



Von links: die Professoren Dieter Seebach (emer., ETH Zürich), Ernst Peter Fischer (emer., Universität Konstanz), Antonio Togni (ETH Zürich) und Roger Alberto (Universität Zürich) an der Eröffnungsfeier «VISION» am 2. Juni 2011 in der Calatrava-Bibliothek «Kulturleistung Chemie» des IYC 2011

„Das Motto von 2011 gilt auch für die Zukunft“ Wissenschaftliche Leistungen der Chemie prägen Alltag und Gesellschaft



www.chab.ethz.ch/publicrelations/IYC_2011

„Während Julius A. Stöckhardt (1809 - 1886) in seinem 1846 erschienenen Lehrbuch «Schule der Chemie» noch schrieb: `Die Chemie ist, abgesehen von ihrer Nützlichkeit, die niemand bestreiten wird, eine schöne Wissenschaft` und auch Friedrich A. Kekulé (1829 - 1896) in seiner Antrittsrede von 1878 als Rektor der Universität Bonn meinte: `Die Schule der selbständig und dabei ruhig Denkenden hat jetzt auch unter den Chemikern so viele Vertreter, dass eine stetige Entwicklung der Wissenschaft in sicherer Aussicht steht und ein Überwuchern durch Unkraut nicht mehr zu befürchten ist`, ist man heute objektiver bestrebt, die Chemie im Zusammenhang mit ihrer Historie und Rolle in der Ge-

sellschaft zu bewerten und zu hinterfragen“, erklärt Prof. Dr. Antonio Togni. Er hatte den Feierlichkeiten von ETH / Universität Zürich im Internationalen Jahr der Chemie 2011 das Motto «Kulturleistung Chemie» zugeordnet. Dabei handelt es sich um einen Begriff, den der deutsche Wissenschaftstheoretiker Peter Janich prägte. „Errungenschaften der Chemie nutzen nicht nur der Wirtschaft oder stehen in positiven bzw. negativen Wechselwirkungen mit der Umwelt, sondern haben jahrtausendlang auch die Weiterentwicklung des menschlichen Alltags geprägt. Dies ist vielen neugierigen, kreativen und ausdauernden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zu verdanken. In die-

ser Sonderausgabe Nr. 22 unserer Hauszeitung soll gezeigt werden, dass in den letzten Jahrzehnten teilweise bahnbrechende Erkenntnisse rund um die chemischen Elemente und Moleküle zustande kamen, aber nicht immer nur geradlinig und in harmonischer Weise.“



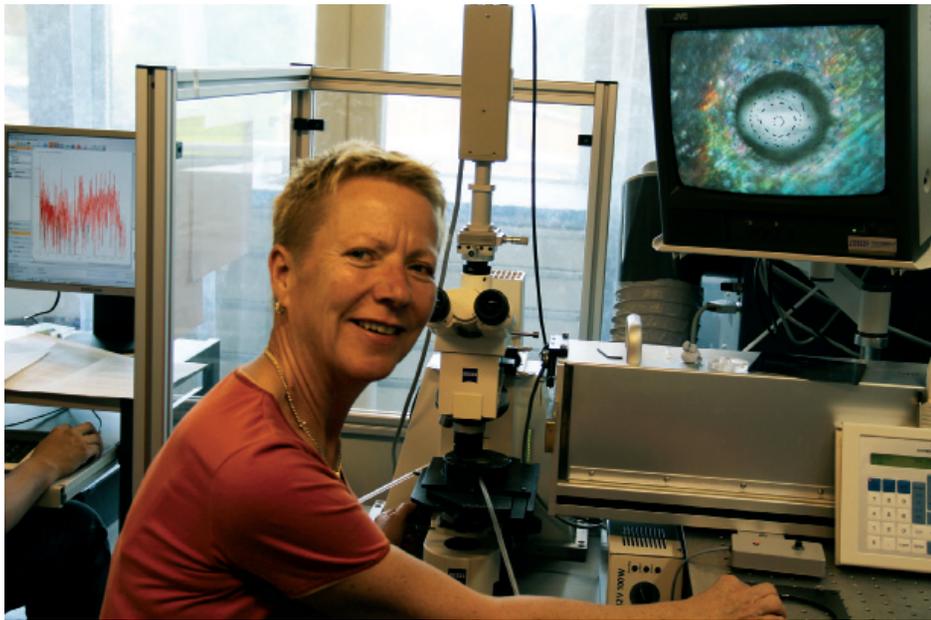
Foto R. Häfliger



Foto R. Häfliger



Foto R. Häfliger



Kathrin Hametner, Laboratorium für Anorganische Chemie, während einer Spurenelementanalyse mittels Laser Ablation-ICP-Massenspektrometrie

Charakteristische Elementmuster zum Nachweis von Fundort und Echtheit wertvoller Sapphire und Rubine Elemente suchen und nachweisen

„Edelsteine erzielen je nach Grösse, Gewicht, Klarheit, Farbe, Schliff und Einschlüssen grosse Preisunterschiede auf dem Markt. Wesentlich für ihren Wert sind dabei auch die gesicherten Fundorte, die Auskunft über ihre Qualität und Seltenheit geben“, berichtet Kathrin Hametner, die als technische Mitarbeiterin in der Forschungsgruppe von Prof. Dr. Detlef Günther so manch wertvolles Stück näher untersucht hat. „Fälschungen werden fortlaufend perfekter und verursachen volkswirtschaftliche Schäden in Höhe von Hunderten von Millionen Euro pro Jahr.“

Sie analysiert auf Anfrage des «GRS Gemresearch Swisslab» die Zusammensetzung bestimmter Edelsteine mit Hilfe der Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma Mass-Spectrometry (LA-ICP-MS). Mit weniger als 100 Nanogramm Material und Messzeiten von teilweise nur 30 Sekunden fertigt sie «Fingerprints», die dem Zuordnen zu Schürfminen dienen. „Mit der Methode lassen sich auch charakteristische «leichte» Elemente wie beispielsweise Lithium, Beryllium oder Bor gut erfassen.“

Besonderes Interesse gilt in der Arbeitsgruppe den Rubinen und Saphiren, beides Varietäten des farblosen Korunds (Aluminiumoxid Al_2O_3). Erst zusätzliche Spurenelemente wie beispielswei-

se Titan, Gallium, Vanadium, Chrom, Eisen, Kupfer und Zink bewirken bei Saphiren Farbtonungen von farblos über gelb, grün, violett, rosa bis zum klassischen Blau. Als Rubin bezeichnet man die durch Chrom gefärbte rote Varietät des Minerals.



Beryllium-behandelte, rosa- und lachsorangefarbene Sapphire (www.gemresearch.ch/journal)

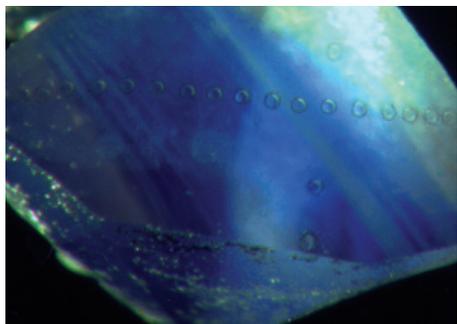
„Da sich Korunde relativ einfach synthetisch herstellen lassen, versuchen wir, mit den analysierten Hauptelementmustern die Herkunft zu verifizieren.“ Etwa 1902 gelang es Händlern erstmals, synthetische Steine zu produzieren. Dazu erhitzen sie, vereinfacht dargestellt, Tonerde-Pulver der gleichen chemischen Zusammensetzung wie ihre natürlichen Vorbilder mit entsprechenden Farbzusätzen unter Sauerstoffzufuhr

auf Temperaturen bis zu 2000°C . Die kristalline Masse wird nach Abkühlung jeweils wie ein Edelstein geschliffen.

„Elementkorrelationen stellen wir als «Dreiecksdiagramme» dar. Diese sind ein wichtiges Hilfsmittel zur Beschreibung mehrdimensionaler Zusammenhänge der relativen prozentualen Anteile von drei Komponenten (X,Y,Z)“, erklärt die Spezialistin. Dabei werden die verschiedenen Elemente als Streuungen in einem Bereich wiedergegeben. Je kompakter dieser gefundene Element-Bereich ist, desto eindeutiger ist die Korrelation der betrachteten Parameter. Analysen unbekannter Proben werden dann anhand ihrer Elementmuster und ihrer Einordnung in einem solchen Dreiecksdiagramm entsprechenden Fundorten zugeordnet. Auch lassen sich Informationen über die primären Muttergesteine und der mit den Rohkristallen verwachsenen Begleitminerale oder Fremdminerale gewinnen. In den 12 Jahren ihrer Tätigkeit mit LA-ICP-MS hat sie meist synthetische und echte Edelsteine im Vergleich auf ihre Zusammensetzung hin analysiert und kennt sich inzwischen gut mit Saphiren und Rubinen verschiedener Minen aus. Einfache Diffusionsbehandlungen, bei denen farbgebende Ionen in den Stein eindringen und an der Oberfläche eine dünne, intensiv gefärbte Schicht hervorrufen, sind leicht zu entlarven. Doch die Hersteller synthetischer Edelsteine verfügen heutzutage über grosses technisches Knowhow.

„Zu den besten Synthesemethoden zählt heute das «Ramaura-Flussmittelverfahren», mit dem auch das Innere wie bei einem natürlichen Rubin täuschend echt nachgeahmt werden kann. Gesicherte Aussagen sind daher erst nach Messung der Elemente möglich, auch von denen, die sich beispielsweise in Einschlüssen nur echter Steine finden.“ Bei einer reinen und vom Handel akzeptierten Hitzebehandlung wird keine Farbe von aussen in den Stein eingebracht, sondern lediglich intensiviert oder zum Vorschein gebracht. Dies ist der Fall bei dem in Saphir häufig vorkommenden Rutil, einem Titan-Oxid. Der Schmelzpunkt von Titan liegt bei 1656°C . Wird der bei 2053°C schmelzende Saphir auf Temperaturen über dem Schmelzpunkt der Rutil Einschlüsse erhitzt, diffundieren Titanionen aus diesen in den umgebenden Wirtskristall ein und lassen die begehrte königsblaue Farbe entstehen. Um mindere Qualitäten hinsichtlich

Farbe und Reinheit zu verbessern, werden Rubine von blasser Farbe, mit störenden Einlagerungen oder Rohsteine mit blauem Kern über mehrere Stunden hinweg auf 1600-1800°C erhitzt und dann langsam abgekühlt. Dadurch wird die Farbe der dunkelvioletten bis fast schwarzen Kerne in ein intensives Rot überführt und der Stein klarer.



Mit Beryllium hitzebehandelter Saphir mit LA-ICP-MS-Kratern (GRS Probe 12925.2)

Damit geklärt werden konnte, ob solche Steine beispielsweise aus den berühmten Schürfmienen des 1992 entdeckten Vorkommens in Mong Hsu stammen, waren wieder die LA-ICP-Messungen gefragt. Die Rubine in «taubenblutroter» Farbe aus Mogok im Norden von Myanmar (ehemals Burma) sind nämlich für ihre Seltenheit und Schönheit berühmt. Unbehandelte Kristalle bestehen aus zweifarbigen Korund mit einem Kern aus dunkelviolettem bis fast schwarzem Saphir und einem intensiv roten Rand aus Rubin.

Plötzlich standen massenweise rosafarbene Saphire zum Verkauf

„Raffiniert ist auch eine neuere Methode der Hitzebehandlung mit extrem hohen Temperaturen, Oxidationsbedingungen und der Diffusion von Beryllium in die Oberflächenschicht von Korund“, erzählt Hametner. „Dazu gibt es eine spannende «Entstehungs-Geschichte»: Etwa 2001 unterzog ein thailändischer Edelsteinbehandler zuerst Chrysoberyll (durch Spuren von Chrom und Eisen gold-, braun- oder grügelbes Berylliumaluminat) und danach Tansania-Saphire zur Farbverbesserung einer thermischen Behandlung. Bald danach kamen auffallend viele goldgelbe, orange und insbesondere rosa-orange «Padparadschahs» genannte Saphire auf den japanischen Markt. Im Januar 2002 gaben die «American Gem Trade Association (AGTA)» als auch die Firma «Pala International» erste Warnungen dazu heraus.

Nach einer Reinigung und der damit verbundenen Zerlegung des Brennofens konnte die Ursache für die schillernde Farbgebung gefunden werden. Beim ersten Brand hatte sich vermutlich ungeplant einer der Chrysoberyll zwischen den Schamottsteinen der Brennkammer eingeklemmt, was zunächst unentdeckt blieb und dann gezielt ausgenutzt wurde. Die neue Farbe drang zu Beginn der Brennschmelze allerdings nur wenig unter die Oberfläche, so dass die Saphire nicht ohne Farbverlust umgeschliffen werden konnten.

Die Penetrationstiefe der farbgebenden Berylliumionen ist direkt proportional der Behandlungszeit. Deshalb wird heute so lange gebrannt, bis die Farbe den Stein vollständig oder fast ganz durchdringt. Rubine von mittelmässiger Farbe werden dann blutrot und zuvor dunkelblaue Saphire lassen sich zu einem intensiven Blau aufhellen.

Inzwischen gilt dieser Beryllium-Diffusions-Prozess als das am weitesten verbreitete Verfahren zur Farbveränderung von Korunden, wobei schon Anteile des Elementes in einem Grössenbereich von 10-35 ppm eine Vielzahl von Farben erzielen können.

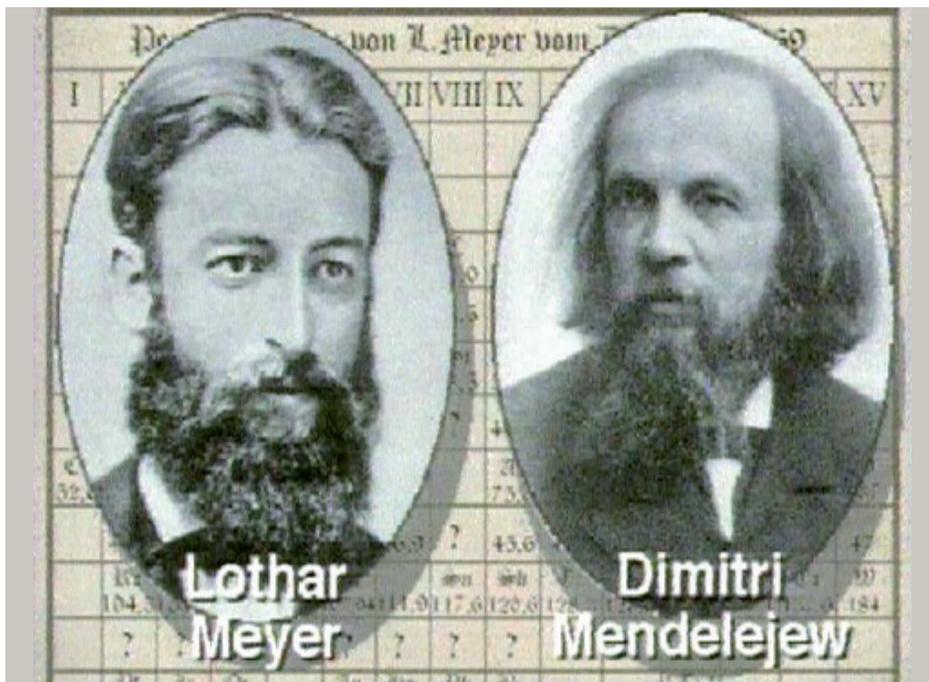
„Wir fanden heraus, dass eine Tönung ins Gelbe oder Orange durch Beryllium vor allem dann gelingt, wenn das Material Chrom enthielt. Synthetische Korundmaterialien ohne Ti und Cr wechselten die Farbe nicht, solche ohne Vanadium, aber mit Cr, Ti, Mg, Fe, schon. Bei echten Rubinen verschob sich die Farbe unter Be leicht ins Bräunliche. Saphire enthielten in ihren blauen Farbzonen viel Titan sowie Eisen, orange-farbene Padparadscha-Steine eher Magnesium und Eisen und dunkelrote viel Chrom. Nickel war oft ein Spurenelementbestandteil der Rubinmatrix.“ Aber es gibt auch noch ein anderes Beispiel von Edelsteinen, die zunächst als synthetisch angesehen wurden, sich dann aber doch als echt erwiesen: Als im November 2002 nahe Abatovita im Innern Madagaskars tiefrosafarbene Steine mit Katzenaugeneffekt entdeckt wurden, kamen diese zunächst als Beryll in den Handel. Jene Bezeichnung war allerdings nicht korrekt. Das neue Mineral gehört zwar zur Beryll-Gruppe, hat jedoch einen so hohen Gehalt an Caesium und Lithium, dass diese beiden Elemente in die chemische Formel aufgenommen wurden.



Details eines Rubinrohkrystals ohne blaue Farbzonierung, aus der Mine bei Winza (Tansania) in pargasithaltigem, plagioklasreichem Felsgestein (GRS Referenzkollektion)

„Um die stattfindenden chemischen Reaktionen näher zu untersuchen, wurden verschiedene synthetische und auf dem Markt erhältliche rosafarbene Saphire in Hälften geschnitten und beide Teile in einer spezialisierten thailändischen Fabrik einer Behandlung zur Farbänderung unterzogen. Dann wurden die Proben auf 40 Elemente untersucht“, schildert die Forschungsassistentin.

Im September 2003 akzeptierte die «Internationale Mineralogische Gesellschaft» den Namen «Pezzottaite». Obwohl nur in Madagaskar vermutet, konnte in der Zwischenzeit ein aus Afghanistan stammender rosafarbener Beryll (Morganit) im Nachhinein ebenfalls als Pezzottaite identifiziert werden. (Pezzottaite from Ambatovita, Madagascar: A New Gem Mineral; Gem & Gemology, 2003, 39, 284-301)



Lothar Meyer und Dimitri Mendelejew erkannten, dass man die chemischen Elemente nach steigendem Atomgewicht ordnen kann. (Quelle: <http://www.br-online.de/bildung/databrd/mati.htm/matibio.jpg>)

Aufregungen und Kontroversen in der Geschichte des Periodensystems

Elemente neu ordnen, umbenennen und ordnungsgemäss bezeichnen

Im Jahr 1782 vermerkte Louis-Bernard Guyton de Morveau (1737-1816), der auch an der 166 Bände fassenden «L' Encyclopédie méthodique» mitarbeitete: „Ein Element oder eine Verbindung soll einen einmaligen Namen erhalten, weil es sonst zu Verwirrung kommt. Zudem wäre es im Interesse der Wissenschaft, eine gleichbleibende Methode der Benennung zu verwenden, welche die Intelligenz unterstütze und das Gedächtnis entlaste.“

Zwar stimmte der Jurist und Chemiker in der französischen Nationalversammlung der Revolutionszeit für den Tod des Königs und begründete die «École de Mars», setzte sich aber im «Comité de salut public» für die Modernisierung der Wissenschaften und die industrielle Anwendbarkeit der Chemie ein. Gemeinsam mit Antoine L. Lavoisier, Claude L. Berthollet und Antoine F. de Fourcroy rief er die «Méthode de Nomenclature chimique» (On y a joint un nouveau système de caracteres chimiques, adaptes a cette nomenclature...) ins Leben und beseitigte mit einer logischen Nomenklatur etliche der Namen aus der Alchimie. Doch viele Apotheker, Färber und Glasmacher waren von dieser neuen Fachsprache, die ihre altbewährten Begriffe für Farben, Gerüche und medizinische

Eigenschaften durch neue «Composita» ersetzte, wenig begeistert. Sie vermissten in jener analytischen und quantitativen Terminologie die Bezüge zu geographischen Ursprüngen oder Hinweisen auf die Entdecker der Substanzen. Zudem beklagten sie, dass sich häufig ein Name auf mehrere Substanzen bezog oder, dass verschiedene Namen eine einzige Substanz bezeichneten. Dabei bereitete es nicht nur Mühe, chemische Elemente mit systematischen Namen zu versehen, sondern auch, diese in korrekter Weise zu ordnen. Eine Vorstufe des heutigen Periodensystems der Elemente (PSE) schlug bereits im Jahr 1829 Johann Wolfgang Doebereiner (1780-1849) in dem Buch «Annalen der Physik» als «Versuch zur Gruppierung der elementaren Stoffe nach ihrer Analogie» vor. Der Chemiker gilt als Wegbereiter der chemischen Praktika im Lehrbetrieb an deutschen Universitäten. Er organisierte Ausflüge zu chemischen Fabriken in der Umgebung und ergänzte seine Vorlesungen mit Experimenten zur anorganischen und organischen Chemie. Bereits 1820 hielt er in Jena chemisch-praktische Kolloquien ab. Doebereiner entdeckte 1816 einen Zusammenhang zwischen den sehr ähn-

liche Eigenschaften aufweisenden Elementen Calcium, Strontium und Barium. Nachdem er festgestellt hatte, dass die Atommasse des mittleren Elementes dem Mittelwert der Atommassen der Elemente davor und danach entsprach, ordnete er 30 von den damals 53 bekannten Elementen in Dreiergruppen, den „Triaden“ an und machte so Vorhersagen über noch unbekannte Elemente, wie für das Atomgewicht des Broms. Im Jahr 1850 stellte der Hygieniker Max von Pettenkofer (1818-1901) sogar grössere Gruppen chemischer Elemente zusammen, wie beispielsweise Stickstoff, Arsen, Antimon und Bismut (Wismuth). Alexandre Béguyer de Chancourtois (1820-1886) entwarf 1862 ein Modell, bei dem die Elemente nach ihrer steigenden Atommasse auf einer Schraubenlinie um einen Zylinder angeordnet waren. In dieser «tellurischen Helix» befanden sich die Elemente mit ähnlichen Eigenschaften senkrecht übereinander. In den Jahren 1863 bis 1866 sortierte der englische Industriechemiker John Alexander Reina Newlands (1837-1898) zunächst 35 der damals bekannten Elemente einfach nach steigender Atommasse. Dabei stellte er fest, dass nach jeweils sieben Elementen periodisch ein achttes Element folgte, das dem Ersten ähnelte. Allerdings war sein «Law of Oktaves» wegen der vielen unentdeckten Elemente noch mit etlichen Störungen behaftet.

Dieses System wurde daher von der Fachwelt zunächst nicht ernst genommen, bis nur wenige Jahre später von den beiden Wissenschaftlern Dmitri



Louis-Bernard Guyton de Morveau (geb. 4. Januar 1737; gest. 2. Januar 1816) (Quelle: Wikipedia)

Iwanowitsch Mendelejew (1834-1907) und Lothar Meyer (1830-1895) ausgefeiltere Darstellungen veröffentlicht wurden, die sich schnell durchsetzten.

1864 erschien Meyers Buch «Die modernen Theorien der Chemie und ihre Bedeutung für die Chemische Statik» mit Ideen über Moleküle und Atome, das mehrere Neuauflagen erfuhr. Bereits in dieser Zeit untersuchte er Gruppen von chemisch ähnlichen Elementen und Zahlenbeziehungen zwischen deren Atomgewichten. Mit dem Entwurf eines PSE mit 52 Elementen begann er etwa 1868, nachdem er den Ruf als Ordinarius für Chemie an das «Polytechnikum Karlsruhe» angenommen hatte.

Im März 1869 veröffentlichte Mendelejew sein PSE unter dem Titel «Die Abhängigkeit der chemischen Eigenschaften der Elemente vom Atomgewicht» und ordnete darin die damals bekannten 63 Elemente ansteigend nach der Atommasse in sieben Gruppen mit ähnlichen Eigenschaften an. Meyer publizierte einige Monate später eine fast identische Tabelle: «Die Natur der chemischen Elemente als Funktion ihrer Atomgewichte». Hierin stellte er basierend auf seinen früheren Überlegungen die Elemente der heutigen Hauptgruppen sortiert nach dem Atomgewicht in Perioden zu sechs Gruppen nach Wertigkeit dar und sagte 13 der damals noch unbekannt Elemente vorher. Die zwei Chemiker kündigten die Eigenschaften der drei noch nicht nachgewiesenen Elemente Gallium (bei Mendelejew: Eka-Aluminium, entdeckt 1875), Scandium (Mendelejew: Eka-Bor, entdeckt 1879) und Germanium (Mendelejew: Eka-Silizium, entdeckt 1886) an. (Teile des Textes: *Universitätsarchiv der TU Chemnitz-Zwickau; von Dr. Dagmar Szöllösi*).

Ebenso wenig Einklang herrschte damals über formelhafte Darstellungen. In Kekulé's «Lehrbuch der Organischen Chemie» fanden sich beispielsweise auf einer Seite neunzehn verschiedene Formeldarstellungen der Essigsäure. Oder, wie sich Meyer beklagte: „C₂H₄ war je nach der Partei, zu welcher der Schriftsteller sich hielt, entweder Grubengas oder Äthylen.“

Obwohl über die Urheberschaft des PSE ein jahrelanger Prioritätenstreit entbrannte, gaben die beiden Wissenschaftler zu, wie sehr sie durch den Karlsruher Chemikerkongress 1860 und den dort ausgelegten «Sunto di un corso di filosofia chimica» (Abriss eines Lehrganges der theoretischen Chemie) des

genuesischen Chemieprofessors Stanislao Cannizzaro (1826-1910) inspiriert wurden. Meyer resümierte: „Wenn ich einige Jahre später etwas für die Klärung der Sachlage und Beruhigung der erhitzten Gemüter habe beitragen können, so ist das zu einem nicht unwesentlichen Teil der Schrift Cannizzaro zu danken.“

Auch Mendelejew gestand 30 Jahre danach, dass der Geist der Karlsruher Tagung unmittelbare Auswirkungen auf seinen «Versuch eines Systems der Elemente, begründet auf deren Atomgewicht» gehabt hätte.

Babylonische Verwirrung herrschte unter den Chemikern um die Mitte des vorigen Jahrhunderts. Man verstand einander kaum noch. Die Uneinigkeit betraf hauptsächlich drei Fragen: die Avogadro'sche Hypothese, die dualistische Theorie, die Nomenklatur und Formulierung.

Die Molekulahypothese, die Avogadro schon 1811 aufgestellt hatte, war von den meisten nicht erfaßt worden, wozu sprachliche Unzweckmäßigkeiten, wie die Anwendung des Wortes „Atom“ auch auf Verbindungen, nicht wenig beitrugen. Dem Dualistiker Berzelius hatte es nicht in den Kopf gewollt, daß sich zwei Wasserstoffatome miteinander verbinden könnten. Nach seinem 1848 erfolgten Tode fochten seine Anhänger mit ähnlichen Einwänden weiter. Die beim Schwefel, Phosphor, Phosphorpentachlorid usw. auftretenden Dampfdichte-Anomalien erschwerten die Erkennung der allgemeinen einfachen Beziehungen zwischen Dampfdichte und Molekulargewicht.

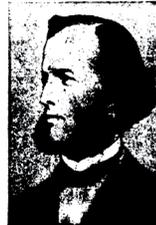
Die im allgemeinen zutreffenden Berzelius'schen Atomgewichte waren von den verschiedensten Seiten „berichtigt“ worden. Außer Atomgewichtstafeln standen „Äquivalenttafeln“ in Gebrauch.

Neben der Bekämpfung der dualistischen Theorie durch Dumas und seine Schule tobte der Streit zwischen den verschiedenen Radical- und Typentheorien. Dieses Schauspieler müde, kümmerten sich viele Chemiker überhaupt nicht mehr um solche theoretischen Dinge.

Doch auch mit der für alle unentbehrlichen Formulierung sah es nicht besser aus. Wasser wurde HO, HO, H₂O, H₂O₂ formuliert; „C₂H₄ war je nach der Partei, zu welcher der Schriftsteller sich hielt, entweder Grubengas oder Äthylen“ (L. Meyer); die verschiedenen für Essigsäure vorgeschlagenen Formeln füllten in den Lehtbüchern eine ganze Seite.

Wurtz klagte über „die Anarchie, die in der chemischen Ausdrucksweise herrscht“. Erdmann, der Herausgeber des „Journals für praktische Chemie“, schrieb: „Jeder Abhandlung muß ein Schlüssel vorgesetzt werden, wie in der Musik“. Ludwig rief verzweifelt aus: „Berzelius, ist denn kein Berzelius da?“

Statt eines neuen Berzelius kam die Karlsruher Versammlung. Das Samenkorn, dem sie entsproß, wurde im Herbst 1859 von Kekulé gelegt, als er zu seinem Kollegen Weltzien über die Zweckmäßigkeit einer internationalen Chemikerzusammenkunft für die Klärung der Meinungen sprach. Kekulé, erst dreißig-jährig, wirkte seit 1858 als ordentlicher Professor in Gent. Durch längeren Aufenthalt in Paris und London war er mit den französischen und englischen Chemikern wohl bekannt. Bei der Ab-



F. A. KEKULÉ
1825-1896

Seite 7 aus: «Der internationale Chemiker-Kongreß Karlsruhe 3.-5. September 1860 - vor und hinter den Kulissen», Alfred Stock, Verlag Chemie, Berlin: 1933

Das erste internationale Symposium

Auf der erwähnten Tagung sollten die bestehenden Fragen des Atom- und Molekülbaus bereinigt sowie Nomenklatur und Formelschreibweise vereinheitlicht werden. Dazu luden Friedrich August Kekulé von Stradonitz, Charles Adolphe Wurtz und Karl Weltzien die wichtigsten Vertreter des Faches für den 3. bis 5. September 1860 ins Ständehaus nach Karlsruhe ein. „127 Chemiker aus Europa und Übersee reisten an, darunter ausser Mendelejew und Meyer auch Robert Bunsen, Adolf von Baeyer, Emil Erlenmeyer, Hermann von Fehling, Carl Remigius Fresenius, Hermann Kopp, Friedrich Konrad Beilstein, Jean-Baptiste Boussingault und Jean-Baptiste Dumas. Weltzien leitete die erste Sitzung am 3.

September. Dann tagte um 11 Uhr eine neunköpfige Kommission unter dem Vorsitz von Kopp, um die auf dem Kongress zu behandelnden Themen zu spezifizieren. Man legte sich auf die zu treffende Unterscheidung zwischen «Atom», «Molekül» und «Äquivalent» fest. Am nächsten Tag diskutierte die Versammlung diese Fragen, ohne jedoch zu einem greifbaren Resultat zu gelangen. Man gab deshalb die strittigen Themen wieder zurück an die Kommission, die nach einigen Folgediskussionen beschloss, der Versammlung drei konkrete Nomenklaturfragen zur Entscheidung vorzulegen. Am 5. September beriet der Kongress dann unter Vorsitz von Dumas über die von der Kommission am Vortag beschlossenen Fragen zur Nomenklatur und Verwendung chemischer Symbole“....

(Textteile verschiedener Seiten von Wikipedia, www.bibliothek.kit.edu/cms/chemiker-kongress.php#Allgemeines)

Eröffnungsrede von Weltzien zum ersten internationalen Chemiker- (und Wissenschaftler) Kongreß 1860 in Karlsruhe:

„Meine Herren! Als provisorischer Geschäftsführer habe ich die Ehre eine Versammlung zu eröffnen, wie eine derartige zuvor wohl nie getagt hat. ... Zum ersten Male sind hier die Vertreter einer einzigen Naturwissenschaft, und zwar der jüngsten, versammelt; diese Vertreter gehören aber fast allen Nationalitäten an. Wir sind verschiedenen Stammes und sprechen verschiedene Sprachen, aber wir sind fachverwandt, uns verbindet ein wissenschaftliches Interesse, uns vereinigt dieselbe Absicht. Wir sind versammelt zu dem bestimmten Zwecke, den Versuch zu machen, in gewissen, für unsere schöne Wissenschaft wichtigen Punkten eine Einigung anzubahnen.

Bei der außerordentlich raschen Entwicklung der Chemie, besonders bei der massenhaften Ansammlung des tatsächlichen Materials, sind die theoretischen Ansichten der Forscher und die Ausdrücke in Wort und Symbol weiter auseinander gegangen, als zur gegenseitigen Verständigung zweckmäßig und besonders für das Lehren ersprießlich ist. Und doch bei der Wichtigkeit der Chemie für die übrigen Naturwissenschaften, bei der Unentbehrlichkeit derselben für die Technik muß es im höchsten Grade wünschenswerth und geboten erscheinen, ihr eine exactere Form zu geben, damit es möglich werde, dieselbe in verhältnißmäßig kurzer Zeit wissenschaftlich zu lehren. ...“

(<http://www.sgipt.org/wisms/geswis/chem/chem1860.htm> - Quelle: GIPT-Dokumente zur Wissenschaftsgeschichte, Erlangen; s. auch R. Anschütz: Kekulé's Leben und Wirken, Bd. 1, Berlin 1929, S. 674)

Heftige Auseinandersetzung rund um das Atomgewicht

Mitte des 19. Jahrhunderts wurden sogar mehrere Systeme von Atomgewichten nebeneinander benutzt. Eines basierte auf Wasserstoff, dem als Basiseinheit der Wert 1 zugeordnet wurde. Dem Kohlenstoff ordnete man 6 und dem Sauerstoff 8 zu. Solange es diese Unsicherheiten gab, war die elementare Zusammensetzung der untersuchten Verbindungen ohnehin zweifelhaft. Der Anstoss zu einer Veränderung ging zu einem Grossteil auf die Entdeckung des Elementes Germanium zurück, welches am 6. Februar 1886 von Clemens Winkler (1838-1904), Professor für anorganische Chemie an der Bergakademie Freiberg, nach viermonatiger Arbeit aus dem Freiburger Mineral Argyrodit isoliert wurde. In seinen «Mittheilungen über das Germanium» schrieb er: „Von grösstem Interesse musste es sein, das Atomgewicht des Germaniums festzustellen“. ... Da die Versuche Winklers zur Ermittlung des Atomgewichtes auf dem Wege der klassischen Gewichtsanalyse „...durchaus keine constanten, sondern sogar ganz erheblich differierende Werthe [lieferte]“, bestimmte er das Atomgewicht auf „... massanalytischem Wege und zwar durch Titrierung des im [Germanium] Tetrachlorid enthaltenen Chlors nach Volhard's Methode.“

Als Bezugsgrösse bei der Berechnung des Atomgewichtes diente ihm $H = 1 / O = 15,96$, was „im Mittel von 4 Versuchen 72,32“ ergab. Er vermerkte: „Obwohl sich die Richtigkeit des so gefundenen Atomgewichtes in Rücksicht auf die angewendete Methode noch nicht unbedingt verbürgen lässt, so stimmt dasselbe doch mit der von Mendelejew für Ekasilicium berechneten so nahe überein, dass die Identität des Germaniums mit letzterem nicht zu bezweifeln ist“. ... Bei der Wahl der zweckmässigen Bezugseinheit, Wasserstoff $H = 1$ oder Sauerstoff $O = 16$, standen sich die Gelehrten lange Zeit unversöhnlich gegenüber. Um Klarheit darüber zu schaffen, welche Atomgewichte den praktisch-analytischen Berechnungen zu Grunde zu legen sind, ernannte der Vorstand der Deutschen Chemischen Gesellschaft auf Antrag von Emil Fischer (1852-1919) am 1. Dezember 1897 eine Atomgewichtskommission (AGK) mit Hans Landolt (1831-1910) sowie Wilhelm Ostwald (1853-1932) und Karl Seubert (1851-1942).

Ihrem ersten Bericht legte die Kommission die Einheit $O = 16,000$ zugrunde.

Offenbar gab Ostwald in dieser Frage den Ton an, da er von Anfang an nur eine auf Sauerstoff bezogene Tabelle akzeptierte. Bei Winkler stiess diese Festlegung auf völliges Unverständnis. In seinem Brief an Seubert vom 18. August 1898 äusserte er vehement seine Kritik: „... dass Sie sich bezüglich der Atomgewichte mit den Herren Landolt und Ostwald zunächst auf die Norm $O = 16$ geeinigt haben, ist mir insofern bedauerlich, als damit die Einheit gefallen ist, welche dem Lehrer bei Darlegung der Volumen- und Gewichtsverhältnisse so unleugbare Vortheile darbot.“

Da es diesbezüglich noch weitere kritische Stimmen gab, beschloss die AGK, künftig zwei Tabellen bekannt zu geben: Die erste bezog sich auf $H = 1$, die zweite auf $O = 16$.

Im Jahr 1900 gründete sich eine internationale AGK, die an dem Kompromiss festhielt und zunächst zwei Tabellen für «internationale Atomgewichte» herausgab. In Deutschland änderte sich jedoch alsbald die Stimmung - offenbar unter nachdrücklicher Einflussnahme von Ostwald - und die AGK empfahl wieder nur eine auf $O = 16$ bezogene Tabelle.

Winklers Verärgerung war enorm. In einem an Seubert gerichteten Schreiben vom 2. März 1904 wettete er: „Die Vorwürfe oder richtiger die Vorstellungen, die ich gegen die Atomgewichts - Commission erhoben habe, sind weder gegen Sie, noch gegen unseren allverehrten Landolt, mit dem ich mich stets verstanden habe, gerichtet gewesen. Sie haben einzig Ostwald, dem Allesbesserwisser und Friedensstörer, gegolten. Was hat dieser Mann, der nicht eine einzige chemische Experimentalarbeit von Bedeutung geliefert hat, der - fragen Sie seine Schüler! - keine Analyse machen, viel weniger ein Atomgewicht bestimmen kann, auf unserem chemischen Gebiete zu schaffen und was giebt ihm ... das Recht, sich zum Führer

in Atomgewichtsangelegenheiten aufzuwerfen? Wohin Ostwald ... den Fuss setzt, schwindet die Gründlichkeit wissenschaftlicher Forschung und an ihrer Stelle tritt Phrasen- und Hypothesengeklingel.“ ... (Wladimir Reschetilowski, Heiner Hegewald, www.academics.de/wissenschaft/streit_der_gelehrten_um_das_atomgewicht_45177.html)

Konflikte bei der Namensgebung

Inzwischen werden die relativen Atommassen (Atomgewichte) im Auftrag der beiden «Internationalen Vereinigungen für Reine und Angewandte Chemie bzw. Physik» (IUPAC und IUPAP) von einer Kommission im Abstand von zwei Jahren überprüft und erforderlichenfalls neu festgelegt. In einer Liste wird für wichtige chemische Verbindungen, in denen ein bestimmtes Element vorkommt, ein Massenbereich angegeben. Auch im Periodensystem wird ein Intervall angeführt, für Rechnungen steht ein Mittelwert zur Verfügung.

Die IUPAC wurde im Jahr 1919 von Chemikern aus der Industrie und von Universitäten gegründet und gliedert sich in acht Abteilungen: Physikalische und biophysikalische Chemie, Anorganische Chemie, Organische und biomolekulare Chemie, Makromolekulare Chemie, Analytische Chemie, Chemie und Umwelt, Chemie und Gesundheit, Chemische Nomenklatur und Strukturdarstellung. Ziel war es, die weltweite Kommunikation der Chemiker untereinander zu ermöglichen und zu fördern. Nach einer Vorläufer-Organisation, der «International Association of Chemical Societies» (IACS), die sich 1911 in Paris traf und unter anderem bereits Fragen der Nomenklatur und der Standardisierung in der Chemie behandelte, ist die IUPAC als die bestimmende Institution anerkannt, wenn es sich um verbindliche Empfehlungen zu Nomenklatur, Symbolen, Terminologie, standardisierten Messme-



Schwefel (eventuell von indogermanisch *suel- oder „schwelen“ abgeleitet) und Zink (von: „Zinke, Zind“ „Zahn, Zacke“, da Zink zackenförmig erstarrt)

thoden oder Werte für molare Massen der chemischen Elemente in natürlicher Isotopengemisch-Zusammensetzungen handelt. (<http://goldbook.iupac.org/> und www.chem.qmw.ac.uk/iupac/AtWt/table.html oder <http://www.webelements.com>)

Neu entdeckte chemische Elemente erhalten normalerweise systematische, sich von der Kernladungszahl (Ordnungszahl) ableitende Elementnamen und werden von ihren Entdeckern benannt, sobald die Urheberschaft bestätigt ist. Daraufhin kann der Namensvorschlag innerhalb von etwa sechs Monaten in der wissenschaftlichen Welt diskutiert werden.

Mit dem Ziel, eine allgemein akzeptierte Benennung der Elemente mit den Ordnungszahlen 101 bis 109 zu schaffen, befasste sich in den Jahren 1986 bis 1992 die international besetzte 'Transfermium Working Group' (TWG) zunächst mit der Prioritätsfrage und konnte 1997 endlich den bestehenden Konflikt um die Namensgebung von Elementen schliesslich beenden: Die drei Gruppen, die sich um die Benennungen der Elemente 104, 105 und 106 stritten, waren eine amerikanische an der University of California, Berkeley, eine sowjetische bei Dubna und die deutsche Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) in Darmstadt.

Die Amerikaner bevorzugten folgende Namen: für 104: Rutherfordium, 105: Hahnium und für 106: Seaborgium. Die Russen hielten mit Kurtschatowium für 104 und Nielsbohrium für 105 dagegen. Die Benennung nach Igor Kurtschatow, dem Leiter des sowjetischen Atombombenprojekts wurde von den Amerikanern nicht akzeptiert. Ebenso schien der amerikanische Name für 106 inakzeptabel, weil Glenn T. Seaborg damals noch lebte.

Nach einer kritischen Bewertung der Elemententdeckungen der letzten 30 Jahre sprach die TWG den Forschern der GSI eindeutig die Entdeckung der Elemente mit den Ordnungszahlen 107, 108 und 109 zu, die in den Jahren 1981 bis 1984 erstmals nachgewiesen wurden. Daraufhin reichten die Wissenschaftler 1992 ihre Namensvorschläge bei der IUPAC ein: Das Element 107 sollte Nielsbohrium (zu Ehren des dänischen Physikers Niels Bohr), das mit der Ordnungszahl 108 Hassium (in Anlehnung an das Land Hessen - Sitz der GSI) und Element 109 Meitnerium (zu Ehren der österreichischen Physikerin Lise Meitner) heissen.

Im Jahr 1994 schlug die IUPAC unüblicherweise selbst Namen vor: für 104: Dubnium, 105: Joliotium sowie für 106: Rutherfordium, 107: Bohrium sowie 108: Hahnium und 109: Meitnerium.

Dies wurde von der 'American Chemical Society' (ACS) zurückgewiesen, da die Entdeckung von 106 durch eine amerikanische Gruppe nicht in Frage gestellt war und diese Gruppe das Recht der Namensgebung uneingeschränkt ausüben sollte. Auch hatte der Name für 104: Rutherfordium - bereits Eingang in die Lehrbücher gefunden, so dass die Benennung nicht für ein anderes Element verwendet werden sollte. 1997 wurden schliesslich folgende Namen beschlossen: für 104: Rutherfordium, für das Element 105: Dubnium, für 106 tatsächlich Seaborgium und 107: Bohrium, für 108: Hassium sowie für 109: Meitnerium.

Die GSI taufte 2003 auch das chemische Element 110 und nannte es zu Ehren der Stadt Darmstadt: Darmstadtium (Ds). Ein Jahr später erhielt das chemische Element mit der Ordnungszahl 111 nach den Entdeckern der GSI den offiziellen Namen Roentgenium (Rg). Das zuvor als Ununbium bezeichnete Element 112 wurde gleichfalls von einem internationalen Wissenschaftlerteam an der Beschleunigeranlage des GSI entdeckt: Das Copernicium (Cn) gehört zu den Transactinoiden. Es wurde am 10. Juni 2009 offiziell bestätigt und dies am 19. Februar 2010 von der IUPAC angenommen.

Ununquadium ist die vorläufige Bezeichnung eines ebenfalls zu den Transactinoiden zählenden chemischen Elements mit der Ordnungszahl 114. Am 1. Dezember 2011 wurde dafür der Name Flerovium mit dem Symbol Fl von den Entdeckern vorgeschlagen, der Vorschlag unterliegt derzeit noch dem mehrmonatigen Prüfungsverfahren.

Der Nachweis der neuen chemischen Schwerelemente mit den Ordnungszahlen 113 und 115 gelang kürzlich amerikanischen, russischen und Schweizer Wissenschaftlern im russischen Kernforschungszentrum Dubna.

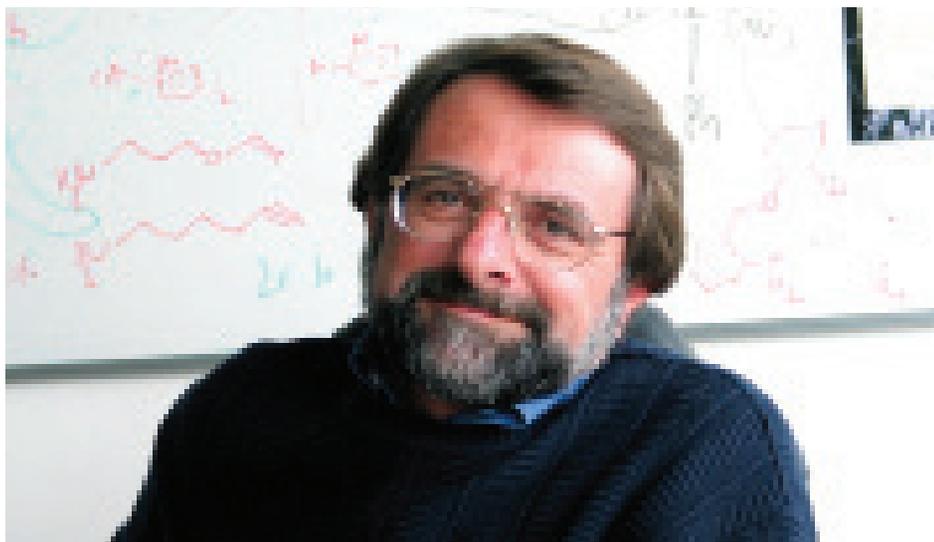
In der Schweiz hatte schon im Jahr 1866 der Chemiker Jean-Charles Galissard de Marignac (1817-1894), der von 1841 bis 1878 einen Lehrstuhl an der Akademie von Genf (seit 1873: Universität Genf) innehatte, das erste industrielle Verfahren zur Trennung von Tantal und Niob auf der Basis der unterschiedlichen Löslichkeit von Fluorkomplexen ausgearbeitet. 1878 fand er in der als 'Erbia' bekann-

ten Erde einen neuen Bestandteil und nannte diesen Ytterbia. Er vermutete in der von ihm isolierten Verbindung das Ytterbium. De Marignac war 1880 auch Mitentdecker des Elements Gadolinium. Noch ist unbekannt, bis zu welcher Ordnungszahl Elemente überhaupt existieren können. Die Geschwindigkeitsobergrenze der Elektronen erlaubt theoretisch die Existenz neutraler Atome bis zu einer Ordnungszahl von etwa 173. Möglicherweise liegt diese Grenze jedoch niedriger, kurz hinter der 'Insel der Stabilität', bei etwa $Z = 126$. Die Idee einer Insel der Stabilität stammte 1969 von Glenn Seaborg (1912-1999).

Atomkerne mit ungefähr 164 Protonen könnten eine zweite Insel der Stabilität bilden, vermutet Yuri Oganessian vom Institut für Kernphysik in Dubna. Seinem Team ist es zusammen mit Forschern vom 'Lawrence Livermore Laboratory' in Kalifornien in den vergangenen Jahren gelungen, die bislang schwersten Atome mit den Ordnungszahlen 112, 113, 114, 115, 116 und 118 herzustellen, die auf einer solchen 'Insel' liegen. Gute Kandidaten für Inselzentren sind nach Meinung der Forscher 298 Uuq (Ununquadium mit 114 Protonen, 184 Neutronen), 304 Ubn (Unbinilium mit 120 Protonen, 184 Neutronen) sowie 310 Ubh (Unbihexium mit 126 Protonen, 184 Neutronen). (*Texte aus Wikipedia, www.gsi.de, Bild der Wissenschaft.de*)

Ursprünge einiger Elementnamen: Aussehen und physische Eigenschaften:

Barium: griech. barys „schwer“ / Zinn: ahd. zin „Stab“ / **Steine, Mineralien:** Beryllium: Beryll / Gadolinium: Gadolinit / Lithium: griech. lithos, „Stein“ / **Geruch:** Brom: griech. brómos „Gestank“ / Osmium griech. osmé „Geruch“ / **Farben:** Arsen: griech. arsenikón, al-zarnik „goldfarben“ / Caesium: lat. caesius „himmelblau“ / Rubidium: lat. rubidus: tiefrot; / Chlor: griech. chlorós „hellgrün“ / **Reaktion, Verhalten:** Argon: griech. argon „träges Element“ / Astat: griech. astateo „unbeständig sein“ / **Planeten:** Helium: griech. helios „Sonne“ / Krypton: griech. kryptos, „verborgen“ / Lanthan: griech. lanthanein, „verstecken“. **Personen:** Bohrium: Niels Bohr / Curium: Marie und Pierre Curie / Einsteinium: Albert Einstein / **geographische Bezeichnungen:** Americium: Kontinent Amerika / Berkelium: Universität Berkeley / Californium: US-Bundesstaat Kalifornien / Gallium, lat. Gallia = „Gallien“ (Frankreich) - von Lecoq de Boisbaudran entdeckt, von Meldejew vorhergesagt. / Silber (Ag): einziges Element, das einem Land (Argentinien, lat. argentum) den Namen gab, nicht umgekehrt. (http://de.wikipedia.org/wiki/Etymologische_Liste_der_chemischen_Elemente)



Prof. Dr. Antonio Togni stösst in alten Literaturstellen immer wieder auf erbitterte verbale Auseinandersetzungen, die sich bekannte Chemiker wegen unterschiedlicher Auffassungen lieferten

Kontroversen, Widersprüche und Debatten

Rhetorik und Polemik in Publikationen zu neuen Verbindungen

„Mitunter landeten Erstentdeckungen von heute als berühmt geltenden Chemikern für einige Jahre oder sogar Jahrzehnte auf dem Abstellgleis, manchmal lösten sie auch eine Flut von weiteren Publikationen aus. Aber nicht immer fanden sie Zustimmung, geschweige denn den Beifall der Fachkollegen. Wie im Beispiel von Clemens Winkler und Wilhelm Ostwald in der Frage um das Atomgewicht (s. S. 6). Oft bekämpften die Kontrahenten die Forschungserkenntnisse des anderen, wenn diese nicht in das Wissenschaftsbild der jeweiligen Zeit passten oder sich jemand kopiert oder in Frage gestellt empfand“, erzählt Antonio Togni, Professor für Metallorganische Chemie, ETH Zürich.

Die Beschäftigung mit Themen aus der Historie der chemischen Wissenschaft findet er spannend. „Selbst Justus von Liebig liess sich 1837 zu polemischen Äusserungen hinreissen, als er meinte: *„Es gehört zur Hauptaufgabe des Chemikers, wenn er sich zur Aufstellung einer Theorie entschliesst, dass er Gründe entwickelt, welche allen Ansichten bis auf eine einzige, die Thüre schliesst. Mit einer noch gesteigerten Ängstlichkeit sucht nun Herr Zeise in der voranstehenden Arbeit meine Ansicht über die Zusammensetzung dieses Salzes zu widerlegen, und es gelingt ihm in der Tat mit einer Liebe zur Wahrheit, wofür ihm die Wissenschaft Dank schuldig ist, den Beweis zu führen, dass alle Daten seiner früheren Analysen vollkommen falsch sind.“*

Dabei entdeckte William Christopher Zeise, ein Professor der Universität Copenhagen, die erste organometallische Verbindung, die er Acechlorplatin, «ein entzündliches Platinchlorür» nannte. Die korrekte chemische Zusammensetzung dieses Salzes konnte Zeise zwar nachweisen, aber die Struktur nicht erklären.“

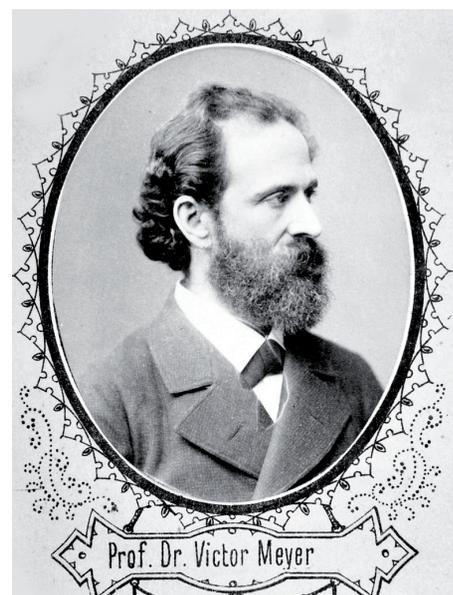
Selbst der für seine Lehr- und Handwörterbücher der Chemie bekannt gewordene Hermann Kolbe ging mit Jacobus Henricus van 't Hoff, dem späteren Chemie-Nobelpreisträger (1901) nicht gerade zimperlich um. Im *Journal für praktische Chemie* (14, 1877) steht: *„Ein Dr. J. H. van't Hoff, an der Tierarzneischule zu Utrecht angestellt, findet, wie es scheint, an exakter chemischer Forschung keinen Geschmack...“*

„Sehr häufig hatten aber beide Gegenspieler zumindest in Teilen Recht und legten mit ihren Forschungsergebnissen den Grundstein für weitere wichtige Entdeckungen“, meint Togni. Ein reizvoller «Gelehrtenstreit» ist für ihn die schon fast kämpferische Auseinandersetzung zwischen Conrad Willgerodt und Victor Meyer über die Genauigkeit bei der Bestimmung hergestellter Jodverbindungen. „Sie bezichtigten sich gegenseitig des unsauberen Experimentierens. Das wird nachvollziehbar, weil ihre Arbeiten noch über Elementaranalysen durchgeführt wurden und ihnen in jener Zeit keine Spektrometrie zur Verfügung stand.“

Das Thema Jod spielte an der ETH auch in den Jahren nach diesem «grossen» Streit eine wichtige Rolle, wie die um 1910 von den renommierten Chemikern Richard Willstätter und Frederick P. Treadwell betreuten Dissertationen bekunden. Beispiele sind der «Beitrag zur Bestimmung des Jods in Jodoform und in Jodiden» von Edmond Prince und «Studien über mehrwertiges Jod» von Johann Heinrich Schächli.

„Die moderne Chemie greift häufig auch auf Erkenntnisse früherer Zeit zurück“

„Diese nun jahrhundertalten Erkenntnisse führten in den letzten Jahren zu einem Revival der Jodchemie in der Industrie, und auch wir nutzen Grundlagen für unsere Arbeiten mit Fluor“, erklärt Togni. „Etliche der heute für Oxidationen von Aldehyden, Ketonen eingesetzten hypervalenten Jodverbindungen gehen letztendlich auf Arbeiten von Willgerodt zurück. Eine Leistung von Meyer wiederum war beispielsweise das Verständnis der richtigen Struktur, dass Jodbenzoesäurederivate cycli-



Victor Meyer (geb. 8. 9. 1848 in Berlin; gest. 8. 8. 1897 in Heidelberg) (Bild Archiv D-CHAB)

sche Verbindungen sind bzw. in welcher Stellung sich Heteroatome befinden.“ So sind inzwischen elektrophile Atomtransferverbindungen herstellbar. Damit im Zusammenhang steht auch das EPA (Elektronenpaarabstossungs)-Modell, welches die räumliche Gestalt eines Moleküls auf die abstossenden Kräfte zwischen den Elektronenpaaren der Valenzschale zurückführt.

„Heutzutage geht die Community der Wissenschaftler, die sich mit For-

schungsthemen zu Jod und Fluor beschäftigt, kollegial miteinander um. Ich sehe eher die Gefahr von Plagiaten“, fügt er an. „Unser 3,3-Dimethyl-1-(trifluoromethyl)-1,2-benziodoxol wird beispielsweise von Sigma-Aldrich Corporation als ‹Togni Reagent› zur selektiven electrophilen Trifluoromethylierung von aromatischen und aliphatischen Thiolen angeboten, da es synthetisch leicht zugänglich und daher für viele Substrate anwendbar ist. Auch lässt es sich für Syntheseschritte von komplexen Molekülen verwenden. Weil wir jedoch wissenschaftliche Publikationen einem Patent vorzogen, werden unsere Reagenzien inzwischen vom asiatischen Markt zum Verkauf angeboten.“

Nachrufe würdigen die wissenschaftlichen Leistungen Verstorbener

Nachruf zu Viktor Meyer: (gekürzt, aus Paul Heinrich Jacobson: *Allgemeine Deutsche Biographie; Historische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Band 55* (1910), S. 833 - 841)

„Vergegenwärtigen wir uns die wissenschaftlichen Leistungen Victor Meyer's, so lassen die ersten, im Baeyer'schen Laboratorium ausgeführten Untersuchungen über neurinähnliche Basen, schwefelhaltige Derivate der Kohlensäure, Fragen aus der Chemie des Camphers, sowie über die Constitution des Chloralhydrats ein bestimmtes Ziel noch nicht erkennen, sind aber durch die Mannichfaltigkeit ihrer Gegenstände bereits bezeichnend für die universelle Beanlagung des Forschers, der nach kaum beendeter Lehrzeit sich schon in den verschiedenartigsten Gebieten der organischen Chemie zurechtfindet.

Bald aber wird er, indem er 1870 eine neue Synthese aromatischer Carbonsäuren (durch Erhitzen von sulfosauren Alkalisalzen mit ameisensaurem Natrium) entdeckt, in ein Untersuchungsgebiet geführt, das in der ersten Hälfte der siebziger Jahre eine der brennendsten Tagesfragen bildete, – die Ermittlung der gegenseitigen Substituentenstellung bei den Derivaten des Benzols. Die Reaction bietet neue Handhaben für die „Ortsbestimmung“... Mit klarem Blick erkennt Meyer die Wichtigkeit seiner Reaction für diese Frage, baut sie in stetem Hinblick auf dieses Problem aus und nimmt lebhaften Antheil an den Discussionen, welche Verbindungen als Ortho-, Meta- oder Para-Derivate aufzufassen sind.

Es erstet eine ‹Thiophen-Gruppe›, welche Aber noch andere Versuchsreihen kamen zu dieser schon so vielseitigen

Thätigkeit durch die schöne Entdeckung neuer Classen von aromatischen Jodverbindungen hinzu – der Jodoso-, Jodo- und Jodonium-Verbindungen, charakterisirt durch die Typen: ... Eine allgemeine Ueberraschung rief namentlich die Auffindung der Jodoniumbasen hervor, da diese Verbindungen, deren complexe Radicale aus lauter negativen Bestandtheilen zusammengefügt sind, sich als Basen von ähnlicher Stärke wie die Alkalihydroxyde erwiesen. ...“

Zur Beurtheilung der Abhandlung von Herrn C. Willgerodt „Ueber die Constitution der Nitrosoazokörper“;

von F. Kehrman und J. Messinger.

Wir halten es für genügend, eine Reihe thatsächlicher Ungenauigkeiten, welche sich Herr Willgerodt zu Schulden kommen lässt, sachlich zu berichtigen; im Uebrigen glauben wir unseren Standpunkt hinreichend präcisirt zu haben, um eines nochmaligen Hervorhebens desselben überhoben zu sein.

L. Herr Willgerodt sagt zunächst S. 129³⁾: „Der vorletzte Schritt in diesem Sinne ist von mir dadurch gethan worden, dass ich gezeigt habe, dass das vermeintliche „Dinitrosnitrophenol“ einem demselben isomeren Hydroxylamin-Abkömmling, nämlich dem Dinitrophenylhydroxylamin²⁾ entspricht.“ Ein solcher Nachweis findet sich in der That am angegebenen Orte. Herr Willgerodt fährt aber fort¹⁾:

„Die nächste Schlussfolgerung war nun selbstverständlich die, dass es nicht nur möglich, sondern sogar sehr wahrschein-

¹⁾ Chem. Soc. 1891, 1, 714.

²⁾ Dies. Journ. [2] 46, 128.

³⁾ Das. [2] 45, 147.

Kehrman/Messinger: „...eine Reihe thatsächlicher Ungenauigkeiten, welche sich Herr Willgerodt zu Schulden kommen lässt...“ (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/prac.18920460139/pdf>)

Nachruf zu Conrad Willgerodt: (gekürzt aus dem ‹Nachruf von Hrn. Prof. Dr. Ernst H. Riesenfeld› (a.o. Prof. Universität Freiburg i. Breisgau), in ‹Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft› vom 4. Februar 1931)

„Willgerodt wurde am 2. November 1841 in Harlingerode (Niedersachsen) geboren. Im Mai 1867 legte er in Wolfenbüttel das zweite Lehrerexamen ab, bezog aber das Polytechnikum in Braunschweig, um Naturwissenschaften und Zoologie zu studieren. 1869 ging er an die Universität Berlin. Im Wintersemester 1874/75 liess er sich an der Universität Freiburg i. Br. immatrikulieren und promovierte daselbst schon im März 1875 mit einer Abhandlung über ‹Alizarin und Oxy-anthrachinon›.

1878 wurde er staatlicher Assistent, 1881 Extraordinarius und 1895 a.o. Professor und Direktor des Technologischen Institutes. In dieser Stellung war er bis zum 1. Oktober 1913 tätig. Gleichzeitig mit seiner Emeritierung erhielt er den Titel Hofrat.

Während seiner 37-jährigen Dozententätigkeit an der Universität Freiburg i. Br. hatte er zahlreiche Schüler, mit denen er hauptsächlich präparative Untersuchungen im Gebiete der aromatischen Chemie ausführte. Wir verdanken diesen Arbeiten viele neue Reactionen und Verbindungen wie die Halogenisierung aro-

matischer Kohlenwasserstoffe bei Gegenwart von Metallen... Von Willgerodt rührt auch das Aceton-Chloroform her, das wegen seiner anästhesierenden Wirkung in der Medizin vielfache Verwendung gefunden hat.

In weiten Kreisen ist er dadurch bekannt geworden, dass er im Jahre 1886 im Dichlorjod-benzol die erste organische Verbindung mit dreiwertigem Jod auffand. Durch die Einwirkung von Alkalien gelang es ihm 1892, diesen Stoff in Jodosobenzol zu verwandeln. Kurz vorher hatte Viktor Meyer o-Jod-benzoesäure durch rauchende Salpetersäure in Jodosobenzoesäure übergeführt und die Constitution dieser Säure, deren Acidität durch die benachbarte alkalische Jodoso-Gruppe stark abgeschwächt ist, richtig erkannt. Dadurch war die allgemeine Aufmerksamkeit auf die Verbindungen des mehrwertigen Jods hingelenkt worden.

Beim Erhitzen von Jodosobenzol erhielt Willgerodt noch im gleichen Jahre Jodobenzol. Aus Jodo- und Jodosobenzol gewann 1894 Viktor Meyer, indem er diese mit Wasser und Silberoxyd oder Laugen behandelte, Diphenyljodoniumhydroxyd, die einfachste Jodoniumbase.

Die Herstellung von Salzen dieser starken Base und anderer Jodoniumbasen, zunächst aromatischer, dann auch ungesättigter aliphatischer Verbindungen hat Willgerodt jahrelang beschäftigt, und er hat ein sehr grosses experimentelles Material zusammengetragen, das er in der Monographie: ‹Die organischen Verbindungen mit mehrwertigem Jod› übersichtlich geordnet hat. ...“

Auszüge langjähriger Dispute in den Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft oder im Journal für Praktische Chemie:

C. Willgerodt: Ueber einige aromatische Jodidchloride. 154 (Freiburg i. Breisgau, im Januar 1886) <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/prac.18860330117/pdf>

„Es ist eine bekannte Thatsache, dass die Alkyljodide der Fettreihe nicht im Stande sind, Chlor zu addiren und Jodidchloride zu bilden. Sobald das Chlor mit den jodirten Paraffinen zusammentrifft, wird das Jod durch Chlor substituirt und aus den Verbindungen als solches ausgeschieden. Ganz anders verhalten sich dagegen die Jodbenzole und sehr wahrscheinlich auch viele andere jodirte aromatische Kohlenwasserstoffe; dieselben fesseln das Jod mehr als die fetten Verbindungen. ... Aromatische Jodidbromide scheinen sich überhaupt nicht bilden zu lassen; alle in dieser Hinsicht von mir bis jetzt ausge-

führten Arbeiten hatten einen negativen Erfolg. Mit der Darstellung der Chloraditionsverbindungen mehrfach jodirter aromatischer Kohlenwasserstoffe bin ich beschäftigt; durch diese Anmerkung möchte ich mir diese Arbeit reservieren. ...“

Victor Meyer: Hrn. C. Willgerodt zur Antwort. 404 (Eingegangen am 5. August 1893) <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cber.189302602186/pdf> / 1. - 3. siehe unten ... „4. Jedermann weiss, dass man eine in Wasser unlösliche Masse ...- Wie wenig Verständnis Willgerodt für das chemische Verhalten der vorliegenden Körpergruppe besitzt, zeigt besonders deutlich die folgende, kaum glaubliche Stelle in seiner Polemik: ... - Hier ist jeder Satz eine Unrichtigkeit. ... Von der Goldgrube, welche er in den Jodidchloriden schon seit vielen Jahren in den Händen hielt, hatte er keine Ahnung; auf den nahe liegenden

Gedanken, seine Chloride mit Natronlauge zu verreiben oder zu schütteln, ist er erst verfallen, nachdem Wachter und ich die Existenz eines aromatischen Jodoskörpers kennen gelehrt hatten, während er 6 Jahre früher nur angab:...

Von nun ab werde ich schlechtweg gemäss dem mir zustehenden Rechte handeln, d. h. ich werde das gesammte, von mir erschlossene Gebiet, soweit es der Verlauf meiner Arbeiten irgend wünschbar machen wird, ohne Einschränkung oder Rücksichtnahme auf Willgerodt behandeln. Wenn dieser seinerseits bezüglich der Jodoso- und Jodosäuren dasselbe Verhalten beobachten will, so habe ich hiergegen nichts einzuwenden. Nur möchte ich ihn dann bitten, diese Verbindungen etwas sorgfältiger zu studiren als er es mit den carboxylfreien gethan hat, um mir dadurch zeitraubende und unliebsame Berichtigungen zu ersparen.“ (Heidelberg, Universitäts-Laboratorium)

Jacob Lüttjens: Ueber das chemische Verhalten und die Oxydation der Tetrajodterephthalsäure, und über Trijoddiamidobenzosäure. 533. (Eingegangen am 3. December 1896) <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cber.18960290384/pdf>

„Nach den Untersuchungen von Victor Meyer und seinen Schülern giebt die o-Jodbenzosäure leicht eine beständige Jodosoverbindung, während die m- und p-Verbindungen unter gleichen Umständen keine Oxydationsproducte geben. Die von Willgerodt später erhaltenen, äusserst unbeständigen m- und p-Jodosobenzoesäuren entstehen nicht durch Oxydation, überhaupt nur unter Innehaltung ganz bestimmter Vorsichtsmaassregeln, und zeigen in jeder Hinsicht ein ganz anderes Verhalten als die beständigen und charakteristischen o-Jodososäuren.“...

Über Hinderungen und Forderungen chemischer Reaktionen bei der Darstellung aromatischer Verbindungen mit mehrwertigem Jod. C. Willgerodt. (Eingegangen am 27. Oktober 1925) <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/prac.1925110124/pdf>

„Meyer und Chr. Hartmann waren es 1894, die das Diphenyljodoniumhydroxyd in grösseren Mengen darstellten durch Bearbeitung von Jodoso- und Jodobenzol mit feuchtem Silberoxyd. Diese Arbeit hat aus dem Grunde ein Interesse, weil die erhaltene Base die erste Verbindung ihrer Art war, die analysiert und richtig erkannt wurde, und weiter auch deshalb, weil sie Anregung zur Darstellung der vielen Diaryljodo(i)oniumverbindungen gegeben hat, die bis jetzt schon bekannt geworden sind...“

„Heute hätten vielleicht einige Telefonate oder Emails genügt“

Für Togni lassen sich gleichartige Publikationen aus Parallelforschung nicht immer durch die Datenbankfassung aller Veröffentlichungen vermeiden. Oft hätten Wissenschaftler verschiedener Länder einfach zeitgleich übereinstimmende Ideen. „Berzige man also den Ausspruch von Adolf von Baeyer, der 1905 den Chemie-Nobelpreis erhielt als ‚Anerkennung des Verdienstes, das er sich um die Entwicklung der organischen Chemie und der chemischen Industrie durch seine Arbeiten über die organischen Farbstoffe und die hydroaromatischen Verbindungen erworben hat: ‚Was macht den grossen Naturforscher aus? Er soll nicht herrschen, sondern horchen; er soll sich dem Gehorchten anpassen und sich nach ihm ummodelln.“

404. Victor Meyer: Hrn. C. Willgerodt zur Antwort.

(Eingegangen am 5. August.)

Die Polemik, welche Herr Willgerodt¹⁾ im letzten Hefte unserer Zeitschrift gegen mich richtet, bedarf nur bezüglich des Neuen, das sie enthält, einer besonderen Widerlegung von meiner Seite. Seine älteren falschen Angaben, auf welche er ausführlich wieder zurückkommt, kann ich diesmal kurz berühren, da die zahlreichen experimentellen Fehler, welche ich²⁾ ihm leider nachweisen musste und welche er jetzt auf dialectischem Wege aus der Welt zu schaffen sucht, kurz vorher von ihm selbst³⁾ in allen Stücken erkannt und genau in Uebereinstimmung mit meiner Kritik berichtet worden waren. An der letzteren habe ich kein Wort zu ändern oder zurückzunehmen. Jeder Chemiker giebt ohne Weiteres zu:

1. Dass es ein grober analytischer Fehler ist, einen Körper, welcher, um aus Jodkalium Jod frei zu machen, Aetzkali erzeugen muss, jodometrisch mittels Jodkaliumlösung titriren zu wollen und dabei das Ansäuern derselben mit Essigsäure oder einer anderen Säure zu versäumen. — Die Untersuchung des Jodosobenzols mit nicht angesäuertem Jodkaliumlösung (bei welcher Willgerodt selbstredend viel zu wenig Jod finden musste) hat gar kein wissenschaftliches Interesse, da es hierbei durchaus von äusseren Umständen abhängt, in welchem Umfange die Versuchsergebnisse durch den störenden Einfluss des gebildeten Aetzkalis getrübt werden. Willgerodt erhielt hierbei ungefähr die Hälfte der berechneten Jodmenge; ich bekam bei einer Wiederholung seines Versuches bei weitem weniger. Beide Ergebnisse sind natürlich rein zufällige und sagen über die wirkliche Reaction des Jodosobenzols gegen Jodkalium, d. h. über sein Verhalten zu demselben unter vernünftigen Versuchsbedingungen, gar nichts aus.

2. Dass es unrichtig ist, eine mit Essigsäure angesäuerte Jodkaliumlösung als Jodwasserstoffsäure zu bezeichnen. Versetzt man Jodkaliumlösung nur mit einem Zehntel der äquivalenten Menge Essigsäure, so ist der Geruch der letzteren selbst nach tagelangem Stehen im verschlossenen Gefässe noch deutlich erkennbar — ein Beweis, dass nicht essigsäures Kalium und Jodwasserstoff gebildet sind. — Bekanntlich ist der Zusatz von Essigsäure bei Jodkalium-Jodtitrungen immer dann nöthig, wenn bei der Reaction Aetzkali frei gemacht wird, welches natürlich durch eine Säure abgestumpft werden muss. Der Vergleich des Phenyljodidchlorides mit dem Jodosobenzol in Bezug auf das Verhalten bei der Jodtitrirung hat daher keinen Sinn. Es ist selbstverständlich, dass beim Ersteren der Essigsäurezusatz ganz ohne Zweck sein würde, da bei seiner Einwirkung auf Jodkalium kein Alkali gebildet werden kann.

3. Dass es ein grober Fehler ist, eine Reaction durch Oxydation mittels des Sauerstoffs der Luft zu erklären, wenn dieselbe in einer sauerstofffreien Atmosphäre genau ebenso verläuft wie an der Luft, und wenn sie nicht mit

¹⁾ Diese Berichte 26, 1802.

²⁾ Diese Berichte 26, 1354.

³⁾ Diese Berichte 26, 1307.



Wolfram Uhlig und Bruno Rüttimann, LAC: Zwei «Zauberer» der Chemie auf der Bühne

Schauexperimente mit Humor und «Feuer und Flamme, Schall und Rauch» Mit chemischen Verbindungen spielen

„Als sich Christian Friedrich Schönbein, Professor an der Universität Basel, mit Fragen über die Molekülart des Ozons befasste, untersuchte er auch Schwefel, Zucker, Papier und Baumwolle unter dem Einfluss von Salpetersäure. Einmal fiel ihm dabei eine Glasflasche vom Experimentiertisch und benetzte beim Aufwischen seine Baumwollschürze mit der auslaufenden Säure. Den Kittel hingte er zum Trocknen an den Ofen. Ein paar Stunden später fiel dieser ei-



Bruno Rüttimann bereitet das Publikum auf einen «Knalleffekt» vor (Fotos S. 11: Alex Wolf, Basel)

ner sich plötzlich selbst entfachenden Stichflamme zum Opfer“, erzählt PD Dr. Wolfram Uhlig die in verschiedenen Literaturstellen und bei Georg Schwedt nachzulesende Geschichte. Er selbst hat jahrelang zusammen mit Chemiker Bruno Rüttimann Erfahrungen bei der

Durchführung spektakulärer Versuche und Experimentiervorlesungen gesammelt. „Nach einigen Anläufen gelang es dem Professor der experimentellen Chemie um 1845, die so kreierte Nitro-Baumwolle schliesslich derart zu präparieren, dass sie beim Entzünden an einer Kerze mit explosionsartiger Wirkung verpuffte.“

Von da an amüsierte Schönbein die Zuschauer bei Abendgesellschaften oder in Vorlesungssälen nun öfter mit seinem Explosionsscherz, der nicht nur auf Jahrmärkten, sondern bald auch auf den städtischen Bühnen in einer Komödie mit dem Titel „Die explodierende Baumwolle“ Anwendung fand. Hier löste sich zum Schluss der Komödie das entsprechend getränkte Gewand der Hauptdarstellerin komplett in Luft auf und sorgte damit für grosse Begeisterung beim Publikum.

„So weit gehen wir aber nicht“, merkt Rüttimann an, der von 1963 bis 2011 als Vorlesungsassistent tätig war, zunächst bei Prof. Dr. Gerold Schwarzenbach, dann bei Prof. Dr. Reinhard Nesper.

Forschung mit Siliciumpolymeren

In seiner früheren Forschungszeit befasste sich Uhlig in der Gruppe von Nesper mit effektiven Synthesewegen zu Organosiliciumpolymeren und deren funktionell substituierten Derivaten mit definierter Struktur und hoher Reinheit. Dabei handelt es sich um Verbindungen mit Photolumineszenz, Photoleitfähigkeit und nicht-linearer Suszeptibilität. In den letzten Jahren fanden derartige Oli-

go- und Polymere wachsendes wissenschaftliches Interesse; denn sie scheinen erfolgversprechende molekulare Precursor für die pyrolytische Darstellung von Siliciumcarbid, Siliciumnitrid sowie Si/C/N-Materialien zu sein.

„In den letzten Jahren untersuchten wir neue Methoden zur Manipulation funktioneller Gruppen an Organosiliciummonomeren und -oligomeren. Als besonders effektive Abgangsgruppe erwies sich dabei die Trifluormethansulfonat-Gruppe (Triflat; CF_3SO_3). Silyltriflate sind starke Elektrophile, die aussergewöhnlichen Silylierungseigenschaften gegenüber Carbonylverbindungen besitzen“, erklärt Uhlig. „Wir konnten zeigen, dass solche Silyltriflate auch effektiv zur Knüpfung von Silicium-Element-Bindungen mit Elementen der 14.-17. Gruppe des Periodensystems eingesetzt werden können. Die Nutzung dieser Synthesemethoden zur Darstellung, Funktionalisierung und Vernetzung siliciumorganischer Polymere stand einige Zeit im Mittelpunkt unserer Forschungstätigkeit.“ (Reviews: *Chem. Ber.*, 1996, 129, 733; *Prog. Polym. Sci.*, 2002, 27, 255).



Wolfram Uhlig bäugt einen noch «ruhenden» chemischen Flaschengeist

Ausserdem hält er mehrere Grundvorlesungen zur Allgemeinen und Anorganischen Chemie im Basisjahr von rund zehn Studiengängen.

„Spezielle Experimentalvorlesungen haben in vielen chemischen Instituten Tradition. Sie werden meist in der Faschnachtszeit, an speziellen Hochschultagen, oft aber in der Weihnachtszeit öffentlich präsentiert. Bei uns fanden sie auch während der Maturandentage statt“, erwähnt Rüttimann. „Ein Grossteil der in der Chemie ablaufenden Reaktionen benötigt längere Reaktionszeiten über mehrere Tage. Oft bleiben die Ergebnisse auch zumindest für die Augen unsichtbar. Nur etwa 50 schnell



Deutsche Briefmarke (2003) zum 200. Geburtstag von Justus von Liebig (Deutsche Post)

verlaufende Reaktionen, wie solche unter Feuererscheinungen, heftiger Gasentwicklung oder mit Explosionen sowie Farbreaktionen oder «oszillierende» Reaktionen eignen sich besonders zur Demonstration in grossen Hörsälen.“ Uhlig ergänzt: „Zu den Versuchen erklären wir jedoch auch stets die ablaufenden Reaktionen. Zum Schluss bekommt jeder eine gewisse Ahnung, dass der Bierversuch als farbige Redox-Reaktion mit Kaliumiodat, Wasser, konzentrierter Schwefelsäure, Ethanol, Natriumsulfit und Spülmittel abläuft oder dass der Supraleiter-Schwebeversuch mit einer in flüssigem Stickstoff gekühlten Scheibe aus Yttrium-Barium-Kupferoxyd den «Meißner-Ochsenfeld-Effekt» wiedergibt.“

Spektakuläre Show, witzige Sprüche

Früher arbeiteten die beiden mit riesigen Reagenzgläsern, und der Showeffekt stand eher im Hintergrund. Heute haben sie etwa 200 Experimente in ihrem Repertoire, wobei die «chemischen Kabinettstücke» aus verschiedenen Büchern entnommen und verfeinert wurden. (z. B. «Chemische Kabinettstücke: Spektakuläre Experimente und geistreiche Zitate», VCH). „Ein erheblicher Teil dieser Versuche wurde dabei nicht einmal für Chemie-Shows, sondern für den Einsatz in der normalen Chemie-Grundlagenvorlesung erarbeitet. Ganz risikolos sind die Reaktionen nicht, daher werden stets grosse Sicherheitsvorkehrungen vorgenommen“, fügt Uhlig an. Rüttimann hat dennoch besondere Freude an einem Versuch, bei dem er einen gigantischen Fritteusenbrand simulieren und dann grinsend anfügen kann, dass er vor Jahren so seine Glatze bekam.

„Mein Lieblingsversuch ist der «Bellende Hund», weil das verwendete Rohr zu Beginn völlig leer aussieht und er auch ein lustiger «Rausschmeisser» ist“, gesteht Uhlig. Für das Experiment wird ein Gemisch aus dampfförmigem Kohlenstoffdisulfid und Lachgas in ein 3 Meter langes Glasrohr gefüllt und an einem Ende entzündet. Die sich rasch nach unten ausbreitende Flamme leuchtet intensiv hellblau. Es entstehen Kohlen- und Schwefeldioxid, Stickstoff sowie Schwefel, der aufgrund seiner gelben Farbe an der Zylinderwand sichtbar wird.

„Die Verpuffung erzeugt in Abhängigkeit von Höhe und Durchmesser des Behälters ein Geräusch, das dem Bellen oder Jaulen eines Hundes ähnelt und daher von Justus von Liebig auch jenen Namen erhielt. Die von diesem durchgeführte chemische Reaktion blieb insbesondere deshalb unvergessen, weil es 1853 bei einer Wiederholung des öffentlich durchgeführten Versuches zu einem denkwürdigen Unfall kam.“

Da wahrscheinlich anstelle von Stickstoffmonoxid Sauerstoff eingesetzt wurde, ereignete sich eine starke Explosion, die damals die Glasröhre zerfetzte. Die im Münchner Hörsaal anwesende Königin Therese hatte von der Detonation eine mehrere Zentimeter lange Wunde auf der Wange und ihr Gemahl Prinz Luipold war durch einen Glassplitter am Scheitel verletzt. Liebig selbst hatte Glück, dass ihm ein grosses scharfes Glasstück nicht die Beinarterie zerschneidet, sondern im Deckel seiner goldenen Tabakdose in der Hosentasche steckenblieb. „Als ich mich nach der furchtbaren Explosion im Raum umschaute und das Blut von dem Ange-

sicht der Königin Therese und des Prinzen Luitpold rinnen sah, da war mein Entsetzen unbeschreiblich, ich war halb tot.“, schrieb er und bat ganz zerknirscht beim König um Entschuldigung: „Ich hätte mein Leben hingeben mögen, um den Vorfall ungeschehen zu machen.“ Die Königin jedoch schickte ihm noch am selben Abend ihren Arzt, und der „alte König Ludwig kam selbst am nächsten Tag und fragte, ob meine Verwundung etwas zu bedeuten habe und als ich sagte: ‚Nein‘, da rief er aus: „Nun ist alles gut, wenn nur Ihnen nichts geschah, alles andere ist nichts!“ Und so konnte Liebig recht bald zufrieden anmerken: „... die Wunden sind geheilt und wir sind interessanter geworden.“ (wikipedia und www.liebig-museum.de) „Unser Publikum muss solche Unfälle bestimmt nicht befürchten“, schmunzelt Uhlig, der sich freut, dass die Chemistry Shows auch nach Rüttimanns Pensionierung weiterlaufen. Mit dem neuen Mitstreiter Lukas Sigrüst sind schon im März 2012 Auftritte an den Kantonsschulen in Zürich-Oerlikon und Liestal im Rahmen von «ETH Unterwegs» geplant, und im September geht es dann im ETH-Zentrum weiter bei der «Scientifica 2012».

Eine Auswahl von Experimentierveranstaltungen der letzten Jahre:

- 1993-2003: Weihnachtsvorlesung „Chemische Experimente, anregende Geschichten, lockere Sprüche“ (R. Nesper, W. Uhlig, B. Rüttimann, C. Mensing) zunächst im CAB, Hörsaal D2, später im Paul Scherrer-Hörsaal ETA in der Gloriastrasse
- 1990er Jahre: Auswärtsauftritte wie z.B. bei MPI Stuttgart, Henkel AG Düsseldorf
- Seit 2000: Experimentalvorlesungen an Gymnasien in der Schweiz im Rahmen des Angebots «ETH im Dialog»
- 2003: Erster grösserer Auswärtsauftritt mit 10 Ex-Vorlesungen im Technorama Winterthur
- 2005: 6 Chemie-Shows während des ETH-Jubiläums auf dem Platzspitz
- Beginn der Ex-Vorlesungen im Rahmen von «ETH unterwegs». Besuch von jährlich 6 bis 8 Gymnasien
- 2005-2011: jährlich insgesamt 25 bis 30 Ex-Vorlesungen an der ETH, an Schulen in der Schweiz, zu Betriebsanlässen (z.B. Roche AG, Syngenta, Geberit), «Explore Science» Mannheim, Eröffnung des neuen chemischen Instituts der TU Graz, Vorstellungen im Auftrag der Klaus Tschira Stiftung Heidelberg u.a.
- 2011: Verschiedene Auftritte im Rahmen von Veranstaltungen zum «Internationalen Jahr der Chemie» (Nationale Eröffnungsveranstaltung in Bern, an der ETH Zürich, Sommerevent im Technorama Winterthur u.a.)
- Auftritte im Schweizer Fernsehen: «Schweiz aktuell» 10/2003, «Aeschbacher» 06/2010
- Jährlich weiterhin Besuche an Kantonschulen, «Explore Science», «Scientifica», etc., siehe auch <http://www.cci.ethz.ch/>