

## REDE DES ERSTEN VORSITZENDEN ANLÄSSLICH DER 110. HAUPTVERSAMMLUNG DER DEUTSCHEN BUNSEN- GESELLSCHAFT FÜR PHYSIKALISCHE CHEMIE IN BERLIN, 2. JUNI 2011

Ladies and Gentlemen, dear members of the Bunsen Society for Physical Chemistry, dear guests,

It is my honour and great pleasure to welcome you in the name of the board of our society to our 110<sup>th</sup> annual meeting, known as the "Bunsentagung", in Berlin 2011. I start this welcome as an exception in English, as we are honoured to host this year the first EuCheMS Forum of Physical Chemistry in conjunction with the constituting meeting of the EuCheMS Physical Chemistry Division. I thus extend a warm welcome to our international guests. In particular, I would also like to welcome Professor Michael Ashfold as President of our British sister society, formerly the Faraday Society, now the Faraday Division of the Royal Society of Chemistry.

De plus, j'aimerais aussi tout particulièrement souhaiter la bienvenue à nos participants venant des pays francophones.

Liebe Mitglieder und Freunde der Bunsen-Gesellschaft, liebe Gäste, meine sehr verehrten Damen und Herren

Ich möchte Sie im Namen des Vorstandes unserer Gesellschaft sehr herzlich in Berlin begrüßen und es ist mir eine Ehre und Freude, die Bunsentagung 2011 hiermit offiziell zu eröffnen. Das Aduma Saxophon Quartett mit Miriam Dirr, Helen Hinrichs, Marina Elsner und Kathrin Sommer hat unserer Tagung einen besonders schönen musikalischen Auftakt gegeben, wofür ich mich bei den Musikerinnen herzlich bedanke.

Ich freue mich, dass so viele unserer Einladung zur Bunsentagung 2011 gefolgt sind – es sind mehr als 700 – wie jedes Jahr unter Einschluss des Himmelfahrtsfeiertages, und ich wünsche Ihnen allen intensive und fruchtbare wissenschaftliche Diskussionen, dass Sie alte Kontakte vertiefen und neue knüpfen können.

---

Prof. Dr. Dr. h. c. Martin Quack  
ETH Zürich  
Laboratorium für Physikalische Chemie  
Wolfgang-Pauli-Strasse 10, CH-8093 Zürich, Schweiz  
Tel.: +41 44 632 44 21, Fax: +41 44 632 10 21  
E-Mail: Martin@Quack.ch



Besonders begrüßen möchte ich unsere anwesenden Ehrenmitglieder, Professor Helmut Baumgärtel, Professor Gerhard Ertl, Professor Jürgen Troe und Professor Heinz Georg Wagner. Der Präsident der Gesellschaft Deutscher Chemiker, Herr Professor Dr. Michael Dröscher, ist bekanntlich unserer Gesellschaft auch als ehemaliger erster Vorsitzender besonders verbunden und ich heiße ihn sehr herzlich willkommen, ebenso auch Frau Dr. Johanna Kowol-Santen, die die Deutsche Forschungsgemeinschaft vertritt. Herrn Professor Dr. Helmut Baumgärtel danke ich für seine freundlichen Begrüßungsworte, die er im Namen der gastgebenden Freien Universität Berlin an uns gerichtet hat.

Dem Präsidenten der Alexander von Humboldt-Stiftung, Herrn Professor Dr. Dres h. c. Helmut Schwarz danke ich für seine tiefgehenden und sehr passenden Grußworte, mit meiner Entschuldigung auch für einen Druckfehler im ersten Programm, auf den er zu Recht hinweist, der allerdings im heutigen Eröffnungsprogramm schon korrigiert wurde.

Traditionsgemäß beginnt die Bunsentagung mit einer Rede des ersten Vorsitzenden. Da ich dieser Tradition folgen werde, müssen Sie nun in den kommenden Minuten diese *Worte des ersten Vorsitzenden* anhören. Allerdings will ich die Rede mit einigen Zitaten etwas auflockern – selbstverständlich stets unter Angabe der Quelle, muss ich hier in Berlin im Jahr 2011 wohl hinzufügen. Ich beginne gleich mit dem ersten Zitat, denn die „*Worte des Vorsitzenden*“ haben für meine Generation einen etwas speziellen Klang. Ich zitiere in freier deutscher Übersetzung aus dem chinesischen Vorspann von Lin Biao zur ersten deutschen Auflage des bekannten Büchleins [1]: „*Studiert die Werke des Vorsitzenden, hört auf seine Worte und handelt nach seinen Weisungen*“. Da man weiß, dass dem wohl zu viel Folge geleistet wurde, mit bekannten Folgen, möge dieses Zitat einer gewissen Relativierung solcher Worte dienen.

Das bringt mich dann gleich zum zweiten Zitat, es sind die Worte des Organisators unserer Tagung an der Freien Universität Berlin, Herr Professor Dr. Eckart Rühl in seiner Korrespondenz an mich zu dieser Rede: „*Die Reden der ersten Vorsitzenden sind im Laufe der Zeit kürzer geworden. Vor ca. 15 Jahren erinnere ich mich an lange und sehr programmatische Reden. Die Ent-*

scheidung treffen Sie, lieber Herr Quack“. Nun, meine Rede wird nicht sehr lang sein, aber auf einen programmatischen Punkt, der mir besonders am Herzen liegt, werde ich am Schluss kurz eingehen. Beginnen will ich hier aber mit meinem sehr herzlichen Dank an Eckart Rühl für die hervorragende, große Arbeit, die er mit seinen Kolleginnen und Kollegen für uns in der Vorbereitung dieser Tagung geleistet hat. Mein Dank gilt auch dem neuen Geschäftsführer der DBG, Dr. Florian Ausfelder mit seinem Frankfurter Team, für seine Hilfe und Unterstützung.

Das Hauptthema der Bunsentagung in diesem Jahr lautet: „Analysis and Control of Ultrafast Photoinduced Reactions“. Die wissenschaftliche Vorbereitung wurde von Prof. Vlasta Bonačić-Koutecký und Professor Nikolaus Ernstring, Humboldt Universität zu Berlin, von Prof. Joshua Jortner, Universität Tel Aviv, Prof. Jörn Manz, Prof. Eckart Rühl und Prof. Ludger Wöste, alle drei an der Freien Universität Berlin, übernommen, denen ich bei dieser Gelegenheit auch meinen Dank ausspreche.

Das in diesem Jahr für Berlin gewählte Thema erinnert auch an eine berühmte Tagung an der FU Berlin 1993, die erste Tagung über „Femtosecond Chemistry“, zu der die zwei Mitglieder Jörn Manz und Ludger Wöste unseres diesjährigen Programmkomitees damals ein zweibändiges Sammelwerk herausgegeben haben [2]. Ich kann der Versuchung nicht widerstehen, jeweils die ersten Sätze aus dem ersten und letzten Kapitel dieses zweibändigen Tagungsberichtes zu zitieren. Das erste Zitat stammt von Lord George Porter in seinem ersten Kapitel „Flash Photolysis into the Femtosecond – a Race against Time“ [3]: „*The study of chemical events that occur in the femtosecond timescale is the ultimate achievement in half a century of development of techniques for the study of fast reactions and, although many future events will be run over the same course, chemists are near the end of the race against time*“. Das war also die Meinung des Lords, der ja bekanntlich für seine Arbeiten zu Beginn des von ihm erwähnten Rennens im Jahre 1967 den Nobelpreis mit Norrish sowie mit unserem Ehrenmitglied Manfred Eigen zur schnellen Kinetik teilte. Lord George sieht also im Jahr 1993 das Ende des Rennens fast erreicht.

Demgegenüber beginnt im zweiten Band das letzte Kapitel 27 „Molecular Femtosecond Quantum Dynamics Between Less than Yoctoseconds and More than Days: Experiment and Theory“ [4] mit der folgenden Aussage: „*The motion of molecules, intramolecular quantum dynamics, is the primary process of chemical reactions. Considering the possible time scales of molecular processes, it becomes clear that femtosecond (fs) resolution can only be a short time intermediate level in research and our goal must be to approach the yoctoseconds ( $10^{-9}$  fs) and beyond. Possibilities for this are outlined.*“ Diese diametral entgegengesetzte Aussage konnte damals revolutionär erscheinen („Yoctosekunde“,  $10^{-24}$  s, war selbst als Begriff praktisch allen Teilnehmern der damaligen Tagung noch unbekannt) und die Erwähnung dieser kurzen Zeit war letztlich in einem zur gewöhnlichen Kurzzeitkinetik komplementären Ansatz begründet, auf den ich hier nicht eingehen kann (er schlägt auch eine Brücke zwischen Molekülphysik und Hochenergiephysik, siehe [4, 5, 6]). Es ist mir aber eine ganz besondere Freude, dass ich im Anschluss an die Eröffnung heute noch unseren Festredner Prof. Paul Corkum, Ottawa, Kanada, auch Träger der Gerhard

Herzberg Goldmedaille, mit seinem Festvortrag „Laser Induced Molecular Imaging“ einführen darf. Paul Corkum hat mir auch von seinen Erinnerungen an die Berliner Tagung 1993 berichtet. Paul gehört zu den bedeutendsten Pionieren, die den nächsten Schritt der Kurzzeitkinetik in Richtung Attosekunden vollzogen haben [7-9] und wir freuen uns besonders auf seinen Vortrag, in dem er auch hierüber berichten wird. Natürlich darf hier nicht unerwähnt bleiben, dass auch A. H. Zewail, der diesmal nicht bei uns sein kann, 1993 an der Tagung [10] teilnahm, er wurde später mit dem Nobelpreis ausgezeichnet (im Jahr 1999) [11].

Kommen wir nun wieder zum Jahr 2011. Weitere Berichte über neueste Fortschritte zur Kurzzeitkinetik und Kontrolle chemischer Reaktionen werden wir im Laufe der Tagung in den Plenarvorträgen von Ferenc Krausz, (Garching/München), Jean-Pierre Wolf (Genf), Marc Vrakking (Berlin) und Gustav Gerber (Würzburg) hören. Fortschrittsberichte zum Hauptthema von Thomas Baumert (Kassel), Kazu Takatsuka (Tokyo), Wolfgang Zinth (München, LMU), Wolfgang Domcke (TU München), Uwe Borensiepen (Duisburg-Essen) und André Bandrauk (Sherbrooke, Québec, Kanada, aber ein gebürtiger Berliner) ergänzen dies wie ebenso zahlreiche Beiträge zum Hauptthema. Wichtig sind auch immer die Beiträge aus allen Bereichen der physikalischen Chemie sowie das traditionelle Industriesymposium. Das „EuCheMS Forum for Physical Chemistry“ habe ich schon erwähnt. Sehr wichtig sind auch die zahlreichen Poster, die am Freitag in einer langen Abendsitzung mit reichlich flüssiger Verpflegung vorgestellt werden. Eine Kommission wählt dabei Posterpreisträgerinnen und -träger aus, die am Samstag ihre Poster auch kurz mündlich vorstellen werden und einen Geldpreis erhalten, der von unserer Hauszeitschrift PCCP (Physical Chemistry Chemical Physics) zur Verfügung gestellt wird, die wir gemeinsam mit zahlreichen europäischen und außereuropäischen wissenschaftlichen Gesellschaften herausgeben. Die Posterpreise schließen auch die gebührenfreie Teilnahme an der Bunsentagung 2012 in Leipzig ein.

Eine bedeutsame neue Aktivität ist die Arbeitsgemeinschaft „Bunsen-Karriereforum“, die Herr Kollege Wolfgang Bessler (DLR Stuttgart) in den vergangenen Jahren ihrer vorbereitenden Entwicklung als Vorsitzender begleitet hat, wofür wir ihm sehr danken (siehe auch [12]). Am Freitag wird das Karriereforum seine formell konstituierende Sitzung um 12<sup>30</sup> Uhr haben und die Satzung verabschieden [13]. Ein wesentliches Ziel des Karriereforums ist die Förderung der wissenschaftlichen Karrieren unserer jüngeren Mitglieder sowohl in Industrie als auch an den Hochschulen und Forschungsinstituten.

Die Bunsen-Gesellschaft hat im vergangenen Jahr zahlreiche neue Mitglieder gewonnen, die in Tabelle 1 aufgeführt sind. Aber wir trauern auch um 19 Mitglieder, die seit der Bunsentagung in Bielefeld 2010 verstorben sind (Tabelle 2). Wir wollen ihr Andenken in Ehren halten und ich bitte Sie, sich in Erinnerung an unsere verstorbenen Mitglieder zu erheben.

Die Deutsche Bunsen-Gesellschaft trägt neben der Bunsentagung zahlreiche weitere nationale und internationale Tagungen mit. Ich möchte hier als internationale Bunsen-Diskussionstagungen erwähnen „Förster resonance energy transfer in the life sciences“ (Göttingen, 29.–31.3.2011), „Molecular Modelling of Thermophysical Properties – Science meets Engineering“ (15.–16.9.2011,

Neue Mitglieder in der Bunsen-Gesellschaft	
Marion Adam	Juny Koo
Alexander Braun	Andreas Kilian Molberg
Frederic Luis Condin	Susann Kutzner
Dipl.-Phys. Jessica Dielmann-Geßner	Marcus Müller
Dr. Michael Dreja	Dr. Daniel Rohr
Dr. Malte Drescher	Janine Seeliger
Dipl.-Chem. Andre Düvel	Daniel Sievers
Dr. Maik Eichelbaum	Dr. rer. nat. Michael Schmitt
Mirko Erkamp	Dipl.-NanoSc. Jan H. Schröder
Marco Esters	Dr. Thomas Schultz
Sebastian Grobelny	Prof. Dr. Jörg-Elmar Tatchen
Shobhna Kapoor	Alexander Werkmüller
Dr. Bettina Keller	Thomas Werzer
Susann Kittler	Prof. Dr. Hans Jakob Wörner
	Philipp Wysotzki

Tabelle 1: Neue Mitglieder

Seit der letzten Bunsentagung sind verstorben
Prof. Dr. Kurt Breitschwerdt, Heidelberg
Prof. Dr. Erhard W. Fischer, Mainz
Dr. Rudolf Gambert, Wismar
Prof. em. Dr. Kurt Hedden, Rosdorf
Prof. Dr. Walter Heitz, Böhl-Iggelheim
Dr. Horst Huck, Freiburg
Prof. Dr. Walther Jaenicke, Erlangen
Dr. Hans-Werner Jochims, Berlin
Prof. em. Dr. Karl Kordesch, Graz
Prof. Dr. Horst Langemann, Paderborn
Prof. Dr. Klaus Müller, Trento
Prof. Dr. Wolfgang Pechhold, Erbach
Prof. Dr. Lothar Riekert, Karlsruhe
Prof. Dr. Jürgen Sauer, Sinzig
Prof. Dr. Fritz Peter Schäfer, Hannover
Prof. Dr. Frank Schneider, Siegen
Dr. Karin Schwind, Schifferstadt
Prof. Dr. Wolfgang Swodenk, Odenthal
Prof. Dr.-Ing. Roger Thull, Würzburg

Tabelle 2: Im letzten Jahr verstorbene Mitglieder

Dortmund, gemeinsam mit der DECHEMA), und „Photokatalyse“ (13.–14.10.2011, Heidelberg). Bunsen-Kolloquien behandeln die Themen „Grenzflächen in Lithiumionenbatterien“ (24./25.3.2011 in Goslar) und „Photoelectrochemistry: From Fundamentals to Solar Applications“ (5. Gerischer Symposium, 22.–24.6.2011 in Berlin). Ganz besonders hervorzuheben ist natürlich das von Prof. Michael Grunze vorbereitete Bunsen-Kolloquium in Heidelberg „Frontiers in Physical Chemistry“ am 12.10.2011, das zum 200jährigen Jubiläum des Namensgebers unserer Gesellschaft stattfinden soll (geboren am 30. März 1811, siehe [14]). Die Bunsen-Gesellschaft hat anlässlich dieses Jubiläums die jährliche Robert-Bunsen-Vorlesung eingerichtet, die erstmals für dieses Festkolloquium am 12.10.2011 an Prof. Jürgen Troe verliehen wurde.

2011 ist in der Tat ein mehrfach hervorstechendes Jubiläumsjahr für unsere Gesellschaft: Es ist das UNO-Jahr der Chemie

und wir dürfen uns fragen, was hat die Physikalische Chemie der Chemie insgesamt gegeben? Vielleicht der wichtigste Beitrag ist die Spektroskopie, die als Spektrallinie auch unser Logo prägt [15]. Die Spektroskopie hat 2011 in gewissem Sinne ihr 150jähriges Jubiläum. Die grundlegende Entdeckung der Atom-spektroskopie wird zwar schon in einem Brief von Bunsen an seinen Freund Roscoe erwähnt (vom November 1859, siehe [15]) und wie so oft in der Wissenschaft gibt es Vorläufer (siehe [15, 16]), aber die beiden grundlegenden Publikationen von Kirchhoff und Bunsen erschienen in den Jahren 1860 und 1861, mit dem Jahr 1861 als Höhepunkt dieser Entdeckungen [17, 18]. Vielleicht nicht zufällig hat unsere britische Schwes-tergesellschaft eine Faraday Discussion 150 „Frontiers in Spectroscopy“ in Basel 2011 organisiert und es erscheint in diesem Jahr auch ein dreibändiges „Handbook of High Resolu-tion Spectroscopy“ [19]. Das Sonnenspektrum mit den dunklen Fraunhoferlinien als vor 1860 ungelöstes wissenschaftliches Rätsel bildete ja bekanntlich den Ausgangspunkt der Arbeiten von Kirchhoff und Bunsen 1860/61, es wurde wegen seiner Schönheit für den Einband des Handbuchs gewählt [19] und soll aus demselben Grund auch hier gezeigt werden.

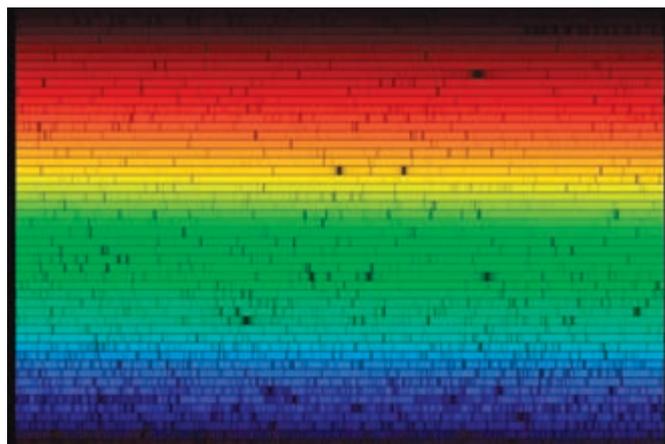


Abb. 1: Das Sonnenspektrum mit den dunklen Fraunhofer-Linien (aus [20] mit Genehmigung).

Wegen der besonderen Bedeutung des Jubiläums der Spektroskopie 2011 und des 200. Geburtstages eines ihrer Mitbe-gründer hat die Bunsen-Gesellschaft auch eine Sonderbrief-marke herausgegeben (Abb. 2).



Abb. 2: Sonderbriefmarke der Bunsen-Gesellschaft als Beitrag zum Jubiläum 2011 und zum Jahr der Chemie.

Als Mitglieder-Zeitschrift spielt das Bunsenmagazin eine besondere Rolle unter unseren Publikationen. Es enthält viele interessante Leitartikel und Informationen und ich möchte hier die Gelegenheit nutzen, dem Schriftleiter Prof. Dr. Rolf Schäfer, TU Darmstadt meinen sehr herzlichen Dank auszusprechen.

Auch die Zeitschrift PCCP hat in den Jahren seit ihrer Gründung eine ganz bemerkenswerte Entwicklung zu einer der wichtigsten Zeitschriften im Gebiet der Physikalischen Chemie und Chemischen Physik erfahren. Das ist in den letzten Jahren maßgeblich *Philip Earis und seinem Team bei der Royal Society of Chemistry* zu verdanken, mit der gemeinsam wir diese Zeitschrift herausgeben (auch gemeinsam mit jetzt insgesamt 16 wissenschaftlichen Gesellschaften). Wir sind Philip Earis, der auch hier anwesend ist, zu größtem Dank verpflichtet und wünschen ihm und seinem Team weiterhin Erfolg bei dieser wichtigen Unternehmung.

Während der Bericht bis zu diesem Punkt in meiner Rede zu den (durchaus angenehmen) Pflichten des ersten Vorsitzenden zählt, möchte ich zum Abschluss noch die eingangs erwähnte programmatische Kür hinzufügen. Eine Sonderpublikation der Bunsen-Gesellschaft erschien 2011 zum Jahr der Chemie, gemeinsam mit DECHEMA, GDCh und VCI herausgegeben und schon unter meinem Vorgänger Prof. Wolfgang von Rybinski in die Wege geleitet. Sie betrifft die Rolle des Kohlendioxids – CO<sub>2</sub> – als für das Erdklima wichtiges Spurengas in der Atmosphäre und soll einen Beitrag zur sachlichen Diskussion besonders auch aus der Sicht der Physikalischen Chemie leisten, aber unter Berücksichtigung auch vieler anderer Aspekte [21]. Ich möchte hier aus meiner persönlichen Sicht etwas zu den aktuellen Diskussionen zu dieser Thematik sagen, die mir häufig auf fehlgeleiteten Argumentationen zu beruhen scheinen. Kurz zusammengefasst ist meine hier schon einmal vorweggenommene Schlussfolgerung, dass trotz großer Unsicherheiten in der Vorhersage des Erdklimas die wissenschaftlichen Grundlagen für eine rationale politische Entscheidungsfindung seit Jahrzehnten schon bestehen und schon längst hätten zu konsequentem Eingreifen führen müssen. Das dringend nötige Handeln heute gehört zweifellos zu unseren dingendsten Pflichten in der Vorsorge für die Zukunft der Menschheit. Ich will versuchen, dies mit einigen kurzen Erläuterungen verständlich zu machen.

Die wissenschaftliche Grundlage für den Einfluss von CO<sub>2</sub> auf das Erdklima ist seit weit über 100 Jahren bekannt und geht maßgeblich auf eine Publikation von Svante Arrhenius aus dem Jahr 1896 zurück [22]. Arrhenius hatte auf der Grundlage der Infrarotspektren von CO<sub>2</sub> die Änderung der mittleren Erdtemperatur bei größeren Änderungen des CO<sub>2</sub>-Gehaltes (Erhöhung oder Erniedrigung um einen Faktor 2 etc) abgeschätzt und dies als eine mögliche Erklärung für das Entstehen und Beenden von Eiszeiten vorgeschlagen. Seine quantitativen Abschätzungen der Beziehung zwischen CO<sub>2</sub>-Gehalt und Erdklima sind gar nicht so sehr verschieden von den besten Rechnungen, die wir heute hierfür besitzen. Arrhenius war übrigens am 6.6.1895 zum Ehrenmitglied unserer Gesellschaft ernannt worden (offensichtlich ohne Bezug zum Klimaproblem!). Ich kann hier nicht auf Details eingehen und werde die geschichtliche Entwicklung überspringen, aber seit über 50 Jahren gibt es gut gesicherte regelmäßige Messungen der Änderung des CO<sub>2</sub>-Gehaltes der Atmosphäre, die einen sehr erheblichen Anstieg dokumentieren.

Vom Jahr 1960 bis 2010 entspricht die Zunahme des CO<sub>2</sub>-Gehaltes der Erdatmosphäre als Molenbruch ausgedrückt etwa einem mehr als linearen Wachstum von ca.  $x = 0.000315$  (0.315 mmol/mol oder „315 ppmV“ 1960) auf ca.  $x = 0.000385$  (0.385 mmol/mol oder „385 ppmV“ 2010, Daten aus [23, 24] und dort zitierte Literatur). Der CO<sub>2</sub>-Gehalt ist direkt messbar und mit nur geringen Unsicherheiten behaftet. Der Anstieg ist nicht nur ungebremst, sondern die Geschwindigkeit der Zunahme wächst tendenziell. Nicht direkt messbar, aber aus dem Weltverbrauch fossiler Energieträger abschätzbar, ist der jährliche „anthropogene“ CO<sub>2</sub>-Ausstoß (durch Verbrennung). Dieser betrug nach [23] um 1940 ca. 4 Gt/a (d.h. 4 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr), um 1980 ein wenig mehr als 20 Gt/a und gemäß IEA-Bericht vom 30. Mai 2011 [25] im Jahr 2008 29.3 Gt/a und 2010 30.6 Gt/a. Die viel zitierten Anstrengungen zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes haben also nicht nur nichts bewirkt, sondern der Ausstoß wächst praktisch ungebremst weiter, statt der behaupteten Reduktion ist nicht einmal ein konstanter Wert erreicht. Man kann hier von einem völligen Versagen der Politik sprechen.

Nun kann man gelegentlich die Aussage finden, es gebe ja auch gar keine hinreichend gesicherte wissenschaftliche Grundlage für weitreichende politische Maßnahmen. Die durch Klimamodelle vorhergesagten, durch Treibhausgase bedingten, globalen Temperaturerhöhungen von mehreren Grad Celsius im 21. Jahrhundert seien unsicher und anzuzweifeln. Ich will hier zeigen, dass diese Aussage auf einer völlig fehlerhaften Einschätzung der Bedeutung der durchaus bestehenden wissenschaftlichen Unsicherheiten bei den Klimavorhersagen beruht. Zunächst einmal will ich durch ein Zitat meine Aussage belegen, dass die nötigen wissenschaftlichen Grundlagen für politisches Handeln seit Jahrzehnten vorliegen und auch der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wurden. Als ein Beispiel diene hier eine Broschüre, die auf der Grundlage von Unterlagen der Nationalen Schweizerischen UNESCO-Kommission erstellt und schon 1983 weit verbreitet wurde (es gibt natürlich anderwärts weitere Beispiele). In dieser Broschüre kann man (mit den damals vorhandenen Daten) praktisch alles vorfinden, was in den aktuellen Diskussionen (oft als „neu“) weitere Verbreitung findet wie z.B. im Film von Al Gore, *An Inconvenient Truth* (siehe auch [24]). Am Ende der Broschüre [23] wird Hans Oeschger mit den Worten zitiert: „Bleibt die Menschheit kurzsichtig? – Es ist heute noch nichts davon zu erkennen, dass sich das Handeln an einer längerfristigen Planung orientiert. Die Diskussionen um den Komplex Energie-Umwelt sind oft in Detailfragen erstarrt, doch nur die Sicht der Gesamtheit der Probleme und der kritische Vergleich der Möglichkeiten können zu optimalen Lösungen führen. Auch hat die Gesellschaft bisher immer erst auf Krisen reagiert, wenn sie spürbar aufgetreten sind. Im Falle der CO<sub>2</sub>-bedingten Erwärmung ist jedoch ein Handeln erforderlich, bevor die Krise einsetzt.“ Wir wissen heute fast drei Jahrzehnte nach dieser Aussage, dass die Menschheit in der Tat kurzsichtig geblieben ist. Den Grund hierfür sehe ich in einer Fehleinschätzung der Bedeutung der vorliegenden wissenschaftlichen Information für mögliche, politische Handlungsoptionen. Hierzu fasse ich nochmals die Hauptpunkte als gut begründbare (hier nicht im Detail begründete) Thesen zusammen.

1. Der prinzipielle Zusammenhang zwischen der Infrarotabsorption von Spurengasen (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, ...) und dem „Treibhauseffekt“ ist verstanden (teils seit über 100 Jahren).

2. Das Anwachsen des Kohlendioxidgehaltes der Erdatmosphäre ist sicher nachgewiesen (durch Untersuchungen während mehr als 50 Jahren).
3. Der anthropogene Ursprung des Wachstums des CO<sub>2</sub>-Gehaltes der Erdatmosphäre durch Verbrennung fossiler Energieträger ist sicher nachgewiesen.
4. Die Voraussage der Klimaentwicklung mit globalen Temperaturerhöhungen zwischen 2 und 6 °C über das 21. Jahrhundert hinweg, je nach Modell, bleibt unsicher, und Skepsis ist hier in der Tat angebracht.

Grund für die Unsicherheiten ist trotz sehr guter Fortschritte in der Klimamodellierung die große Komplexität des Systems Erde und die verbleibenden Unsicherheiten bei einigen Basisdaten. Diese berechnete Skepsis kann aber nicht dazu führen, dass man nicht jetzt schon wüsste, was zu tun wäre, und ich zitiere hier einen Vergleich, den ich seit vielen Jahren zu diesem Thema verwende und der anlässlich einer Doktoratsfeierrede auch verschiedentlich im Druck erschienen ist [26]. „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 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 1/6 ist (und im Einzelfall das Ergebnis bei ehrlichem Spiel nicht vorhersehbar), sollte die Kenntnis des Risikos ausreichen, um sich vernünftigerweise nicht auf ein solches Spiel einzulassen. Es gäbe auch seit langem einfache 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 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 Nutzerländern 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 viel darüber geredet wird)“.

Das Gleichnis des russischen Roulette ist bei der Klimafrage sehr angebracht: Die genaue Vorhersage der Klimaentwicklung mag noch mit Unsicherheiten behaftet sein. Die Existenz eines *grossen Risikos einer gefährlichen Klimaänderung* ist jedoch sicher! Hinzu kommen noch hier nicht näher ausgeführte, schwer abschätzbare Sekundärrisiken durch Übersäuerung der Meere bei Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration. Beim russischen Roulette ist die Vorhersage des Todesfalles für das Einzelexperiment unsicher, aber das *hohe Risiko* eines Todesfalls ist sicher. Das sollte allen als Grundlage für eine vernünftige Entscheidung genügen.

Warum wird die vernünftige Entscheidung in der Klimafrage nicht getroffen? Eine mögliche Antwort ist generell die menschliche Torheit (hierzu gibt es ein bekanntes Einstein-Zitat). Man kann dies aber noch etwas subtiler begründen mit dem fehlerhaften Umgang mit Einzelrisiken für sehr große Schäden, deren Eintretenswahrscheinlichkeit schwer abschätzbar und der unmittelbaren Einsicht deshalb nicht transparent ist (beim Beispiel des russischen Roulette wird sie transparent und damit verständlich gemacht). Dieses fehlerhafte Vorgehen wird oft auch wissenschaftlich mit scheinbar rationalen „Risikoabschätzungen“ verbrämt. Das möchte ich noch mit einem neuerdings zirkulierten Beispiel erläutern [24, 27].

Tabelle 3 gibt einen abgeschätzten Risikovergleich bezogen auf die im statistischen Mittel verlorenen Lebensjahre der Bevölkerung durch Erzeugung von 1 TWh Energie (3600 TJ).

Energiequelle	Verlorene Lebensjahre/TWh
Kohle	138
Öl	359
Erdgas	42
Kernenergie	25
Photovoltaik	25
Wind	3

**Tab. 3: Risikovergleich durch statistische Abschätzung verlorener Lebensjahre pro TWh Energieerzeugung (10<sup>9</sup> kWh) nach [24, 27] aus den betreffenden Energieträgern (Schätzung für Deutschland). Ergänzend sei bemerkt, dass in Deutschland 2010 ca. 56% der Erzeugung elektrischer Energie auf fossilen Energieträgern beruhte, 23% auf Kernenergie, ca. 16 % auf erneuerbaren Quellen (plus Rest ca. 5% „andere“, Daten aus FAZ vom 12.4.2011)**

Selbst wenn man die Möglichkeit einer solchen Abschätzung für gegeben annimmt (Skepsis ist auch hier angebracht), wird hierbei gewissermaßen der statistische „Normalbetrieb“ erfasst, nicht der außergewöhnliche Unfall. Das lässt sich anhand zweier Beispiele der Tabelle erläutern: Neben den verlorenen Lebensjahren durch Kernenergieerzeugung im statistischen Mittel des „Normalbetriebs“ muss man sich auch fragen, ob man das Risiko eines größeren Unfalls mit Verstrahlung (und in der Folge der notwendigen Absperrung) eines Gebietes im Radius von ca. 30–100 km akzeptieren will (ca. 3000–30'000 km<sup>2</sup>, entsprechend einem erheblichen Bruchteil der Fläche etwa des Rhein-Main-Gebietes oder der Schweiz. Viele werden zum Schluss kommen (wie ich auch), dass das in dichtbesiedelten Gebieten vermutlich nicht vernünftig ist. Immerhin muss man hier auch sagen, dass mit einer typischen Wahrscheinlichkeit für solche Unfälle bei weiterem Ausbau der Kernenergie grob geschätzt etwa maximal 0,2 Prozent der gut nutzbaren Erdoberfläche in den nächsten 100 Jahren betroffen wäre. Man hätte also sicher 100 Jahre Zeit, sich zu überlegen, ob das vernünftig ist, ohne dass es ein wirklich globales Risiko von Zerstörungen gäbe (das ist nicht zynisch gemeint, ich würde das Abwarten wie gesagt auch hier nicht empfehlen).

Demgegenüber betrifft die Möglichkeit einer dramatischen globalen Klimaänderung in den kommenden 100 Jahren die Erde als Ganzes, die Schäden sind nicht lokal begrenzt, potentiell enorm und überhaupt nicht sicher abschätzbar. Vielleicht sind sie kleiner als in den besten aktuellen Modellen abgeschätzt, vielleicht aber auch viel größer. *Diese Unkenntnis bei sehr hohen potentiellen Schäden* sollte zwingend zum Schluss führen, dass ein solches globales Risiko vermieden werden muss (Abb. 3). Neben dem immer noch bestehenden globalen Risiko eines Weltkrieges mit Nuklearwaffen ist das Klimarisiko die größte bekannte potentielle Bedrohung der Menschheit in

### Das globale Risiko ist vermeidbar und muss vermieden werden

Russisches Roulette ist zu vermeiden.



Spurengase  
OCO  
Methan  
NNO  
FCKW  
Ozon

**Abb. 3:** Das globale Risiko, ein russisches Roulette mit der gesamten Erde, ist vermeidbar und muss vermieden werden (Bild aus [28]).

diesem Jahrhundert. Es wäre völlig verantwortungslos, dieser Bedrohung nicht entgegenzutreten, in Wort und Tat.

Das Klimarisiko könnte in der Tat relativ leicht vermieden werden, es gibt weder wissenschaftlich-technische noch zwingende wirtschaftliche Gründe [29], die das verhindern könnten (siehe Zitat aus der Doktoratsfeierrede). Wenn ich zum Ende meiner Rede an einer Bunsentagung für Physikalische Chemie diesen Punkt zum Programm meiner Kür gemacht habe, dann weil Physikochemikerinnen und Physikochemiker in der Diskussion mit der Öffentlichkeit eine besondere Kompetenz und Verantwortung haben. Es war Svante Arrhenius, ein Physikochemiker und Ehrenmitglied unserer Gesellschaft, der die frühen Grundlagen zur wissenschaftlichen Erkenntnis des Risikos gelegt hat. Dies geschah mit Hilfe der Spektroskopie, einer physikalisch-chemischen Methode, die wesentlich durch Robert W. Bunsen, den Namensgeber unserer Gesellschaft mitbegründet wurde.

Martin Quack

### QUELENNACHWEIS

1. Worte des Vorsitzenden Mao Tse-Tung, Erste Auflage, Verlag für fremdsprachige Literatur, Peking 1967 (der gezeigte chinesische Originalvorspann wurde aus Copyrightgründen hier nicht abgebildet).
2. «Femtosecond Chemistry», Herausgeber J. Manz und L. Wöste, VCH Weinheim 1995 (Proceedings of the Berlin Conference 1993). (siehe Vorwort ebendort pp. V-IX).
3. G. Porter «Flash Photolysis into the Femtosecond, A Race against Time», Kapitel 1 in ref. [2], 1995, pp. 3-13.
4. M. Quack, „Molecular Femtosecond Quantum Dynamics Between Less than Yoctoseconds and More than Days: Experiment and Theory“, Kapitel 27 in ref. [2] (1995), pp. 781-818.
5. M. Quack und W. Kutzelnigg, «Molecular-Spectroscopy and Molecular-Dynamics - Theory and Experiment», *Ber. Bunsenges. Phys. Chem.*, 1995, **99**, 231-245
6. M. Quack, «Molecules in Motion», *Chimia*, 2001, **55**, 753-758
7. P. B. Corkum, «Plasma Perspective on Strong-Field Multiphoton Ionization», *Phys. Rev. Lett.*, 1993, **71**, 1994-1997
8. P. B. Corkum und F. Krausz, «Attosecond Science», *Nature Physics*, 2007, **3**, 381-387
9. H. J. Wörner und P. B. Corkum, *Attosecond Spectroscopy*, in *Handbook of High Resolution Spectroscopy*, eds. M. Quack and F. Merkt, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 2011, Band 3, Kapitel 50, pp. 1781-1803.
10. A. H. Zewail, «FemtoChemistry, Concepts and Applications», Kapitel 2 in ref [2], pp. 15-128.
11. A. H. Zewail, «Femtochemistry: Atomic-Scale Dynamics of the Chemical bond using ultrafast lasers - (Nobel lecture)», *Angew. Chem.-Int. Edit.*, 2000, **39**, 2587-2631, *Angew. Chem.*, 2000, **112**, 2688-2738.
12. G. Jung, «Nachlese zur Bunsentagung 2009 in Köln aus der Sicht des Karriereforums», *Bunsen-Magazin*, 2009, **11**, 163-164
13. Dr. Melanie Schnell wurde weiterhin am Freitag als neue Vorsitzende gewählt.
14. M. Quack, «Wann wurde Robert Wilhelm Bunsen geboren?», *Bunsenmagazin*, 2011, **13**, 56-57
15. M. Quack, Leitartikel, *Bunsenmagazin*, 2011, **13**, 1-2., Hier findet sich auch das volle Zitat des Briefes von R. W. Bunsen an H. 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 Sonnenspektrum aufgefunden und diese Linien künstlich im Sonnenspektrum verstärkt und im linienlosen Spektrum hervorgebracht hat und zwar der Lage nach mit den Fraunhofer'schen identischen Linien.“
16. M. Quack, *Frontiers in Spectroscopy (Concluding Paper to Faraday Discussion 150, 2011)*, in *Faraday Discuss.*, 2011, Band 150, pp. 533-565.
17. G. Kirchhoff und R. Bunsen, 1. Abhandlung Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen, *Poggend. Ann.* 110, 161-169 (1860). Nachdruck in «Ostwalds Klassiker der Exakten Wissenschaften, Bd. 72 mit einem Kommentar von W. Ostwald, 2. Auflage, Verl. Harri Deutsch, Thun und Frankfurt 1996.
18. G. Kirchhoff und R. Bunsen, 2. Abhandlung *Poggend. Ann.* 113, 337-(1861). Nachdruck in «Ostwalds Klassiker der Exakten Wissenschaften, Bd. 72 mit einem Kommentar von W. Ostwald, 2. Auflage, Verl. Harri Deutsch, Thun und Frankfurt 1996.
19. M. Quack und F. Merkt, Hrg., *Handbook of High Resolution Spectroscopy*, Wiley, Chichester, New York, 2011, 3 Bände, ISBN 978-0-470-06653-9. (Das «Handbook» wurde auch an einer Wiley-Veranstaltung am Samstag 4.6.11 vorgestellt).
20. N. A. Sharp, NOAO/NSO/Kitt Peak FTS/AURA/NSF [http://www.noao.edu/image\\_gallery/html/im0600.html](http://www.noao.edu/image_gallery/html/im0600.html)
21. Feuerlöscher oder Klimakiller? Kohlendioxid CO<sub>2</sub> – Facetten eines Moleküls, Herausgegeben von der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für Physikalische Chemie, Frankfurt (2011) unter Mitwirkung der DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie, der Gesellschaft Deutscher Chemiker und des Verbandes der Chemischen Industrie.
22. S. Arrhenius, «On the Influence of Carbonic Acid in the Air on the Temperature on the Ground», *Philos Mag* 5, 1896, **41**, 237-276
23. F. Auf der Maur, *Wie wir unsere Erde zum Treibhaus machen (Brochure)*, Bern, 1983
24. B. Richter, *Beyond Smoke and Mirrors. Climate Change and Energy in the 21st Century*, Cambridge University Press, Cambridge, 2010
25. Neue Zürcher Zeitung 31. Mai 2011
26. M. Quack, Doktoratsfeierrede 2004, neuerer Wiederabdruck in VSH Bulletin zum Jahr der Chemie 2011, Bulletin der Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden VSH/AEU, 2011, **37**, 7-14.
27. W. Krewitt, F. Hurley, A. Trukenmüller und R. Friedrich, «Health Risks of Energy Systems», *Risk Analysis*, 1998, **18**, 377-383
28. Modified picture reproduced after original blue marbles series, by permission, see nasa.gov (<http://www.isc.nasa.gov/policies.html#guidelines>)
29. A. Merkel, *Der Preis des Überlebens*, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart 1997