



Martin Quack

Naturwissenschaften! Warum überhaupt? Warum nicht?

Zweckfreie Forschung in den Naturwissenschaften: Sinn und Nutzen

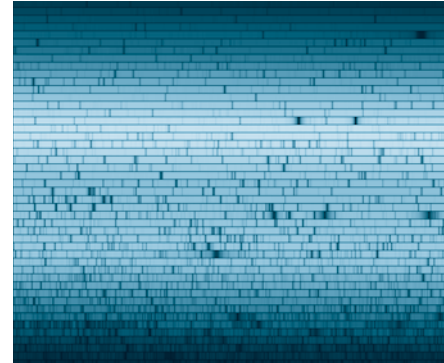
Das Thema »zweckfreie Forschung« des vorliegenden Heftes der GEGENWORTE ist schon vielfach und vielfältig abgehandelt worden. Das beginnt auf der einen Seite oft mit dem hehren Bekenntnis zur Freiheit der Wissenschaft, eben auch zur »Zweckfreiheit«, und endet auf der anderen Seite mit dem bösen Wort, zweckfreie Forschung sei ja eben auch nur zwecklose Forschung. Es steht außer Zweifel, dass die naturwissenschaftliche Forschung real einen enormen Einfluss auf die Gesellschaft hat, und in diesem Zusammenhang zitiere ich gerne ein kleines Büchlein, das aus einem Vortrag von Max Perutz entstanden ist (Perutz 1982). Auf der anderen Seite gibt es eine nicht endende Reihe von Beispielen aus Berichten aktiver Forscher, dass die wichtigsten wissenschaftlichen Erkenntnisse gerade aus der nicht zweckgebundenen Forschung, der freien Forschung aus purem Erkenntnisdrang (»Neugier«) entstanden sind, oft mit späteren wichtigen praktischen Anwendungen, die zum Zeitpunkt der Forschung noch gar nicht absehbar waren.

In einer Doktoratsfeierrede 2004 hatte ich als damaliger Studiendelegierter des Studienganges der »interdisziplinären Naturwissenschaften«, die eine fachübergreifende naturwissenschaftliche Bildung in Physik, Chemie und Biologie an der ETH ermöglichen, die Gelegenheit, einige Grundgedanken zum naturwissenschaftlichen Studium und zur Forschung zu formulieren, analog zur amerikanischen Tradition einer »commencement speech«. Es wurde dort zwar besonders die Forschung im Rahmen des Doktorats angesprochen, in der die jungen Forscherinnen und Forscher ihre erste intensive Begegnung mit der Forschung haben, die Überlegungen betreffen jedoch genauso auch die Forschung insgesamt. Es geht insbesondere auch um die Hintergründe, Motive und Ziele naturwissenschaftlicher Forschung. Der vorliegende Es-

say fasst stark gekürzt einige dieser Überlegungen in einer Form zusammen, die sich eng an die ursprüngliche Redeform anlehnt.

Da das früher existierende Publikationsformat der »kleinen Schriften« der ETH, wo viele solcher Reden erschienen waren, im Jahre 2004 schon abgebrochen worden war, erschien die Rede erstmals 2007 in einer Festschrift, die allerdings geringe Verbreitung hatte (Quack 2007). Die Überlegungen zum Doktorat haben aber bleibende Aktualität und können auch bei einigen aktuellen Debatten über Sinn und Zweck des Doktorats hilfreich sein. Sie wurden deshalb auch kürzlich anlässlich des UNO-Jahres der Chemie wieder abgedruckt (Quack 2011c). So wurde im Anschluss an einen kürzlichen Plagiatsskandal (allerdings im Bereich der Jurisprudenz) in der Tagespresse die Frage diskutiert, ob sich denn ein Doktoratsstudium mit Anfertigung einer umfangreichen wissenschaftlichen Dissertation generell überhaupt »auszahle« (etwa in Bezug auf die spätere Höhe des Einkommens), was verneint wurde. Hierbei wird übersehen, dass der primäre Sinn der wissenschaftlichen Forschung im Rahmen einer Dissertation ja gerade nicht ein materieller Gewinn durch »Gehaltswachstum«, ja nicht einmal der Erwerb des Titels mit dem schönen »Vornamenskürzel« »Dr.« ist (das wäre allenfalls eine sekundäre Motivation), sondern *Erkenntnisgewinn*. Unter diesem Blickwinkel ist etwa auch der Erwerb des Titels durch Plagiat oder Fälschung in sich widersinnig und vom Ansatz her zum Scheitern verurteilt, weil ja auf diese Weise keinerlei Erkenntnis gewonnen wird (außer vielleicht Informationen über den Charakter des Fälschers oder Plagiators, was aber wissenschaftlich nicht weiter interessiert).

In den Naturwissenschaften hat die Forschung im Rahmen einer Dissertation einen sehr hohen Wert, einerseits durch die erzielten Ergebnisse, andererseits aber auch durch die Ausbildung der jungen Forscherinnen und Forscher zur selbständigen wissenschaftlichen Arbeit. Diese



ist von entscheidender Bedeutung für alle forschungsorientierten Berufe und führt gerade auch in der Chemie dazu, dass ein sehr hoher Prozentsatz der Studierenden eine Dissertation im Rahmen des Doktoratsstudiums anfertigt, das dann einen erheblichen Bruchteil der gesamten Studiendauer ausmacht und den wirklichen Studienabschluss für Chemiker (und etwas weniger ausgeprägt für andere Naturwissenschaftler) darstellt. In der gekürzten Fassung der Rede, deren Abdruck nun folgt, sind die wissenschaftlichen Anteile mit Bezug auf unsere Arbeiten aus Platzgründen entfernt worden. Für diejenigen, die sich für weiterführende Literatur hierzu im Zusammenhang mit den unten diskutierten Fragen interessieren, sei auf ein neues Handbuch der hochauflösenden Molekülspektroskopie verwiesen (Quack und Merkt 2011).

Die Spektroskopie ist ein herausragendes Beispiel für die Wechselwirkung zwischen der »zweckfreien« Grundlagenforschung und der angewandten Forschung. Wir feiern im Jahr 2011 den 150. Geburtstag eines Ausgangspunktes der Spektroskopie (Kirchhoff und Bunsen 1860, 1861) und den 200. Geburtstag eines ihrer Mitbegründer (siehe Quack 2011b, Quack 2011e). Es begann mit der Lösung eines großen Rätsels aus der astronomisch-spektroskopischen Beobachtung der dunklen »Fraunhofer-Linien« im Spektrum der Sonne (Abbildung oben). Wie in dieser Abbildung gezeigt, enthält das Sonnenlicht nicht nur die seit Newton bekannten Spektralfarben, sondern darin eingebettet dunkle Linien, die nach einem ihrer Entdecker benannt werden (Fraunhofer 1823). Der Ursprung dieser Linien war während Jahrzehnten völlig rätselhaft. Im Jahre 1859 schreibt R. W. Bunsen an seinen Freund Roscoe: »Im Augenblick bin ich und Kirchhoff mit einer gemeinsamen Arbeit beschäftigt, die uns nicht schlafen lässt. Kirchhoff hat nämlich eine wunderschöne, ganz unerwartete Entdeckung gemacht, in dem er die Ursache der dunklen Linien im Sonnenspectrum aufgefunden und diese Linien künstlich im Sonnenspectrum verstärkt und im linienlosen Spectrum hervorgebracht hat und zwar der Lage nach mit den Fraunhofer'schen identischen Linien« (Quack 2011a).

Diese Entdeckung (Kirchhoff und Bunsen 1860, 1861), dass nämlich die dunklen Linien den chemischen Elementen zugeordnet werden können, führte zur spektroskopischen Elementaranalyse und auch nahezu sofort zur Entdeckung der beiden Elemente Rubidium und Cäsium (aus dem Lateinischen nach ihren Spektralfarben benannt), etwas später zur Entdeckung von Helium in

der Sonne (nach dem Entdeckungsort benannt von griechisch $\eta\lambda\iota\omicron\varsigma$ = Sonne). Der Ausgangspunkt der Spektroskopie war in diesem Sinne durch die Suche nach Erkenntnis getrieben. Die Spektroskopie wurde später über die Balmer-Formel (Balmer 1885), die Planck'sche Formel für die Schwarzkörperstrahlung (Planck 1900) und schließlich die Bohr'sche Theorie des Wasserstoffatomspektrums die Grundlage der Quantenmechanik (Bohr 1913, siehe auch Kap. 1 in Quack und Merkt 2011 für weitere Literatur).

Heute stehen Spektrometer in den Laboratorien der Grundlagenforschung ebenso wie in den Industrielaboratorien. Die Spektroskopie dient der Überwachung der Luftverschmutzung oder von Industrieanlagen ebenso wie der medizinischen Diagnostik und Analytik. Auch die bildgebenden Verfahren wie MRI (Magnetic resonance imaging) beruhen auf einer Form der Spektroskopie (Ernst u. a. 1987). Was aus der wissenschaftlichen Suche nach der Lösung eines Rätsels der Astrophysik begann, bildet heute die Grundlage der Mikrophysik im Rahmen der Quantenmechanik ebenso wie die des Lasers, der an den Kassen jedes großen Kaufhauses steht oder unsere CD abliest oder an den anderen erwähnten Orten unser Leben beeinflusst. Wie sollte man hier Zweckfreiheit und angewandte Forschung trennen? Wir werden sehen, dass man hier bisweilen zwischen subjektiven Motiven in der Forschung und den objektiven Gründen unterscheiden kann, was uns nun zur Frage nach dem Sinn der naturwissenschaftlichen Forschung führt.

2. Naturwissenschaften. Warum überhaupt? Warum nicht?

Die Antworten auf die Fragen im Titel meines Vortrages wurden vor etwa zweieinhalb Jahrtausenden vom griechischen Naturphilosophen Demokrit gegeben oder ihm wenigstens in den Mund gelegt.

βουλεται μαλλον μιαν ευρειν αιτιολογιαν η την Περσων οι βασιλειαν γενεσθαι

Eine freie Kurzübersetzung lautet:

»Er will lieber eine einzige Grunderkenntnis finden als König der Perser werden.«

So Demokrit aus Abdera, ca. 470–380 v. Chr. (Mansfeld 1987).¹

Damit ist vielleicht fast alles gesagt, was zu diesem Thema gesagt werden muss. Trotzdem werde ich Ihnen



im Folgenden noch eine ausführlichere Übersetzung mit einigen Anmerkungen geben. Sicher muss man den Begriff der Königsherrschaft über die Perser sinngemäß übertragen. Die letzte Königsherrschaft über die Perser wurde zu Zeiten des Schahs 1979 zerstört, aber zur Zeit des Demokrit waren die Könige der Perser Xerxes, Artaxerxes und Darius II. die Sinnbilder höchster, gottähnlicher Macht und grenzenlosen Reichtums. Wenn man heute sagen würde »Präsident der USA«, käme das dem am nächsten – wäre aber nur ein schwacher Abglanz der persischen Herrscher. *Eine einzige, große oder vielleicht gar nicht so große Grunderkenntnis, vielleicht aus Ihrer Doktorarbeit* ist nach Demokrit mehr wert als Macht und Reichtum der Weltherrscher. *Naturwissenschaft warum?* Die Antwort ist: Erkenntnisgewinn. *Warum nicht?* Die Antwort ist jedenfalls *nicht*: Macht und Reichtum, so sagt es Demokrit.

Was aber meinen wir mit Naturwissenschaften und ihren Grunderkenntnissen? Hierzu werden wir nun noch kurz auf folgende Punkte eingehen:

1. Was sind die Naturwissenschaften?
2. Was sind subjektive Gründe für ihr Studium?
3. Was sind objektive Gründe für ihr Studium, was ist die Rolle der Naturwissenschaft für die Gesellschaft und die Menschheit?
4. Was ist die Beziehung zu den Geisteswissenschaften? – Gibt es Grenzüberschreitungen in den Grunderkenntnissen der Naturwissenschaften in Richtung der Geisteswissenschaften?
5. Und ganz am Schluss werden wir nochmals auf den Satz des Demokrit zurückkommen, mit den Fragen »warum?« und »warum nicht?«.

3. Was sind Naturwissenschaften und warum studiert man sie?

Die ersten drei Punkte führen uns zu einer »klassischen« Formulierung unseres Vortragsthemas: »Was sind und warum studiert man Naturwissenschaften?«

Schon allzu oft ist dies in ähnlicher Form Thema von akademischen Reden gewesen. Die Formulierung geht auf einen »Klassiker« zurück, Friedrich Schillers Antrittsrede als Professor der Philosophie in Jena im bemerkenswerten Jahr 1789 »Was heißt und zu welchem Ende studiert man Universalgeschichte?«. Schiller ist hierzu wegen mangelhafter Grammatik angeschwärzt worden –

aber er hatte ja auch dichterische Freiheiten. Sein Titel klingt besser als der grammatisch scheinbar gute!²

Also: Was sind die Naturwissenschaften?

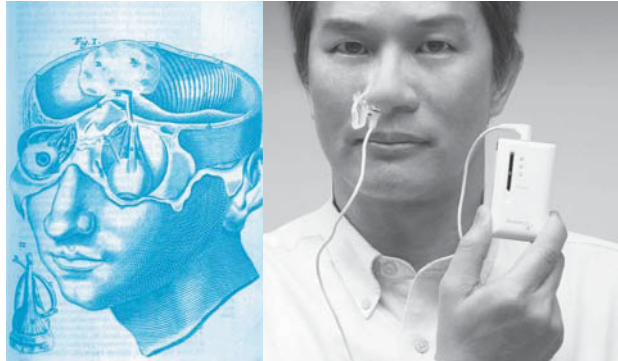
Einfach gesagt sind dies Physik, Chemie, Biologie und mehr ... Aber was sind diese? Einige von Ihnen kennen vielleicht noch den frechen Schülerspruch:

»Chemie ist, wenn es stinkt und kracht, Physik ist's, wenn die Sonne lacht, und Bio, wenn man Kinder macht.«

Im Ernst und jenseits jeder Schülerdefinition – wo liegen denn die Grenzen zwischen diesen Gebieten der Naturwissenschaften? Eigentlich gibt es nur eine Naturwissenschaft, so wie es ein Weltmeer gibt. Es kann aber manchmal nützlich sein, ungefähre Abgrenzungen vorzunehmen, so wie bei den Ozeanen die Grenzen, die zwischen Atlantik, Pazifik und Indischem Ozean gezogen werden, völlig offen sind. Solche Grenzen nutzt man zur Abgrenzung und Organisation in Studium, Lehre und Forschung. Sie sind nicht ernst zu nehmen und wo immer nötig zu überschreiten. In Ihren Forschungen haben Sie das sicher oft getan, und im Studium an der ETH kennen wir das besonders im Studiengang Interdisziplinäre Naturwissenschaften.

Unsere Wissenschaft beschäftigt sich mit dem Verständnis der gesamten Natur und das ist eigentlich alles, was unsere Welt ausmacht, vielleicht mit Ausnahme des menschlichen *Geistes*, der ja der Gegenstand der *Geisteswissenschaften* sein soll.

Der Anspruch des gesamten Naturverständnisses ist auch in den frühen Titeln von Lehrbüchern der Naturphilosophie der Griechen niedergelegt »περι φυσικης πρωτον« (»Das erste Buch der Natur« des Demokrit) oder »περι φυσικης η περι του οντος« (»Über die Natur oder das, was ist«). *Also letztlich geht es um unser Verständnis der Welt*. Was sind aber die subjektiven und objektiven Gründe hierfür? Es scheint ja, dass Bakterien, Regenwürmer, Hühner und vielleicht auch manche Menschen ganz gut leben können ohne einen solchen Drang zum Verständnis. Bier und Fußball sind vielleicht genug. Warum versuchen es manche Menschen aber doch auf den Wegen der Naturwissenschaften? Die erste Antwort ist die Freude an der Suche nach dem naturwissenschaftlichen Verständnis. *Wir haben Hunger nach Erkenntnis, so wie wir Hunger nach Nahrung haben*. So wie uns ein gutes Essen dann freut, so freut uns die Stillung unseres Hungers nach Verstehen, sie macht uns glücklich. In den Worten eines wunderschönen Gedichtes von Rose Ausländer finden wir das wieder (Ausländer 2002):



»Du bist
unwiderstehlich
Wahrheit
Ich erkenne dich
und nenne dich
Glück«

Sie gibt damit auch Antwort auf die Frage des römischen Skeptikers Pilatus, der mit der göttlichen Wahrheit konfrontiert wird und fragt: »τι εστιν αληθεια« («Was ist Wahrheit?»). In einer früheren Doktoratsrede vor 15 Jahren hat Jack Dunitz auf die Bedeutung dieser primären *subjektiven Motivation* hingewiesen (Dunitz 1990), es können viele sekundäre Gründe hinzukommen. Man will etwas Gutes für andere Menschen tun, oder man will sie mit größerer Macht beherrschen. Man will seinen Lebensunterhalt damit verdienen oder auch nur eine Doktorurkunde erwerben.

4. Objektive Gründe und Rolle in der Gesellschaft und in der Menschheit

Der primäre subjektive Grund des Glücksgefühls der Erkenntnis führt uns zu einer Spekulation über objektive Gründe. Aus der Sicht der biologischen Evolution könnte sich der Erkenntnisdrang im Menschen herausgebildet haben wegen eines Selektionsvorteils. Dieser Nutzen betrifft weniger das Individuum, sondern eher die menschliche Gesellschaft. Der Erkenntnisdrang kann schließlich wichtig sein für das Überleben der Menschheit. Die Naturwissenschaft steht am Anfang fast jeder Tätigkeit in der heutigen Zivilisation. Das ist eine Binsenwahrheit. Weniger gut bekannt ist die Rolle der Grundlagenforschung: Eine anfangs minimale Investition der Menschheit hat unschätzbare Folgen. Viktor Weisskopf hat abgeschätzt, dass die gesamte Grundlagenforschung seit Demokrit und Archimedes bis 1970 etwa *30 Milliarden Dollar* gekostet hat (zitiert in Jost 1974). Damit wurde die Grundlage fast der ganzen heutigen wirtschaftlichen Tätigkeit von der Nahrungsproduktion bis zur Musik-CD gelegt. Auch nur ein kleiner Krieg kostet mehr und produziert nichts als Unheil.

Eine andere Schätzung besagt, dass etwa 20 Prozent des Bruttonutzenproduktes der USA heute auf der Entdeckung der Schrödinger-Gleichung und der Quantenmechanik beruhen (siehe Quack und Merkt 2011). In dieser Gleichung steht mehr Information als in 1000 Bildern

und mehr Wirtschaftsmacht als im größten Wirtschaftsimperium. Man könnte nun sagen, wir haben schon mehr als genug von dieser Art von Erkenntnis, sie ist nur eine *Gefahr für die Menschheit*. Dem widerspreche ich. Vielmehr ist meine These, dass die Gefahren von den unkontrollierten menschlichen Aktivitäten ausgelöst werden, die ohne wissenschaftliche Einsicht stattfinden. Das Überleben der Menschheit wird davon abhängen, ob die naturwissenschaftliche Erkenntnis genügend schnell voranschreitet, um mit den durch Menschen ausgelösten Veränderungen und Gefahren für die Umwelt Schritt zu halten. Die Klimafrage ist zweifellos zentral, aber auch andere, heute noch *gar nicht erfasste, verborgene Gefahren* müssen wir berücksichtigen. Ein genügendes Verständnis für ein vorausschauendes Management unserer Umwelt fehlt. Und dort, wo wir wissen, was zu tun wäre, tut die Menschheit nichts! (Jost 1974, Ernst 2003)³

5. Naturwissenschaft, Geisteswissenschaft und Gesellschaft

Das führt uns zu einem weiteren Problem. Wir wissen überhaupt nicht, wie die Menschen und die menschliche Gesellschaft funktionieren. Die Antwort auf solche Fragen sollte wohl von den *Geistes- und Sozialwissenschaften* kommen, aber sie sagen uns wenig Brauchbares dazu. Vielleicht wäre hier ein neuer Dialog zwischen Geistes- und Naturwissenschaften nötig. Denn der Mensch selbst ist ja auch Teil der Natur – und nicht nur als höheres Tier, sondern auch als denkendes Wesen. In diesem Sinne erscheint auch die Grenzziehung zwischen Geistes- und Naturwissenschaften nicht sinnvoll und Grenzüberschreitungen in beiden Richtungen wichtig.

Vor fünf Jahren erschien eine Todesanzeige für den Musiker und Industriellen Paul Sacher, die mir so bemerkenswert erschien, dass ich sie aufbewahrte: »Er betrachtete Naturwissenschaft nicht nur als eine Quelle nützlicher Lösungen von praktischen menschlichen Problemen, er achtete sie wie Kunst, Literatur und Musik auch als eine Geisteswissenschaft.«⁴ Ich möchte diese Aussage provokativ erweitern: *Naturwissenschaft ist nicht nur auch ein Teil der Geisteswissenschaft, sie ist die Geisteswissenschaft der Zukunft.*

Betrachten wir eine uralte und zentrale Frage der menschlichen Geistesgeschichte: *Wie kommt eine menschliche Entscheidung zustande und wie ist sie zu verantwor-*



ten? Ist sie frei, unvorhersehbar oder vorhersehbar, automatisch? Es gibt eine neurobiologische Schule um Gerhard Roth und andere (Roth 2001, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften 2004), welche die Ansicht vertritt, die *Willensfreiheit sei eine Illusion*, die Vorhersagbarkeit menschlicher Handlungen sei aus neurobiologischen Experimenten nachgewiesen. Eine genauere Analyse (Quack 2004a, Quack 2004b, Quack 2003a, Quack 2003b) deutet darauf hin, dass man für eine definitive Schlussfolgerung die Prozesse im Gehirn bis auf die molekulare Ebene verfolgen muss.

Gegenwärtig wissen wir so wenig hierüber, dass wir die Entscheidungs- und Handlungsfreiheit als *Arbeitshypothese für unser Leben* verwenden dürfen, im Einklang mit Robert Lee Frosts schönem Gedicht, dessen letzte Strophe lautet (Frost 1995):

»I shall be telling this with a sigh
Somewhere ages and ages hence:
Two roads diverged in a wood, and I –
I took the one less travelled by,
And that has made all the difference.«

Ihre Lebenszeit wird vielleicht diejenige sein, in der die Naturwissenschaft Beiträge zu diesen Grundfragen menschlicher Existenz liefert. Ich hoffe, dass Sie auf Ihrem Lebensweg immer die richtigen Entscheidungen fällen.⁵ Wenn Sie mich zum Abschluss fragen: »*Naturwissenschaften warum?*«, dann ist meine Antwort: *Weil sie das Verständnis über die Grundlagen unserer Welt und unseres Platzes in der Welt versprechen. Wenn Sie fragen, warum brauchen wir das? Dann antworte ich: Warum nicht?* Tabelle 1a fasst das »Warum? Warum nicht?« nochmals teils beispielhaft, teils scherzhaft zusammen, in der Hoffnung, dass Sie es beherzigen werden.

Tabelle 1a

Naturwissenschaften warum?

1. Zum persönlichen Glück der Erkenntnis
2. Als Beitrag zum Wissensgebäude der Menschheit – zum Verständnis der Welt und des Menschen
3. Direkt und indirekt als Beitrag zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Menschheit – zum Überleben

Warum nicht?

- Nicht, um anderen Menschen zu schaden
- Nicht, um jemanden im »Wettlauf« zu übertreffen
- Nicht, um Macht auszuüben
- Nicht, um reich zu werden

Tabelle 1b

Lieber eine einzige Grunderkenntnis erhalten und vermitteln

- ... als Präsident der USA zu werden
- ... als Reichtum und Wirtschaftsmacht von Bill Gates zu erhalten
- ... als eine große Bombe zu bauen
- ... als zehn Publikationen in Science
- ... als in die Weltspitze der Zitatenliste zu kommen⁶
- ... als 100 Fernsehauftritte zu haben
- ... als einen Doktorhut zu erhalten
- ... als eine Rede zur Promotionsfeier zu halten



1 Eine wörtlichere Übersetzung wäre: Er will lieber eine einzige Ursachenerkenntnis finden, als dass ihm die Königswürde (-herrschaft) der Perser zufiele (werde). Für weitere Erläuterungen hierzu siehe Quack (2011c).

2 »Was heißt und zu welchem Ende studiert man Universalgeschichte«, eine akademische Antrittsrede bei Eröffnung seiner Vorlesungen, gehalten von Friedrich Schiller, Professor der Philosophie in Jena, 2. Auflage, Jena 1790, zitiert in Eigen (1989).

3 Oft wird fälschlich vermutet, unvollständige wissenschaftliche Erkenntnis schliesse aus, dass man wisse, was zu tun ist. Die Klimaproblematik ist ein gutes Beispiel hierfür. Auch heute weiß man wissenschaftlich durchaus noch nicht mit Sicherheit, wie sich das Erdklima durch den anthropogenen CO₂-Ausstoß verändern wird. Man muss das aber gar nicht wissen, um eine vernünftige Entscheidung zu fällen. Man weiß nämlich schon lange, dass die sicher nachgewiesene anthropogene Erhöhung der CO₂-Konzentration ein sehr *hohes Risiko für eine gefährliche Veränderung des Erdklimas* birgt. Wie beim russischen Roulette, wo das Todesrisiko ja auch nur ein Sechstel ist (und im Einzelfall das Ergebnis bei ehrlichem Spiel nicht vorhersagbar), sollte die Kenntnis des Risikos ausreichen, um sich vernünftigerweise nicht auf ein solches Spiel einzulassen. Es gäbe auch seit Langem einfach gangbare Wege, um den CO₂-Ausstoß zu verringern. Man müsste fossile Brennstoffe nur an der Quelle (bei Einfuhr) sehr hoch besteuern. Man kann das schrittweise, systematisch jedes Jahr erhöht, tun, bis das Ziel der Verringerung des CO₂-Ausstoßes erreicht wird. Das hätte im Übrigen den Vorteil, dass die Gelder in den Nutzerländern verblieben und nicht in die Produzentenregionen abfließen würden, was potenziell sehr problematisch ist. Dies alles wusste man schon vor Jahrzehnten, es wurde aber nichts unternommen (auch heute effektiv nicht, obwohl neuerdings sehr viel darüber geredet wird, siehe auch die Diskussion in Quack (2011d)).

4 Das volle Zitat stammt aus der NZZ vom 25. Mai 1999 und findet sich zitiert und diskutiert in Quack (2004b).

5 Nach einer Tradition in meiner Familie kommen die zwei wichtigsten Entscheidungen in Ihrem Leben in naher Zukunft auf Sie zu, wenn Sie diese nicht schon getroffen haben.

1. Die Wahl Ihres zukünftigen Berufsweges.

2. Die Wahl Ihres Ehepartners oder Ihrer Ehepartnerin, wobei man das heute als Lebenspartnerin oder gar Lebensabschnittspartner relativiert. Zum Zweiten gab es dann ein kleines Gesellschaftsspiel, das im Abzählen der Kirschkerne (oder anderer) nach einem Fruchtdessert bestand und die Motive dieser Wahl modulo 10 zusammenfasst (für jedes Geschlecht analog zu formulieren). Die Abzählreime sind:

Die Erste tut's um die Dukaten,
Die Zweite um ein schön Gesicht,
Die Dritte, weil man ihr geraten,
Die Vierte, weil Mama so spricht,
Die Fünfte denkt, musst auch mal frei'n,
Die Sechste fühlt sich so allein,
Die Siebte tut's aus wahrer Liebe,
Die Achte tut's aus Herzengüte,
Die Neunt' und Zehnte sind so dumm, die wissen selber nicht warum.

6 Zitatzücherei und Zitatthascherei als verfälschendes Element in der Motivation zur Forschung wie auch bei der Bewertung von Forschung ist kürzlich sehr anschaulich von Molinié und Bodenhausen (2010) sowie Ernst (2010) diskutiert worden.

Literatur

R. Ausländer: *Und nenne dich Glück. Gedichte*. Frankfurt am Main: Fischer Verlag 2002

J. J. Balmer: »Notiz über die Spektrallinien des Wasserstoffs«, in: *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Basel* 7 (1885), S. 548–560 Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (Hg.): *Zur Freiheit des Willens. Debatte*, Heft 1 und 3. Berlin 2004

N. Bohr: »On the Constitution of Atoms and Molecules«, Part I, in: *Philosophical Magazine* 26 (1913), S. 1–25

J. D. Dunitz: »Unverrichtete Dinge«. *Rede zur 60. Promotionsfeier der ETH Zürich, 7. Juli 1989*. Zürich: ETH Zürich 1990 (= Kleine Schriften Nr. 15)

M. Eigen: *Perspektiven der Wissenschaft*. Stuttgart: Deutsche Verlagsanstalt 1989

R. R. Ernst: »Die Verantwortung von Forschern aus europäischer Sicht«, in: *Angewandte Chemie* 115 (2003), S. 4572–4578

R. R. Ernst: »The Follies of Citation Indices and Academic Ranking Lists. A Brief Commentary to »Bibliometrics as Weapons of Mass Citation«, in: *Chimia* 64 (2010), S. 90; Nachdruck in: *Bunsen-Magazin* 5 (2010), S. 199–200

R. R. Ernst, G. Bodenhausen und A. Wokaun: *Principles of nuclear magnetic resonance in one and two dimensions*. Oxford: Clarendon Press 1987

J. Fraunhofer: »Kurzer Bericht von den Resultaten neuerer Versuche über die Gesetze des Lichtes, und die Theorie derselben«, in: *Annalen der Physik* 74 (1823), S. 337–378

R. L. Frost: *Collected Poems, Prose and Plays*. New York: The Library of America, Library Classics 1995

W. Jost: *Globale Umweltprobleme*. Darmstadt: Steinkopff Verlag 1974
G. R. Kirchhoff und R. W. Bunsen: »1. Abhandlung: Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen«, in: *Poggendorfs Annalen der Physik und Chemie* 110 (1860), S. 161–169; Nachdruck in: *Ostwalds Klassiker der Exakten Wissenschaften*, Bd. 72. Mit einem Kommentar von W. Ostwald, 2. Auflage. Thun/Frankfurt am Main: Verlag H. Deutsch 1996

G. R. Kirchhoff und R. W. Bunsen: »2. Abhandlung«, in: *Poggendorfs Annalen der Physik und Chemie* 113 (1861), S. 337–381; Nachdruck in: *Ostwalds Klassiker der Exakten Wissenschaften*, Bd. 72, a. a. O.

J. Mansfeld (Hg.): *Die Vorsokratiker. Griechisch / Deutsch*. Auswahl und Übersetzung von J. Mansfeld. Stuttgart: Reclam Verlag 1987

A. Molinié und G. Bodenhausen: »Bibliometrics as Weapons of Mass Citation«, in: *Chimia* 64 (2010), S. 78–89; Nachdruck in: *Bunsen-Magazin* 5 (2010), S. 188–198; siehe auch: *Chimia* 65 (2011), S. 433–436

M. F. Perutz: *Ging's ohne Forschung besser? Der Einfluss der Naturwissenschaften auf die Gesellschaft*. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft 1982

M. Planck: »Über eine Verbesserung der Wienschen Spektralgleichung«, in: *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* 2 (1900), S. 202–204

M. Quack: »Molecular spectra, reaction dynamics, symmetries and life«, in: *Chimia* 57 (2003a), S. 147–160

M. Quack: »Von den »unmessbar schnellen« chemischen Reaktionen zur Bestimmung ultrakurzer Zeiten für chemische Primärprozesse«, in: *Akademie-Journal der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften. Themenschwerpunkt Chemie* (2003b), S. 38–44

M. Quack: Diskussionsbeitrag in: *Zur Freiheit des Willens II. Debatte*, Heft 3. Berlin: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (2004a), S. 48–50

M. Quack: »Time and Time Reversal Symmetry in Quantum Chemical Kinetics«, in: E. J. Brändas und E. S. Kryachko (Hg.): *Fundamental World of Quantum Chemistry. A Tribute to the Memory of Per-Olov Löwdin*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers (2004b), S. 423–474

M. Quack: »Naturwissenschaften! Warum überhaupt? Warum nicht?«, in: Th. Leiber (Hg.): *Dynamisch Denken und Handeln. Philosophie und Wissenschaft in einer komplexen Welt. Festschrift für Klaus Mainzer*. Stuttgart: Hirzel Verlag 2007, S. 65–78

M. Quack: »Die DBG in Bunsens Jubiläumsjahr«, in: *Bunsen-Magazin* 13 (2011a), S. 1–2

M. Quack: »Frontiers in Spectroscopy« (Concluding Paper to Faraday Discussion), in: *Faraday Discussions* 150 (2011b), S. 533–565

M. Quack: »Naturwissenschaften! Warum überhaupt? Warum nicht?«, in: *Bulletin der Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden VSH/AEU* 37 (2011c), S. 7–14

M. Quack: »Rede des Ersten Vorsitzenden anlässlich der 110. Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für Physikalische Chemie in Berlin, 2. Juni 2011« (im Druck publizierte Fassung), in: *Bunsen-Magazin* 13 (2011d), S. 138–143

M. Quack: »Wann wurde Robert Wilhelm Bunsen geboren?«, in: *Bunsen-Magazin* 13 (2011e), S. 56–57

M. Quack und F. Merkt (Hg.): *Handbook of High Resolution Spectroscopy*. Chichester/New York: Wiley 2011 (hier insbesondere die Artikel von F. Merkt und M. Quack Kap. 1; S. Albert, K. Keppler Albert, H. Hollenstein, C. Manca Tanner und M. Quack Kap. 3; M. Quack Kap. 20; S. Albert, K. Keppler Albert und M. Quack Kap. 28)

G. Roth: *Fühlen, Denken, Handeln*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag 2001

