

## Naturwissenschaften!

### Warum überhaupt? Warum nicht? <sup>◇</sup>

Martin Quack\*

#### 1. Einleitung

Motto: «Ein Chemiker, der kein Physiker ist, ist gar nichts.» Robert Wilhelm Bunsen

Das internationale Jahr der Chemie hat zum Ziel, unsere Aufmerksamkeit während eines Jahres auf diese Wissenschaft zu konzentrieren. Der vorliegende Essay möchte allerdings den Blick etwas erweitern und die Chemie als Teil der gesamten Naturwissenschaften betrachten. Gerade für den Physikochemiker erscheint eine solche Einbettung natürlich und das Zitat am Anfang dieses Abschnittes, das dem Chemiker (oder Physikochemiker?) Robert Wilhelm Bunsen zugeschrieben wird, der in diesem Jahr seinen 200. Geburtstag feiern würde, weist hierauf hin (Quack 2011). Vielleicht ist noch ein weiteres Zitat dieses Naturwissenschaftlers in diesem Zusammenhang passend: «In meiner Zeit studierte man Naturwissenschaften und nicht, wie es heute so häufig geschieht, nur eine derselben.»

Tatsächlich gibt es an der ETH Zürich eine Studienrichtung «Interdisziplinäre Naturwissenschaften», die ein Studium über die engeren Fachgrenzen der einzelnen Disziplinen Physik, Chemie, Biologie hinaus erlaubt, mit einer Ausbildung im Grundstudium, die einem Doppelstudium etwa Physik und Chemie oder Chemie und Biologie nahe kommt. Bei den späteren Spezialisierungen stehen oft die Nahtstellen zwischen den Fachdisziplinen im Vordergrund. Das Studium der Interdisziplinären Naturwissenschaften fördert das Verständnis der Komplexität der modernen Wissenschaften und der Welt durch grenzüberschreitendes Wissen, das in den einzelnen Fachdisziplinen nur ungenügend vermittelt wird.

Abbildung 1 gibt einen Überblick über das Studienkonzept der interdisziplinären Naturwissenschaften. Das Studium richtet sich an eine eher kleine, ausgewählte Gruppe von Studierenden. Zur Zeit sind in diesem Studiengang an der ETH gesamthaft etwa 180 Studierende einschliesslich Doktoratsstudium eingeschrieben. Das Studienkonzept ist aber von allgemeinem Interesse für naturwissenschaftliche Studien. Es ist ein besonderes Angebot der ETH Zürich, das anderwärts kaum zu finden ist.

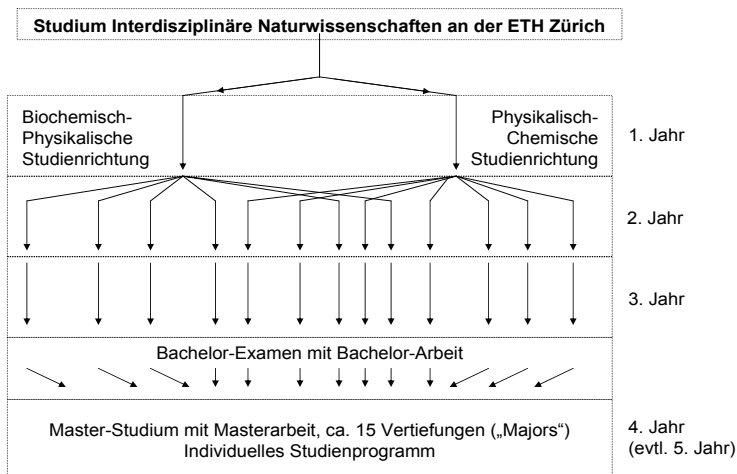


Abb.1 Das Studienkonzept des Studiums der Interdisziplinären Naturwissenschaften an der ETH Zürich.

Im 1. Studienjahr, dem «Basisjahr» wählen die Studierenden zwischen der biochemisch-physikalischen und der physikalisch-chemischen Studienrichtung, die beide für jeweils ein Jahr ein relativ genau festgelegtes Studienprogramm mit nur geringen Wahlmöglichkeiten innerhalb der Studienrichtungen besitzen. Dies soll den Studienbeginn erleichtern. Ab dem 2. Studienjahr können die Studierenden sich ein breitgefächertes Studienprogramm innerhalb von teils ausformulierten Fächerpaketen zusammenstellen, das individuell ergänzt werden kann. Die Wahlmöglichkeiten reichen dabei von starker biologischer Ausrichtung über mehr physikalisch-chemische Ausrichtung bis hin zur theoretischen Physik und Hochenergiephysik, wobei stets eine fachübergreifende Komponente im Studienprogramm enthalten ist. Die anfänglich gewählte Richtung legt die definitive Ausrichtung noch nicht fest. Beide Studienrichtungen konvergieren im Masterstudienprogramm, wobei forschungsorientierte Vertiefungen mit ca. 15 verschiedenen «Majors», die von «Chemie und Physik» über «Biophysikalische Chemie und Organische Chemie» oder «Analytische Chemie und Physikalische Chemie» bis «Biologie und Chemie» reichen, um nur einige Beispiele zu nennen.

\* ETH Zürich, Laboratorium für Physikalische Chemie, Wolfgang-Pauli-Strasse 10, 8093 Zürich.

E-mail: [Martin@Quack.ch](mailto:Martin@Quack.ch)

**Martin Quack**, Dr es sces techn, ist Professor für Physikalische Chemie an der ETH Zürich. Er studierte in Darmstadt, Grenoble und Göttingen, und promovierte 1975 mit einer Arbeit über Reaktionskinetik bei Jürgen Troe an der Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. 1976/77 war er als Max Kade Fellow bei William H. Miller an der University of California at Berkeley; 1978 habilitierte er sich in Göttingen für Physikalische Chemie mit einer Arbeit über IR-Vielphotonenanregung und Laserchemie. Er war Privatdozent und später Professor (C2) an der Universität Göttingen bis 1982. 1982/83 war er als Professor (C4) an der Universität Bonn, und seit 1983 ist er Ordinarius an der ETH Zürich. Für seine Arbeiten zur molekularen Kinetik, Spektroskopie und Symmetrien der Natur sowie ihren Verletzungen erhielt er zahlreiche Auszeichnungen. Die Universität Göttingen verlieh ihm 2009 die Würde eines Dr. rer. nat. honoris causa. Er ist seit 2002 Mitglied des Nationalen Forschungsrates des Schweizerischen Nationalfonds, seit 2011 erster Vorsitzender der Deutschen Bunsengesellschaft für Physikalische Chemie sowie Mitglied des Vorstandes der Division chemische Forschung der Schweizerischen Chemischen Gesellschaft.

<sup>◇</sup> Essay, nach einer Doktoratsfeierrede 2004 als Studiendelegierter für Interdisziplinäre Naturwissenschaften an der ETH Zürich

In einer Doktoratsfeierrede 2004 hatte der damalige Studiendelegierte für dieses Studium Gelegenheit, einige Grundgedanken zu einem solchen übergreifenden naturwissenschaftlichen Studium zu formulieren, die auch für andere Studierende der Naturwissenschaften oder anderer Bereiche der Hochschule von Interesse sind. Es geht insbesondere auch um Hintergründe, Motive und Ziele des naturwissenschaftlichen Studiums. Der vorliegende Essay fasst einige dieser Überlegungen in einer Form zusammen, die nahe an der ursprünglichen Redeform ist.

Da die früher existierende Publikationsform der «kleinen Schriften» der ETH, wo viele solcher Reden erschienen waren, im Jahre 2004 schon abgebrochen worden war, erschien der Essay 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. So wurde im Anschluss an einen kürzlichen Plagiatskandal (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 wissenschaftlich uninteressant ist).

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, die von entscheidender Bedeutung für alle forschungsorientierten Berufe ist und gerade auch in der Chemie dazu führt, 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 aus-

geprägt andere Naturwissenschaftler) darstellt. Einige weitere Bemerkungen zum Doktoratsstudium aus der Wegleitung zum Studium der interdisziplinären Naturwissenschaften (Quack 2005) sind indirekt in die Doktoratsfeierrede eingeflossen, deren Abdruck nun folgt. Für diejenigen, die sich für weiterführende Literatur zu wissenschaftlichen Arbeiten im Zusammenhang mit den unten diskutierten Fragen interessieren, sei auf ein neues Handbuch verwiesen (Quack und Merkt, 2011).

## 2. Naturwissenschaften Warum überhaupt? Warum nicht?

Verehrter Herr Rektor, lieber Konrad,  
meine Damen und Herren,

liebe junge Kolleginnen und Kollegen

Wir feiern heute die Verleihung des Dokortitels, den Sie aufgrund einer grossen Leistung in langer, schwieriger Arbeit erhalten. Sie haben ein wissenschaftliches oder technisches Problem gelöst, das vorher ungelöst war, Sie haben durch Ihre Arbeit *neues Wissen* geschaffen. Hierzu beglückwünsche ich Sie von Herzen! Mein Glückwunsch geht auch an Ihre Eltern, Partnerinnen und Partner, die Sie in Ihrer Ausbildung und in einer Phase angestrenzter Forschungsarbeit unterstützt und mitgetragen haben. Sie sind heute zu Recht eingeladen! Der Abschluss einer solchen Arbeit ist ein Zeitpunkt innezuhalten und nachzudenken, warum überhaupt man diese Mühen auf sich genommen hat – und in anderer Form vielleicht in Zukunft weiter auf sich nimmt.

Etwa zwei Drittel von Ihnen haben im Bereich eines mathematisch-naturwissenschaftlichen Themas, etwa ein Drittel mehr im Bereich der Ingenieurwissenschaften und Architektur gearbeitet. Mit meinem Thema will ich Sie aber heute alle ansprechen, da die Grenzen nicht scharf zu ziehen sind, nicht einmal die Grenze zu den Geisteswissenschaften.

*Naturwissenschaften  
Warum überhaupt? Warum nicht?*

Die Antworten auf die Fragen im Thema 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.

Demokrit aus Abdera ca. 470 – 380 vor Christi Geburt (Mansfeld 1987)<sup>1</sup>

Damit ist vielleicht fast alles gesagt, was zu diesem Thema gesagt werden muss. Ich soll Sie aber etwa 20 Minuten unterhalten und deshalb werde ich Ihnen in meinem Vortrag 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 der Zweite die Sinnbilder höchster, gottähnlicher Macht und grenzenlosen Reichtums. Wenn man heute sagen würde «Präsident der USA» käme das 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?

<sup>1</sup> Eine wörtlichere Übersetzung wäre: Er will lieber eine einzige Ursachenkenntnis finden, als dass ihm die Königswürde (-herrschaft) der Perser zufile (werde). [Die Worte dieses Satzes sind interessant, da sie fast alle in der modernen Sprache als Fremdwörter vorkommen. *βουλομαι* (ich will) hängt mit *βουλημα*, der Wille und *βουλιμα*, der Heissunger, zusammen (wir kennen das Fremdwort Bulimie in diesem Zusammenhang), *μια* (« die Einzige») kommt im weiblichen Vornamen Mia vor, obwohl dieser auch als Kurzform von Maria aufgefasst wird, *ευρειν*, finden, kennt jeder vom «Heureka» des Archimedes, «ich hab's gefunden», *αιτιολογια*, Ursachen-, Grunderkenntnis findet sich in Aitiologie, der Lehre von den Ursachen der Krankheiten (im Lateinischen sagt man «*rerum cognoscere causas*»), der Eigenname Perser wird ungeändert gebraucht, *βασιλεια*, die Königswürde oder Königsherrschaft erkennen wir von der Basilika (der «Königshalle») und schliesslich *γενεσθαι*, werden, in «Genetik». Man muss also eigentlich kein griechisches Wort kennen, um den Sinn des Satzes wenigstens zu erraten und die griechischen Buchstaben lernt man in Naturwissenschaften und Mathematik notwendigerweise. Eine englische Kurzübersetzung findet sich in Quack, M. (2004c). Dieselbe Aussage findet sich sinngemäss auch in einer Rede von Cyril N. Hinshelwood (1947) über Erkenntnis als Wert: «And to this knowledge they (the scientists) attach an absolute value, that of truth and beauty. The vision of Nature yields the secret of power and wealth, and for this it may be sought by many. But it is revealed only to those who seek it for itself.»

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 – wenn auch nicht von ETH-Promotionsfeiern, soweit ich nachprüfen konnte. 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!<sup>2</sup>

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 Schulbuchdefinition, 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 zwischen Atlantik, Pazifik und Indischem Ozean gezogen werden, völlig offen. 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.

<sup>2</sup> «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, zweite Auflage, Jena 1790, zitiert in Eigen, M. (1989) *Perspektiven der Wissenschaft*, Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart.

## Studium Interdisziplinäre Naturwissenschaften ETH Zürich

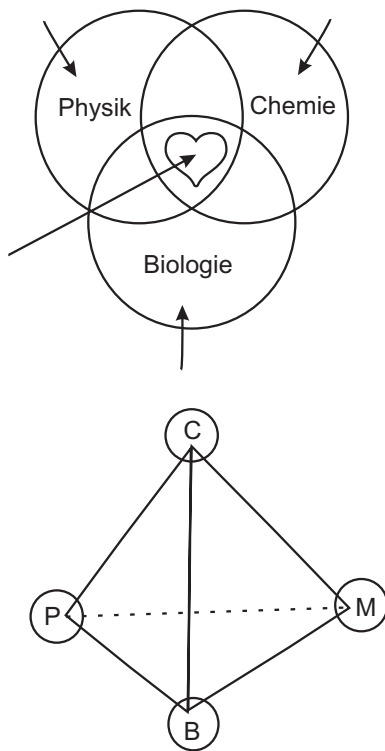


Abb. 2 Bild zum Konzept des Studienganges der interdisziplinären Naturwissenschaften. In der Ebene sind es drei Grundwissenschaften mit ihren Überschneidungen. Im Raume kann man das auf einen Tetraeder von vier Wissenschaften erweitern, wobei M für Medizin oder Mathematik stehen kann.

Hier werden Physik, Chemie und Biologie von Anfang an grenzüberschreitend studiert. Wenn Sie als Eltern noch weitere Kinder zum Studium an die ETH schicken wollen, dann sollten Sie hieran denken. Es ist ein sehr anspruchsvolles und wertvolles Studium der 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 φύσεως πρώτων» («Das erste Buch der Natur» des Demokrit) oder περι φύσεως 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% des Bruttosozialproduktes der USA heute auf der Ent-

deckung der *Schrödinger-Gleichung* und der Quantenmechanik beruhen.

$$i \frac{\hbar}{2\pi} \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \hat{H} \Psi$$

In dieser Gleichung steht mehr Information als in tausend 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 für die Menschheit 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).<sup>3</sup>

##### 5. Naturwissenschaft, Geisteswissenschaft und Gesellschaft

Das führt uns zum *zweiten 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

<sup>3</sup> Oft wird fälschlich vermutet, unvollständige wissenschaftliche Erkenntnisse 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Konzentration ein sehr hohes Risiko für eine gefährliche Veränderung des Erdklimas birgt. Wie beim russischen Roulette, wo das Todesrisiko ja auch nur 1/3 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Ausstosses erreicht wird. Das hätte im Übrigen den Vorteil, dass die Gelder in den Nutzerländer verblieben und nicht in die Produzentenregionen abfliessen würden, was potentiell 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)

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»<sup>4</sup>. 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 verantworten?* Ist sie frei, unvorhersehbar oder vorhersehbar, automatenhaft? 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 hinab verfolgen muss. Beim Sehprozess steht bekanntlich am Anfang der Wahrnehmung eine einfache molekulare Umlagerung zwischen dem cis-Isomeren und dem trans-Isomeren eines organischen Moleküls.

cis → trans

Abbildung 3 zeigt diesen Vorgang etwas genauer.

<sup>4</sup> Das volle Zitat stammt aus der NZZ 25. Mai 1999 und wurde als Todesanzeige vom Biozentrum Basel aus publiziert, das über viele Jahre auf Betreiben Sachers substantiell unterstützt wurde.

Basel, den 25. Mai 1999  
In tiefer Trauer nehmen wir Abschied von  
Paul Sacher Prof. Dr. h. c. mult.

dem grossen und herzlichen Freund und Förderer unseres Instituts. 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.

Die vielen Hunderte ehemaliger und heutiger Mitglieder und Besucher unseres Instituts wie auch die Mitglieder des Internationals Board of Scientific Advisors und des Swiss Board of Consultants unseres Instituts werden im ein ehrendes Andenken bewahren.  
Biozentrum Basel

(zitiert und diskutiert in Quack 2004c)

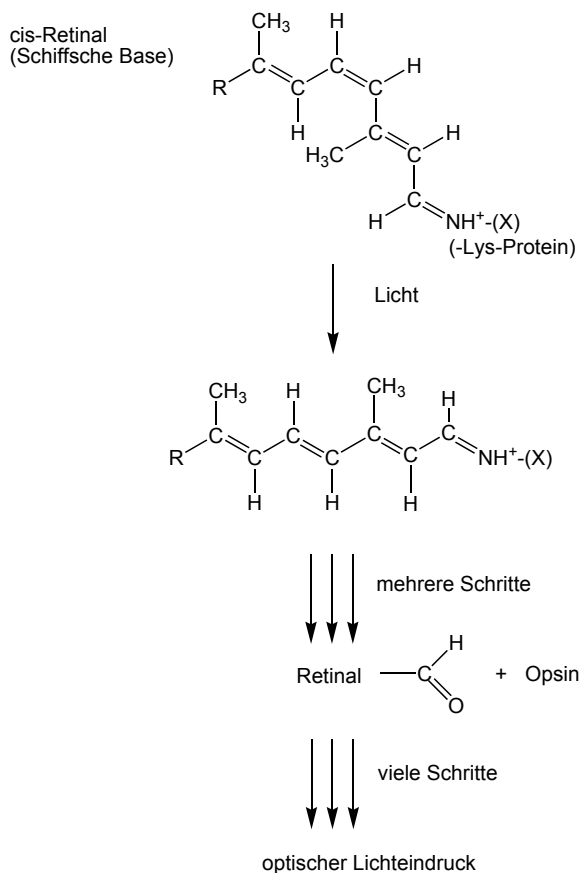


Abb. 3 Der Primärschritt des Sehprozesses besteht in einer molekularen cis-trans-Isomerisierung vom cis-Retinal zum trans-Retinal (in der Form der Schiffschen Base) nach (Quack 2004c).

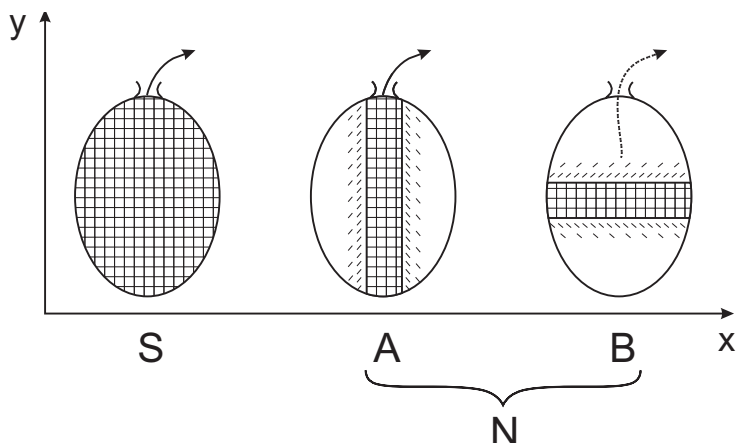


Abb. 4 Schema zur Erläuterung eines molekularen deterministischen und molekular-quantenstatistisch unbestimmten Verhaltens der Kinetik chemischer Prozesse. Schema der Äquipotentiallinien und Wahrscheinlichkeitsdichteverteilungen in einem Modell zweier gekoppelter Schwingungen eines Moleküls (nach Quack 2004c).

Es ist denkbar – wenn auch bis jetzt reine Hypothese – dass die Denkprozesse ähnlich auch auf molekularer Ebene ausgelöst werden. Ich will das die erste Hypothese einer zukünftigen Molekularpsychologie

nennen. Es hat sich in unserer Forschung zur Moleküldynamik gezeigt, dass es zwei Typen gibt, wie in den Abbildungen 4 und 5 schematisch dargestellt.

Der eine quantenstatistisch unbestimmt, der eine Begründung einer objektiven Willensfreiheit durch Nichtvorhersagbarkeit geben könnte, der andere quasiklassisch determiniert, der die Rothsche Behauptung der Vorhersagbarkeit der Willenshandlung stützen könnte. Wir sind weit davon entfernt, eine Antwort auf diese Fragen zu Denkprozessen auf molekularer Ebene zu geben. Eine weitergehende prinzipielle Analyse (Quack 2004b) zeigt aber, dass das gebräuchliche Konzept der subjektiven Willensfreiheit, also der Beeinflussung der Vorgänge durch ein übergeordnetes «Ich» mit den Grundlagen der molekularen Quantenphysik unvereinbar ist. Wenn wir die subjektive Willensfreiheit als Hypothese aufrechterhalten wollen, müssen wir eine neue Physik für die Vorgänge im Gehirn postulieren. Gegenwärtig wissen wir so wenig hierüber, dass wir die Entscheidungs- und Handlungsfreiheit als Arbeitshypothese für unser Leben verwenden dürfen, im Einklang mit dem schönen Gedicht von Robert Lee Frost, von dem ich hier nur die letzte Strophe lesen will (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.<sup>5</sup> Wenn Sie mich zum Abschluss fragen: «Naturwissenschaften warum?», dann ist meine Antwort: Weil sie das Verständnis über die Grund-

<sup>5</sup> 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 tuts 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 frein,  
Die sechste fühlt sich so allein,  
Die siebte tuts aus wahrer Liebe,  
Die achte tuts aus Herzengüte,  
Die neunt und zehnte sind so dumm, die wissen selber nicht warum.

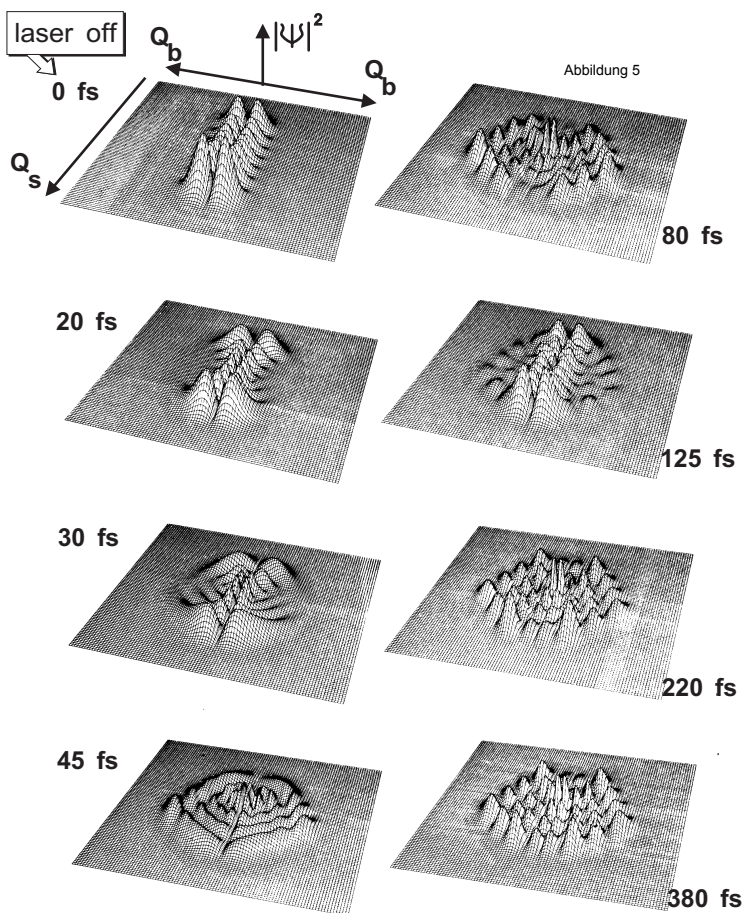


Abb. 5 Wellenpaketbewegung der Wahrscheinlichkeitsdichte für die Molekülstruktur in  $\text{CHF}_3$  nach Schwingungsanregung mit 6 Quanten CH-Streckschwingung. Man kann die «Wellen» dieser Wahrscheinlichkeitsdichte auf das Schema in Abb. 4 übertragen, um den Übergang von einer anfänglich nicht statistisch lokalisierten Wahrscheinlichkeitsdichte in Richtung der CH-Streckschwingung auf eine delokalisierte, quantenstatistisch unbestimmte Verteilung über CH-Streckschwingung und CH-Knickschwingung zu erkennen (siehe (Quack 2004c, Marquardt and Quack 2001) für eine detaillierte Diskussion). Weiterreichende Literatur zu den Grundlagen der spektroskopischen Verfahren, mit denen solche Ergebnisse erhalten werden, findet man in (Marquardt and Quack 2001) und auf aktuellem Stand 2011 in einem neuen Handbuch, das 2011 erscheint (Quack and Merkt 2011).

lagen unserer Welt und unseres Platzes in der Welt versprechen. Wenn Sie fragen, warum brauchen wir das? dann antworte ich: Warum Nicht? Und fasse das

Warum? Warum nicht? nochmals teils beispielhaft, teils scherzhaft wie folgt zusammen, in der Hoffnung, dass Sie es beherzigen werden. ■

#### Naturwissenschaften Warum?

Zum persönlichen Glück der Erkenntnis  
Als Beitrag zum Wissensgebäude der Menschheit –  
zum Verständnis der Welt und des Menschen  
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  
...

#### 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 10 Publikationen in Science.  
... als in die Weltspitze der Zitatenliste zu kommen.  
... als 100 Fernsehauftritte zu haben.  
... als einen Doktorhut zu erhalten.  
... als eine Rede zur Promotionsfeier zu halten.

**Bibliographie:**

- Ausländer, Rose (2002) *Und nenne dich Glück. Gedichte*, Fischer Verlag, Frankfurt.
- Dunitz, Jack D. (1990) «Unverrichtete Dinge» Rede zur 60. Promotionsfeier der ETH Zürich, 7. Juli 1989, ETH Zürich, kleine Schriften Nr. 15, Zürich.
- Eigen, M. (1989) *Perspektiven der Wissenschaft*, Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart.
- Ernst, R. R. (2003) Die Verantwortung von Forschern aus europäischer Sicht. *Angewandte Chemie*, **115**, 4572–4578. *Angew. Chem.-Int. Edit* **2003**, *42*, p. 4434–4439.
- Frost, Robert Lee (1995) *Collected Poems, Prose and Plays*, The Library of America, Library Classics, New York.
- Jost, W. (1974) *Globale Umweltprobleme*, Steinkopff Verlag, Darmstadt.
- Mansfeld, Jaap (Ed.) (1987) *Die Vorsokratiker, Griechisch / Deutsch, Auswahl und Übersetzung von Jaap Mansfeld*, Reclam Verlag, Stuttgart.
- Marquardt, R., and Quack, M. (2001) Energy Redistribution in Reacting Systems, Chapt. A. 3.13 in *Encyclopedia of Chemical Physics and Physical Chemistry*. Vol. 1 (Fundamentals). Moore, J. H., and Spencer, N. (eds). IOP publishing, Bristol, pp. 897–936.
- Quack, M. (2003a) Molecular spectra, reaction dynamics, symmetries and life. *Chimia*, **57** (4), 147–160.
- Quack, M. (2003b) Von den «unmessbar schnellen» chemischen Reaktionen zur Bestimmung ultrakurzer Zeiten für chemische Primärprozesse. *Akademie-Journal der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften (Themenschwerpunkt Chemie)*, (1), 38–44.
- Quack, M. (2004a) Diskussionsbeitrag, in *Zur Freiheit des Willens, Debatte, Heft 3*. BBAW (Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften), Berlin, pp. 48.
- Quack, M. (2004b) Time and Time Reversal Symmetry in Quantum Chemical Kinetics, in *Fundamental World of Quantum Chemistry. A Tribute to the Memory of Per-Olov Löwdin*. Vol. 3. Brändas, E. J., and Kryachko, E. S. (eds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 423–474.
- Quack, M. (2004c) Zeit und Zeitumkehrsymmetrie in der molekularen Kinetik. Schriftliche Fassung des Vortrages am 7. Symposium der Deutschen Akademien der Wissenschaften, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften Berlin, Zeithorizonte in der Wissenschaften, 31.10. und 1.11.2002, Simon, D. (ed) De Gruyter, Berlin, pp. 125–180.
- Quack, M. (2005) Wegleitung N. Bemerkungen des Fachberaters zum Doktorat.
- Quack, M. (2007) Naturwissenschaften! Warum überhaupt? Warum nicht?, in *Dynamisch Denken und Handeln. Philosophie und Wissenschaft in einer komplexen Welt, Festschrift für Klaus Mainzer*. Vol. 302.
- M. Quack Essay nach einer Doktoratsfeierrede 2004, in «Dynamisch Denken und Handeln. Philosophie und Wissenschaft in einer komplexen Welt», Festschrift für Klaus Mainzer, Herausgeber Theodor Leiber, Hirzel Verlag, Stuttgart (2007), pp. 65–78.
- Leiber, T. (ed) Hirzel Verlag, Stuttgart, pp. 65–78.
- Quack, M. (2011) Die DBG in Bunsens Jubiläumsjahr. *Bunsenmagazin*, **13** (1), 1–2.
- Quack, Martin, and Merkt, Frédéric (Eds.) (2011) *Handbook of High Resolution Spectroscopy*, Wiley, Chichester, New York; insbesondere die Artikel von Merkt, F. und Quack, M. Kap. 1; Albert, S., Albert, K. K., Hollenstein, H., Manca Tanner, C., and Quack, M. Kap. 3; Quack, M. Kap. 20; Albert, S., Albert, K. K., Quack, M. Kap. 28
- Roth, Gerhard (2001) *Fühlen, Denken, Handeln*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt.
- Wissenschaften, Berlin-Brandenburgische Akademie der (2004) *Zur Freiheit des Willens, Debatte, Heft 1 und 3*, Verlag der Akademie, Berlin.