher Nähe wie möglich anzustreben. Erste Möglichkeit wäre hier ein einzelner Löwe, der sich ein Rudel erobert, um seinen eigenen Nachwuchs zu sichern. Nun gibt es in diskreten Generationenfolgen ja auch mehrere Brüder. Diese verlassen in Gruppen die Rudel. Bleiben sie zusammen, so gilt für sie wieder die positive Voraussetzung eines kin-selection-Konzeptes. So entwickeln sich also die Gruppen brüderlicher Eroberer, welche schließlich zu Rudelherrschern werden können, zu einem Fortpflanzungsvorteil.

Die, die Chancen der Junglöwen beeinflussende, Voraussetzung liegt also auch in einer diskreten Generationenfolge begründet, welche wiederum nur durch eine Synchronisation der Empfängnisbereitschaft der Weibchen im Ursprungsrudel erreichbar ist. Stellen wir also folgenden Zusammenhang vorläufig fest: um zu altruistischem Verhalten, zur gemeinsamen Aufzucht und Versorgung der Jungtiere zu kommen, ist es eine wichtige Vorbedingung, daß es diskrete Folgen von Generationen gibt.

Bleibt als letzte Beobachtung noch die hohe Kopulationsrate pro überlebenden Nachwuchs, der ‚Trick‘ zur Befriedung des Rudellebens. Auch die dafür gegebene Erklärung fußt sehr stark auf dem Konzept der Verwandtenselektion, da die Löwenbrüder auch bei möglichem brüderlichem Nachwuchs eine hohe Zahl eigener Gene weitergegeben sehen. Dieser Trick läßt die Frage zu, warum diese Friedenssicherung notwendig ist. Sie entsteht aus der Tatsache, daß Löwenrudel genau so organisiert sind, daß meist mehrere Männchen ein Rudel beherrschen, was wiederum, siehe oben, mit der erwähnten diskreten Generationenfolge zu tun hat und da diese gleichaltrige, gleichzeitig auswandernde Männerbünde hervorruft, ist es ungemein nützlich selbst solche zu bilden. Ein hoher Grad an Verwandtschaft macht es sogar möglich, daß auch bei nicht garantiertem eigenen Nachwuchs dieser doch in nahem Verwandtschaftsverhältnis steht. Dies alles stellt einen Grund dar, sich nicht um jede einzelne Chance zur Begattung unter hohem Energieaufwand und Verletzungsrisiko zu bekämpfen.

Dieser zweite Durchgang zeigt wie eng die Voraussetzungen im Erklärungsgefüge, also die Datenaufnahme des Löwenalltags, und die zu erklärenden Tatsachen miteinander in Beziehung stehen. Die Gegebenheiten, von denen ausgehend eine bestimmte Beobachtung erklärt wird, können als Beobachtungen aufgefaßt werden, die durch die ursprünglich als erklärungsbedürftig betrachteten Beobachtungen erklärt werden könnten. Dieses Merkmal der Erklärungen bezeichne ich vorläufig als *Möglichkeit der teilweisen Permutation von Ausgangs- und Beobachtungsdaten*.

## Struktur und Zusammenspiel der Erklärungsaussagen

Um der Struktur des hier vorliegenden Gefüges noch genauern nachzuspüren werde ich nun eine Organisation der Aussagengruppen ähnlich

der eines Erklärungsschemas mit Gesetzen, Antezedensdaten und Explanandum versuchen.

Es geht um die Frage nach dem Überlebenswert eines bestimmten Verhaltens und die Erklärung, auf Grund welcher Selektionsdrücke sich dieses Verhalten einstellen konnte. Die Verhaltensbeobachtungen stellen im obigen Falle also das Explanandum dar. Klassischerweise wird die Gruppe an Aussagen, die zur Erklärung eines gegebenen Explanandums heranzuziehen ist, aus zwei Teilen aufgebaut. Einmal alle die Aussagen, die so etwas wie Rand- oder Nebenbedingungen zu den beobachteten oder beschriebenen Phänomenen sind, die Antezedensbedingungen. Den zweiten Teil stellen Gesetze oder mindestens gesetzesartige Aussagen dar. Um nicht in die Problematik der Gesetzesaussagen zu geraten, genügt es, hier vom Konzept der Verhaltensökologie zu sprechen. Ein Konzept ist dabei die konkrete Formulierung der Intention, des Forschungsprogramms, also das Gefüge der auch die Methodik festsetzenden Grundauffassungen. Die Gruppe:

- Verhalten ist gesteuert durch Gene
- Verhalten ist so ausgelegt, daß die Gene sich fortpflanzen können
- Tiere sind optimal angepaßt

hat die Aufgabe, das Konzept der Verhaltensökologie knapp und deutlich zu umreißen, hier konstituiert sich das verhaltensökologische Konzept. Sie ist als konzeptionelle Grundlage oder als Einhüllende des gesamten Erklärungsgefüges, es zu einem Paket verschnürender Rahmen zu sehen. Diesen einschnürenden Rahmen nenne ich die *Konstriktion* einer Erklärung.

Nun zu den übrigen Aussagen, wie sie im Erklärungsbeispiel vorkommen. Verhältnismäßig deutlich scheinen sich die, Randbedingungen und begleitende Umstände beschreibenden Aussagen vom Explanandum trennen zu lassen. Letztere sind einfach die sich auf die Aufgabenstellung beziehenden Aussagen,

- Löwen töten manchmal Jungtiere
  - Weibchen synchronisieren ihre Empfängnisbereitschaft
  - Die Kopulationsrate pro Nachkomme ist extrem hoch
- erstere alle übrigen, also alle, die weder die Ausgangsfrage widerspiegeln noch konzeptionelle Aussagen der Konstriktion sind. Werden jetzt auch diese in einer Gruppe zusammengefaßt, so kann man in Analogie zu klassischen Erklärungsschemata folgende Situation entwerfen:

Die Konstriktion:

- Verhalten ist gesteuert durch Gene
- Verhalten ist so ausgelegt, daß die Gene sich fortpflanzen können
- Tiere sind optimal angepaßt

Die Randbedingungen R:

- Löwen leben in Rudeln, verteidigen ein Revier und jagen vor allem Zebras und Antilopen
- Rudel bestehen aus drei bis zwölf erwachsenen Weibchen, einem bis sechs erwachsenen Männchen und Jungtieren
- Alle Weibchen innerhalb des Rudels sind miteinander verwandt. Sie werden im Rudel geboren und bleiben ihr ganzes Leben lang darin
- Männchen verlassen das Rudel im Alter von etwa drei Jahren
- Bei erfolgreicher Übernahme eines fremden Rudels bleiben sie dort etwa drei Jahre bevor sie von jüngeren Konkurrenten ihrerseits vertrieben werden

Das Explanandum:

- Löwen töten manchmal Jungtiere
- Weibchen synchronisieren ihre Empfängnisbereitschaft
- Die Kopulationsrate pro Nachkomme ist extrem hoch

Die Dynamik der Erklärung spielt sich zwischen den Randbedingungen und dem Explanandum ab, die rahmenschaffende Konstriktion ist als konzeptionelle Gruppe bestimmt. Aus ihrer Forderung, Verhalten durch Selektionsdrücke zu erklären, mithin aus den Selektionsdrücken ein Verhalten abzuleiten, kann eine genauere Bestimmung der Aussagen aus R gewonnen werden. Sie sollen – mindestens implizit – genau diese Selektionsdrücke darstellen. Damit wird das Schema allgemeiner zu:

- Konstriktion
- (implizite) Selektionsdrücke
- Verhalten

Dieser Modellstruktur ist man angesichts des evolutionistischen Hintergrundes schnell geneigt Vertrauen entgegenzubringen, scheint sie doch die Dynamik der Evolution abzubilden. Ist dies jedoch tatsächlich der Fall?

Erinnert man sich an die konstringente Aussage, jede nicht physiologische Äußerung als Verhalten aufzufassen, so stellt man schnell fest, daß alle Aussagen der Gruppe R Verhaltensaussagen sind. Die Aussagen der

Gruppe der Randbedingungen sind Verhaltensaüßerungen und damit, das ist der entscheidende Punkt, mit den Aussagen des Explanandums vertauschbar. Wir gelangen so zu demselben Ergebnis der Möglichkeit der Permutation, wie sie sich aus der genaueren Betrachtung der funktionellen Erklärungen oben ergab. Jetzt wird dies als Konsequenz des Konzeptes der Verhaltensökologie deutlich. Nun sieht das Schema schon etwas verändert aus:

- Konstriktion
- Verhaltensbeobachtung
- Verhalten als Explanandum

Es liegt also eine konzeptionelle, konstringente Gruppe vor, sowie *permutable* Aussagengruppen, die Verhalten beschreiben. Daraus folgt, daß das Verhalten in Explanandum nicht in irgendeiner Form als abgeleitet bezeichnet werden kann, sondern die Gesamtheit der permutierenden Aussagen stellt eine ergänzende Situationsbeschreibung dar. Mit der vorläufig einzigen einschränkenden Bedingung, zur Konstriktion zu passen. Genau dieses Ergebnis ist auch zu erwarten, wenn man sich jenen Teil der Konstriktion ansieht, in dem die optimale Anpassung gefordert wird. Eigentlich ist damit bereits deutlich, daß es zu einer situationserhaltenden Beschreibung kommen muß, denn Veränderungen führen aus einem Optimum stets wieder hinaus. Wir haben also eine permutabel schließbare Beschreibung zwischen Randbedingungen und Explanandum vor, die eigentlich eine Identitätsfeststellung mit der beobachteten Situation ist, in die das Explanandum eingebettet ist.

Der ursprünglich dynamische Aspekt einer zu bestimmten Verhaltensformen führenden, Selektionsdrücken hervorrufenden Umwelt, stellt eine in der Erklärung nicht relevante, gedachte Vielfalt möglicher Abläufe dar. Die Rekonstruktion möglicher Welten wird durch die Annahme optimaler Anpassung jedoch sogleich auf das Maß der „Besten aller möglichen Welten“ zurechtgestutzt und damit statisch.

Im Konzept der evolutionistischen Verhaltensforschung ist der Begriff der optimalen Anpassung meist über eine Verknüpfung mit dem Überlebenswert inhaltlich gefüllt, bleibt jedoch, außer ein konzeptueller Ansatz zu sein, recht undeutlich. Im Optimalitätsansatz wird dieser Punkt nun sehr stark gemacht und mit einer Methode verknüpft. Aus dem Ansatz optimaler Adaption wird gefolgert, daß alle Verhaltensmuster, die der Vermehrung untergeordnet sind, aber indirekt in Form effizienteren Überlebens dieser dienen, gleichfalls in hoch optimierter



Weise ausgeführt werden. Daraus folgt sofort der für die Anwendung der Methode entscheidende Schluß, daß der in einem Optimalitätsmodell betrachtete Faktor nicht unbedingt das Überleben oder die Erzeugung von Nachkommen sein muß. Es werden Faktoren wie Energieaufwand zur Nahrungssuche (Krähe),<sup>12</sup> Energieaufwand pro Zeiteinheit (Meise),<sup>13</sup> Risikoneigung (Rotrückenjunko),<sup>14</sup> Teilung der Kosten für Wachsamkeit (Straußenvögel),<sup>15</sup> Minimierung des täglichen Energieaufwandes (Sichelnektarvogel)<sup>16</sup> und vieles mehr verwendet. Solche und andere Faktoren, die ein Verhalten beeinflussen werden nach einem Kosten-Nutzen-Prinzip gegeneinander abgewogen und nach der Voraussetzung wird das sich daraus ergebende Optimum als Verhalten des Tieres erwartet. Das Argument liegt also in folgender Form vor:

Voraussetzung:

- Die Selektion wirkt so, daß sich ein Verhalten gemäß einem Kosten-Nutzen-Optimum einstellt.

Beobachtung:

- Ein bestimmtes Verhalten wird beobachtet

Daraus folgt:

- Aus gegeneinander abgewogenem Selektionsdrücken ergibt sich ein optimaler Bereich, entlang dem das beobachtete Verhalten entstanden ist. Diese Selektionsdrücke gilt es aufzufinden. Man suche also Kosten-Nutzen-Paare deren Optimum dem beobachteten Verhalten entspricht.

Dieser Schluß läßt im Unterschied zum eingangs beschriebenen Beispiel sowohl quantitative Berechnungen zu, als auch Voraussagen und Experimente. Das experimentelle Argument lautet: Wenn ein Tier auf eine experimentelle Situation in einer bestimmten Weise reagiert, also diese Reaktion in Form eines Verhaltens dem Tier möglich ist und abläuft, dann ist dieses Verhalten als Ausdruck einer genetischen Fixierung eines Selektionsdrucks, also der Bedingungen des Experiments selektiert worden. Kann auf Grund veränderter Größen im experimentellen Aufbau mittels eines Kosten-Nutzen-Prinzips das zu erwartende Verhalten auch quantitativ vorhergesagt werden, so ist dieses Verhalten durch die Selektionsdrücke erklärt.

## Zeit und Kausalität in der Verhaltensökologie

Die Analyse des ersten Beispiels hat gezeigt, wie eine geschlossene Geschichte der Situation, der Gesamtkultur, entworfen wird. Es handelt sich bei dieser Erklärung um eine simulativ-narrative Identitätsfeststellung der Lebens- oder Verhaltensformen. Ihre Rechtfertigung erfährt diese Geschichte durch *Konstriktionstreue* und *Geschlossenheit*. Unter Konstriktionstreue ist zu verstehen, daß innerhalb der narrativen Simulation keine Aussagen heranzuziehen sind, die mit der konzeptionell ‚Einschnürenden‘, der Konstriktion, unverträglich sind. Die Geschlossenheit meint dann, daß zum einen eben eine Erklärungserzählung die Beobachtungen und Aussagen der zweiten Gruppe R untereinander dicht verbindet. Dieses Netz habe ich versucht im oben durchgeführten zweiten Durchgang durch die Erklärung zu demonstrieren.

Wichtiger noch für eine rechtfertigende Geschlossenheit ist die Möglichkeit der Permutation der Aussagen. Sie schwächt keineswegs die Erklärungskraft der Erklärungserzählung, sondern – daher auch die Auffassung als Simulation – bestärkt sie genau dann, wenn unter verschiedenen Permutationen die gleichen Gesamterzählungen gewonnen werden können.<sup>17</sup>

Man könnte gegen das Beispiel einwenden, es sei in gewissem Sinne gar nicht verhaltensökologisch, weil die Aussagengruppe R eigentlich keine Ökologie- respektive Umgebungsaussagen enthielte. Je mehr man sich jedoch von einem Konzept der „Arterhaltung“ entfernt und, sei es das egoistische Gen, die, relativ isolierte, Genpopulation oder Gruppe oder auch das Konzept der inclusive fitness betrachtet – und dies gilt es bei dem Einwand zu beachten – um so mehr wird für den einzelnen Organismus natürlich auch jedes andere Gruppenmitglied, der Konkurrent, das Gesamtverhalten der Gruppe, also Verhalten überhaupt, zur ‚Ökologie‘, zur relevanten Umgebung. Nicht nur naturhaft- fixierte Umgebung oder Umgebungsangebote, auch jedes Allel im Allelwettkampf ist jeweils auch Selektionsdruck.<sup>18</sup>

Da die zweite Methode sich gerade dadurch bestimmt, explizit ökologische Umgebungsgrößen zu quantifizieren und als Optimierungsgrößen abzuwägen, kann ich es bei dieser kurzen Bemerkung belassen und wende mich nun dieser zu.

Es handelt sich um eine zweistufige Vorgangsweise. Die Konstriktion ist vorgegeben und ergänzt durch den Optimalitätsansatz. Nun werden

Meßgrößen gesucht, die eine der möglichen Welten zu simulieren erlauben. Trifft diese simulierte Situation auf die beobachtete zu, so sind relevante Selektionsdrücke gefunden, wenn nicht, können die angenommenen ausgeschlossen und der nächste Durchgang der Simulation mit neuen Größen in Angriff genommen werden. Bedenkt man das Ringen der Verhaltensökologie mit der gesamten Ökologie, so sieht man, welchen großen Schritt man mit einem solchen Ausschlußverfahren schon tut. Jeder Durchlauf durch die Simulation verhilft also sicherlich zu einer deutlichen Klärung der Situation. Akzeptiert man diese Sicht der Methode, so gibt sie ein Werkzeug zur Lichtung des ökologischen Dickichts an die Hand.

Nicht jede Verbindung von Meßgrößen liefert ein für das tatsächliche beobachtete Phänomen relevantes Maximum. Wir müssen uns daher fragen, ob es restriktionsinterne Kriterien für die Wahl der Meßgrößen oder Kosten-Nutzen-Paare gibt. Doch genau solche Kriterien gibt es nicht. Aus der Konzeption, der Wahl auch nicht direkt fortpflanzungsrelevanter Größen, wird dies bereits ersichtlich. Nur die durchgeführte Simulation und ihre Überprüfung – die methodische Stärke des Ansatzes – können Kriterien liefern.<sup>19</sup> Aus diesem Fehlen von Kriterien für mögliche Meßgrößen ergeben sich nun gravierende Folgerungen für eine gegebene Optimalitätserklärung.

Eine der grundlegenden Voraussetzungen ist das Konzept der optimalen Anpassung. Warum? Weil nur daraus so klar nach den, diese Anpassung rechtfertigenden Selektionsdrücken gefragt werden kann. Angenommen, der beobachtete wäre ein nicht optimaler Zustand und die betrachtete Verhaltensweise eine Zwischenlösung. Dann ist der zugehörige Selektionsdruck kein Grund für genau dieses Verhalten, sondern für ein anderes, erst zu erreichendes. Dann müßten Gründe für diese Zwischenstufe angegeben werden, die nicht genau die Selektionsdrücke sein können, da diese ja Gründe für ein anderes Verhalten sind. Wenn aber Selektionsdrücke gefunden werden können, die nur ungefähr in die Richtung dieses Verhaltens führen, ist nie klar, ob diese nicht etwa Selektionsdrücke für ein ganz anderes, dann besser entsprechendes Verhalten sind. A fortiori fallen dann alle Selektionsdrücke weg und es ist überhaupt keiner mehr als begründend für ein bestimmtes Verhalten auffindbar. Somit *muß* davon ausgegangen werden, das beobachtete Verhalten als optimal einem Selektionsdruck entsprechend zu beurteilen. Optimal heißt damit zugleich, eindeutig dem Druck zu verdanken, also eine eindeutige Zuordnung ermöglichend.

Bei dem Simulationsvorgang kann es zu einer erfolgreichen Kosten-Nutzen-Paarung kommen und dann liegt eine Situation vor, in der möglicherweise eine bestimmte Anzahl möglicher Paare bereits ausgeschlossen wurde und ein erfolgreiches Paar als Erklärung herangezogen werden kann. Es kann aus dem Modell selbst aber nicht ausgeschlossen werden, daß irgendeine noch nicht betrachtete Kosten-Nutzen-Paarung zu denselben zutreffenden Verhaltensbeschreibungen führen könnte. Wäre eine solche alternative Paarung und damit ein alternatives Optimum, welches zu dem gleichen Verhalten führte, gefunden, so bietet das angewendete Modell keinerlei Kriterien zur Unterscheidung verschiedener Wege ins Optimum.<sup>20</sup>

Hier liegt nicht wie im ersten Beispiel eine Vertauschbarkeit der Randbedingungen mit dem Explanandum vor, diese wurde durch den Optimalitätsansatz ausgeschlossen, doch eine gegenseitige Bestätigung. Da diese jedoch von der Konstriktion unabhängig ist, sind die, als Gründe für ein Verhalten herangezogenen Selektionsdrücke als hinreichend im Sinne des Modells aufzufassen, jedoch fehlt jede Rechtfertigung aus dem Modell, sie auch als notwendige Ursachen bezeichnen zu können. Keine notwendigen Gründe anzugeben mag man als charakteristisch für eine Evolutionstheorie ansehen, immerhin entfaltet sich ihre Dynamik im berühmten Spannungsfeld von Zufall und Notwendigkeit. Wir stoßen damit auf ein Problemfeld, welchem bei jeder Betrachtung evolutionsbiologischer Konzeptionen eine zentrale Rolle zukommt, der Kausalität. Haben wir schon am ersten Beispiel und der Erklärungsdynamik aus Permutation und Geschlossenheit gesehen, daß hier offensichtlich nicht mit deduktiven Schlüssen zu arbeiten ist, so wird jetzt eine tiefere Ursache für das Fehlen notwendiger Gründe deutlich: die Rolle der Zeit in dieser Konzeption.

## Das Anhalten der Zeit

Um diesen Grund zu erkennen nehmen wir eine Gruppe von Tieren an, die sich von einer zweiten in nichts unterscheiden soll, als in einem bestimmten Verhaltensmuster. Eines der beiden habe einen selektiven Vorteil, so daß sich dieses Verhaltensmuster genetisch durchsetzen wird. Schließlich bleibt die Art mit der besseren Verhaltensstrategie übrig und nun kommt der Biologe und sucht, mittels der Optimierung die dafür

verantwortlichen Selektionsdrücke zu finden und entwirft eine Simulation, die ihm den zu maximierenden Gewinn aufzeigt. Nehmen wir nun an, dieser Biologe trafe seinen Kollegen aus jener Zeit, als beide Arten noch existierten. Wie würde es diesem Kollegen ergehen?

Die eine Gruppe  $g_1$  verfügt über Verhaltensmuster  $v_1 \dots v_m$ , die Gruppe  $g_2$  über  $v_1 \dots v_m, v_n$ , wobei  $v_n$  der (wesentliche) Vorteil sei. Der Zeitpunkt  $t_1$  sei derjenige, an dem der ältere Verhaltensökologe  $VÖ_1$  seine Untersuchungen vornimmt,  $t_2$  und  $VÖ_2$  entsprechend.  $VÖ_2$  in  $t_2$  eruiert nun unter Annahme optimaler Anpassung für  $t_2 - t_1$  den Selektionsdruck für  $v_n$ . Was macht unser Biologe  $VÖ_1$ ?

Für ihn gilt die Annahme optimaler Anpassung von  $g_1$  für  $t < t_1$ , sowie für  $g_2$  in  $t < t_1$ . Daraus lassen sich die entscheidenden Selektionsdrücke für  $v_1 \dots v_m$  erschließen.  $VÖ_1$  gelingt also der Nachweis der Selektionsdrücke für optimal angepasstes Verhalten  $v_1 \dots v_m$ , aber nicht für das (zukünftig entscheidende)  $v_n$ . Von  $VÖ_2$  jedoch wissen wir, daß  $v_1 \dots v_m$  *ohne*  $v_n$  – aus seiner Sicht – *nicht* optimal ist.

Die Optimalitätsannahme für  $VÖ_1$  gilt also nur für  $v_1 \dots v_m$  *und*  $t < t_1$ . Nun könnte man einwenden, genau so sei die Voraussetzung optimaler Anpassung auch konzeptionell gefaßt, nämlich alleine bezüglich vergangener, nicht gegenwärtiger oder zukünftiger Selektionsdrücke. Dies trifft konzeptionell sicherlich zu. Das Problem ergibt sich aber insbesondere dann, wenn wir die gegenwärtigen Selektionsdrücke betrachten.

Werden aktuelle Selektionsdrücke nicht in Betracht gezogen, so ist die Annahme optimaler Anpassung zum Zeitpunkt  $t_1$  falsch. Es ist vielmehr eine optimale Anpassung für  $t < t_1$ , die angenommen wird. Wie kann der Verhaltensökologe jedoch das Vorliegen bestimmter Selektionsdrücke zu  $t < t_1$  von jenen zu  $t_1$  unterscheiden? Welche Kriterien (von außergewöhnlichen Umständen wie Vulkanausbrüchen, Vereisungen oder Asteroideinschlägen abgesehen) für das *Aufhören eines Selektionsdruckes* gibt es? Mit anderen Worten, ein Kriterium der Unterscheidung von Adaptionsprozeß und Adaptionszustand ist nicht anzugeben. Das selbige Problem in  $t_1$ , der Annahme optimaler Anpassung immanent, gilt dann aber a fortiori auch für  $t < t_1$ . (vgl. oben das Wegfallen von Selektionsdrücken)

Hinter der konzeptionellen Grundannahme steckt also die eigentliche ‚Arbeitsvorschrift‘ nur diejenigen evolutiven Größen zu beschreiben, die selbst *nicht mehr evolvieren*. Anders ausgedrückt, die Zeit ist (mindestens) für  $t_1$  und  $t > t_1$  *angehalten*. Das Optimum der Anpassung stellt

sich als nicht einmal lokales Optimum heraus, sondern als ein virtuelles Optimum plus angehaltener Zeit.

Der berühmte Soziobiologe Richard Dawkins bringt in seinem Buch „The Extended Phenotype“ eine Beschreibung von Evolution, der dieses Problem genauso anhängt und an der es überraschend deutlich zu sehen ist.

„Von allen Organismen, die geboren werden, sterben die meisten, bevor sie das Erwachsenenalter erreicht haben. Von der Minderheit, die Eltern werden, wird eine noch kleinere Minderheit in tausend Jahren lebende Nachkommen aufweisen können. Lediglich eine winzige Minderheit vermag von zukünftigen Generationen unter deren Vorfahren gezählt werden. Sie besaß, was zum Erfolg nötig war. Jedes heute lebende Individuum kann folgendes aussagen: nicht ein einziger meiner Vorfahren fiel einem Räuber oder einem Virus zum Opfer oder starb wegen eines fehlkalkulierten Tritts an einem Abgrund und eines zeitlich falsch eingeschätzten Griffs auf einem hohen Baumast, bevor er oder sie nicht wenigstens einen Nachkommen gezeugt oder geboren hatte. Nicht ein Einziger meiner Ahnen war zu unattraktiv, um nicht wenigstens einen Paarungspartner zu finden; noch war er als Elternteil zu egoistisch, um nicht wenigstens ein Kind zu ernähren, bis es selbstständig war. Tausende von Zeitgenossen meiner Vorfahren versagten in allen diesen Hinsichten, aber nicht ein einziger meiner Vorfahren versagte. Da alle lebenden Organismen ihre Gene von ihren Vorfahren geerbt haben und nicht von deren erfolglosen Zeitgenossen, besitzen alle lebenden Organismen überwiegend erfolgreiche Gene. Aus diesem Grund werden sie auch Gene vererben können, die eine wohlgeplante Maschine zu Stande bringen, eine Maschine, die sich so verhält, als sei sie bestrebt, zu einem Vorfahr zu werden.“ (zitiert aus: Meier, 1992, 53)

Dies klingt sehr einleuchtend, doch machen wir dieselbe Annahme wie oben. Gehen wir in Gedanken fünf Generationen zurück. Ein 150 Jahre älterer Biologe mit dem gleichen fachlichen Wissensstand wie Dawkins würde von seiner Generation genau dasselbe sagen können. Nichts widerspräche seiner Aussage, daß alle (seinerzeit) lebenden Individuen von sich behaupten könnten, „überwiegend erfolgreiche Gene“ zu besitzen. Nur, so würde Dawkins ihm antworten, er täusche sich, da, wie Dawkins 150 Jahre später weiß, ein gewisser Teil dieser Generation, jener ohne Nachkommen nach fünf Generationen, eben doch nicht so erfolgreich gewesen sein wird. Daraus wird klar, daß das Dawkinsche Argu-

ment jeweils für jede Generation gilt, jedoch nur unter der stillschweigenden Voraussetzung frühere und spätere Generationen in Verbindung zu der aktuellen nicht zu betrachten, ja eine Verbindung der Generationen ist mittels eines solchen Arguments ausgeschlossen.

## Dynamik, Kontingenz und Potentialität

Ich will mich nun den Konsequenzen dieser Analysen zuwenden. Dabei soll es jenseits einer Kritik am Erklärungsschema in der Verhaltensökologie<sup>21</sup> um die Frage gehen, wie diese Struktur zu verstehen ist und fruchtbar gemacht werden kann. Zum zentralen Problem wird dabei der Umgang bzw. die Beherrschung der Modalitäten, ganz besonders Möglichkeit und Kontingenz. Daher werde ich mich im Folgenden auf die Konsequenzen obiger Analysen für die zu Grunde liegende und methodisch geforderte Einschätzung der Potentialität konzentrieren.

Die verhaltensökologische Konzeption muß sich, wie jede Evolutionsbiologie, der Zumutung des Zufalls und einer kontingenten Dynamik stellen.<sup>22</sup> Die erste Antwort der Theorie auf diese Herausforderung wird gegeben durch die Abwendung von Adaption als Prozeß hin zum Adaptionzustand. Gegeben ist dann das Tripel Spezies(Gruppe/Individuum), Verhalten, Selektionsdruck und zwar in fest gefügter Form. Das ist die Statik der Verhaltensökologie. Aus diesem Blickwinkel stellt sie also nicht die Frage nach dem Entstanden-Sein, sondern leitet aus dem Sosein einer beobachtbaren Verhaltensweise den an diese gekoppelten Selektionsdruck ab. Im Augenblick der Betrachtung und Fragestellung gibt es die ‚optimale‘ Sequenz also immer und Zwischenstufen sind zwar denkbar, durch die Konstriktion der Verhaltensökologie jedoch nicht berührt. Sie bleibt eine Theorie der *stabilen Evolution*, ist daher keine Evolutionstheorie im Sinne einer Erklärung der Aus-Wicklung möglicher Zustände auseinander, eben E-volution. Die Theorie ist damit eine beschreibende Erklärung des jeweiligen Zustandes, wie oben gesagt wurde eine Explikation des Begriffes „Adaption“. Wie wir gesehen haben, führt diese Antwort jedoch nur zu einer Verschiebung der Dynamik. Sie taucht wieder auf, nämlich gerade in der Permutierbarkeit der Aussagen aus der Gruppe der Randbedingungen und den zu erklärenden Verhaltensbeobachtungen.<sup>23</sup>

Die zweite Antwort auf diese Situation besteht in der expliziten Quan-

tifizierung im Optimalitätsansatz. Der Dynamik einer Permutierbarkeit wird die feste Wahl verschiedener Kosten-Nutzen-Paare entgegengestellt. Jedoch mit der folgerichtigen Konsequenz eines ‚eingefrorenen Zustandes‘. Das Tier und sein der Fortpflanzung dienendes Verhalten sind stets als in der Nische eingerichtet, sogar optimal eingerichtet, aufgefaßt. Wie es dort hinein gelang und unter Umständen herausgelangen soll, interessiert nicht, da ein Ansatz der Optimalität dies nicht zuläßt.

Natürlich kann das Argument in der Weise verstanden werden, daß es eine Variation an Verhaltensmustern, zusammen mit bestimmten Selektionsdrücken *gab*, und die entsprechend optimal sich verhaltenden Tiere überlebten. Die Verhaltensökologie braucht also in jedem Falle, mindestens zu einem früheren Zeitpunkt, Variation. Diese Variation ist jedoch von ziemlich eigentümlicher Art. Da es nicht möglich ist, ein Kriterium außer der angenommenen optimalen Anpassung, ein Kriterium des Anpassungsfortschrittes, anzugeben, bedeutet dies eine eigentümlich potentielle Variation, da aus der Konzeption keine mögliche Variation ausgeschlossen werden kann. Das würde das Vorhanden-Sein sämtlicher Varianten möglichen Verhaltens zusätzlich zu dem mindestens stetigen, immer schon innerhalb der Variationsbreite vorhandenen optimalen Verhalten bedeuten. Evolutionsgeschichte reduzierte sich damit auf das Ausscheiden der nicht optimalen Verhaltensweisen, eine Veränderung ist nicht vorgesehen.

Die Erklärungscharakteristik dieses Modells ist die, durch Simulation möglicher Welten und deren Vergleich mit den Beobachtungen erreichte Angabe hinreichender Gründe für vorgefundenenes Verhalten. Eine Einsicht in deren Notwendigkeit ist nicht zu erwarten, dies bedürfte angebarbarer Ausschlußkriterien alternativer Wege. Dies soll nicht zu einem Verwerfen des Modells führen, wohl aber zur Festlegung, daß dieses Modell keine dynamische Evolutionstheorie ist. Betrachtet man vorhergehende Generationen nicht, so läßt sich mit diesen Ansatz arbeiten, betrachtet man eine Generation isoliert,<sup>24</sup> so tut man alles Mögliche, aber was man sicher nicht betreibt, ist dynamische Evolutionsbeschreibung. Beschrieben wird also auch hier ein stationärer Zustand, der zum jeweiligen Zeitpunkt der Untersuchung als optimal definiert wird.

Hat die Theorie damit die Herausforderung durch Zufall und Kontingenz erfolgreich bewältigt? Wurde die entsprechende Dynamik erfolgreich aus der Erklärungsstruktur ‚verdrängt‘? Betrachten wir dazu eine mögliche Veränderung in der Ökologie.



Der Verhaltensökologe hat in dieser Situation zwei Möglichkeiten. Einerseits kann er sich darauf zurückziehen, seinem Konzept entsprechenden durchaus konsequenterweise, zu warten. Er wartet solange, bis eine evolutionsstabile Situation entstanden ist und diese ihm ermöglicht, seinen Optimalitätsansatz wieder auf zu nehmen. Bei einer solchen Vorgehensweise wird das Konzept allerdings vor einige Schwierigkeiten gestellt. Zum einen fragt sich woran diese stabile Situation zu erkennen ist. An die Auffindbarkeit relevanter Selektionsdrücke kann dieses Kriterium nicht geknüpft werden. Diese negative Auskunft ergibt sich aus obiger Argumentation über die Relativität von Selektionsdrücken in ‚bewegten Zeiten‘. Bleiben diese Zeiten selbst, also die Feststellung stabiler äußerer Bedingungen. Diese Annahme ist, wie man sofort sieht, grundsätzlich sehr fragwürdig, würde sie doch so etwas wie eine physikalische Weltformel verlangen, die uns eine verlässliche Aussage darüber zu liefern im Stande ist, ob die Summe der äußeren Bedingungen (von der Beeinflussung der Ökologie durch die Organismen selbst einmal abgesehen) in einem stabilen Zustand ist.

Die andere Möglichkeit auf Änderungen der Ökologie zu reagieren, besteht in der Annahme des Vorhandenseins besser dieser neuen Situation entsprechender Mutationen. Diese können dann in der Population hochwachsen und werden zur dominanten Form. Dieser Ansatz klingt sehr einleuchtend, erinnert er doch an klassische evolutionstheoretische Auffassungen und erfüllt die Einführung von Mutationen uns im Kontext einer Evolutionstheorie mit Vertrauen. Und dennoch ist diese Annahme, in Verbindung mit der verhaltensökologischen Konstriktion, geradezu auszuschließen. Da laut den Voraussetzungen für die Anwendbarkeit der Methoden die erfolgreichen, weil optimal angepassten, Sequenzen vorzuziehen haben, kann es sich bei den Mutationen nur um sehr nahe liegende Abweichungen handeln. Im besten Falle könnte man das Vorliegen schlummernder Optimalitätspotentiale annehmen, deren Veränderung im bestehenden Umfeld keine Wirkung zeigen, also so etwas wie neutrale Mutationen. Ändern sich Umweltbedingungen, so können gerade diese schlafenden Potentiale erheblich werden.

Nun sieht man leicht die Notwendigkeit einer unendlichen Potentialität, die mit einer solchen Annahme verbunden ist. Der Selektionsdruck nämlich ist in dieser Theorie eben keiner, der Druck *in eine Richtung* ausübt. Täte er dies, so wäre das System in Veränderung begriffen, mithin nicht im Optimum und entsprechende Selektionsdrücke, wenigstens

mit den Methoden dieser Theorie, gar nicht als solche feststellbar. Übt ein Selektionsdruck aber keinen Druck in Richtung Veränderung aus, so muß er angreifen an ihm entsprechenden vorliegenden Sequenzen. Damit diese überhaupt vorliegen, muß eine Sequenz also über die potentiell jedem veränderlichen Selektionsdruck entsprechende Antwortbereitschaft verfügen. Mit anderen Worten, jedes Gen müßte eine potentiell gegen unendlich gehende Breite besitzen *und* verwirklichen.

## Interpretation und Anwendung des Potentialitätsbildes

Die Annahme einer ‚totalen‘ Variation oder unendlichen Potentialität als realisiert, ist für den Biologen als Arbeitsgrundlage nicht zu verwenden. Dennoch entspringt diese Einschätzung, wie ich versucht habe zu zeigen, den Problemen Zufall und kontingenter Dynamik, die zum Fundament der evolutionsbiologischen Auffassung gehören. Es ist dann Aufgabe der methodischen Konzeption diesen Herausforderungen sinnvoll zu begegnen.

Philosophisch jedoch ist es mit dieser methodischen Antwort nicht getan, muß hier doch gefragt werden, wie es zu verstehen sei, auf dem kontingenten Boden, schließlich auf einer unendlichen Potentialität, eben eine Methodik aufzubauen. Wenn die Erklärungsstruktur dem Problem zu entgehen versteht, so drängt sie das philosophische Denken, auf oder über der Potentialität ein sinnvolles Erklärungsverständnis aufzubauen, das dieses methodische Entrinnen rechtfertigen kann.

Die wissenschaftstheoretische Antwort sollte in einem allgemeinen Erklärungsverständnis bestehen, dem der Umgang mit einer unbegrenzten Potentialität fundamental zugehörig ist. Anzeichen, wie so ein Erklärungsbild aussehen kann, sind aus der Analyse der Konzeptionen, hier der Verhaltensökologie, aber auch anderer Theorien, zu destillieren. Ich vertrete daher ein Erklärungsverständnis, welches gerade das Problem der Potentialität zum Ausgang nimmt, und Erklärungen als Erklärungserzählungen auffaßt, die als Wege durch einen Möglichkeitsraum interpretiert werden. Gewonnen werden diese narrativen Wege durch eine simulative Einschränkung und Reduktion des ursprünglich offenen, unendlichen Möglichkeitsraums. Aussagen der konzeptionellen Konstriktion, genauso wie die Aussagen der Beobachtungen oder Randbedingungen gelten dann als jeweils den offenen Raum einschränkend

und ihm so Zug um Zug eine Struktur aufprägend. Der Möglichkeitscharakter des ursprünglich offenen Raumes wird fruchtbar gemacht und genutzt, indem man durch Permutierbarkeit der einzelnen, reduzierenden Festsetzungen, immer wieder zu unterschiedlichen geschlossenen Erklärungserzählungen kommt. Daher nenne ich den ganzen Prozeß eine narrative Simulation auf offenen Möglichkeitsräumen. Wiederholte simulative Durchläufe führen dann zu einer immer dichteren Schließung der Wege durch diesen, nun nicht mehr offenen, sondern durch beständige Reduktion geformten Raum, die schließlich zu der akzeptierbaren Erklärung führen.

Über einen Rückkopplungsprozeß zwischen bestimmten festen Auszeichnungen des Raumes, Veränderungen der möglichen Wege, Permutation der Aussagen, auch Ersetzung und Verwerfung – ein Prozeß, der immer auch die Beobachtungsaussagen verändern kann – sowie den disziplinspezifischen Beschränkungen und Beachtung der Konstriktionstreu, läßt sich diesem Simulationsprozeß auch eine Rechtfertigungs- und Begründungsgewalt zuschreiben. Natürlich kann ein so verstandenes Erklärungsbild auch die formal-mathematische Vorgehensweise, etwa der Physik, über ganz spezifische Einschränkungsbedingungen und kontingente Bedingungen in sich aufnehmen.<sup>25</sup>

Die, wie hier in der verhaltensökologischen Konzeption vorgefundenen Probleme, sollten also nicht dazu motivieren, sie an einem vorgefaßten und anhand eines einer anderen Methodik folgenden Faches entwickelten Erklärungsbildes zu messen und (meist) skeptisch-kritisch zu beurteilen. Sie sollten in ihrer Eigentümlichkeit und Eigenständigkeit genutzt und fruchtbar gemacht werden, um zu einem breiteren Erklärungsverständnis zu kommen.

Zum Ende will ich auf eine mögliche Interpretation der Grundlage einer unendlichen Potentialität im Zuge der Betrachtung spezifisch menschlichen Verhaltens hinweisen. Den Weg zu dieser Interpretation bietet der Übergang von einer rein biologischen Evolution zur kulturellen Evolution des Menschen. Hierin die Etablierung eines evolutiven Status zu sehen, der, nicht im Sinne einer „Krone der Schöpfung“, aber jedenfalls qualitativ eigenständig ist, wird schon durch die Tatsache berechtigt, daß diese Spezies, dieses Produkt der Evolution, selbst in die Evolutionsdynamik einzugreifen und sie mitzubestimmen befähigt ist.

So muß wohl auch ein mehr physiologisch-phylogenetisch begründetes Verhalten (Grundmuster der Partnerwahl) von kulturell-individuellem

Verhalten (die tatsächliche persönliche Entscheidung „für ein gemeinsames Leben“) und insbesondere manchen Aspekten normativen Verhaltens, unterschieden werden. Kann Ersteres mit vielen Konzepten der Verhaltensökologie beschrieben und erfaßt werden, so gehen in Letzteres bereits immer die Produkte dieser Dynamik – das kognitive System und seine Hervorbringungen – immer selbst wieder rückkoppelnd in die weitere Entwicklung mit ein.

Auch dieser Rückkopplungsprozeß und die hohe wechselseitige Beeinflussung von Ausgangslage und Resultaten könnte besser verstanden werden, wenn man diese Art von Verhalten als Umgang und Bewältigung der Potentialität, des Möglichkeitsraumes, ansieht. Ich schlage daher vor auch den (rationalen) Entscheidungs- und Bewertungsprozeß, aus dem ein bestimmtes Verhalten erwächst, als eine Simulationen auf prinzipiell offenen Möglichkeitsräumen, als die Konstruktion von Wegen zu beschreiben. Auch das Finden von Erklärungen stellt schließlich eine ganz bestimmte Verhaltensweise dar, so daß ein gemeinsames Fundament der wissenschaftstheoretischen und normativ-handlungstheoretischen Konzeption sinnvoll erscheint.

Im Kontext des Verhaltens scheint mir ein besonderer Ansporn für diese Auffassung darin begründet, daß sich im beschriebenen Simulationsprozeß die Reflektion des jeweilig Anderen als möglicher Weg unter ihm zugesprochenen Einschränkungsbedingungen und Festsetzungen ganz zwanglos integrieren läßt. Spiegelung und Verständnis als sehr grundlegende und Verhalten beeinflussende Faktoren kommen somit wie selbstverständlich ins Bild und geben Anlaß, fruchtbare Analysen des Normativen zu ermöglichen.

### Anmerkungen

- 1 Zu den grundlegenden Arbeiten der *modern synthesis* vgl. Dobzhansky, 1937; Mayr, 1942; Huxley, 1942.
- 2 Als Beginn der eigentlichen Soziobiologie kann man ansehen: Maynard-Smith, 1964 und Hamilton, 1964.
- 3 Ursprünglich wurde diese Idee angewandt in: Tinbergen, 1953
- 4 Eine Analyse evolutionsbiologischer Erklärungen in verschiedenen Evolutionstheorien gibt: Fischer, 2003.
- 5 Rothenbuhler, 1964.
- 6 Eine Diskussion, die hier auftaucht, betrifft die Einheit der Selektion. Daß schon der Begriff „Einheit der Selektion“ problembehaftet ist (Mayr, 1998; Gould, 1977), soll hier nicht genauer betrachtet werden, da es nur um

- den Ansatzpunkt geht. Die Unterscheidung der „Selektion von“ und der „Selektion für“ betreffend, verweise ich auf Sober, 1984.
- 7 Siehe dazu Hamilton, a.a.O.
  - 8 Siehe dazu Maynard Smith, a.a.O.
  - 9 Ich spreche von Evolutionsbiologie, wenn der ganz allgemeine, von Charles Darwin entwickelte Ansatz angesprochen werden soll. Die Vielfalt möglicher theoretischer Konzepte und Ausarbeitungen dieses Grundverständnisses lassen es jedoch angezeigt erscheinen, von vielen Evolutionstheorien zu sprechen.
  - 10 Vgl. dazu Tinbergen, a.a.O.
  - 11 Vgl. dazu die Arbeiten von Bertram, 1975; McClintock, 1971; Bygott, Bertram und Hanby, 1980.
  - 12 Zach, 1979.
  - 13 Krebs und Mitarbeiter, 1977.
  - 14 Caraco, 1980.
  - 15 Bertram, 1980.
  - 16 Pyke, 1979.
  - 17 Zu einer genaueren Festlegung von Begründungen und Rechtfertigungen in einem dynamisch-simulativen Erklärungsverständnis vgl. Fischer, a.a.O., Kap. 6.
  - 18 Vgl. dazu die umfassende Darstellung und Katalogisierung natürlicher Selektion in Stearn, Hoekstra, 2000, bes. Kap.2.
  - 19 Dies unterscheidet die verhaltensökologische Konstriktion deutlich von der physikalischen. In dieser, beinhaltend auch einen strengeren Gesetzesstatus, werden schon konstriktionsintern viele Meßgrößen ausgeschlossen respektive die relevanten festgelegt. Aus diesem Grund ist auch die Idealisierung in einem Modell in der Physik viel leichter zu erreichen, als in der Biologie.
  - 20 Aus der Konstriktion kann eine solche Entscheidung nicht folgen, da sie für beide Wege dieselbe Grundlage darstellt. Auch das Experiment wird in diesem Fall keine Klärung bringen können, da es auf Optimalitätskriterien beruht, und die Wege diesen definitionsgemäß genügen. Einziges Kriterium, das unabhängig von der Konstriktion ist, ist die gegenseitige Bestätigung der freigewählten Randbedingungen, sprich Meßgrößen, und des Explanandums.
  - 21 Eine solche Kritik speist sich meist, wie überhaupt die gesamte Evolutionsbiologie betreffend, aus einem philosophischen Erklärungsbild das sich zuallererst der physikalischen Methodik verdankt. Viele der Analysen biologischer Erklärungen gehen von einem solchen ‚klassischen‘ Erklärungsverständnis aus, auch wenn es sich oft im Hintergrund hält. Ich ziehe es vor, die hohe Akzeptanz evolutionstheoretischer Erklärungen anzuerkennen und aus der Analyse derselben heraus das philosophische Erklärungsverständnis über formal-methodische Ansätze, denen die Physik (vielleicht) genügt, hinaus zu erweitern.
  - 22 Prägnant ausgedrückt hat diesen Umstand Manfred Eigen mit dem Schlagwort von der „Beherrschung des Zufalls“ in seiner Theorie der Hyperzyklen. Vgl. Eigen, 1971 und 1977.

- 23 An sich stellt dies einen hoch interessanten Befund dar. Die Erklärungsstrukturen ‚reagieren‘ in dieser Weise auf die gegebene Dynamik des Phänomens oder Phänomenbereiches, den zu klären sie antreten. Man kann dies als einen Hinweis darauf betrachten, in welchem engem Wechselspiel sich Erklärungsstrukturen und Phänomenstrukturen im Prozeß der Wissenserschaffung und –rechtfertigung befinden.
- 24 Dies zeigt, insbesondere die zukünftigen Generationen betreffend, ein sehr grundsätzliches Problem des Konzeptes der Fitness. Sind es doch gerade die zukünftigen Generationen, deren Allelverteilung den Erfolg aus Sicht der aktuellen Generation bestimmt. Zu welchem Zeitpunkt diese Feststellung getroffen werden soll, wann also eine Abbruchbedingung zur Messung des Erfolges vorliegt und welcher Art diese sei, definiert das Fitness-Problem, auf das ich hier aber nicht weiter eingehen will.
- 25 Ich habe dieses Schema umfassend ausgearbeitet und dargestellt für Physik, Biologie und Geschichte in *Dynamisches Wissen. Die Einschränkung der Möglichkeit*. (in Druckvorbereitung)

### Literatur

- Bertram, B. C. R., 1975: Social factors influencing reproduction in wild lions. In: *Journal of Zoology* 177, S. 463–482
- Bertram, B. C. R., 1980: Vigilance and group size in ostriches. In: *Animal Behaviour* 28, S. 278–286
- Bygott, J. D., Bertram, B. C. R., Hanby, J. P., 1980: Male lions in large coalitions gain reproductive advantage. In: *Nature* 282, S. 839–841
- Caraco, T., Martindale, S., Whitham, T. S., 1980: An empirical demonstration of risk-sensitive foraging preferences. In: *Animal Behaviour* 28, S. 820–830
- Dawkins, R., 1978: *Das egoistische Gen*. Berlin: Springer
- Dawkins, R., 1982: *The Extended Phenotype*. Oxford: W. H. Freeman
- Dobzhansky, Th., 1937: *Genetics and the Origin of Species*. New York, Columbia University Press. dt.: *Die genetischen Grundlagen der Artbildung*. Jena: G. Fischer
- Eigen, M., 1971: Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules. In: *Naturwissenschaften* 58, S. 465–522
- Eigen, M., Schuster, P., 1977: The Hypercycle. A Principle of Natural Self Organisation, Part A, Emergence of the Hypercycle. In: *Naturwissenschaften* 64, S. 541–565
- Fischer, St. M., 2003: *Zu den Erklärungen der Evolutionsbiologie*. Münster: LIT

- Gould, S.J., 1977: The return of hopeful monsters. In: *Natural History* 86, S. 22–30
- Hamilton, W.D., 1964: The genetical evolution of social behaviour. In: *Journal of Theoretical Biology* 7, S. 1–32
- Huxley, J., 1942: *Evolution – the modern synthesis*. London: Allen & Unwin
- Krebs, J.R., Davies, N.B., 1981: *An Introduction to Behavioural Ecology*. Oxford: Blackwell. dt. 1984, *Einführung in die Verhaltensökologie*. Stuttgart: Thieme
- Krebs, J.R., Erichsen, J.T., Webber, M.I., Charnov, E.L., 1977: Optimal prey selection in the great tit, *Parus major*. In: *Animal Behaviour* 25, S. 30–38
- Maynard-Smith, J., 1964: Group Selection and Kin Selection. In: *Nature* 201, S. 1145–1147
- Mayr, E., 1942: *Systematics and the Origin of Species*. New York: Columbia University Press
- Mayr, E., 1998: *Das ist Biologie*. Heidelberg, Berlin: Spektr. Akad. Verlag
- McClintock, M.K., 1971: Menstrual synchrony and suppression. In: *Nature* 229, S. 244–245
- Meier, H., (Hrsg), 1992. *Die Herausforderung der Evolutionsbiologie*. München: Piper
- Monod, J., 1970: *Zufall und Notwendigkeit*. München: Piper
- Pyke, G.H., 1979: The economics of territory size and time budget in the golden-winged sunbird. In: *American Naturalist* 114, S. 131–145
- Rothenhuhler, W.C., 1964: Behaviour genetics of nest cleaning in honeybees. IV. Responses of F1 and backcross generations to disease killed brood. In: *American Zoologist* 4, S. 111–113
- Sober, E., 1984: *The Nature of Selection. Evolutionary Theories in Philosophical Focus*. Cambridge Mass.: MIT Press
- Sober, E., 1993: *Philosophy of Biology*. Oxford: Oxford University Press
- Stearns, St. C., Hoekstra, R.F., 2000: *Evolution. An Introduction*. Oxford: Oxford University Press
- Tinbergen, N., 1953: *The Herring Gull's World*. London: New Naturalist Series
- Zach, R., 1979: Shell dropping decision making and optimal foraging in northwestern crows. In: *Behaviour* 68, S. 106–117

Gregor Betz

## Der Umgang mit Zukunftswissen in der Klimapolitikberatung

Eine Fallstudie zum Stern Review

### Zusammenfassung

Der Stern Review, der 2006 veröffentlicht wurde, ist eine äußerst einflussreiche Wohlfahrtsanalyse klimapolitischer Maßnahmen. Dieser Aufsatz identifiziert und bewertet auf systematische Weise die sozio-ökonomischen und klimatischen Langzeitprognosen, auf denen der Bericht beruht, und reflektiert diese wissenschaftstheoretisch. Als Kosten-Nutzen-Analyse prognostiziert der Stern Review einerseits die Vorteile von Klimaschutzmaßnahmen, d. h. die schädlichen Klimafolgen, die vermieden würden, und andererseits die Kosten solcher Maßnahmen. Im Folgenden werden deterministische, probabilistische und possibilistische Prognosen des Berichts unterschieden. Alle Prognosen sind jedoch durch eine geringe Robustheit charakterisiert. Des Weiteren stellen die Verwendung subjektiver Wahrscheinlichkeiten sowie die Verquickung von Tatsachen und Werten zusätzliche Probleme dar. Im Lichte unseres Unwissens wirft dieser Aufsatz schließlich die Frage auf, wie detailliert eine Analyse klimapolitischer Entscheidungen überhaupt vernünftigerweise sein kann, und ob das Argument zugunsten von Klimaschutzmaßnahmen nicht vielleicht von ganz einfacher Art ist.

### Abstract

The Stern Review on The Economics of Climate Change is a highly influential welfare analysis of climate policy measures which has been published in 2006. This paper identifies and systematically assesses the long-term socio-economic and climatic predictions the Stern Review relies on, and reflects them philosophically. Being a cost-benefit analysis, the Stern Review has to predict the benefits of climate mitigation policies, i.e. the damaging consequences of climate change which might be avoided, as well as the costs of implementing such policies. While distinguishing deterministic, probabilistic, and possibilistic forecasts, this paper finds that the Review's major predictions severely suffer from a lack of robustness. It argues, moreover, that the use of subjective probabilities as well as the fact/value entanglement pose additional problems.

*philosophia naturalis* 45 / 2008 / 1



Given our ignorance, this assessment raises finally the question how detailed an analysis of climate policy decisions should reasonably be at all, and whether the argument for acting against climate change is maybe very simple.

## Einleitung

Gut fünfzehn Monate nachdem der britische Finanzminister Gordon Brown im Juli 2005 bekannt gab, den ehemaligen Chefökonom der Weltbank, Sir Nicholas Stern, mit einer Studie, die die ökonomischen Auswirkungen und Herausforderungen des Klimawandels zum Gegenstand hat, betraut zu haben, legte Stern am 30. Oktober 2006 einen knapp 600 Seiten starken Bericht über „The Economics of Climate Change“ vor.<sup>1</sup>

Nach wenigen einleitenden Sätzen bringt die Zusammenfassung für Entscheidungsträger des Stern Reviews die zentralen Ergebnisse, die in den Wochen nach der Veröffentlichung ein weites Medienecho fanden, auf den Punkt:

Using the results from formal economic models, the Review estimates that if we don't act, the overall costs and risks of climate change will be equivalent to losing at least 5% of global GDP each year, now and forever. If a wider range of risks and impacts is taken into account, the estimates of damage could rise to 20% of GDP or more.

In contrast, the costs of action – reducing greenhouse gas emissions to avoid the worst impacts of climate change – can be limited to around 1% of global GDP each year.

Auf Grundlage dieser Resultate rät der Stern Review dazu, umgehend umfassende Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen auf internationaler politischer Ebene abzustimmen und umzusetzen.

Sterns zentrales, soeben zitiertes Ergebnis besteht aus zwei Prognosen. Genauer gesagt: bedingten Prognosen, die die Folgen verschiedener Klimapolitiken vorhersagen. Ihr Gegenstand ist, so scheint es auf den ersten Blick, die Entwicklung des Weltsozialprodukts. Der Prognosehorizont ist unbegrenzt: Die Vorhersagen scheinen nichts weniger als eine Aussage über die ganze Ewigkeit zu treffen.

Auch ohne sich bereits näher mit den Prognosegrenzen der Wirtschaftswissenschaften befasst zu haben, mag man hier stutzig werden: Ist das nicht doch etwas zu waghalsig, die Konsequenzen alternativer

Klimapolitiken für das Weltsozialprodukt bis in alle Ewigkeit vorherzusagen? Dieser berechtigten Frage möchte ich in diesem Aufsatz nachgehen.

Die Struktur meiner Untersuchung orientiert sich an den zwei bereits oben identifizierten Hauptprognosen des Stern Reviews. Für jede dieser Prognosen werde ich versuchen, zu beantworten, (i) welche Mitprognosen die jeweiligen Vorhersagen implizieren, (ii) wie diese Prognosen aufgestellt wurden, (iii) in welchem epistemischen Modus (deterministisch, probabilistisch, possibilistisch) prognostiziert wird und (iv) wie zuverlässig diese Prognosen schließlich sind. Im Anschluss an diese Analyse und Kritik werde ich zwei allgemeinere wissenschaftstheoretische Überlegungen ausführen, die an diese Untersuchung angeschlossen werden können. Bevor wir uns aber dem Umgang mit Zukunftswissen im Stern Review zuwenden, sei in Kürze ein Überblick seiner Gesamtargumentation gegeben, der die zu untersuchenden Prognosen in den größeren Kontext stellt.

## Überblick des Stern Reviews und Einordnung der Prognosen in den größeren Argumentationszusammenhang

In 27 Kapiteln, geordnet in sechs Teile, analysiert der Stern Review die drohenden wirtschaftlichen Folgen des Klimawandels, die voraussichtlichen Kosten von Klimaschutzmaßnahmen, die Politikinstrumente, die zur Vermeidung von oder Anpassung an den Klimawandel zur Verfügung stehen, sowie internationale Kooperationsmöglichkeiten. In nur zwei dieser 27 Kapitel werden Nutzen<sup>2</sup> respektive Kosten von Klimaschutzpolitiken quantitativ geschätzt. Im Gegensatz zur prominenten Stellung im „executive summary“ nimmt die Kosten-/Nutzenprognose im Gesamtbericht einen vergleichsweise geringen Raum ein. Zudem handelt es sich bei diesen Schätzungen um Auftragsstudien, die externe Wissenschaftler für den Stern Review angefertigt haben, und die nur in aller Kürze vorgestellt werden. In dieser relativen Gewichtung spiegelt sich eine grundlegendere Skepsis gegenüber den weit in die Zukunft reichenden Modellberechnungen wider, die mehrfach im Stern Review zum Ausdruck gebracht wird, wie ich mit einigen Zitaten belegen möchte.

Zunächst einmal unterstreicht Stern, dass sich an jedem Glied der Kausalkette, die von den anthropogenen Treibhausgasemissionen über die

globale Erwärmung bis hin zu konkreten, spürbaren Auswirkungen wie Ernteeinbußen oder Krankheitsausbrüchen führt, erhebliche Unsicherheiten aufzun:

Uncertainty affects every link in the chain from emissions of GHGs through to their impacts. There are uncertainties associated, for example, with future rates of economic growth, with the volume of emissions that will follow, with the increases in temperature resulting from emissions, with the impacts of these temperature increases and so on. Similarly, there are uncertainties associated with the economic response to policy measures, and hence about how much it will cost to reduce GHG emissions. (Stern, 2007, S. 33)<sup>3</sup>

Diesen Kausalketten werden, so Stern, die von seinem Team verwendeten Modelle letztlich nicht gerecht:

It is not possible in aggregate models to bring out the key elements of the effects, much is lost in aggregation, and the particular model structure can have their own characteristics. What matters is the magnitude of the risks of different kind for different people and the fact that they rise so sharply as temperatures move upwards. (Stern, 2007, S. 84)

Hinsichtlich des Modells, das für die Berechnung der wirtschaftlichen Klimafolgen verwendet wird (siehe auch Abschnitt „Die Prognose der Auswirkungen des Klimawandels“), schreibt Stern:

The large uncertainties in this type of modelling and calculation should not be ignored. The model we use, although it is able to build on and go beyond previous models, nonetheless shares most of their limitations. In particular, it must rely on sparse or non-existent observational data at high temperatures and from developing regions. The possibilities of very high temperatures and abrupt and large-scale changes in the climate system are the greatest risks we face in terms of their potential impact, yet these are precisely the areas we know least about, both scientifically and economically – hence the uncertainty about the shape of the probability distributions for temperature and impacts, in particular at their upper end. (Stern, 2007, S. 144)

Die Modellrechnungen, so Stern, können wenn überhaupt nur die Größenordnung der zu analysierenden Auswirkungen abschätzen, mehr nicht:

These models should be seen as one contribution to that discussion. They should be treated with great circumspection. There is a danger that, because they are quantitative, they will be taken too literally. They should not be. They are only one part of an argument. But they can, and do, help us to gain some

understanding of the size of the risks involved, an issue that is at the heart of the economics of climate change. (Stern, 2007, S. 144)

Obwohl der Stern Review aber mehrfach zur Vorsicht bei der Interpretation der Modellergebnisse mahnt, spielen diese dennoch eine wichtige Rolle. Es gibt hier eine gewisse Spannung. Nicht nur in der Zusammenfassung für Entscheidungsträger werden die Prognosen, ohne sie zu relativieren, angeführt (was womöglich noch kommunikations-taktisch zu erklären wäre), vielmehr gehen die Modellprognosen aber auch in das zentrale Kapitel 13, in dem für CO<sub>2</sub>-Stabilisierungsziele internationaler Klimapolitik argumentiert wird, wesentlich ein: Dort wird der Nutzen einer langfristigen Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration auf 550 ppm CO<sub>2</sub>e<sup>4</sup> mit den wirtschaftlichen Kosten einer derartigen Maßnahme verglichen. Das Ergebnis kennen wir schon: es lohnt sich. In einer Grenzbetrachtung<sup>5</sup> vergleicht Stern als Nächstes die zusätzlichen Kosten und Nutzengewinne weitreichenderer Klimaziele, der Stabilisierung auf 500 respektive 450 ppm CO<sub>2</sub>e. Aufgrund der bestehenden Unsicherheiten verzichtet der Review darauf, ein optimales Stabilisierungsziel punktgenau vorzugeben, schließt jedoch eine Stabilisierung unterhalb von 450 ppm CO<sub>2</sub>e als ineffizient aus:

Given the paucity of estimates of the appropriate stabilisation level and the disadvantages of the ones that exist, this chapter does not propose a specific numerical goal. Instead, it explores how economic analysis can at least help suggest upper and lower limits to the range for an atmospheric concentration goal. Allowing for the current uncertainties, the evidence suggests that the upper limit to the stabilisation range should not be above 550ppm CO<sub>2</sub>e. [...]

The lower limit to the stabilisation range is determined by the level at which further tightening of the goal becomes prohibitively expensive. On the basis of current evidence, stabilisation at 450ppm CO<sub>2</sub>e or below is likely to be very difficult and costly. (Stern, 2007, S. 298f.)

Die Gesamtargumentation des Stern Review wird dadurch kompliziert, dass die Kosten-Nutzen-Analyse der Klimaschutzmaßnahmen nicht einfach in dem Vergleich der prognostizierten Auswirkungen auf das Weltsozialprodukt (WSP) besteht, sondern an die Wirtschaftswachstumsprognose eine Wohlfahrtsbetrachtung angeschlossen wird. Die vorhergesagten Auswirkungen des Klimawandels auf das Weltsozialprodukt werden mittels einer Wohlfahrtsfunktion in Wohlfahrtsverluste umgewandelt, die, zwecks Vergleichbarkeit (denn für die Kosten der Klimaschutzmaßnahmen wird keine Wohlfahrtsbetrachtung angestellt),

wieder in Weltsozialprodukt-Äquivalente umgerechnet werden. Das eingangs zitierte Ergebnis stellt nur auf den ersten Blick eine Prognose des Weltsozialproduktes dar, tatsächlich handelt es sich um eine Aussage über Wohlfahrtseffekte.

Um, wie oben erläutert, eine Wohlfahrtsaussage für die Ewigkeit zu treffen, nimmt der Stern Review vereinfachend an, dass

the world instantaneously overcomes the problems of climate change in the year 2200 (zero damages and zero adaptation) and all [simulation] runs grow at an arbitrary 1.3% into the far-off future. In this sense there is an underestimate of the costs of climate change. (Stern, 2007, S. 161 f.)

Da zukünftiger Nutzen im Stern Review allerdings diskontiert wird, lässt sich hier zumindest mutmaßen, dass diese Annahmen über das Jahr 2200 hinaus in der Gesamtanalyse nur wenig ins Gewicht fallen. Im Folgenden werde ich ausschließlich die detaillierteren Prognosen bis (maximal) zum Jahr 2200 untersuchen, die zur Begründung der Wohlfahrtsaussagen herangezogen werden.

Es versteht sich von selbst, dass sich bei derartigen Wohlfahrtsbetrachtungen eine Reihe ethisch hochbrisanter Fragen stellen, insbesondere nach der zeitlichen und räumlichen Aggregation der Wohlfahrtseinbußen und -verluste, sowie nach der Berücksichtigung von Risiko-Aversion. Diese ethischen Fragen können in diesem Aufsatz allerdings nicht behandelt werden.<sup>6</sup>

## Die Prognose der Auswirkungen des Klimawandels

Die zentrale Prognose, die in die Wohlfahrtsbetrachtungen der Klimafolgen eingeht, ist die Auswirkung des Klimawandels auf den globalen Pro-Kopf-Konsum in den nächsten 200 Jahren. Dieser errechnet sich aus der Differenz des prognostizierten globalen Pro-Kopf-Konsums unter der Annahme, es gäbe keinen Klimawandel [1],<sup>7</sup> und dem prognostizierten Pro-Kopf-Konsum unter Berücksichtigung der Klimafolgen [2]. Während letzterer nur in probabilistischen Szenarien, d.h. durch mögliche Wahrscheinlichkeitsverteilungen, abgeschätzt wird, sagt der Stern Review ersteren deterministisch vorher.

Der Pro-Kopf-Konsum unter der Annahme, es gäbe keinen Klimawandel, wird im Stern Review unter Verwendung eines einfachen ana-

lytischen Zusammenhangs aus dem deterministisch prognostizierten Weltwirtschaftswachstum [1.1], der deterministisch prognostizierten Weltbevölkerung [1.2] und der als konstant angenommenen Sparrate errechnet. Bei den WSP- und Bevölkerungsprognosen handelt es sich schlicht um die Werte eines der sogenannten SRES-Szenarien<sup>8</sup> (des A2-Szenarios), die der IPCC zur Analyse des Klimawandels entwickelt hat. „Szenario“ wohlgermerkt! Mitnichten prognostiziert der IPCC die zukünftige Entwicklung des WSP und der Weltbevölkerung deterministisch:

What are scenarios and what is their purpose? Future greenhouse gas (GHG) emissions are the product of very complex dynamic systems, determined by driving forces such as demographic development, socio-economic development, and technological change. Their future evolution is highly uncertain. Scenarios are alternative images of how the future might unfold and are an appropriate tool with which to analyse how driving forces may influence future emission outcomes and to assess the associated uncertainties. They assist in climate change analysis, including climate modeling and the assessment of impacts, adaptation, and mitigation. The possibility that any single emissions path will occur as described in scenarios is highly uncertain. (IPCC, 2000)

Deutlicher kann kaum davor gewarnt werden, die Szenarien als Prognosen misszuverstehen. Als genau solche werden sie aber im Stern Review verwendet. Ebenso wenig wie für die angenommene WSP- und Bevölkerungsentwicklung gibt es keine Begründung dafür, eine konstante globale Sparrate für die nächsten 200 Jahre anzunehmen. Die Robustheit der unter [1] fallenden Prognosen ist somit minimal.

An dieser Stelle sind einige Anmerkungen zum Robustheitsbegriff und zu der von mir vorgenommenen Robustheitsbewertung der Stern-Prognosen angebracht. Eine Prognose ist in dem Maße robust, in dem sie durch möglichst starke, unabhängige wissenschaftliche Argumente gestützt wird. Die deterministische Prognose, dass der weihnachtliche Schnee im August geschmolzen sein wird, ist zum Beispiel wesentlich robuster als die deterministische Prognose, dass der Sommeranfang der heißeste Tag des nächsten Jahres sein wird – für erstere lassen sich viel stärkere Argumente anführen als für die letztere. Die Robustheit einer Zukunftsaussage nimmt zu, wenn diese Aussage semantisch abgeschwächt wird: Deterministische Prognosen eines Prognosegegenstandes sind typischerweise weniger robust als probabilistische Prognosen desselben Gegenstands, welche wiederum weniger robust als possibi-

listische Prognosen (Szenarien) sind. Bei der von mir vorgenommenen Robustheitsbewertung mache ich von dem Prinzip Gebrauch, dass eine Prognose höchstens so robust wie die schwächste ihrer Teilprognosen ist, wobei vorausgesetzt wird, dass nur Teilprognosen berücksichtigt werden, von denen die Hauptprognose wesentlich abhängt. Damit zurück zu den Prognosen der Stern-Reviews.

Der globale Pro-Kopf-Konsum unter Berücksichtigung der Klimafolgen errechnet sich aus dem wie in [1] prognostizierten Konsum [2.1, 2.2], von dem allerdings die vorhergesagte Minderung des WSP durch den Klimawandel anteilmäßig abgezogen wird. Gegen diese Prognose richten sich demnach alle Einwände, die gegen [1] vorgebracht wurden. Herzstück der Schadensprognosen bildet im Stern Review die Prognose der Minderung des WSP durch den Klimawandel [2.3]; hier geht Stern wesentlich umsichtiger mit den Unsicherheiten um, indem er probabilistische Szenarien aufstellt, d. h.: Für verschiedene Kombinationen von Annahmen werden Wahrscheinlichkeitsverteilungen der WSP-Minderung in den nächsten 200 Jahren geschätzt. Wie diese Schätzungen vorgenommen werden, soll im Weiteren detaillierter erklärt werden.

Die Wahrscheinlichkeitsverteilungen der WSP-Einbußen im Stern-Bericht beruhen auf Berechnungen des PAGE-Modells, einem sogenannten Integrated Assessment-Modell.<sup>9</sup> Dieses Modell wird im Bericht selbst nur kurz vorgestellt, detaillierte Beschreibungen finden sich in (Warren u. a., 2006) und (Hope, 2006), auf die ich mich im Folgenden zusätzlich stütze.

PAGE simuliert die Minderung der volkswirtschaftlichen Gesamtleistungen aufgrund des Klimawandels in acht Weltregionen,<sup>10</sup> aus der die (globale) WSP-Minderung errechnet wird.

Bei der Berechnung der regionalen Klimafolgen macht Stern entlang von zwei Dimensionen unterschiedliche Annahmen, die in sechs Szenarien gebündelt werden. Zum einen stellt Stern Szenarien mit höherer und niedrigerer Klimasensitivität,<sup>11</sup> also Annahmen darüber, wie sehr sich die Erde bei gegebener Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration erwärmt, einander gegenüber. Zum anderen unterscheidet Stern verschiedene Arten von Klimafolgen, die überhaupt in der Kalkulation berücksichtigt werden; hier gibt es drei Abstufungen: (1) die Berücksichtigung von Auswirkungen auf handelbare Güter (market goods), (2) die Berücksichtigung von Auswirkungen auf handelbare Güter (market goods) plus eines möglichen abrupten, katastrophalen Klimawandels, (3) die Berücksich-

tigung von Auswirkungen auf handelbare Güter (market goods) sowie auf nicht-handelbare Güter (non-market goods) plus eines möglichen abrupten, katastrophalen Klimawandels. Insgesamt werden mit PAGE im Stern Review die folgenden sechs Szenarien untersucht:

hohe Klimasensitivität; Auswirkungen auf handelbare Güter	hohe Klimasensitivität; Auswirkungen auf handelbare Güter und katastrophale Konsequenzen	hohe Klimasensitivität; Auswirkungen auf handelbare sowie nicht-handelbare Güter und katastrophale Konsequenzen
Basiswerte Klimasensitivität; Auswirkungen auf handelbare Güter	Basiswerte Klimasensitivität; Auswirkungen auf handelbare Güter und katastrophale Konsequenzen	Basiswerte Klimasensitivität; Auswirkungen auf handelbare sowie nicht-handelbare Güter und katastrophale Konsequenzen

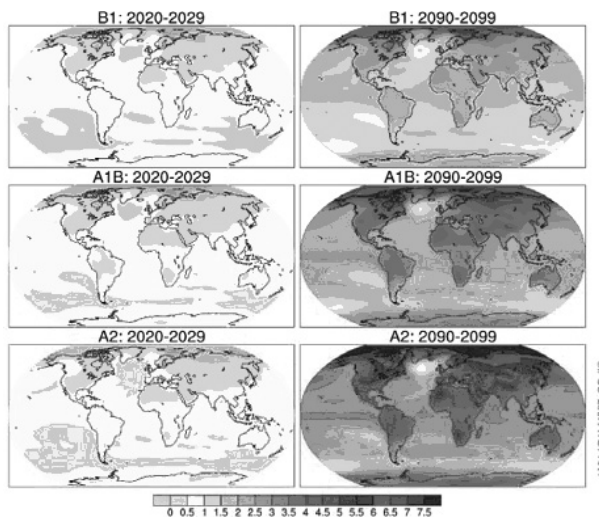
Für jedes dieser Szenarien bestimmt PAGE per Monte-Carlo-Simulation die Wahrscheinlichkeitsverteilung regionaler BSP-Minderungen. Dafür werden zunächst Wahrscheinlichkeitsverteilungen der im Modell vorkommenden aber unsicheren Parameter geschätzt. Für eine Modellsimulation wählt der Computer gemäß der spezifizierten Wahrscheinlichkeitsverteilungen zufällig Parameterwerte und errechnet die resultierenden regionalen BSP-Minderungen. Wiederholt man diesen Vorgang hinreichend oft, so stellen die relativen Häufigkeiten der Simulationsergebnisse eine Annäherung an die Wahrscheinlichkeitsverteilung regionaler BSP-Minderungen – gegeben das PAGE-Modell und die Parameterverteilungen – dar. Als Nächstes will ich versuchen, genauer zu erklären, welches Zukunftswissen in diese Berechnungen einfließt.

Die Simulationsrechnungen des PAGE-Modells lassen sich grob in zwei Schritte teilen. Einerseits errechnet PAGE die Erwärmung in den verschiedenen Weltregionen für die nächsten 200 Jahre [2.3.1], andererseits prognostiziert PAGE die regionalen BSP-Einbußen gegeben eine bestimmte Erwärmung [2.3.2].

Bei der Berechnung der regionalen Erwärmung macht es sich PAGE einfach, denn es zieht schlicht die durch Aerosol-Emissionen verursachte regionale Abkühlung von der durchschnittlichen globalen Erwärmung ab. Dass es sich hier um eine grobe Vereinfachung handelt, die die stärk-



sten Auswirkungen des Klimawandels systematisch unterschätzt, wird deutlich, wenn man sich klar macht, dass eine globale Erwärmung von, sagen wir, 3 Grad regional zu sehr verschiedenen Temperaturänderungen führen kann: die Ozeane werden sich (in 100-200 Jahren) tendenziell weniger erwärmen als die Kontinente, besonders stark wird die Erwärmung in der Arktis ausfallen. Zudem stimmen die großen Klimamodelle keineswegs überein, was die regionalen Klimafolgen globaler Erwärmung angeht. Folgendes Diagramm ist dem jüngsten IPCC-Bericht (IPCC, 2007) entnommen und zeigt die regionalen Temperaturänderungen gemäß mehrerer Modellsimulationen (Modelldurchschnitt).



Die drei SRES-Szenarien B1, A1B und A2 entsprechen einer globalen Durchschnittserwärmung von 1,8 Grad, 2,8 Grad respektive 3,6 Grad. Wie aus den Karten ersichtlich, können die regionalen Temperaturänderungen deutlich von diesem globalen Mittelwert abweichen.

Die globale Erwärmung [2.3.1.1] wird in PAGE mit einem einfachen Kohlenstoffkreislauf-Energiebilanzmodell berechnet, dessen wesentliche Parameter als unsicher angenommen werden. (Ich werde im Folgenden nur die wichtigsten Schritte der Rechnung nachzeichnen können.) Die zukünftigen CO<sub>2</sub>-Emissionen [2.3.1.1.1] werden deterministisch prognostiziert, wobei, wie oben, einfach die Werte des SRES-Szenarios A2 zu Grunde gelegt werden. Daraus errechnet sich die zukünftige CO<sub>2</sub>-

Konzentration.<sup>12</sup> Der entscheidende Parameter, der die globale Temperaturänderung angesichts der höheren CO<sub>2</sub>-Konzentration bestimmt, ist die Klimasensitivität. PAGE verwendet, wie oben erwähnt, zwei alternative Wahrscheinlichkeitsverteilungen, die an die Temperaturprojektionen des IPCC Third Assessment Report (IPCC, 2001) angepasst wurden, um die bestehenden Unsicherheiten einzufangen. Diese den Simulationsberechnungen zu Grunde gelegten Verteilungen scheinen aber keineswegs die gesamte Unsicherheitsspanne wiederzugeben. Die 90% Konfidenzintervalle der alternativen Verteilungen betragen je 3,0–5,3 bzw. 2,6–6,5 Grad Celsius. Tatsächlich haben aber systematische Untersuchungen der Klimamodelle ergeben, dass die Klimasensitivität möglicherweise sogar bei 11 Grad Celsius liegt (Stainforth u.a., 2005; Frame u.a., 2006). Die IPCC-Temperaturprojektionen aus dem Jahr 2001, an die die Verteilungen angepasst wurden, haben die Unsicherheiten unterschätzt; und ebenso unterschätzt sie der Stern Review. Ganz unabhängig davon stellt sich die Frage, wie genau der Stern Review die Wahrscheinlichkeitsverteilungen angepasst hat. Das Fehlen spezifischer methodischer Beschreibungen sowie die Formulierungen im Bericht (das Szenario sei „designed“) legen nahe, dass es sich um bloß subjektive Wahrscheinlichkeiten handele. Die Robustheit derartiger Prognosen ist grundsätzlich als niedrig einzustufen. Darauf, dass es höchst problematisch ist, derartige Wahrscheinlichkeitsprognosen in wissenschaftlicher Politikberatung einzusetzen, werde ich gesondert im Abschnitt „Zwei wissenschaftstheoretische Reflexionen“ eingehen.

PAGE berechnet die regionalen Temperaturänderungen aufgrund der Aerosol-Konzentration ausgehend von Annahmen über die regionalen Aerosol-Emissionen [2.3.1.3] und den Abkühlungseffekt durch Aerosole [2.3.1.1]. Erstere werden wiederum aus dem SRES-Szenario A2 übernommen. Was letzteren betrifft, den sogenannten Strahlungsantrieb der Aerosole, herrscht noch große Unsicherheit und PAGE verwendet wiederum eine an IPCC-Angaben kalibrierte subjektive Wahrscheinlichkeitsverteilung.

Die regionalen BSP-Minderungen ergeben sich in PAGE aus den Kosten für die Anpassung an den Klimawandel, auf die ich im Folgenden nicht weiter eingehen kann, der Prognose des Wirtschaftswachstums der Weltregionen für die nächsten 200 Jahre [2.3.5], die wiederum dem SRES-Szenario A2 entnommen ist, sowie den Folgen des regionalen Klimawandels. Diese regionalen Klimafolgen unterteilt PAGE in drei „Scha-

denssektoren“: Auswirkungen auf handelbare Güter, Auswirkungen auf nicht-handelbare Güter, Auswirkungen aufgrund abrupten, katastrophalen Klimawandels. Die aggregierte Schadensfunktion, die in PAGE die ersten beiden Arten von Klimafolgen berechnet, hat für alle Regionen ein und dieselbe Form. Es handelt sich um die Potenzfunktion

$$D(s, r) = a_s \cdot b_r \cdot T^n$$

wobei  $s = 1, 2$  den Sektorindex,  $r = 1 \dots 8$  den Regionenindex,  $T$  die regionale Erwärmung oberhalb des als tolerabel angenommenen 2 Grad-Niveaus,  $D(s, r)$  den monetären Schaden im Sektor  $s$  der Region  $r$  und  $a, b, n$  im Weiteren zu beschreibende Parameter darstellen.<sup>13</sup> Zunächst einmal stellt sich die Frage, warum der monetäre Schaden in allen Sektoren, in allen Weltregionen im Prinzip auf ein und dieselbe Weise von der Temperaturerhöhung abhängen sollte! Und im Kontext des Stern-Berichts stellt sich diese Frage umso eindringlicher, als Stern in Kapitel 3 selbst ganz unterschiedliche Arten von Schadensfunktionen für verschiedene Klimafolgen vorschlägt: die Konsequenzen aufgrund von Wasserknappheit hingen exponentiell von der Erwärmung ab, die Sturmschäden stiegen kubisch mit der Temperatur, etc.! Dass die aggregierten Schadensfunktionen die Form einer Potenzfunktion haben, scheint eine willkürliche und unbegründete Annahme zu sein. Weiter, was bedeuten die Parameter der Funktion? Der Exponent  $n$  ist ein für alle Regionen gleicher, unsicherer, und daher durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung repräsentierter Parameter, der zwischen 1 (lineare Schadensfunktion) und 3 (kubische Schadensfunktion) liegt und dessen Mittelwert 1,3 beträgt. Wie kommen diese Eckdaten der (subjektiven!) Wahrscheinlichkeitsverteilung zustande? Im Gutachten, das den Stern-Bericht begleitet, schreiben die Autoren

Plambeck and Hope (1997) explain (section 2.6) that the mean value taken from the expert survey of Fankhauser (1994), who in turn takes it from Cline (1992), which is a study based on estimates of climate impacts in the USA for CO<sub>2</sub> doubling and recommends that further studies should include detail of other countries. Cline derived the exponent's value of 1.3 from estimates of the annual damage from warming to the US 1990 economy. Aggregate damage was estimated at \$335.7 billion for a 10C warming, compared to 61.6 billion for 2.5C warming (above 1900). Cline recommended that future studies should take into account explicit studies of the situation in other countries. The range of 1 to 3 for the exponent is taken from Peck & Teisberg (1992) in their simulation of damage in the CETA integrated model. Cline is now of the opinion that the

exponent 1.3 needs to be revised upwards (pers. comm.). (Warren u. a., 2006, S. 31)

Also, der Exponent der Schadensfunktion, die die Klimafolgen in sämtlichen Weltregionen beschreibt, wurde aufgrund einer 14 Jahre alten Studie geschätzt, welche die Konsequenzen des Klimawandels in den USA untersuchte! Offenbar war den Autoren schon damals klar, dass die Situation in den USA keinesfalls auf andere Weltregionen übertragbar ist. Zudem gibt der Autor heute an, den Wert unterschätzt zu haben. Dennoch liegt er den Analysen des Stern-Berichts zu Grunde. Schon damit steht fest, dass die Robustheit der Schadensprognosen minimal ist. Gehen wir aber weiter und schauen wir uns die Bestimmung der übrigen Parameter an. Die Gewichtungsfaktoren  $a_s$  und  $b_r$  sind sektoren- bzw. regionenspezifisch durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen bestimmt. Insbesondere ist damit bereits festgelegt, dass das Verhältnis von ökonomischen zu nicht-ökonomischen Klimafolgen in allen Regionen gleich ist – abermals fehlt hierfür jedwede Begründung. Die konkreten Verteilungen wurden so gewählt, dass PAGE die im dritten IPCC-Bericht (IPCC, 2001a) angegebenen klimabedingten BSP-Minderungen reproduziert. Dazu bemerken Warren u. a.

They are chosen to be consistent with IPCC TAR WGII, page 940 and involved a large amount of expert judgement to encompass the various studies covered by IPCC [...]. (Warren u. a., 2006, S. 31)

Abgesehen davon, dass die Anpassung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen an Punkt- oder Intervallschätzungen erheblichen Ermessensspielraum belässt, stellt sich sofort die Frage, woher die Werte des dritten IPCC-Berichts stammen. Bei ihnen handelt es sich um die Ergebnisse älterer Integrated Assessment-Studien, die in den 90er Jahren entstanden. Eine dieser Untersuchungen, die vermutlich einflussreichste ökonomische Analyse des Klimawandels in den 90er Jahren überhaupt, möchte ich im Folgenden schlaglichtartig beleuchten. Nordhaus und Boyer analysieren mit einem makroökonomischen Gleichgewichtsmodell, einem daran gekoppelten einfachen Klimamodell und einem Schadensmodell, welches die Klimafolgen in BSP-Einheiten umrechnet, die Auswirkungen des Klimawandels (Nordhaus und Boyer, 2000). Klimaschäden werden von den Autoren relativ zum regionalen BSP geschätzt, mit der Folge, dass physikalisch identische Klimafolgen ganz

unterschiedlich bewertet werden, wenn sie in verschiedenen Weltregionen auftreten. Das gilt insbesondere auch für die Bewertung vorzeitiger Todesfälle. Die Autoren, man könnte meinen, um durch diesen sprachlichen Trick moralische Intuitionen gar nicht erst aufkommen zu lassen, verwenden konsequent die Abkürzung „YLL“ für „years life lost“ und schreiben schlicht:

To value YLLs, we assume that a YLL is worth two years of per capita income. (Nordhaus und Boyer, 2000, S. 82)

Als Konsequenz gehen Bewohner armer afrikanischer Staaten wie Burkina Faso, die den Klimaverbrechen früherer Generationen zum Opfer fallen werden, nur zu einem Hundertstel des Wertes in die Schadensanalyse ein, mit dem US-Amerikaner oder Europäer berücksichtigt werden!

Es ist nichts weniger als ein Skandal, dass diese Schätzungen, wenn auch nur indirekt, in den alles in allem ethisch umsichtigen Stern Review einfließen.

Die Bewertung von Menschenleben ist jedoch bei Weitem nicht die einzige Schwachstelle der Schadensanalyse von Nordhaus und Boyer. Die Schätzung der Schäden in Entwicklungsländern scheint in der Regel ohne empirische Grundlage und mehr oder weniger willkürlich zu erfolgen; so werden zum Beispiel die Ländergruppen „Lower middle income“, „Africa“, „Low income“ bei der Schätzung von Folgen für die Landwirtschaft pauschal mit der Fußnote „No detailed estimates were available“ (Nordhaus und Boyer, 2000, S. 76) versehen. Die Küstenschäden durch Meeresspiegelanstieg, Sturmschäden etc. werden für die USA geschätzt und dann, unter Berücksichtigung des Verhältnisses von Küstenlinie zu Staatsfläche, einfach auf alle übrigen Länder übertragen. Das Fehlen detaillierter Untersuchungen für Entwicklungsländer ist umso empörender, als für die Auswirkungen auf den Freizeitsektor der USA offenbar genau das Gegenteil zutrifft:

A recent study by Nordhaus examines the value of climate-related time use in the United States. [...] This study relies on extremely detailed individual diaries on time use for approximately 100 different activities (such as skiing, golfing, and swimming) for 1981. The study examines time use in different activities for different U.S. states and different months. Two tentative conclusions of this study are: (1) that the time spent on climate-related activities increases with warm weather (e.g., the time gains to camping outweigh the time losses to ski-

ing), and (2) the estimated value of a 2.5°C warming on the value of time use is modest but positive for the United States. The preferred estimates are that a 2.5°C warming will have a positive amenity impact on the United States of 0.30 percent of GDP. (S. 84)

Gut, dass das jemand mal detailliert untersucht hat, diese Information hat uns noch gefehlt, um vernünftige klimapolitische Entscheidungen zu treffen. Leider haben die Ökonomen anderer Länder noch keine derart detaillierten Studien durchgeführt; Nordhaus und Boyer wählen einen naheliegenden Ausweg:

There are present no reliable and empirically based amenity estimates for other countries. For this book, we extend the estimates of nonmarket time use for the U.S. (Nordhaus und Boyer, 2000, S. 85)

So ist auf jeden Fall sichergestellt, dass auch die positiven Auswirkungen des Klimawandels hinsichtlich der Freizeitaktivitäten („such as skiing, golfing, and swimming“) in Ländern wie Burkina Faso in die Klimafolgenanalyse einfließen.

Sarkasmus beiseite. Stutzig machen auch die relativen Größenverhältnisse der verschiedenen Folgeschätzungen. So überkompensieren die positiven Auswirkungen auf Freizeitaktivitäten in den Vereinigten Staaten mit 0,3% des BSP um ein dreifaches die geschätzten Küstenschäden (0,1%) aufgrund von Meeresspiegelanstieg, verstärkter Sturmaktivität (Hurricanes!), etc. (Nordhaus und Boyer, 2000, S. 77). Irgendetwas kann hier doch nicht stimmen.

Kehren wir zurück zum Stern Review und legen uns die Frage vor, wie die Klimafolgen im dritten Schadenssektor, dem abrupten und katastrophalen Klimawandel [2.3.4], simuliert werden. PAGE unterstellt, dass von einem bestimmten Temperaturschwellenwert an (i) die Wahrscheinlichkeit schwerwiegender regionaler BSP-Einbußen (ii) mit jedem weiteren Grad Erwärmung um einen konstanten Prozentsatz (iii) zunimmt. Alle drei Parameter werden durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen geschätzt. Der Schwellenwert liegt zwischen 2 und 8 Grad, die regionalen BSP-Einbußen im Fall abrupten Klimawandels zwischen 5 und 20% des BSP und die Wahrscheinlichkeit abrupten Klimawandels nimmt vom Schwellenwert an um 1–20% je Grad zu. Auch diese Annahmen sind in keiner Weise empirisch belegt.

## Die Prognose der Kosten von Klimaschutzmaßnahmen

Der Stern Review prognostiziert die Kosten des Klimaschutzes, indem er die Entwicklung kohlenstoffarmer („low-carbon“) Energietechnologien über 50 Jahre vorhersagt. Dabei werden, im Gegensatz zu den von Klimaökonomien für diese Zwecke in der Regel verwendeten makroökonomischen Gleichgewichtsmodellen, komplexere volkswirtschaftliche Mechanismen und Wechselwirkungen, die eine Umstellung der Energiewirtschaft in Gang setzen könnte, gar nicht erst zu simulieren versucht.<sup>14</sup> Insbesondere berücksichtigt Stern dadurch in dieser Prognose aber auch nicht die Möglichkeit, dass THG-Emissionen durch verändertes Konsumverhalten reduziert werden können.

Stern schätzt zunächst die erforderliche Reduktion jährlicher anthropogener THG-Emissionen bis 2050, um die THG-Konzentration auf 550 ppm CO<sub>2e</sub> zu stabilisieren [1]<sup>15</sup>. Dann unterscheidet er grundsätzlich zwei Arten anthropogener THG-Emissionen, die reduziert werden können; erstens CO<sub>2</sub>-Emissionen, die bei der Energieerzeugung aus fossilen Energieträgern entstehen (im Weiteren: fossile), und zweitens alle übrigen (nicht-fossile<sup>16</sup>). Für letztere wird das Reduktionspotential bis 2050 geschätzt (da die entsprechenden gesamten Reduktionskosten im Stern Review nicht aufgeführt sind, gehe ich davon aus, dass es sich um die Prognose des Reduktionspotentials zu volkswirtschaftlich geringen/vernachlässigbaren Kosten handelt, siehe auch Stern, 2007, S. 218) [2]. Schwerpunkt der Stern-Analyse bildet die Schätzung der durchschnittlichen Reduktionskosten energiebedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen. Für diese stützt sich der Bericht auf eine Auftragsstudie von Dennis Anderson (Anderson, 2006), die der folgenden Analyse zu Grunde liegt. Zieht man von den für eine Stabilisierung auf 550 ppm CO<sub>2e</sub> erforderlichen Reduktionen [1] die kostengünstige Reduktion nicht-fossiler THG ab [2] und multipliziert die Differenz mit den durchschnittlichen Reduktionskosten [3], so ergibt sich eine Abschätzung der gesamten Reduktionskosten. Stern setzt diese schließlich in Beziehung zur prognostizierten Weltwirtschaftsleistung [4], um einen Vergleich mit den prognostizierten Klimaschäden (Abschnitt 3) zu ermöglichen. Im Folgenden werde ich die vier zentralen Prognosen, die in diese Berechnung eingehen, detaillierter vorstellen.

Laut Stern müssten die THG-Emissionen im Jahr 2050 um 50 GtCO<sub>2e</sub> reduziert werden, um die THG-Konzentration auf 550 ppm CO<sub>2e</sub> zu

stabilisieren. Diese 50 GtCO<sub>2e</sub> ergeben sich aus der Differenz der prognostizierten „business as usual“ (BAU) Emissionen und des Emissionsniveaus, das für die Stabilisierung erforderlich ist (vgl. Stern, 2007, S. 206). Die globalen BAU THG-Emissionen [1.1] werden deterministisch geschätzt, indem die Trends der vergangenen Jahrzehnte fortgeschrieben werden. Hiergegen erheben sich freilich die Einwände, die bereits oben gegen die willkürliche Auswahl eines SRES-Szenarios geltend gemacht wurden: die Entwicklung zukünftiger THG-Emissionen ist extrem unsicher und lässt sich in keinem Fall deterministisch prognostizieren. Doch damit nicht genug, die für die Kostenprognose der Klimaschutzmaßnahmen zu Grunde gelegte, deterministische Prognose der THG-Emissionen weicht deutlich von der deterministischen Prognose ab, die in die Nutzenanalyse eingeht: Das bei der Nutzenanalyse verwendete A<sub>2</sub>-Szenario (siehe Tabelle 1) geht in 2050 von rund 89 GtCO<sub>2e</sub> aus,<sup>17</sup> während Stern bei der Kostenanalyse 83 GtCO<sub>2e</sub> vorhersagt (vgl. Stern, 2007, S. 206). Die Prognosen des Stern-Berichts sind somit nicht einmal widerspruchsfrei. Meines Wissens äußert sich der Stern-Bericht zu dieser Inkonsistenz nicht.<sup>18</sup>

Welcher Pfad zukünftiger THG-Emissionen [1.2] zu einer Stabilisierung bei 550 ppm führt, wird ebenfalls deterministisch prognostiziert. Stern legt hier den Durchschnitt mehrerer Simulationsrechnungen eines einfachen Klimamodells zu Grunde. Zu welcher THG-Konzentration ein bestimmter Emissionspfad führt, hängt aber ganz wesentlich von den Prozessen des globalen Kohlenstoffkreislaufs ab (Wieviel CO<sub>2</sub> nimmt der Ozean in Zukunft auf? Wird die Biosphäre zu einer Nettoquelle von CO<sub>2</sub>?). Diese werden von der globalen Durchschnittstemperatur und anderen Klimagrößen beeinflusst, welche wiederum (Klimasensitivität) von der THG-Konzentration abhängen. So wirkt hier eine komplexe Rückkopplung an deren Kausalkettengliedern jeweils erhebliche Unsicherheiten herrschen (vgl. auch IPCC, 2007). Diese Unsicherheiten bleiben bei Stern – ohne Begründung – unberücksichtigt. Die deterministische Prognose des Emissionspfads, der zu einer THG-Stabilisierung bei 550 ppm CO<sub>2e</sub> führt, ist minimal robust.

Was die nicht-fossilen THG-Emissionen angeht, schätzt Stern das kostengünstige Reduktionspotential auf knapp 11 GtCO<sub>2e</sub> jährlich. Diese Prognose setzt sich aus Teilprognosen der Reduktionspotentiale verschiedener THG-Quellen wie beispielsweise Rodung/Entwaldung, Landwirtschaft, Müll und Abfall oder industrielle Prozesse zusammen,



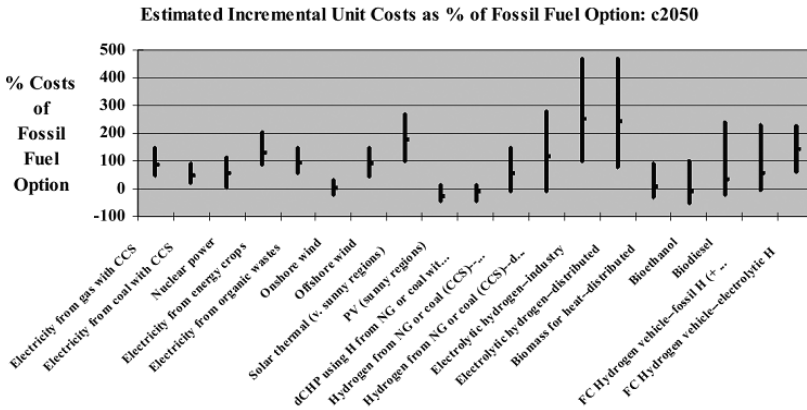
welche verschiedenen wissenschaftlichen Studien und Berichten entnommen sind. Diese Quellen konnte ich für diesen Aufsatz nicht näher untersuchen; einen wichtigen Hinweis für die Robustheitseinschätzung der Prognosen gibt uns aber Stern, indem er zugesteht: „These figures are very uncertain“ (S. 218). Da sie Stern dennoch deterministisch prognostiziert, bewerte ich die Robustheit als niedrig.

Zur Abschätzung der zukünftigen durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten [3] verwendet Stern ein aggregiertes Technologiemoell, das mathematisch gesehen große Ähnlichkeit zum im vorherigen Abschnitt besprochenen PAGE-Modell aufweist. Das von (Anderson, 2006) entwickelte Technologiemoell besteht wie PAGE aus hochaggregierten Gleichungen mit unsicheren Parametern, für die Wahrscheinlichkeitsverteilungen geschätzt werden. Monte-Carlo-Simulationen ergeben dann als Wahrscheinlichkeitsprognosen zu interpretierende relative Häufigkeiten zukünftiger Vermeidungskosten. Die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten werden aus drei Größen berechnet, die Stern mitprognostiziert: die Energieerzeugungskosten der einzelnen kohlenstoffarmen Energietechnologien [3.2] und die Energieerzeugungskosten fossiler Energietechnologien [3.3], deren Differenzen die Technologie-spezifischen Vermeidungskosten darstellen, welche schließlich mit den relativen Anteilen der Technologien im zukünftigen Portfolio alternativer kohlenstoffarmer Energietechnologien [3.1] gewichtet werden.

Das zukünftige Portfolio alternativer kohlenstoffarmer Energietechnologien [3.1] ergibt sich aus den jährlichen Investitionen in 20 verschiedene Energietechnologien (Atomenergie, Windkraft, Photovoltaik, Kohle mit CO<sub>2</sub>-Sequestrierung etc.), welche in dem Modell als unsichere Parameter behandelt werden (Anderson, 2006, S. 21). Pauschal und ohne nähere Begründung werden für die einzelnen Investitionsraten Fehlerspannen von +/- 30% bis +/- 50% angenommen, innerhalb derer alle Werte gleichwahrscheinlich sind. Zudem ist nicht auszuschließen, dass völlig neue Technologien entwickelt werden, die wir uns heute noch nicht einmal vorstellen, wie Stern zugibt.<sup>19</sup> Verstanden als Wahrscheinlichkeitsprognosen sind die Vorhersagen also wenig robust.

Um die Technologie-spezifischen Energieerzeugungskosten der kohlenstoffarmen Energietechnologien zu prognostizieren [3.2], schätzt Anderson die relative Kostendifferenz in Bezug auf die Energieerzeugungskosten der jeweiligen zu ersetzenden fossilen Technologien. Für das Jahr 2050 werden beispielsweise folgende Annahmen über die

Kostendifferenzen kohlenstoffarmer und fossiler Energietechnologien gemacht (Anderson, 2006, S. 59):



Dabei handelt es sich abermals um subjektive Wahrscheinlichkeiten.

Schließlich schätzt Anderson die Energieerzeugungskosten fossiler Technologien ausgehend von den entsprechenden Rohstoffpreisen, und belegt diese pauschal mit Fehlerspannen von bis zu +/-60%. Auch diese Wahrscheinlichkeitsverteilungen zukünftiger Rohstoffpreisentwicklung sind willkürlich und ad hoc.

Die probabilistisch prognostizierten Kosten von Klimaschutzmaßnahmen (die sich aus [1], [2] und [3] ergeben), müssen noch als relative Minderung des WSP ausgedrückt werden, um mit den Prognosen der Klimaschäden vergleichbar zu sein. Hierfür muss abermals das WSP prognostiziert werden, wenn auch nur für 50 anstatt 200 Jahre. Wiederum wird die weltwirtschaftliche Gesamtleistung deterministisch vorhergesagt.

The world product in 2005 was approximately \$35 trillion [GB: one trillion = 10<sup>12</sup> = eine Billion] (£22 trillion at the ppp rate of \$1.6/£). It is assumed to rise to \$110 trillion (£70 trillion) by 2050, a growth rate of 2.5% per year, or 1.5–2% in the OECD countries and 4–4.5% in the developing countries. (Anderson, 2006, S. 27)

Damit liegt die Weltwirtschaftsprognose, die der Kostenvorhersage zu Grunde liegt, aber rund 30 Billionen US\$ (oder 37%) über der Prognose, die in die Berechnung der Klimaschäden eingegangen ist! Denn gemäß dem SRES-Szenario A2 beträgt das WSP 2050 nur 82 Billionen US\$ (IPCC,

2000). Abermals müssen wir konstatieren, dass in die Kosten-Nutzen-Analyse des Stern Reviews widersprüchliche Prognosen eingehen.

## Zwei wissenschaftstheoretische Reflexionen

### *Zur Bedeutung von Wahrscheinlichkeitsprognosen und zu ihrer Zulässigkeit in wissenschaftlicher Politikberatung*

Wahrscheinlichkeitsprognosen sind ein integraler Bestandteil der Argumentation des Stern Reviews, in dem klimapolitische Entscheidungen als Entscheidungen unter Risiko (im Gegensatz zu Unsicherheit, vgl. Knight, 1921; Ellsberg, 1961) rekonstruiert werden, um die klassische Nutzentheorie (Maximierung des Erwartungsnutzens) anzuwenden. Gerade in dieser Eigenschaft sieht Stern einen wesentlichen (auch methodischen) Beitrag seines Berichts, wie er in einem am 8. November 2006 in der *Financial Times* veröffentlichten Kommentar unterstreicht:

The key innovation of the analysis underpinning the review is to focus on the economics of risk. [...] Using the standard approach to the economics of risk and time, we estimate the costs of unabated climate change to be between 5 per cent and 20 per cent of global consumption – higher than some previous estimates.

Allerdings haben wir gesehen, dass die Robustheit der klimaökonomischen Wahrscheinlichkeitsprognosen sehr gering ist. Dies ist auch Stern klar. Im Bericht heißt es dazu:

The basis of such probabilities should be up-to-date knowledge from science and economics. This amounts to a ‚subjective‘ probability approach. [...] It is a pragmatic response to the fact that many of the ‚true‘ uncertainties around climate-change policy cannot themselves be observed and quantified precisely, as they can be in many engineering problems, for example. (Stern, 2007, S. 33)

Wahrscheinlichkeiten, formal-mathematisch zunächst durch die Kolmogorov-Axiome definiert, bzw. Aussagen, in denen über Wahrscheinlichkeiten gesprochen wird, lassen sich ganz unterschiedlich interpretieren (Gillies, 2000). Eine wichtige auf de Finetti (de Finetti, 1931a, 1931b) und Ramsey (Ramsey, 1931) zurückgehende Interpretation besteht in der Analyse von Wahrscheinlichkeitsaussagen als Sätze über subjektive Glaubensgrade. Diese Glaubensgrade, so die Interpretation, manifestieren sich in den Wetten, die eine Person abzuschließen bereit ist. Nimmt

man an, dass eine rationale Person keine Kombination von Wetten abschließt, die dazu führte, dass sie mit Sicherheit Geld verlöre, lässt sich zeigen, dass Glaubensgrade den Kolmogorov-Axiomen genügen (Gillies, 2000). Interpretiert man Wahrscheinlichkeitsaussagen als Aussagen über rationale Glaubensgrade, so spricht man auch von „subjektiven Wahrscheinlichkeiten“.

Warum sollten klimapolitische Entscheidungen auf der Grundlage subjektiver Glaubensgrade von Experten getroffen werden?

Auf diese Frage gibt es zwei Antwortmöglichkeiten. Erstens, weil diese Experten aufgrund ihrer jahrzehntelangen Beschäftigung mit bestimmten Fragen und Themen die Fähigkeit erworben haben, die objektiven Wahrscheinlichkeiten (die als Dispositionen ein komplexes System objektiv charakterisieren) zuverlässig zu schätzen, ohne diese Schätzung explizit begründen oder herleiten zu können. Zweitens, weil die Glaubensgrade dieser Experten hinreichend oft gemäß Bayes' Regel im Lichte empirischer Daten revidiert wurden (Bayesianisches Lernen), und die so gewonnenen Aposteriori-Wahrscheinlichkeiten damit quasi-objektiv<sup>20</sup> sind.

Doch welche Gründe gibt es dafür, anzunehmen, dass Nicholas Stern zuverlässig die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Parameter von Klimaschadensfunktionen schätzen kann – Schadensfunktionen wohlgemerkt, welche Klimafolgen quantifizieren, die wir uns im Detail gar nicht ausmalen können? Im Gegensatz zu erfahrenen Ärzten, auf deren subjektive Wahrscheinlichkeiten wir uns häufig zu Recht verlassen, konnte Stern seine Schätzfähigkeit nicht anhand zahlreicher Beispiele (in seinem Fall wären dies ja dem gegenwärtigen Klimawandel hinreichend ähnliche Klimaveränderungen) erlernen, fortbilden und verfeinern. Ebenso wenig ist davon auszugehen, dass Dennis Anderson, obzwar „Emeritus Professor of Energy and Environmental Studies at Imperial College London, and [...] formerly the Senior Energy Adviser and an economist at the World Bank, Chief Economist of Shell and an engineer in the electricity supply industry“ (Stern, 2007, S. 229), zuverlässig die Energieerzeugungskosten in 40 Jahren und damit den technologischen Fortschritt eines knappen halben Jahrhunderts schätzen kann. Und die Klimawissenschaftler, deren subjektive Wahrscheinlichkeitsschätzungen der Stern Review verwendet? Sie haben letztlich auch noch kein einziges derartiges CO<sub>2</sub>-Experiment beobachtet, wie wir es derzeit durchführen! (Was erfahrene Klimawissenschaftler vermutlich zuverlässig schätzen

können, ist die Wahrscheinlichkeit, mit der das Klimamodell ihres Instituts ein bestimmtes Resultat ergibt.)

Können die subjektiven Wahrscheinlichkeiten dann vielleicht als quasi-objektive, da hinreichend im Lichte von Erfahrung revidierte Wahrscheinlichkeiten gelten? Abgesehen von den theoretischen Zweifeln, die sich hier anbringen ließen und die darauf beruhen, dass Bayesianisches Lernen nicht in allen Situationen zu einer Konvergenz von Aposteriori-Wahrscheinlichkeiten führt (vgl. Albert, 1999, 2003), ist als Erstes festzuhalten, dass die verwendeten Wahrscheinlichkeiten im Stern Review oder den Auftragsstudien nicht explizit aus einem Bayesianischen Lernprozess gewonnen wurden. Einige Klimawissenschaftler haben in den letzten Jahren allerdings versucht, auf diese Weise eine robustere Wahrscheinlichkeitsschätzung der Klimasensitivität zu gewinnen (z. B. Hegerl, 2006); die dort gewonnen Aposteriori-Wahrscheinlichkeiten hängen aber weiterhin signifikant von der Apriori-Wahrscheinlichkeit ab und können mithin keineswegs als robust gelten (vgl. auch Frame u. a., 2006).

Die Diagnosen dafür, dass die Antwortversuche scheitern, sind identisch: Der anthropogene Klimawandel ist etwas Einzigartiges. Die Beobachtungsdaten, die wir für die letzten 150 Jahre aus Wetterbeobachtung, für die letzten 650.000 Jahre aus Eisbohrkernen und für die letzten Millionen Jahre aus Meeressedimentbohrungen gewinnen, erlauben uns keine Schlüsse über die *wahrscheinliche* zukünftige Entwicklung des Klimasystems. Damit sind subjektive Wahrscheinlichkeiten aus dem gleichen Grund unzuverlässig und für wissenschaftliche Politikberatung ungeeignet, aus dem wir auch mit den Methoden der klassischen Statistik keine robusten Wahrscheinlichkeiten schätzen können – die Stichprobe ist zu klein.

*Über die Verflechtung normativer und deskriptiver Behauptungen in wissenschaftlicher Klimapolitikberatung*

Auf den ersten Blick scheint es ganz eindeutig, dass in die umfangreiche Argumentation des Stern Reviews durchweg Fakten wie Werte einfließen, dass die oben skizzierten Prognosen deskriptive wie normative Aussagen vermengen. Als offenkundigstes Beispiel denke man nur an die Umrechnung von verlorenen Lebensjahren (YLLs) in BSP-Einheiten. Aber auch darin, dass das globale anstelle des regionalen Pro-Kopf-Einkommens prognostiziert wird (Abschnitt 3) und die Wohlfahrtsfunktion auf jenes, nicht auf dieses angewendet wird, scheint sich – ich drücke mich zunächst

bewusst vage aus –, ein normatives Element zu verbergen. Denn wegen des abnehmenden Grenznutzens fallen negative Konsequenzen in ärmeren Regionen viel weniger ins Gewicht, wenn die Wohlfahrtsfunktion auf aggregierte Größen angewendet wird, anstatt regionale Wohlfahrtswerte zu berechnen und diese dann zu aggregieren.

Bei genauerem Hinsehen ist es aber gar nicht so klar, wieso es sich hierbei um normative Annahmen der Argumentation handelt. Wie oben dargelegt, basiert Stern seine Politikempfehlung auf der klassischen Nutzentheorie. Die zentrale – explizit als solche ausgewiesene – normative Annahme besteht daher in der Prämisse, den Erwartungsnutzen zu maximieren. Die Wahl einer bestimmten Wohlfahrtsfunktion, die implizit Risikopräferenzen kodiert, lässt sich unschwer als weitere normative Annahme identifizieren. Aber alles, was Stern dann noch braucht, sind die oben beschriebenen Prognosen. Für Sterns utilitaristisches Argument können diese rein deskriptiv verstanden werden. Wieso die Empörung? Wieso scheinen in diese Prognosen doch weitere wesentliche Wertungen einzufließen? Im Folgenden möchte ich alternative Antworten auf diese Frage probeweise durchdenken.

1. Einer sprachphilosophischen Analyse zufolge entsteht die Verquikung deskriptiver und normativer Aussagen auf semantischer Ebene: Kommen in einem Satz Begriffe und Ausdrücke (sogenannte „thick terms“) vor, die sowohl einen beschreibenden als auch einen wertenden Bedeutungsgehalt besitzen, so drückt der Satz teils einen deskriptiven, teils einen normativen Sachverhalt aus (siehe Putnam, 2002). Derartige wertgeladene Ausdrücke sind in der Klimafolgenanalyse unschwer auszumachen: „Dürre“, „Verwüstung“, „Artensterben“, „Unwetter“, „Klimatote“ sind allesamt normativ aufgeladene Begriffe, die zugleich und hauptsächlich gewisse Ereignisse – Klimafolgen – beschreiben (man vergleiche: „Niederschlagsreduktion um 80%“, „Desertifikation“, „Reduktion der Biodiversität“, „Extremereignis“, „YLL“). Insofern in der Klimafolgenanalyse derartige Begriffe verwendet werden, werden dort nicht nur rein deskriptive Aussagen getroffen. Liefert das aber bereits die vollständige Diagnose der oben ausgemachten moralischen Empörung, die die ökonomische Schadensanalyse hervorruft? Ich sehe hier folgendes Problem: Selbst wenn die ökonomische Schadensanalyse bei der Beschreibung von Klimafolgen wertgeladene Ausdrücke verwendete, so würden die damit in der Beschreibung getroffenen normativen Aussagen nicht in der weiteren Argumentation bis hin zur Begründung der

Handlungsempfehlung ‚mitgenommen‘. Vielmehr würden die in der Klimafolgenbeschreibung möglicherweise enthaltenen Werturteile ‚herausgesiebt‘, da ausschließlich prognostizierte Minderungen des BSP in die Herleitung der Politikempfehlung eingehen. Der durch die thick terms eingeführte normative Gehalt würde somit nicht von Argumentationsschritt zu Argumentationsschritt weitergereicht und ‚kontaminierte‘ damit auch nicht die Konklusion der Analyse. Dass die umgangssprachlichen Klimafolgenbeschreibungen zunächst wertgeladen sind, stellte gar kein Problem für die Gesamtargumentation dar.

Anders verhielte es sich, wenn die wertgeladenen Begriffe in sämtlichen Argumentationsschritten, bis hin zum letzten, wesentlich in den Prämissen vorkämen. Der wichtigste Begriff der volkswirtschaftlichen Analyse der Klimafolgen, der sich wie ein roter Faden durch das Begründungsnetz zieht, ist der des Bruttosozialprodukts. Handelt es sich möglicherweise hier um einen wertgeladenen Begriff? Zunächst ist das Bruttosozialprodukt als Summe der in einer Volkswirtschaft produzierten Güter und Dienstleistungen eine Maßzahl volkswirtschaftlicher Leistung, die beispielsweise in Deutschland in einem komplizierten Schätzverfahren vom Statistischen Bundesamt in Zusammenarbeit mit den statistischen Landesämtern erhoben wird. Es ist jedoch fraglich, ob „BSP“ in den klimaökonomischen Analysen ausschließlich in dieser rein technischen Bedeutung verwendet wird. So schreiben Nordhaus und Boyer hinsichtlich des volkswirtschaftlichen Konsums, der als ein Anteil des BSP modelliert wird:

The relevant economic variable is *generalized consumption*, which denotes a broad concept that includes not only traditional market purchases of goods and services like food and shelter but also nonmarket items such as leisure, cultural amenities, and enjoyment of the environment. (Nordhaus und Boyer, 2000, S. 14)

Auch die rigorose Umrechnung sämtlicher, auch nicht-ökonomischer Klimafolgen in BSP-Einheiten deutet darauf hin, dass das BSP selbst als umfassendes Wohlfahrtskonzept verstanden wird. Schließlich wird vor diesem Hintergrund auch das zentrale utilitaristische Annahmen-Duo – (1) der gesamtgesellschaftliche Nutzen ist eine Funktion des zum Konsum zur Verfügung stehenden BSP und (2) Ziel der Politik ist es, den Erwartungsnutzen zu maximieren – plausibler, als wenn das BSP allein die produzierten Güter und Dienstleistungen umfasste. Wenn dem so ist,

dann würden wir verstehen, wieso die Annahmen, die im Schadensmodell gemacht werden, normativer Natur sind: sie involvieren einen für die Gesamtargumentation zentralen wertgeladenen Begriff.

Ist dem aber nicht so und ist „BSP“ in der klimaökonomischen Analyse Sterns durchgängig rein deskriptiv, technisch zu lesen, ergibt sich sogar eine weitere Diagnose: Zwar kann die Frage, wie stark sich das BSP beim vorzeitigen Tod eines Wirtschaftsakteurs reduziert, rein deskriptiv verstanden werden und an der Schätzung dieser Folge ist für sich auch nichts moralisch Fragwürdiges. Allein, wir würden der klimaökonomischen Analyse dann vorwerfen, dass sie sämtliche Konsequenzen einzig im Hinblick auf ihre volkswirtschaftlichen Auswirkungen in der Gesamtanalyse berücksichtigt, dass es neben der Maximierung des Konsums aber noch wesentlichere Ziele gibt, an denen sich eine gerechte Politik orientieren muss. Diese Diagnose der moralischen Empörung beruht allerdings nicht mehr auf der sprachphilosophischen These der semantischen Verflechtung normativer und deskriptiver Bedeutungsgehalte.

2. Einer alternativen Diagnose zufolge könnte die Wertgeladenheit der Klimafolgenanalyse darin bestehen, dass in diese Annahmen eingehen, welche zwar deskriptiv sind, aber (1) mehr oder weniger willkürlich aus einer Menge ebenso gut gestützter Annahmen ausgewählt wurden, wobei (2) die Verwendung einer dieser alternativen Annahmen zu einem deutlich anderen Ergebnis (und damit zu einer anderen Politikempfehlung) führte. Die Wertgeladenheit entstünde somit aus einem unangemessenen Umgang mit bestehenden Unsicherheiten. In diesem Sinne wären praktisch alle oben aufgeführten Prognosen wertgeladen, denn sie sind wenig robust, d. h. ebenso gut belegt wie alternative Prognosen, und beeinflussen das Ergebnis der Klimafolgenanalyse erheblich. Damit ist aber fraglich, ob die spezifische Empörung, die einige der Annahmen der Schadensanalyse hervorrufen, durch diese Diagnose adäquat erfasst wird. Zwar sind auch die Annahmen über die volkswirtschaftlichen Konsequenzen frühzeitiger Todesfälle extrem unsicher und folgenreich für das Analyseergebnis, aber trotzdem unterscheiden sich derartige Annahmen hinsichtlich ihrer moralischen Fragwürdigkeit von Annahmen über die Zunahme regionaler Aerosol-Emissionen im 21. Jahrhundert, auf die jenes ebenso zutrifft.

3. Eine dritte und letzte Diagnose identifiziert die problematischen wertgeladenen deskriptiven Annahmen der Klimafolgenanalyse als (1)



mehr oder weniger willkürliche Annahmen, die (2), gemeinsam mit den der Analyse zu Grunde liegenden, explizit normativen Prämissen, weitere normative Sätze logisch implizieren, die moralisch inakzeptabel sind. So impliziert die Annahme, dass YLLs zu relativen Minderungen des jeweiligen regionalen BSP führen, vor dem Hintergrund des utilitaristischen Bewertungsverfahrens, dass der Verlust eines Menschenlebens in Afrika zu einem Bruchteil in die Klimafolgenbewertung eingeht wie der eines Menschenlebens in Nordamerika. Die Annahmen über die positiven Auswirkungen des Klimawandels bezüglich der Freizeitaktivitäten und über die Kosten drohender Küstenschäden haben, wiederum vor dem Hintergrund des utilitaristischen Bewertungsverfahrens, zur Folge, dass lukrativere Tourismus- und Freizeitaktivitäten in Industrienationen die Vernichtung von Küstenstrichen in der dritten Welt wettmachen. Aus der extrem unsicheren und willkürlichen Prognose der regionalen Aerosol-Emissionen hingegen scheinen sich jedoch keine moralisch inakzeptablen Folgen ableiten zu lassen, zumindest nicht auf offenkundige Weise. Damit ist diese dritte Diagnose in der Lage, willkürliche und moralisch fragwürdige von willkürlichen, aber moralisch nicht fragwürdigen Annahmen zu unterscheiden. Eine Folgefrage, die hier jedoch aufgeworfen wird und in der die Quine-Duhem-These anklingt, ist, inwieweit einzelne Annahmen, aus denen moralisch inakzeptable Behauptungen folgen, überhaupt identifiziert werden können, oder ob nicht solche Behauptungen immer nur aus Annahmenbündeln folgen, die nur als Ganzes genommen als wertgeladen und moralisch fragwürdig bezeichnet werden können.

## Schlussbetrachtung

Der Stern Review argumentiert auf der Basis zahlreicher langfristiger Prognosen, die in der Regel nicht als robust gelten können. Die Deklaration der Wahrscheinlichkeitsprognosen als subjektiv entkräftet den Vorwurf mangelnder Robustheit der Prognosen nicht. Der unangemessene Umgang mit bestehenden epistemischen Unsicherheiten führt darüber hinaus zu einer komplizierten Verquickung deskriptiver und normativer Sachgehalte in der Argumentation. Diese Bestandsaufnahme der Prognosen des Stern Reviews lässt meines Erachtens nach nur einen Schluss zu: Wir können die Auswirkungen des Klimawandels weder determi-

nistisch noch probabilistisch prognostizieren. Es ist vollkommen aussichtslos, gesichertes Zukunftswissen über den Prognosegegenstand des Stern Reviews zu erlangen.

Stellen Sie sich bitte Folgendes vor: In einer gemeinsamen Kraftanstrengung gelänge Wirtschaft und Politik die Umstellung der globalen Energiewirtschaft auf nicht-fossile, erneuerbare Technologien. Dies stellte u. a. sämtliche Ressourcenabhängigkeiten der heutigen Weltwirtschaft auf den Kopf, führte zu einer Neudefinition der „nationalen Interessen“ und veränderte die Machtstrukturen internationaler Politik. Was wird aus den OPEC-Staaten? Wird ihnen die Umstrukturierung ihrer Volkswirtschaften gelingen? Welchen Staaten womöglich nicht? Iran? Venezuela? Saudi Arabien? Was wird mit diesen Staaten, deren Volkseinkommen rapide sinken, geschehen? Wie anfällig sind sie für politisch-religiöse Radikalisierung? Droht diese dann in der gesamten arabischen Welt um sich zu greifen? Weiter: Wie sieht die CO<sub>2</sub>-freie Energiewirtschaft aus? Wird der Großteil des Weltenergiebedarfs durch Energieerzeugung im „Sonnengürtel“ der Erde gedeckt? Oder setzen sich lokale und dezentrale Energieerzeugungsstrukturen weltweit durch, in denen Strom und Wasserstoff ‚vor Ort‘ hergestellt wird? Bietet erste Alternative die Möglichkeit, Einkommensverluste von OPEC-Staaten aufzufangen, und somit Konflikte zu verhindern? Welche neuen Machtstrukturen und Abhängigkeiten würden geschaffen? Was bedeuten diese Alternativen für die Entwicklungschancen der verschiedenen Weltregionen? Die kausalen Abhängigkeiten zwischen der globalen Energiewirtschaft, der regionalen Wirtschaftsentwicklungen sowie politischen, militärischen, religiös-kulturellen Prozessen und Randbedingungen auf nationaler wie internationaler Ebene sind derart mannigfaltig, dass jeder Prognoseversuch anmaßend erscheinen muss.

Ganz grundsätzlich gilt: Je detaillierter der Prognoseversuch schwer oder gar nicht vorherzusagender Prozesse, umso versteckter und im Detail verborgener die problematischen, unbegründeten Annahmen. Die Schwierigkeiten, auf die ökonomische Vorhersagen der Klimafolgen stoßen und die wir nach viel Schürfarbeit ausfindig gemacht haben, spiegeln und bestätigen somit nur die intuitive Vermutung, ‚dass wir das nicht wissen können‘.

Welche Konsequenzen ergeben sich hieraus für die Rechtfertigung klimapolitischer Entscheidungen? Zunächst nur diese: Es handelt sich um Entscheidungen unter Unsicherheit und Unwissenheit. Sie müssen auf

der Grundlage von modalem Wissen, d. h. Möglichkeitswissen getroffen werden.

Ich habe eine weitere Vermutung, die ich abschließend artikulieren möchte. Der Detailgrad derzeitiger klimaökonomischer Analysen scheint mir im Lichte der engen Grenzen, die unserem Zukunftswissen hier gezogen sind, unangemessen hoch. Unser Wissen ist grobkörnig und unscharf, und eine hochauflösende Entscheidungsanalyse passt dazu möglicherweise nicht. Ich vermute, dass die gesamte klimapolitische Entscheidungssituation überkomplex rekonstruiert wird und dass vielleicht viel einfachere Argumente für die Begründung gewisser klimapolitischer Entscheidungen – in meinen Augen müssen dies Entscheidungen für drastische Klimaschutzmaßnahmen sein – angeführt werden können. Im Folgenden seien drei derartige Argumente skizziert; in einer Folgeuntersuchung wären diese zu rekonstruieren, um sämtliche impliziten Prognosen und normativen Prinzipien explizit zu machen.

1. Je höher die THG-Konzentration, umso schlimmer werden die Folgen des Klimawandels. *Möglicherweise* werden Millionen von Menschen an diesen sterben, Milliarden der Chance auf ein würdiges Leben beraubt. Die Schritte, die wir in den Industrienationen heute gehen müssen, um dem entgegenzuwirken, gefährden unser Wohlstandsniveau nicht (denn niemand verlangt, dass wir von heute auf morgen unsere durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen von 10t/Jahr – in Deutschland – auf 2t senken). Auch zukünftige Generationen werden nur schrittweise und weit im Voraus wissend ihre Emissionen reduzieren müssen. Das tut niemandem weh. Also sollten wir uns das Ziel langfristiger und schrittweiser Reduktion der THG-Emissionen setzen, wie bspw. die Stabilisierung auf 450ppm CO<sub>2e</sub> oder darunter.

2. Nicht nur, dass wir nicht genau wissen, wie schlimm es kommen wird – wir haben uns die Konsequenzen des Klimawandels, die in den nächsten Jahrhunderten auf die Menschheit zukommen, wenn sie weitermacht wie bisher, vielleicht noch gar nicht einmal vollends *vorgestellt*. In den 1930er Jahren ließen sich die Ingenieure, die FCKWs entwickeln, auch nicht träumen, welche chemischen Reaktionen diese Stoffe in der Ozonschicht der Atmosphäre auslösen würden. Im Lichte unserer Unfähigkeit, auch nur einen vollständigen Überblick über die drohenden Gefahren zu gewinnen, sollten wir in das Klimasystem so wenig wie irgend möglich eingreifen.

3. Wahrscheinlichkeiten beiseite, die Ökonomen rechnen uns in ihren

*pessimistischsten* Kostenkalkulationen vor, dass wir, wenn wir energisch Klimaschutz betreiben, in 50 Jahren in der OECD nicht 200% sondern nur 195% und in den Entwicklungs- und Schwellenländern nicht 400% sondern nur 395% wohlhabender sein werden als heute (Anderson, 2006, S. 25; Stern, 2007, S. 239). Und selbst wenn es anstatt 195 nur 190% sein sollten – diese Zukunftsperspektive sollte alle Diskussionen darüber, ob es sich lohnt, den Klimawandel aufzuhalten, beenden.

### Anmerkungen

- 1 Ich danke dem Kolloquium von Olaf Müller an der HU Berlin für die sorgfältige und konstruktive Diskussion einer früheren Version dieses Aufsatzes.
- 2 Der Nutzen klimapolitischer Maßnahmen besteht in den vermiedenen Klimaschäden, so dass die Nutzenanalyse mit der Klimaschadenprognose zusammenfällt.
- 3 Seitenzahlen zitiert nach Online Ausgabe: [www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/sternreview\\_index.cfm](http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/sternreview_index.cfm).
- 4 CO<sub>2</sub>-Äquivalent, Maßzahl für den gesamten Strahlungsantrieb aller Treibhausgase. Die derzeitige Konzentration von Treibhausgasen beträgt 430 ppm CO<sub>2e</sub> (Stern, 2007, S. 3). Die CO<sub>2</sub>-Konzentration liegt heute bei 380 ppm, das vorindustrielle Niveau betrug 270 ppm CO<sub>2</sub> (IPCC, 2007).
- 5 welche sich auf weitere Modellstudien beruft, die nicht Gegenstand dieses Aufsatzes sind.
- 6 Der Stern Review spricht diese Fragen offen in Kapitel 2 an. Vergleiche für eine detailliertere Erörterung auch Broome (Broome, 2006) oder DeCanio (DeCanio, 2003).
- 7 Angaben in eckigen Klammern dieses Abschnitts beziehen sich auf Tabelle 1.
- 8 Special Report on Emission Scenarios.
- 9 Unter Integrated Assessment versteht man ganz allgemein „an interdisciplinary process of combining, interpreting, and communicating knowledge from diverse scientific disciplines in such a way that the whole set of cause-effect interactions of a problem can be evaluated“ (Rotmans und Dowlatabadi, 1998, zitiert nach IPCC, 2001a, S. 118).
- 10 EU, GUS & Osteuropa, USA, China & Ost- & Zentralasien, Indien & Südostasien, Afrika & Naher Osten, Lateinamerika, andere OECD.
- 11 „Klimasensitivität“ bezeichnet die globale Erwärmung bei einer Verdoppelung der CO<sub>2</sub>-Konzentration im Gleichgewicht (vgl. auch Rahmstorf und Schellnhuber, 2006, S. 42 ff.).
- 12 Die Unsicherheiten im globalen Kohlenstoffkreislauf (zum Beispiel: Wieviel der anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen werden die Weltmeere in Zukunft aufnehmen? Wird mit der globalen Erwärmung die Biosphäre zu einer wei-

- teren CO<sub>2</sub>-Quelle?) werden über die Wahrscheinlichkeitsverteilung von Parametern berücksichtigt.
- 13 Die Dokumentation des Modells ist hier inkonsistent: Abweichend von Wertetabellen im Annex sowie von Hope (Hope, 2006) ist der Exponent, vermutlich fälschlicherweise, in der Schadensfunktion in (Warren u.a., 2006, S. 31) regionenspezifisch.
  - 14 In Kapitel 10 des Berichts vergleicht Stern die Ergebnisse seines Technologie-Ansatzes mit den Resultaten makroökonomischer Studien.
  - 15 Eckige Klammer beziehen sich in diesem Abschnitt auf Tabelle 2.
  - 16 Diese Kennzeichnung ist insofern nicht ganz korrekt, da hierunter im Stern Review auch alle von CO<sub>2</sub> verschiedene THG fallen, die bei der fossilen Energieerzeugung emittiert werden.
  - 17 Die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen belaufen sich im SRES-Szenario A2 2050 auf 16,5 GtC (IPCC, 2000), das entspricht  $16,5 * 44/12 = 60,5$  GtCO<sub>2</sub>. Nach Tabelle 6.14 des Third Assessments Reports (IPCC, 2001b) beläuft sich der gesamte THG-Strahlungsantrieb auf ca. 2,8 W/m<sup>2</sup>, der CO<sub>2</sub>-Strahlungsantrieb hingegen nur auf ca. 1,9 W/m<sup>2</sup>. Somit ergibt sich eine THG-Emission von  $60,5 * 2,8/1,9 = 89$  GtCO<sub>2e</sub>.
  - 18 Dies könnte damit erklärt werden, dass es sich um Annahmen in Auftragsstudien handelt, die damit letztlich nicht von ein und demselben Team getroffen wurden.
  - 19 „When looking forward over a period of several decades, however, there is also significant scope for surprises and breakthroughs in technology.“ (Stern, 2007, S. 229)
  - 20 Im folgenden Sinne: Ganz gleich von welcher Apriori-Wahrscheinlichkeit man eingangs ausgeht, gelangt man durch den Bayesianischen Lernprozess zu ein und derselben Aposteriori-Wahrscheinlichkeit.

### Literatur

- Albert, Max, 1999: Bayesian Learning when Chaos Looms Large. In: *Economics Letters* 65, S. 1–7
- Albert, Max, 2003: Bayesian Rationality and Decision Making: A Critical Review. In: *Analyse & Kritik* 25, S. 101–117
- Anderson, Dennis, 2006: *Costs and finance of abating carbon emissions in the energy sector*. Supporting Research commissioned as part of the Stern Review
- Broome, John, 2006: *Valuing policies in response to climate change: some ethical issues*. Supporting Research commissioned as part of the Stern Review
- de Finetti, Bruno, 1931a: Probabilismo. In: *Logos* 14, S. 163–219
- de Finetti, Bruno, 1931b: Sul Significato Soggettivo della Probabilità. In: *Fundamenta Mathematicae* 17, S. 298–329

- DeCanio, Stephen J., 2003: *Economic Models of Climate Change: A Critique*. Houndmills, UK: Palgrave Macmillan
- Ellsberg, D., 1961: Risk, Ambiguity, and the Savage Axioms. In: *Quarterly Journal of Economics* 75, S. 643–669
- Frame, D. J. ; Stone, D. A. ; Stott, P. A. ; Allen, M. R., 2006: Alternatives to stabilization scenarios. In: *Geophysical Research Letters* 33, S. L14707
- Gillies, Donald, 2000: *Philosophical Theories of Probability*. London: Routledge
- Hegerl, Gabriele C. ; Crowley, Thomas J. ; Hyde, William T. ; Frame, David J., 2006: Climate sensitivity constrained by temperature reconstructions over the past seven centuries. In: *Nature* 440, S. 1029–1032
- Hope, Chris, 2006: The Marginal Impact of CO<sub>2</sub> from PAGE2002: An Integrated Assessment Model Incorporating the IPCC's Five Reasons for Concern. In: *The Integrated Assessment Journal* 6, S. 19–56
- IPCC, 2000: *Emissions Scenarios, 2000. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press
- IPCC, 2001a: *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability; Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press
- IPCC, 2001b: *Climate Change 2001: The Scientific Basis; Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press
- IPCC, 2007: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press
- Knight, Frank, 1921: *Risk, uncertainty and profit*. Boston: Houghton Mifflin
- Nordhaus, William D. ; Boyer, Joseph, 2000: *Warming the World: Economic Models of Climate Change*. Cambridge, MA: MIT Press
- Putnam, Hilary, 2002: *The Collapse of the Fact/Value Dichotomy*. Cambridge, MA: Harvard University Press

- Rahmstorf, Stefan ; Schellnhuber, Hans J., 2006: *Der Klimawandel*. München: C.H. Beck
- Ramsey, Frank P., 1931: Truth and Probability. In: *The Foundations of Mathematics and Other Logical Essays*. London: Routledge
- Rotmans, J ; Dowlatabadi, H., 1998: Integrated assessment modeling. In: Rayner, S.; Malone, E. (Hrsg.): *Human Choice and Climate Change* Bd. 3. Columbus, Ohio: Battelle Press, S. 291–378
- Stainforth, D. A.; Aina, T.; Christensen, C.; Collins, M.; Faull, N.; Frame, D. J.; Kettleborough, J. A.; Knight, S.; Martin, A.; Murphy, J. M.; Piani, C.; Sexton, D.; Smith, L. A.; Spicer, R. A.; Thorpe, A. J.; Allen, M. R., 2005: Uncertainty in predictions of the climate response to rising levels of greenhouse gases. In: *Nature* 433, S. 403–406
- Stern, Nicholas, 2007: *The Economics of Climate Change. The Stern Review*. Cambridge: Cambridge University Press
- Warren. R.; Hope C.; Mastrandrea M.; Tol R S J.; Adger W. N.; Lorenzoni I., 2006: *Spotlighting the impacts functions in integrated assessments*. Research Report Prepared for the Stern Review on the Economics of Climate Change / Tyndall Working Paper

Tabelle 1: Übersicht zentraler Prognosen und Mitprognosen, die in die Berechnung des Nutzens von Klimaschutzmaßnahmen des Stern Reviews eingehen

Nr.	Prognosegegenstand	Prognosehorizont	Prognosetyp	Prognosemethode	Robustheit
1	Globaler Pro-Kopf-Konsum, ohne Klimawandel	200 Jahre	deterministisch	einfaches analytisches Modell	minimal
1.1	Weltwirtschaftswachstum, ohne Klimawandel	200 Jahre	deterministisch	Annahme (A2)	minimal
1.2	Weltbevölkerung, ohne Klimawandel	200 Jahre	deterministisch	Annahme (A2)	minimal
2	Globaler Pro-Kopf-Konsum, Klimawandel berücksichtigt	200 Jahre	probabilistische Szenarien	einfaches analytisches Modell	minimal
2.1	Weltwirtschaftswachstum, ohne Klimawandel	200 Jahre	deterministisch	Annahme (A2)	minimal
2.2	Weltbevölkerung, ohne Klimawandel	200 Jahre	deterministisch	Annahme (A2)	minimal
2.3	Reduktion des Weltsozialprodukts aufgrund Klimawandels	200 Jahre	probabilistische Szenarien	regionales, sektorales Schadensmodell	minimal
2.3.1	regionale Erwärmung	200 Jahre	probabilistische Szenarien	einfaches analytisches Modell	minimal
2.3.1.1	globale Erwärmung	200 Jahre	probabilistische Szenarien	einfaches Klimamodell	minimal
2.3.1.1.1	Klimasensitivität	200 Jahre	probabilistische Szenarien	Kalibrierung an IPCC-Werte	niedrig
2.3.1.1.2	THG-Emissionen	200 Jahre	deterministisch	Annahme (A2)	minimal



Nr.	Prognosegegenstand	Prognosehorizont	Prognosetyp	Prognosemethode	Robustheit
2.3.1.2	Stärke des Aerosolantriebs	200 Jahre	probabilistisch	Kalibrierung an IPCC-Werte	niedrig
2.3.1.3	regionale Aerosolemissionen	200 Jahre	deterministisch	Annahme (A2)	minimal
2.3.2	regionale BSP-Minderung hinsichtlich handelbarer Güter, gegeben Erwärmung	200 Jahre	probabilistisch	Kalibrierung an IPCC-Werte	minimal
2.3.3	regionale BSP-Minderung hinsichtlich nicht-handelbarer Güter, gegeben Erwärmung	200 Jahre	probabilistisch	Kalibrierung an IPCC-Werte	minimal
2.3.4	regionale BSP-Minderung aufgrund abrupten, katastrophalen Klimawandels, gegeben Erwärmung	200 Jahre	probabilistisch	Kalibrierung an IPCC-Werte	minimal
2.3.5	regionales Wirtschaftswachstum	200 Jahre	deterministisch	Annahme (A2)	minimal

Tabelle 2: Übersicht zentraler Prognosen und Mitprognosen, die in die Berechnung der Kosten von Klimaschutzmaßnahmen des Stern Reviews eingehen

Nr.	Prognosegegenstand	Prognosehorizont	Prognosetyp	Prognosemethode	Robustheit
1	Erforderliche Reduktion THG-Emissionen für Stabilisierung 550 ppm	50 Jahre	deterministisch	einfache Gleichung	minimal
1.1	BAU THG-Emissionen	50 Jahre	deterministisch	Trendfortschreibung	minimal
1.2	CO <sub>2</sub> -Emissionspfad, der zu Stabilisierung 550 ppm führt	50 Jahre	deterministisch	Mittelwert von Modellsimulationen	minimal
2	Potential der Reduktion nicht-fossiler THG-Emissionen zu geringen Kosten	50 Jahre	deterministisch	sektorale Schätzung	niedrig
3	Durchschnittliche Vermeidungskosten fossiler CO <sub>2</sub> -Emissionen	50 Jahre	probabilistisch, possibilistisch	Technologiemodell	minimal
3.1	Portfolio kohlenstoffarmer Energietechnologien	50 Jahre	probabilistisch	Technologiemodell	minimal
3.1.1	Investitionen in alternative Energietechnologien	50 Jahre	probabilistisch	Annahme	minimal
3.2	Jeweilige durchschn. Energieerzeugungskosten alternativer Energietechnologien	50 Jahre	probabilistisch	Expertenschätzung	minimal
3.3	Jeweilige durchschn. Energieerzeugungskosten fossiler Energietechnologien (Kohle, Gas, Öl)	50 Jahre	probabilistisch	Punktschätzung, pauschale Fehler-spanne	minimal
4	Weltwirtschaftswachstum, ohne Klimawandel	50 Jahre	deterministisch	Annahme	minimal



## Verzeichnis der Autoren

Dr. Gregor Betz  
Freie Universität Berlin  
Institut für Philosophie  
Habelschwerdter Allee 30  
D-14195 Berlin  
g.betz@philosophie.fu-berlin.de

PD Dr. phil. habil. Andrej Krause  
Seminar für Philosophie  
Universität Halle-Wittenberg  
Schleiermacherstr. 1  
D-06114 Halle  
andrej.krause@phil.uni-halle.de

Steffen Ducheyne, Ph.D.  
Centre for Logic and Philosophy  
of Science  
Ghent University  
Blandijnberg 2, B-9000 Ghent  
Belgium  
Steffen.Ducheyne@UGent

Prof. Dr. Olaf L. Müller  
Lehrstuhl Naturphilosophie und  
Wissenschaftstheorie  
Institut für Philosophie, Hum-  
boldt-Universität  
Unter den Linden 6  
D-10099 Berlin  
muelleol@staff.hu-berlin.de

Stephan M. Fischer  
Technische Universität Berlin  
Institut für Philosophie, Wissen-  
schaftstheorie, Wissenschafts- und  
Technikgeschichte  
Straße des 17. Juni 135  
D-10623 Berlin  
s.m.fischer@freenet.de

## PHILOSOPHIA NATURALIS

Eingereichte Beiträge dürfen weder schon veröffentlicht worden sein noch gleichzeitig einem anderen Organ angeboten werden. Mit der Annahme des Manuskriptes zur Veröffentlichung in der *Philosophia naturalis* räumt der Autor dem Verlag Vittorio Klostermann das zeitlich und inhaltlich unbeschränkte Nutzungsrecht im Rahmen der Print- und Online-Ausgabe der Zeitschrift ein. Dieses beinhaltet das Recht der Nutzung und Wiedergabe im In- und Ausland in körperlicher und unkörperlicher Form sowie die Befugnis, Dritten die Wiedergabe und Speicherung des Werkes zu gestatten. Der Autor behält jedoch das Recht, nach Ablauf eines Jahres anderen Verlagen eine einfache Abdruckgenehmigung zu erteilen.

### *Richtlinien zur Manuskriptgestaltung*

Bitte jeden Beitrag mit *Titelblatt* abgeben, das folgende Angaben enthält: Name und Vorname des Autors / der Autorin (mit akad. Titel), Titel des Beitrags, vollständige Adresse (inkl. Telefon-Nummer), nähere Bezeichnung der Arbeitsstätte.

Die *Manuskripte* sollten 3-fach und als WORD-File auf Diskette oder CD eingereicht werden. Das Manuskript sollte einen breiten Rand haben.

Der *Umfang* (einschließlich Anmerkungen und Bibliografie) soll bei den Aufsätzen nicht mehr als 30 maschinengeschriebene Seiten (ca. 2.000 Anschläge, 2-zeilig) betragen.

Für *Abbildungen* im Text bitte die Originalvorlage einreichen. Abbildungen müssen nummeriert und mit Autorennamen versehen sein.

*Zitate* im Text sollten vom Haupttext durch eine Leerzeile abgehoben werden. Nach dem zitierten Text stehen Name des zitierten Verfassers, Erscheinungsjahr und Seitenangaben in Klammern, z. B.: (Elkana 1974, S. 34). Bei mehreren Autoren werden die jeweiligen Namen durch Schrägstriche getrennt, z. B.: Krantz/Luce/Suppes/Tversky 1971, S. 8). Wird auf mehrere Publikationen desselben Autors im selben Erscheinungsjahr verwiesen, so sollen sie nummeriert werden: (Ludwig 1970 a) bzw. (Ludwig 1970 b).

Die *Anmerkungen* sind im Manuskript fortlaufend zu nummerieren; sie stehen am Schluß des Beitrags in numerischer Reihenfolge.

Für das anschließende *Literaturverzeichnis* in alphabetischer und chronologischer Reihenfolge gilt folgendes Muster:

Elkana, Y., 1974: *The Discovery of the Conservation of Energy*. London: Hutchinson.

Clausius, R., 1850: Über die bewegende Kraft der Wärme. In: *Annalen der Physik und Chemie*, 79, S. 500–524.

Klein, M.J., 1978: The Early Papers of J. Willard Gibbs: A Transformation of Thermodynamics. In: E.G. Forbes (Hg.): *Human Implications of Scientific Advance*. Edinburgh: University Press, S. 330–341.

*Korrekturen*: Die Autoren erhalten vom Verlag die Fahnen ihres Beitrags zweifach, mit der Bitte, ein korrigiertes Exemplar *innerhalb von zwei Wochen* an den Herausgeber zu schicken. In den Fahnen sollen nur noch Satzfehler berichtigt werden.

Nach Erscheinen des Heftes erhalten die Autoren 3 Belegexemplare des jeweiligen Heftes.

*philosophia naturalis*

Located at the crossroads between natural philosophy, the theory and history of science, and the philosophy of technology, JOURNAL FOR THE PHILOSOPHY OF NATURE has represented for many decades – not only in the German speaking countries but internationally – a broad range of topics not addressed by any other periodical.

The journal has a highly interdisciplinary focus. Articles with systematic as well as historical approaches are published in German and English. Their quality is assured by a strict peer review policy.

*philosophia naturalis*

Inhaltlich an der Schnittstelle zwischen Naturphilosophie, Wissenschaftstheorie, Wissenschaftsgeschichte und Technik-Philosophie angesiedelt, vertritt die Zeitschrift

JOURNAL FOR THE PHILOSOPHY OF NATURE seit mehreren Jahrzehnten nicht nur im deutschen Sprachraum, sondern auch im internationalen Vergleich, einen weiten Themenbereich, der von keinem anderen Publikationsorgan vertreten wird. Die Zeitschrift ist ausgesprochen interdisziplinär ausgerichtet. Sie veröffentlicht Aufsätze in deutscher und englischer Sprache, die sowohl systematisch als auch historisch orientiert sind. Deren Qualität wird durch ein besonders strenges Begutachtungsverfahren gesichert.