

Ausgabe 2/99
(5. Jahrgang)

Faszination Chemie



Zeitschrift für die Chemie-Olympiade
in Deutschland und in der Schweiz



Titelbilder:

- links oben:* Wat Arun - Tempel des Sonnenaufgangs in Bangkok, Thailand mit dem Logo der XXXI. Internationalen Chemie-Olympiade
- rechts oben:* Bei den Schnupperpraktika durften die Schüler selbst an chemischer Forschung teilhaben (hier am Fritz-Haber-Institut in Berlin)
- rechts unten:* Verleihung des Friedrich-Stromeyer-Preises an Frau Elke Schumacher im Heidelberger Schloß am 10.09.1999 anlässlich der GDCh-Fachgruppentagung Chemieunterricht

Vorwort	4
---------------	---

Chemie-Olympiade

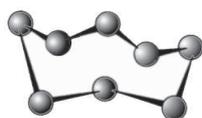


XXXI. Internationale Chemie-Olympiade: Bericht eines Teilnehmers	5
Allgemeines zu der Internationalen Chemie-Olympiade	6
Bericht der schweizerischen Mannschaft	8
Aufgaben der XXXI. Internationalen Chemie-Olympiade	9

Förderverein Chemie-Olympiade



Brennstoffzellen	14
Schnupperpraktika	18
Chemie entdecken: Ein neuer Schulwettbewerb in NRW	22
Ehrungen und Außenwirkung des Fördervereins	24
Rastersondenmikroskopie	25
Uni-Report:	
Chemie-Studium in Marburg	28



Versuch fürs Schullabor:	
Schwefel: ein Element mit vielen Gesichtern	30
Knobelseite	33



Buchbesprechungen	34
Moleküle fürs Auge	36
Aufnahmeantrag	38
Impressum	39

Liebe Leserin, lieber Leser,

diese Zeitschrift ist der chemischen Wissenschaft und insbesondere der Chemie-Olympiade gewidmet. Bevor Sie aber den ersten Beitrag aufschlagen, wollen wir Ihnen die provokante Frage stellen, ob es heute überhaupt noch nötig ist sich mit der Chemie auseinanderzusetzen. Denn das öffentliche Interesse an der Chemie sinkt, ihr Ruf scheint sich nach einer rasanten Talfahrt auf einem stabilen Tiefstand zu befinden, ebenso die Anfängerzahlen im Fach Chemie an den deutschen Universitäten. Und auch in der Schule gehört Chemie meist zu den unbeliebten Fächern, gilt als schwer verständlich und uninteressant. Es macht sich eine Einstellung breit, die im Falle anderer Fächer als Zeichen schlechter Bildung gilt: es kommt zuweilen sogar Stolz auf, nichts von Chemie zu verstehen und zu kennen!

Liegt dies in der Natur der Sache oder ist die Chemie in der letzten Zeit gründlich denunziert und mißverstanden worden? Was können denn die Chemiker tun, um das ihnen anhaftende falsche Image von rücksichtslosen Umweltzerstörern oder weltfremden Elfenbeinturm-Bewohnern loszuwerden? Dazu kann nur eine gründliche Auseinandersetzung mit der Chemie als solcher sowie mit ihren Auswirkungen und Ergebnissen führen. Viele bestehende Vorurteile lassen sich nur durch Wissen abbauen. Schließlich ist eine völlige Abkehr von der Chemie, ein Leben ohne ihre Erkenntnisse und Produkte nicht nur für einen Chemiker, sondern für jeden Menschen gar nicht vorstellbar. Um letzteres zu beweisen, sei als Beispiel die chemische Forschung an den neuen und zukunftssträchtigen Technologien angeführt. Einen Teil davon zeigt der Beitrag über Brennstoffzellen, eine recht junge, aber sehr vielversprechende Technologie zur direkten, effektiveren Energiegewinnung.

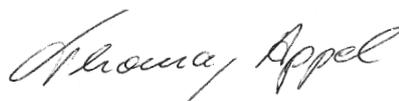
Gerade die Schule muss ihren Teil dazu beitragen, daß die Chemie breitere Akzeptanz findet und das Interesse an ihr geweckt wird. Dazu bedarf es engagierter Lehrer, welche den Schülern die faszinierenden und schönen Seiten der Chemie, aber auch verantwortungsvollen Umgang mit chemischen Substanzen nahe bringen können. Die Neugierde der Schüler soll geweckt werden, denn sie ist das sprichwörtliche weiße Kaninchen aus "Alice im Wunderland", das den Weg zu neuen Abenteuern eröffnet.

In diesem Sinne bietet die Chemie-Olympiade den Schülern vielfältige Möglichkeiten zur Auseinandersetzung mit chemischen Fragestellungen und wissenschaftlicher Vorgehensweise. Und mehr! Die Möglichkeit, in die aktuelle chemische Forschung einzutauchen, wird den Teilnehmern der 3. Runde der Chemie-Olympiade durch 2-3-wöchige Schnupperpraktika geboten, die sie an Hochschulen, in der Industrie oder bei Max-Planck-Instituten absolvieren können. Die internationale Runde der Chemie-Olympiade 1999 fand in Thailand statt, wobei die deutsche Mannschaft mit einer Gold-, einer Silber- und zwei Bronze-Medaillen wieder einen beachtlichen Erfolg verbuchen konnte. Berichte über die Olympiade 1999 finden Sie ab Seite 5.

Die Ästhetik der Chemie versuchen wir in dem Artikel "Moleküle fürs Auge" aufzuzeigen, der sich mit besonders reizvollen Strukturen der Organischen Chemie befaßt und hoffentlich zum Ausgangspunkt einer ganzen Reihe von weiteren Artikeln wird. Daran wird beeindruckend deutlich, daß Chemie eine durchaus ästhetische Wissenschaft ist. Der Artikel über Rastertunnelspektroskopie beleuchtet eine interessante Methode, die es erlaubt, in die unvorstellbar kleinen atomaren Dimensionen vorzudringen. Weiterhin finden sie in dieser Ausgabe die Besprechungen von einigen Grundlehrbüchern der Chemie, die den ersten Kontakt mit chemischen Problemen ermöglichen. Auf Seite 30 stellt sich Ihnen in einem Versuch fürs Schullabor das Element Schwefel mit seinen zahlreichen Gesichtern vor.

Diese kleine Auswahl an chemischen Themen, die natürlich nur ein Ausschnitt aus dem Ganzen sein kann, ist unser Beitrag dazu, die Chemie anschaulich und erfahrbar zu machen. Die Redaktion hofft darum, daß diese Zeitschrift den Chemie-Neulingen eine Anregung zur weiteren Beschäftigung mit der Chemie sein kann. Aber auch den Fachleuten soll sie einige neue Erkenntnisse vermitteln können. Doch ist dies nur möglich durch die Bereitschaft dieser Fachleute, auch etwas von ihrer Erfahrung mitzuteilen. Deshalb möchten wir alle Chemie-Interessierten auffordern, sich an diesem gegenseitigen Austausch zu beteiligen und durch Artikel und Berichte weitere aufregende Kapitel der Chemie zu enthüllen.

Herzlichst Ihre


(stellv. Chefredakteur)


(Chefredakteur)


(stellv. Chefredakteur)



XXXI. Internationale Chemie-Olympiade in Bangkok, Thailand

Matthias Zimmer: Erfahrungsbericht eines Teilnehmers

Klare Sache: Jeder will mit zur IChO. Aber wenn das Ziel dann auch noch Thailand heißt, dann ist das doch gleich noch mal motivierender. Katharina Cziupka, Michael Müller, Hans-Jakob (Jean-Jacques) Wörner und Matthias Zimmer plus Herr Hampe und Herr Bündler als Mentoren waren dieses Jahr die Glücklichen, für die es hieß: "Ab nach Bangkok!"

Wie jedes Jahr trafen wir uns schon ein paar Tage vor dem Abflug in Kiel, um fit für die Olympiade zu werden. Bereits hier waren wir in bester Stimmung, denn am 1. Juli sollte es losgehen ins tropische Thailand. Nach zehnstündigem Flug erreichten wir Bangkok in den frühen Morgenstunden des nächsten Tages. Gleich in der Empfangshalle des Flughafens deutete ein Schild mit der Aufschrift "Thailand welcomes the participants of the 31st International Chemistry Olympiad" an, daß das Organisationskomitee eine ganz besondere Olympiade auf die Beine gestellt hatte.

Dieser Eindruck verstärkte sich, als wir nach unserer ersten Fahrt durch den "lebhaften" Bangkok Verkehr und unserer ersten Begegnung mit der weniger belebenden schwülen Morgenluft an unserem Hotel ankamen. Eine riesige Empfangshalle, Bedienstete in Uniform, die die Tür aufhalten und das Gepäck abnehmen. Das gab's im Kieler Düvelsbek nicht... Das Hotel war wirklich edel. Doppelzimmer mit Klimaanlage (sehr wichtig!), Fernseher, Safe und einem großen Bad und jeder Menge Kleinigkeiten wie bereitliegendem Briefpapier/Umschlägen mit Hotelaufdruck. Beeindruckt machten wir uns daran, in den verbleibenden Tagen bis zum Beginn der Olympiade Bangkok zu erkunden: Wir schwitzten, während wir durch Chinatown liefen, besichtigten ein paar der vielen Tempel, unternahmen Flußtouren, standen bei Taxifahrten Todesängste aus, besuchten zusammen mit unserer Guide den Wochenendmarkt und vieles mehr. Unsere Guide war ein echter Glücksfall. Sie hat in Deutschland Abitur gemacht, spricht damit fließend deutsch und war total nett.



Die deutsche Mannschaft mit ihren Betreuern: (v.l.n.r.) W. Hampe, J.J. Wörner, K. Cziupka, M. Zimmer, M. Müller, Dr. W. Bündler

Am 4. Juli startete dann die offizielle Olympiade mit einer Thai-Begrüßungszeremonie und einem Essen mit dem Gouverneur der Bangkok Stadtverwaltung. Dieser kam leider zu spät. Er war im Bangkok Verkehr stecken geblieben...

Am nächsten Morgen fand dann die Eröffnungszeremonie mit Prinzessin Chulabhorn statt, der jüngsten Tochter des Königs, die Chemie studiert hat. Das ganze war sehr formell und zeugte von dem großen Respekt, den die Thailänder ihrem Königshaus entgegenbringen.

Anschließend gab's ein Mittagessen, das es in sich hatte. Das stellte zumindest Matthias fest, der sich dabei tüchtig den Magen verdarb. Während die anderen Teams sich an diesem Abend innerlich auf die anstehende praktische Klausur vorbereiteten, versuchte das deutsche Team, ihren Mitstreiter wieder auf die Beine zu bringen. Während der Nacht schloß sich Michael ihm an und ließ

sich ebenfalls das Essen nochmal durch den Kopf gehen.

Wir starteten also mit einem leichten Handicap in die Klausur. Diese fand bei über 30°C und hoher Luftfeuchtigkeit in nichtklimatisierten Räumen statt. Dazu noch Labormantel, Schutzbrille und Heizplatte... Da fragte sich mancher, ob Thailand als Ausrichterland wirklich so ein Glücksfall war. Doch nach 5 Stunden Titrationsen, Hantieren mit Mikroapparaturen, qualitativen Analysen und Interpretieren von ¹H-NMR-Spektren war das auch schon glücklich überstanden.



Der beeindruckende Blick über die City von Bangkok



Der nächste Tag bot mit der Besichtigung des königlichen Palastes und dem Besuch eines Safariparks eine kleine Entspannung vor der theoretischen Klausur. Diese wurde am 8. Juli, diesmal in klimatisierten Räumen, geschrieben. Im Gegensatz zur Praktischen war sie sehr leicht. Dafür wurden leider auch reine Formfehler recht streng gewertet. Nachdem damit für uns die Arbeit beendet war, unsere Mentoren aber noch fleißig korrigieren durften, genossen wir die restlichen Tage ausgiebig. Auf dem Programm standen u.a. die Besichtigung der alten Hauptstadt, einer Schildkrötenfarm und eines Badestrandes; natürlich knüpften wir auch jede Menge Kontakte zu den Leuten von den anderen Teams.

Was noch ausstand, war die Abschlusszeremonie mit der Medaillenvergabe durch die Prinzessin, die am 11. Juli erfolgte. Von einer echten Prinzessin die Medaillen überreicht zu bekommen, das ist doch was ganz besonderes...

Nach der Olympiade flogen wir dann hoch in den bergigen Norden Thailands. Ein großer Kontrast für uns: aus der Großstadt Bangkok ins eher verträumte Chiang Mai, vom Luxushotel in ein eher bescheidenes Gästehaus... Um das Ganze noch ein bißchen zu steigern, unternahmen wir noch eine dreitägige Trekkingtour durch den Dschungel mit Übernachtung in Dörfern der dort ansässigen Bergvölker. Elefantenreiten, Floßfahrten, Wanderungen und Moskitos: Wir lernten eine ganz andere, beeindruckende Seite von Thailand kennen. Am 16. Juli flogen wir voll mit neuen Erfahrungen dann wieder zurück ins kühle Deutschland.



Thai Cuisine: so wurde auf dem Dschungel-Trip gekocht

Alles in allem war die Olympiade eine einmalige Sache. Dazu trugen auch unsere beiden Mentoren Wolfgang Bündler und Wolfgang Hampe bei, die sich in bester Laune präsentierten und mit denen wir ein tolles Team bildeten. Ein herzliches "Danke schön" an sie.

Für alle, die mehr wissen oder uns einfach kennenlernen wollen, hier sind unsere eMail-Adressen: Katharina: KCziupka@aol.com, Michael: michael@rzaix530.rz.uni-leipzig.de, Hans-Jakob: woernerjj@nikocity.de und Matthias: M-Zimmer@gmx.de.



Die Internationale Chemie-Olympiade:
Offizieller Bericht der deutschen Delegation

Die Internationalen Chemie-Olympiaden sind Wettbewerbe, in denen Schüler und Schülerinnen der allgemeinbildenden Schulen ihre Leistungen bei der Bearbeitung theoretischer und experimenteller Aufgaben aus dem Bereich der Chemie miteinander messen. Sie sollen die internationalen Beziehungen auf dem Gebiet der Schulchemie fördern, einen Vergleich gewisser Aspekte des schulischen Wissens in den einzelnen Staaten ermöglichen und zur Anknüpfung persönlicher Beziehungen zwischen angehenden Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern verschiedener Länder beitragen.

Internationale Chemie-Olympiaden finden seit 1967 in jährlichem Turnus statt. Begonnen wurden sie als eine Einrichtung der sozialistischen Staaten Osteuropas. Seit vielen Jahren nehmen auch Staaten Westeuropas teil. In den letzten Jahren sind neben den Staaten Europas und Amerikas Länder aus dem asiatischen Raum hinzugekommen. Die Bundesrepublik Deutschland entsendet seit 1974 Mannschaften zu diesen Schülerwettbewerben.

Jeder Teilnehmerstaat entsendet eine Mannschaft, bestehend aus 4 Schülern. Die Schülerinnen und Schüler müssen eine allgemeinbildende Schule besuchen und dürfen am 1. Juli das 20. Lebensjahr noch nicht vollendet haben.

Die Auswahl und Vorbereitung der deutschen Teilnehmer zur IChO 1999 in Bangkok wurde im Prinzip nach dem in den letzten Jahren bewährten Modus durchgeführt, geregelt durch eine gemeinsame Arbeitsgruppe "Internationale Schülerolympiaden für Mathematik, Chemie, Physik und Informatik" der Kultusministerkonferenz. Die Auswahl in Deutschland erfolgte in den einzelnen Bundesländern durch Verschicken von Hausaufgaben über die jeweiligen Länderbeauftragten. Die Auswahlseminare (3. Runde) wurden aufgabengleich in Köln und Berlin durchgeführt. Die 4. Runde fand am IPN in Kiel statt.

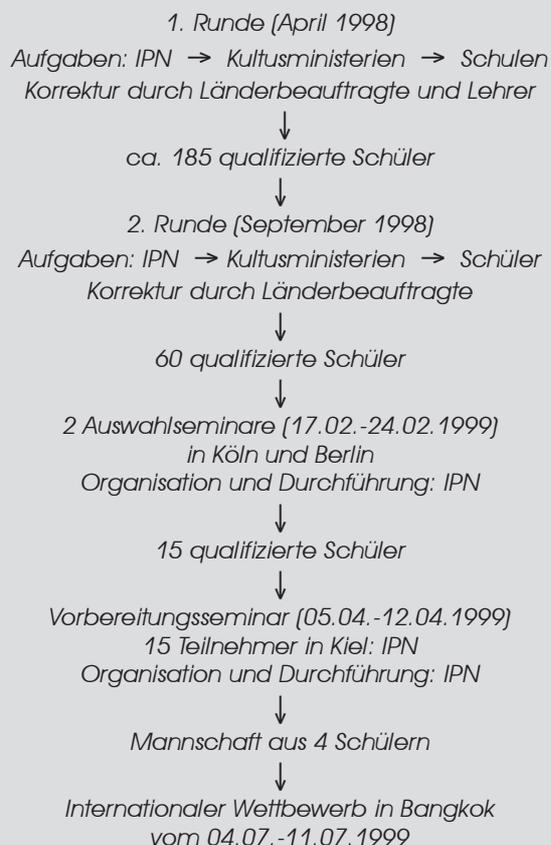
Die Finanzierung des bundesdeutschen Auswahlverfahrens erfolgt durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Weitere Informationen über die einzelnen Wettbewerbstufen sind der Abbildung auf S. 7 zu entnehmen.

Als Teilnehmer an der 31. Internationalen Chemie-Olympiade in Bangkok hatten sich qualifiziert:

1. Katharina Cziupka, Stade (Niedersachsen)
2. Michael Müller, Großdeuben (Sachsen)
3. Hans-Jakob Wörner, Neuenburg (Baden-Württ.)
4. Matthias Zimmer, Schwäbisch Hall (Baden-Württ.)



**Organisationsmodell des Auswahlwettbewerbs
für die 31. Internationale Chemie-Olympiade 1999
(Grundlage: Beschluß der Kultusministerkonferenz
vom 21.3.1980)**



Die 31. Internationale Chemie-Olympiade fand vom 4. Juli bis 11. Juli 1999 in Bangkok statt. Organisiert wurde die Veranstaltung von einer Arbeitsgruppe aus verschiedenen Universitäten in Bangkok. Die Klausuren, Laborarbeiten und Sitzungen fanden in den verschiedenen Instituten der Universitäten statt. Die Schirmherrschaft der Olympiade hatte Prof. Dr. H.R.H. Princess Chulabhorn. Insgesamt nahmen 51 Staaten mit 197 Schülern teil.

Der Wettstreit um die Medaillen bestand aus einer fünfstündigen Klausur und einer fünfstündigen praktischen Laborarbeit. Es mußten sechs theoretische und zwei experimentelle Aufgaben gelöst werden. (Die Aufgabentexte finden Sie auf den Seiten 9-12.) Die Aufgaben waren gut vorbereitet und interessant.

In einer (inoffiziellen) Punktwertung, bei der nach der Summe der Punkte einer Mannschaft eine Reihenfolge aufgestellt wird, liegt die deutsche Mannschaft auf Rang 12 von 52 Mannschaften:

Katharina Cziupka	Bronzemedaille (Rang 96)
Michael Müller	Silbermedaille (Rang 60)
Hans-Jakob Wörner	Goldmedaille (Rang 10)
Matthias Zimmer	Silbermedaille (Rang 53)

Einzelsieger wurde ein Schüler aus den USA (Rang 1). Drei Goldmedaillen erhielten USA, Korea und Indien, zwei Goldmedaillen erhielten China, Taiwan, Ungarn, Rumänien, eine Goldmedaille erhielten außer Deutschland noch Argentinien, Italien, Polen und die Türkei.

Noch höher als der Erwerb einzelner Medaillen ist sicher der Gewinn an freundschaftlichen Kontakten zwischen den Jugendlichen zu bewerten. Die Gastgeber führten ein interessantes Besuchsprogramm durch. Dabei standen besonders die kulturellen Sehenswürdigkeiten in Thailand im Vordergrund: z.B. der Besuch verschiedener Tempel, Königspaläste und alter Städte. Unterkunft und Feierlichkeiten fanden entweder in einzelnen Universitätsgebäuden oder im Hotel statt.



Die deutsche Mannschaft mit ihrem Guide Girawadee Hhao-orn, genannt Orn auf einer Besichtigungstour

Die Austragungsorte der Chemie-Olympiaden in den nächsten Jahren sind:

2000	Dänemark (Einladung liegt vor)
2001	Tschechische Republik
2002	Niederlande
2003	Griechenland
2004	Türkei oder Schweiz (beworben).

Zusammenfassend kann man sagen, daß diese Olympiade in Thailand durch die Freundlichkeit der Gastgeber und durch das kulturelle Rahmenprogramm eine besonders interessante Note hatte.

Das **Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften** an der Universität Kiel (**IPN**) organisiert seit vielen Jahren die deutsche Auswahl zur Internationalen Chemie-Olympiade. Mentoren der deutschen Mannschaft waren in diesem Jahr Wolfgang Hampe und Dr. Wolfgang Bündler, die auch das deutsche Auswahlverfahren durchführen.



A bronze medal for Switzerland at the Chemistry Olympiad 1999.

Thanks to Daniel Torricelli, 16 year old, from Kloten, Switzerland has won a bronze medal at the 31st International Chemistry Olympiad in Bang-

kok, Thailand. This year 197 students from 51 countries were competing for gold, silver and bronze medals from 4 - 12 July 1999. The competitors had two days of hard work: one day (5 hours) for practical work, and another day (5 hours) for solving theoretical problems. After correction and arbitration, the best 10% were awarded with gold medals, 20% got silver, and 30% bronze. In the eyes of the reviewer, the level of difficulty seems to become higher every year. In 1999 it corresponded approximately to a second year university course.

As a rule, all participating nations must first select their best four students by any suitable method, provided the candidates are not yet registered at the university and under 20 at the beginning of the olympiad. In Switzerland we had two weekends in the Universities of Neuchâtel and Fribourg in the winter 1999 for students at the Gymnasium level. The national selection was done at the end of the preparation week at Easter in the Gymnase de Chamblandes, Pully-Lausanne. Then on the last weekend in June the four selected candidates had a last training session with microscale equipment.

The Swiss team consisted of the following students :

Aurèle Aubert, Gymnase de Chamblandes, born 25.9.1982
Jean Garnier, Gymnase de la Cité, Lausanne, born 2.7.1981
Stefan Malaer, Kantonsschule Romanshorn, born 27.2.1980
Daniel Torricelli, Kantonsschule Oerlikon, born 25.9.1982

The two accompanying teachers were Maurice Cosandey, Gymnase de Chamblandes (VD), and Thomas Engeloeh, Gymnasium Mönchenstein (BL). As every year, the travel costs were kindly paid for the teachers by the Bundesamt für Bildung und Wissenschaft, and for the students by the Swiss Academy of Sciences, whose sponsorship is greatly acknowledged.

It may be worth mentioning that a Swiss student won a gold medal at this year's Olympiad: Hans-Jakob Wörner, from Bremgarten (AG). But as he is studying in Freiburg in Breisgau, he was not allowed to compete for the Swiss team: instead he took part as a member of the German team and gave it its only gold medal.

In principle 53 countries should have taken part to the present Olympiad as well as three observers (Croatia, Turkmenistan and Uzbekistan). But on the very last minute two delegations (Azerbaidjan and Kyrgyzstan) were held back at Moscow Airport by problems due to overbooking and have not been able to rejoin later on. So there were only 51 participating delegations, with 4 students each except for Cuba which had only one candidate.

The best results were obtained by Timothy Jones from USA before Mario Tagliazucchi from Argentina. The best nations were Korea, Iran and USA, with three gold medals each, China, Chinese Taipei, Hungary and Romania, with two gold medals each. On the other end of the list, seven countries did not get any medals : Brazil, Czechia, Indonesia, Kuwait, Norway, Spain and Uruguay.

Thailand has made a special effort to host this Olympiad. The laboratories and glassware (burettes, pipettes, beakers) were brand new. Each student had a special microscale kit for organic operations with 22 items worth more than \$100. All participants were wonderfully greeted, and hosted like kings in luxury hotels. We were welcomed with enthusiasm by a charming young lady, H.R.H. Princess Chulabhorn of Thailand, who chaired the Opening and the Closing Ceremonies. Four banquets were organized in honour of the Chemistry Olympiad with magnificent decorations - not to speak of the brilliant folk dances and other shows! And all the time, young Thai guides were available anywhere and at any time despite huge traffic problems in Bangkok and an exhausting outside temperature of about 35°C. Thailand deserves its reputation as the Land of Smile.

Apart from the competition itself, the participants had the opportunity to visit Buddhist temples, golden palaces and recreation parks in Bangkok and Ayutyat, the former capital. It was a glorious week, with only one shadow: nearly half of the participants fell ill probably due to some food problem. But they all recovered the following day.

The following Olympiad will be held in Copenhagen in the year 2000. The first step for the selection of the Swiss delegation has started on October 23rd with the national selection. 153 students took part in this competition from all parts of Switzerland. They all got a T-shirt as reward. The best 33 were awarded with a certain amount of money and an invitation to visit a chemical factory.

The following Olympiads will take place in Prague 2001, in the Netherlands 2002, Greece 2003. The year 2004 has been unofficially reserved for Switzerland many years ago. But if no official invitation is written from us before June 2000, the Olympiad 2004 will be organized in Turkey. Taiwan has already announced that they will host it in 2005, and Korea in 2006. Lithuania and England may do so in 2007 and 2008. So it looks as if 2004 was a now-or-never event for Switzerland.

A committee is now at work prompting the government and the New Swiss Chemical Society to sign this invitation letter. The main problem is the budget which looks a little bit frightening. If Switzerland refuses to host the Olympiad in 2004, the participation fee will soon become prohibitive. This amount can be obtained by multiplying \$100 by the number of years elapsed since last hosting an Olympiad. As Switzerland has participated to all Olympiads since 1987 without hosting any, we would have to pay \$1300 in 2000, \$1700 in 2004, and so on.

.....
Maurice Cosandey ist einer der beiden Betreuer des Schweizer Mannschaft bei der Internationalen Chemie-Olympiade



Hätten Sie es gewußt ? Die Aufgaben der Internationalen Chemie- Olympiade 1999

Aufgabe 1:

Eine Verbindung Q (molare Masse $122,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Die Standardbildungsenthalpie von $\text{CO}_2(\text{g})$ beträgt $-393,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ und die von $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $-285,83 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.
 $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Atommassen: H: 1,0 u; C: 12,0 u; O: 16,0 u.

Teil A:

0,6000 g einer Probe von festem Q werden in einem Bombenkalorimeter in einem Überschuss von Sauerstoff verbrannt. Das Bombenkalorimeter enthält anfangs 710,0 g Wasser bei $25,000 \text{ }^\circ\text{C}$. Nach der Reaktion werden $27,250 \text{ }^\circ\text{C}$ gemessen. $1,5144 \text{ g CO}_2(\text{g})$ und $0,2656 \text{ g H}_2\text{O}(\text{l})$ entstehen.

1-1. Bestimmen Sie die Summenformel von Q und schreiben Sie eine abgestimmte Reaktionsgleichung mit Angaben der Aggregatzustände.

Die spezifische Wärme von Wasser beträgt $4,184 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Die Änderung der Inneren Energie bei der Verbrennung beträgt $\Delta U^0 = -3079 \text{ kJ}$ pro mol Q.

1-2. Berechnen Sie die Wärmekapazität des Kalorimeters (ohne Wasser).

1-3. Berechnen Sie die Standardbildungsenthalpie (ΔH^0) von Q.

Teil B:

Die folgenden Daten beziehen sich auf die Verteilung von Q zwischen Benzen (Benzol) und Wasser bei $6 \text{ }^\circ\text{C}$. C_B und C_W sind die Gleichgewichtskonzentrationen der in Benzen bzw. Wasser vorliegenden Spezies.

Nehmen Sie an, dass in Benzen nur eine Spezies von Q vorliegt, unabhängig von Konzentration und Temperatur.

Konzentration (mol/l)

C_B	C_W
0,0118	0,00281
0,0478	0,00566
0,0981	0,00812
0,156	0,0102

Tabelle zur Aufgabe 2, Teil B

	Lösung I	Lösung II	Lösung III
Gesamtkonzentration von HIn	$1,00 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$	$1,00 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$	$1,00 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$
Andere Reagenzien	1,00 mol/l HCl	0,100 mol/l NaOH	1,00 mol/l CH_3COOH
Extinktion bei 400 nm	0,000	0,300	?

1-4. Zeigen Sie durch eine Rechnung, ob in Benzen monomeres oder dimeres Q vorliegt, Nehmen Sie dabei an, dass Q in Wasser monomer ist.

Die Gefrierpunktserniedrigung für eine ideal verdünnte Lösung ist gegeben durch die Formel:

$$T_f^0 - T_f = \frac{R(T_f^0)^2 \cdot X_s}{\Delta H_f}$$

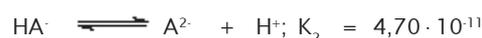
Dabei ist T_f der Gefrierpunkt der Lösung, T_f^0 der Gefrierpunkt des Lösungsmittels, ΔH_f die Schmelzwärme des Lösungsmittels und X_s der Molenbruch des gelösten Stoffes. Die molare Masse von Benzen beträgt $78,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Bei 1 atm erstarrt reines Benzen bei $5,40 \text{ }^\circ\text{C}$. Die Schmelzwärme von Benzen beträgt $9,89 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

1-5. Berechnen Sie den Gefrierpunkt T_f einer Lösung von 0,244 g Q in 5,85 g Benzen bei 1 atm.

Aufgabe 2:

Teil A:

Eine zweiprotonige Säure H_2A zeigt die folgenden Protolysereaktionen:



20,00 ml einer Lösung, die eine Mischung von Na_2A und NaHA enthält, wird mit Salzsäure ($c = 0,300 \text{ mol/l}$) titriert. Die Titration wird mit einem pH-Meter verfolgt. An zwei Punkten ergeben sich folgende Werte:

Zugegebene ml HCl	pH
1,00	10,33
10,00	8,34

2-1. Welches der vorhandenen Teilchen reagiert zuerst bei Zugabe von 1,00 ml HCl und welches Produkt entsteht daraus?

2-2. Welche Stoffmenge (mmol) des Produktes wird in 2-1. gebildet?

2-3. Geben Sie die Gleichung für das hauptsächliche Gleichgewicht der Reaktion zwischen dem Produkt von 2-1. und dem Lösungsmittel an.

2-4. Welche Stoffmengen (mmol) von Na_2A und NaHA waren ursprünglich vorhanden?

2-5. Berechnen Sie das gesamte HCl-Volumen, das benötigt wird um den zweiten Äquivalenzpunkt zu erreichen.



Teil B:

Die Lösungen I, II und III enthalten einen pH-Indikator HIn ($K_{\text{HIn}} = 4,19 \cdot 10^{-4}$) und andere Reagenzien, die in der folgenden Tabelle genannt werden. Ausserdem werden in dieser Tabelle die Extinktionen bei 400 nm angegeben. Alle Extinktionsmessungen werden in der gleichen Zelle ausgeführt. $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,75 \cdot 10^{-5}$.

- 2-1. Berechnen Sie die Extinktion der Lösung III bei 400 nm.
- 2-2. Eine Mischung der Lösungen II und III im Volumenverhältnis 1:1 enthält neben H_2O , H^+ und OH^- weitere Teilchen. Geben Sie alle diese Teilchenspezies an.
- 2-3. Welche Extinktion besitzt die Mischung von 2-7. bei 400 nm?
- 2-4. Berechnen Sie die Transmission der Mischung von 2-7. bei 400 nm.

Aufgabe 3:

Eine der natürlichen Zerfallsreihen beginnt mit $^{232}_{90}\text{Th}$ und endet mit dem stabilen $^{208}_{82}\text{Pb}$.

- 3-1. Zeigen Sie durch eine Berechnung, wieviele Beta (β^-)-Zerfälle in dieser Zerfallsreihe vorkommen.
- 3-2. Welche Energie in MeV wird in der gesamten Zerfallsreihe freigesetzt?
- 3-3. Berechnen Sie die Leistung in Watt ($1\text{W} = \text{J} \cdot \text{s}^{-1}$), die von $1,00 \text{ kg } ^{232}\text{Th}$ ($t_{1/2} = 1,40 \cdot 10^{10}$ Jahre) produziert wird.
- 3-4. ^{228}Th steht in der Thoriumreihe. Welches Volumen (in cm^3) Helium entsteht bei 0°C and 1 atm , wenn $1,00 \text{ g } ^{228}\text{Th}$ ($t_{1/2} = 1,91$ Jahre) in einem Behälter $20,0$ Jahre aufgehoben wird? Die Halbwertszeiten der anderen Zwischennuklide sind kurz verglichen mit der von ^{228}Th .
- 3-5. Ein Nuklid der Thoriumreihe enthält nach seiner Isolierung $1,50 \cdot 10^{10}$ Atome und zerfällt mit einer Aktivität von 3440 Zerfällen pro Minute. Berechnen Sie seine Halbwertszeit in Jahren.

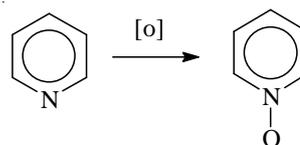
Notwendige Angaben:

^4_2He : 4,00260 u	1 u = 931,5 MeV
$^{208}_{82}\text{Pb}$: 207,97664 u	1 MeV = $1,602 \cdot 10^{-13}$ J
$^{232}_{90}\text{Th}$: 232,03805 u	$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Das molare Volumen eines idealen Gases beträgt bei 0°C und 1 atm $22,4 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Aufgabe 4:

Ligand **L** kann Komplexe mit Übergangsmetallen bilden. **L** wird durch Erhitzen einer Mischung von einem Bipyridin, Eisessig und Wasserstoffperoxid bei $70\text{--}80^\circ\text{C}$ synthetisiert. Das Endprodukt **L** kristallisiert in feinen Nadeln aus und hat eine molare Masse von $188 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Bei dieser Synthese findet eine Reaktion statt, die analog zu der folgenden von Pyridin ist:



Komplexe von **L** mit Fe und Cr haben die Formeln $\text{FeL}_m(\text{ClO}_4)_n \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (**A**) bzw. $\text{CrL}_x\text{Cl}_y(\text{ClO}_4)_z \cdot \text{H}_2\text{O}$ (**B**). Ihre Elementaranalyse und ihre physikalischen Eigenschaften werden in den Tabellen 4a und 4b angegeben. Der Zusammenhang zwischen Farbe und Wellenlänge steht in Tabelle 4c.

Tab. 4a Elementaranalyse (in Massenprozent)

A	Fe 5,740; C 37,030; H 3,090; Cl 10,940; N 8,640
B	Cr 8,440; C 38,930; H 2,920; Cl 17,250; N 9,080

Benutzen Sie die weiteren Daten:

Ordnungszahlen : Cr: 24; Fe: 26
 Atommassen in u : H: 1; C: 12; N: 14; O: 16; Cl: 35,45;
 Cr: 52; Fe: 55,8

Tab. 4b Physikalische Eigenschaften:

Komplex	Magnetisches Moment, μ (in B.M.)	Farbe
A	6,13	gelb
B	Nicht gemessen	purpur

Tab. 4c Zusammenhang zwischen Farbe und Wellenlänge

Wellenlänge (nm) und absorbierte Farbe	Komplementärfarbe
400 (violett)	gelbgrün
450 (blau)	gelb
490 (blau grün)	orange
500 (grün)	rot
570 (gelb grün)	violett
580 (gelb)	blau
600 (orange)	blaugrün
650 (rot)	grün

- 4-1. Schreiben Sie die Summenformel von **L**.
- 4-2. Nehmen Sie **L** als zweizähligen Chelatliganden an. Zeichnen Sie die Struktur des zur Synthese benutzten Bipyridins. Zeichnen Sie die Struktur von **L**.
- 4-3. Hat der Ligand **L** eine Nettoladung?
- 4-4. Zeichnen Sie die Struktur, wenn ein Molekül **L** an ein Metallion **M** gebunden ist.
- 4-5. Bestimmen Sie ausgehend von den Daten in Tabelle 4a die empirische Formel von **A**. Geben Sie die Werte von m und n in $\text{FeL}_m(\text{ClO}_4)_n \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ an. Schreiben Sie die gesamte Formel von **A** in der üblichen IUPAC-Notation auf. In welchem Verhältnis steht die Anzahl der Kationen und Anionen, wenn **A** in Wasser gelöst ist?
- 4-6. Wie groß ist die Oxidationszahl von Fe in **A**? Wieviele d-Elektronen enthält ein Fe-Ion im Komplex? Schreiben Sie die high spin- und die low spin-Konfigurationen auf, die in diesem Komplex existieren



könnten. Welche der beiden Konfigurationen ist die korrekte? Was ist der beste Beweis für Ihre Antwort?

- 4-7. Benutzen Sie Tabelle 4c, um I_{\max} (in nm) von **A** abzuschätzen.
- 4-8. Die genaue Analyse von **B** zeigt, dass es ein Cr^{3+} -Ion enthält. Berechnen Sie das 'spin-only'-magnetische Moment dieser Verbindung.
- 4-9. Verbindung **B** ist ein 1:1-Elektrolyt. Bestimmen Sie die empirische Formel von **B** und die Werte für x, y, z in $\text{Cr}_x\text{Cl}_y(\text{ClO}_4)_z \cdot \text{H}_2\text{O}$.



Aufgabe 5:

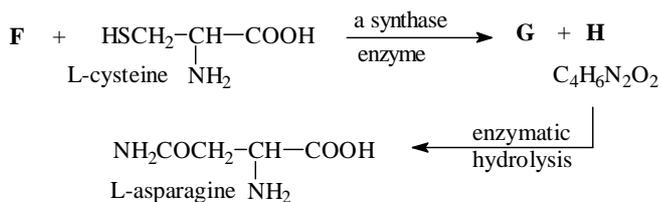
Ein Glykosid **A** ($\text{C}_{20}\text{H}_{27}\text{NO}_{11}$), das sich im Samen von Rosaceae findet, gibt einen negativen Test mit Fehling-Lösung. Die enzymatische Hydrolyse von **A** ergibt (-)**B** ($\text{C}_8\text{H}_7\text{NO}$) und **C** ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$). Dagegen ergibt die vollständige saure Hydrolyse als organische Reaktionsprodukte (+)**D** ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) und (-)**E** ($\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$).

C besitzt eine β -glykosidische Bindung und ergibt eine positive Reaktion mit Fehling-Lösung. Methylierung von **C** mit $\text{MeI}/\text{Ag}_2\text{O}$ ergibt $\text{C}_{20}\text{H}_{38}\text{O}_{11}$, welches nach saurer Hydrolyse 2,3,4-Tri-O-methyl-D-glucopyranose und 2,3,4,6-Tetra-O-methyl-D-glucopyranose liefert.

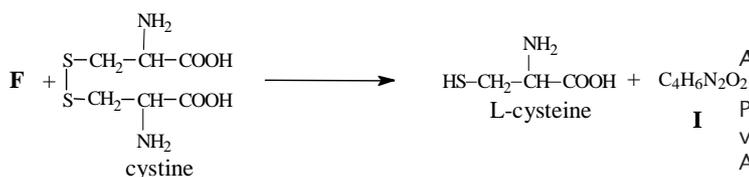
(\pm)**B** lässt sich aus Benzaldehyd (Benzencarbaldehyd) durch Zugabe von NaHSO_3 und anschließend NaCN herstellen. Saure Hydrolyse von **B** ergibt (\pm)**E** ($\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$).

- 5-1. Schreiben Sie die Strukturen von **A** bis **D** mit Haworth-Formeln (außer für **B**) in das Antwortblatt.

Das Glykosid **A** ist giftig und steht in einem gewissen Zusammenhang mit der sehr giftigen Verbindung **F**, die bei der Hydrolyse entstehen kann. Die Entgiftung der Verbindung **F** in Pflanzen kann über die folgenden balancierten Gleichungen laufen (die Stereochemie wird nicht gezeigt).

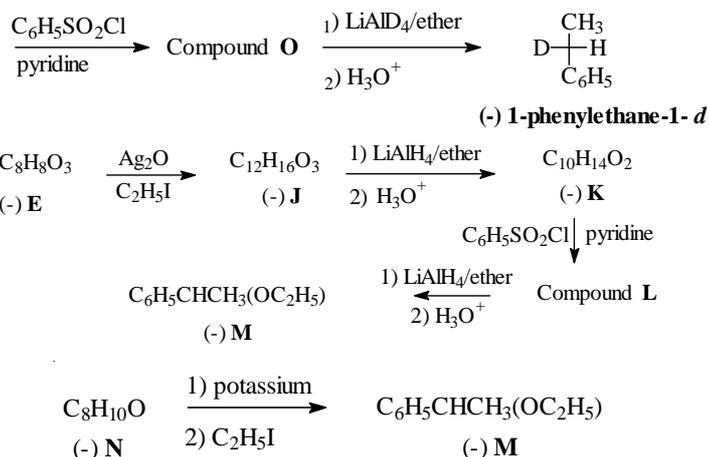


Nachstehende balancierte Reaktion zeigt, wie die Verbindung **F** in Menschen in kleinen Mengen entgiftet wird (die Stereochemie wird nicht gezeigt). Es geschieht dies in direkter Reaktion mit Cystin, wobei L-Cystein und Verbindung **I** ($\text{C}_4\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_2$) entstehen, und über den Harn ausgeschieden werden. Verbindung **I** in dieser Reaktion zeigt keine Absorption bei 2150 bis 2250 cm^{-1} im IR-Spektrum, aber eine Bande bei 1640 cm^{-1} und Banden einer Carboxyl-Gruppe.



- 5-2. Schreiben Sie die Molekularformeln für **F** und **G** an, sowie die Strukturen von **H** und **I** (wobei **H** die Stereochemie zeigen soll, z.B. mit Fischer-Projektion).

(-)**1-Phenylethan-1-d** ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CHDCH}_3$) kann in optisch aktiver Form hergestellt werden, und zeigt eine relativ hohe spezifische Rotation $[\alpha]_D$ von -0,6. Die drei nachfolgenden Reaktionsschemata zeigen einen Weg, wie die absolute Konfiguration von (-)**E** ausgehend von (-)**1-Phenylethan-1-d** bestimmt werden kann.



- 5-3. Leiten Sie die absolute Konfiguration von (-)**E** ab. Zeichnen Sie die Strukturen jedes Zwischenproduktes (**J** bis **O**). Wo im Antwortblatt gefordert, geben Sie auch die absolute Konfiguration nach R/S an.
- 5-4. Bezeichnen Sie (ankreuzen im Antwortblatt) den Reaktionsmechanismus der Reaktion von **O** nach 1-Phenylethan-1-d.

Tab. 5.1 Charakteristische IR-Absorptionen

Strettschwingung	Region (cm^{-1})
C-H (Alkane)	2850-2960
C-H (Alkene)	3020-3100
C=C	1650-1670
C-H (Alkine)	3300
C \equiv C	2100-2260
C-H (Aromaten)	3030
C=C (Aromaten)	1500-1600
C-H (Aldehyde)	2700-2775, 2820-2900
C=O	1670-1780
O-H (Freie Alkohole)	3400-3600
O-H (Alkohole mit H-Brücken)	3300-3500
O-H (Carbonsäuren)	2500-3100
C-O	1030-1150
NH, NH ₂	3310-3550
C-N	1030, 1230
C=N	1600-1700
C \equiv N	2210-2260

Aufgabe 6:

Peptid **A** hat eine molare Masse von 1007 g/mol. Eine vollständige saure Hydrolyse ergibt die folgenden Aminosäuren in äquimolaren Mengen: Asp, Cystin, Glu, Gly, Ile, Leu, Pro und Tyr (siehe Tabelle 1).



Die Oxidation von **A** mit HCO_2OH ergibt ausschließlich die Verbindung **B**, welche dadurch zwei veränderte Cysteine (= **Cya**: Cystein-Derivat, bei dem die Thiol-Gruppe zur Sulfonsäure oxidiert wurde) enthält.

6-1. Wieviele Sulfonsäuregruppen werden bei der Oxidation einer Disulfid-Brücke gebildet?

Partielle Hydrolyse von **B** ergibt eine Anzahl von Di- und Tripeptiden (**B1** bis **B6**). Die Sequenz der jeweiligen Hydrolyseprodukte kann, wie nachfolgend beschrieben, durchgeführt werden:

Eine N-terminale Aminosäure kann identifiziert werden, indem das Peptid mit 2,4-Dinitrofluorbenzen DNFB behandelt wird, wobei man das DNP-Peptid erhält. Nach der vollständigen sauren Hydrolyse eines DNP-Peptids wird eine DNP-Aminosäure erhalten. Diese kann durch Vergleich mit DNP-Aminosäure-Standards ermittelt werden.

6-2. **B1**, versetzt mit DNFB, ergibt nach saurer Hydrolyse das Produkt DNP-Asp. Dies zeigt, dass **B1** die Asparaginsäure N-terminal trägt. Schreiben Sie die **vollständige** Struktur von DNP-Asp am isoelektrischen Punkt auf (Stereochemie wird nicht verlangt).

Als nächstes kann die C-terminale Aminosäure identifiziert werden, indem das entsprechende Peptid mit Hydrazin auf 100°C erhitzt wird. Dies öffnet alle Peptidbindungen und wandelt alle Aminosäuren, außer die C-terminale, in Hydrazide um. Dabei bleibt eine C-terminale Carboxylgruppe intakt.

Auf diese Art und Weise werden die N- und C-terminalen Aminosäuren identifiziert und die vollständigen Sequenzen von **B1** bis **B6** wie nachfolgend erhalten:

B1	Asp-Cya	B4	Ile-Glu
B2	Cya-Tyr	B5	Cya-Pro-Leu
B3	Leu-Gly	B6	Tyr-Ile-Glu

Die Hydrolyse von **B** mit einem Enzym von *Bacillus subtilis* ergibt Bruchstücke **B7** bis **B9** mit nachstehenden Aminosäuren-Zusammensetzungen:

B7	Gly-NH ₂ (Glycinamid)
B8	Cya, Glu, Ile, Tyr
B9	Asp, Cya, Leu, Pro

6-3. DNP-Cya wird erhalten, wenn man **B8** mit DNFB behandelt und anschließend vollständig mit Säure hydrolysiert. Schreiben Sie die Sequenz von **B8** auf.

6-4. Die N- und die C-terminalen Aminosäuren von **B9** können als Asp bzw. Leu identifiziert werden. Schreiben Sie die Sequenz von **B9** auf.

6-5. Schreiben Sie unter Benützung der Abkürzungen aus Tabelle 1 die vollständige Struktur von **A** auf. Geben Sie dabei auch die Position der Disulfid-Brücke an.

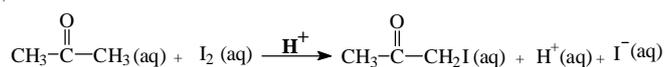
Es zeigt sich jedoch, dass die nach obiger Sequenz berechnete molare Masse von **A** um 2 Masseneinheiten größer ist als die experimentell bestimmte. Bei sorgfältiger Beobachtung der vollständigen Hydrolysereaktion von **A** kann festgestellt werden, dass neben den Aminosäuren zusätzlich 3 molare Äquivalente von Ammoniak freigesetzt werden.

6-6. Formulieren Sie die revidierte Struktur von **A** und kennzeichnen Sie die möglichen Quellen der Ammoniak-Entstehung.

6-7. Benutzen Sie die Angaben aus Tabelle 2, und berechnen Sie den isoelektrischen Punkt von **A**.

Praktische Klausur: Experimentelle Aufgaben

1. Kinetische Untersuchung der säurekatalysierten Reaktion zwischen Aceton und Iod in wässriger Lösung

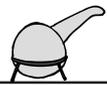


In diesem Experiment wurde die Kinetik der Iodierung gemessen, um das Geschwindigkeitsgesetz der Reaktion nach der Methode der Anfangsgeschwindigkeiten zu bestimmen

2. Isolierung und Bestimmung eines Öls aus einem Naturprodukt

Durch Wasserdampfdestillation wurde ein Naturprodukt (Anethol) isoliert, das anhand von qualitativen Analysen auf funktionelle Gruppen und eines $^1\text{H-NMR}$ -Spektrums identifiziert werden sollte. Darüber hinaus sollten 2 Derivate des Naturprodukts hergestellt und zur Analyse herangezogen werden.

Die **Chemie-Olympiade 2000** findet in **Kopenhagen** statt. Der Förderverein wird deshalb einige Ferienhäuser im Norden von Seeland mieten, um die deutsche Mannschaft bei ihrem internationalen Auftritt zu besuchen und gemeinsam einige erholsame Tage an der dänischen Ostsee-Küste zu verbringen. Die Interessenten mögen sich bis zum 1. Juni 2000 bei Jan-Dierk Grunwaldt melden: grunwaldt@image.dk



Brennstoffzellen

Energiequellen der Zukunft?

Fast jede Woche steht zur Zeit ein Artikel oder Statusreport in Tageszeitungen, alle großen Automobilfirmen arbeiten daran – aber nicht nur die! Notstromerzeuger-Systeme für elektrische Abgabeleistung von 250 kW sind bereits kommerziell erhältlich, und in weniger als 2 ½ Jahren will ein großer Hersteller von Heizungssystemen ein kombiniertes Wärme-Strom-Gerät im Bereich 15 kW für Ein- und Mehrfamilienhäuser verkaufen können – um nur eine Beispiele zu nennen.

Die Rede ist von Brennstoffzellen und deren energischer Entwicklung. Was aber von der Öffentlichkeit weit weniger wahrgenommen wird: Die Brennstoffzelle auf Gedeih und Verderb auf das fundierte Verständnis und intelligente Anwenden chemischen Wissens angewiesen!

Die prinzipielle Idee ist dabei eigentlich ganz einfach und wurde auch schon das erste Mal 1837 vom Engländer Grove durchgeführt: Eine Redox-Reaktion wird räumlich in Oxidation und Reduktion aufgetrennt und die entstandenen "Halbzellen" durch einen Elektrolyten verbunden, der den Ionentransport ermöglicht. Verbindet man nun die beiden Halbzellen elektrisch, so indet die Reaktion auch statt. Allerdings wird die Energie nicht in Form von Wärme (wie sonst meist der Fall) frei, sondern als elektrische Arbeit durch Elektronen, die von der Kathode zur Anode fließen. Damit Ladungsausgleich wiederhergestellt wird, fließt ein ladungsgleicher Strom von Ionen durch den Elektrolyten. Dieses Prinzip tritt bei jeder Batterie auf und dürfte durch den Schulunterricht auch ausreichend bekannt sein.

Jede Brennstoffzelle ist also ähnlich aufgebaut und es laufen auch ähnliche Vorgänge darin ab: Oxidations- (meist Sauerstoff der Luft) und Reduktionsmittel (meist Wasserstoff) müssen durch Diffusion an die katalytisch aktiven Partikel gelangen, dort werden sie adsorbiert und stehen für die elektrochemische Reaktion bereit, die Elektronenabgabe oder -aufnahme. Auf einer der beiden Seiten werden dann Ionen gebildet (es gibt Systeme sowohl mit O²⁻- als auch mit H⁺-Ionen). Diese wandern in den Elektrolyt, der natürlich außerdem in direktem Kontakt mit dem Katalysator stehen muß. Gleichzeitig muß jedoch der Katalysator auch elektrisch kontaktiert sein, damit die Elektronen von der Anode zur Kathode gelangen können, die Triebkraft dahinter kann an einer elektrischen Last Arbeit verrichten. Ein gleich starker Ionenstrom wandert durch den Elektrolyten und rekombiniert an der anderen Elektrode zum Reaktionsprodukt der Redoxreaktion – bei allen Brennstoffzellen der aktuellen Forschung und Entwicklung ist das Wasser. Aus dem "Auspuff" eines "Brennstoffzellenmotors" kommt also nur Wasserdampf.

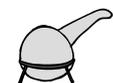
Das Anforderungsmuster für Elektrolyt, Elektroden und die Stromableitung sieht also so aus:

Elektrolyt	Elektroden	Stromableitung
Ionentransport möglich	kein Ionentransport	kein Ionentransport
kein Elektronentransport (Kurzschluß)	Elektronentransport möglich (sonst kann der Strom nicht abfließen)	Elektronentransport wichtig
kein Molekültransport (sonst Verbrennung in Flamme)	Molekültransport möglich (sonst kommen die Moleküle nicht an die Grenzfläche Elektrode-Katalysator-Elektrolyt)	kein Molekültransport

Prinzipiell sind viele verschiedene Systeme von Brennstoffzellen denkbar, im Laufe der Entwicklung haben sich aber fünf Klassen als überlegenswert erwiesen (siehe Seite 16), die sich äußerlich hauptsächlich durch den Elektrolyten und die Temperaturniveaus unterscheiden lassen. Von diesen technisch untersuchten fünf Brennstoffzellen-Typen zählen zwei nach Meinung vieler Fachleute zu den aussichtsreichsten : die PEMFC und die SOFC.

PEMFC

Die PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell = Protonenaustausch-Membran Brennstoffzelle) besteht aus einer ca. 100 - 200 µm dicken protonenleitenden Polymer-Membran, die auf beiden Seiten mit Katalysatorsubstanz beschichtet ist. Meist wird im Moment eine perfluorierte Membran eingesetzt, die aus einem Teflon-Grundgerüst mit Seitenketten aus perfluorierten Ethern besteht, die am Ende sulfoniert sind. Dieses Material wurde in den 60er Jahren entwickelt und vielfach in der Elektrolyse eingesetzt. Bedingt durch den noch geltenden Patentschutz und auch die aufwendige Herstellung ist es recht teuer. In trockenem Zustand sieht so eine Folie wie eine normale klare Plastikfolie aus, in Wasser quillt sie: Das Wasser dringt in die Kunststoffstruktur ein, so daß sich die Schwefelsäure-Reste um entstehende "Wasserhöhlen" gruppieren, das wasserabstoßende Perfluoralkylgerüst wird nach außen gedrängt, bis sich die Struktur stabilisiert hat. Ergebnis ist eine trans-



parente Folie, die so flexibel wie ein gequollenes Gelatineblatt ist. Das Verhältnis von Teflon-Gerüst zu Seitengruppen (x und y im Formelbild) kann variieren, gute Folien sind für $x=0..1,5$ und $y=4..7$ erhältlich.

Als Katalysatoren kommen Platin und Platinlegierungen zum Einsatz, die als kleinste Partikel vorliegen. Solche Partikel können z. B. hergestellt werden durch Reduktion der Lösung ionisch vorliegender Metallverbindungen, durch elektrochemische Abscheidung oder auch durch Reduktion eines Metallsalzes, das zuvor auf einem Trägers (z.B. Kohlenstoff-Pulver) adsorbiert wurde; die Katalysatorherstellung ist aber ein gut gehütetes Geheimnis der kommerziellen Hersteller. Die Edelmetallbelegung auf der Membran konnte in den letzten Jahren von 4 mg/cm^2 auf $0,1 \text{ mg/cm}^2$ bei gleichbleibender Leistungsfähigkeit reduziert werden.

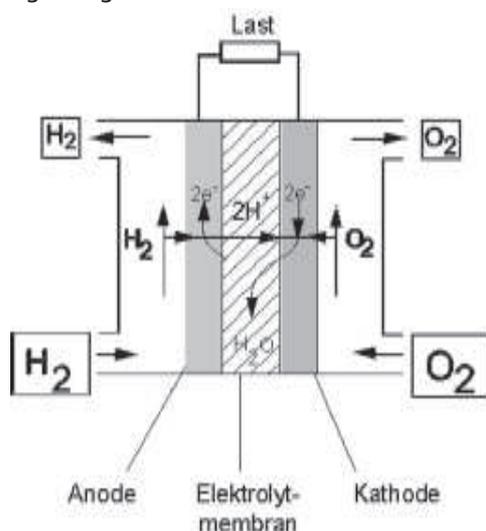
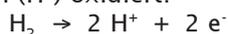


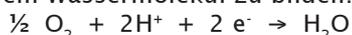
Abbildung 1: Prinzipdarstellung einer PEMFC

Wasserstoff auf der Anodenseite und Luftsauerstoff auf der Kathodenseite gelangen über eine Gasverteilerstruktur an die Elektroden. Dieser Gasverteiler hat neben einer gleichmäßigen Verteilung der Reaktionspartner auch die Aufgabe, den entstandenen elektrischen Strom abzuführen.

Wie jede Brennstoffzelle besteht auch die PEMFC aus einem Elektrolyten, der die zwei Gasräume trennt, und Elektroden auf beiden Seiten. Wasserstoff H_2 wird am Katalysatorpartikel auf der Anodenseite zu Wasserstoffionen (H^+) oxidiert:



Wenn der Katalysatorpartikel gut mit Elektrolytmaterial umgeben ist, können sich die Protonen von ihm lösen und durch den Elektrolyten zur Kathode wandern. An der Kathode wurde Sauerstoff O_2 am Katalysatorpartikel adsorbiert. In dieser Form ist er genügend aktiviert, um mit zwei Protonen und zwei Elektronen ein Wassermolekül zu bilden:

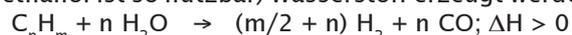


In einem äußeren Stromkreis werden die Elektronen über eine externe Last (= Verbraucher) zur Kathode zurückgeleitet, so daß sich in der Zelle die Gesamtreaktion



abspielt. Die offene Zellspannung (Leerlaufspannung) der PEMFC beträgt ca. 1 V. In Betrieb verringert sich wie auch bei Batterien die Spannung.

Bei reinem Wasserstoff und Sauerstoff ist der Betrieb der Brennstoffzelle einfach. Komplizierter wird es, wenn Wasserstoff aus anderen Energieträgern bereitgestellt werden muß. Im Moment werden dafür Methoden benutzt, wie sie auch in der Großindustrie eingesetzt werden: Durch Dampfreformierung kann auch Kohlenwasserstoffen und Alkoholen unterschiedlich gut (Methan ist am einfachsten, aber auch Methanol ist so nutzbar) Wasserstoff erzeugt werden:



Eine andere Methode ist die partielle Oxidation, bei der im Idealfall nur der Kohlenstoff oxidiert wird, der Wasserstoff aber nicht:



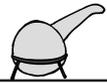
Der so gewonnene Wasserstoff enthält aber sehr viel Kohlenmonoxid. CO adsorbiert auf Platin und belegt somit den Katalysator, die Reaktivität für die Wasserstoffumsetzung wird verringert, da CO bei der niedrigen Betriebstemperatur von $80 - 100 \text{ }^\circ\text{C}$ nicht desorbiert wird. Dadurch fällt die Leistung der Zelle stark ab. Die Empfindlichkeit gegenüber CO kann durch Verwendung bimetallischer Katalysatoren wie z. B. von Platin-Ruthenium-Systemen verbessert werden; dies ist aber immer noch Gegenstand aktueller Forschung. Trotzdem fällt ab einer CO-Konzentration größer als 50 ppm die Leistung der PEMFC merklich ab. Aufwendige CO-Reinigung ist daher bei diesen Techniken unvermeidlich.

Aktuelle Forschungsarbeiten sind daher:

- Suche nach besseren Membranmaterialien, die auch noch viel billiger als der sehr teure Fluorkunststoff sein sollten
- Suche nach besseren Katalysatorsystemen, denen das CO nichts ausmacht und die zudem natürlich so billig wie möglich sein müssen, d.h. mit sehr geringen Metallmengen auskommen müssen
- andere Methoden, das adsorbierte CO zu beseitigen
- Wasserstoffherzeugung mit geringsten CO-Gehalten am Ende der Prozeßkette, die zugleich klein, billig und von hoher Dynamik sein muß

SOFC

Die SOFC (Solid Oxide Fuel Cell = Oxidkeramische Brennstoffzelle) enthält einen keramischen Sauerstoff-Ionenleiter als Festelektrolyt. Geeignet sind dafür ZrO_2 , das mit Yttriumoxid Y_2O_3 dotiert ist. Durch den Einbau von wenig Y_2O_3 in dominierender ZrO_2 -Umgebung entstehen im ZrO_2 -Kristall Fehlstellen, an denen kein Sauerstoff-Ion sitzt. Benachbarte Sauerstoffionen können sich bei höheren Temperaturen auf diese Fehlstellen bewegen und so durch den Festkörper wandern. Will man solche Festelektrolyten verwenden, setzt dies allerdings hohe Temperaturen ($> 700 \text{ }^\circ\text{C}$) voraus – mit allen Problemen, die für das



Verschiedene Typen der Brennstoffzellen

Zellentyp	AFC Alkalische Brennstoffzelle (Alkaline Fuel Cell)	PEMFC Polymerelektrolytbrennstoffzelle, Protonenaustauschmembran-Brennstoffzelle (Polymer Electrolyte Fuel Cell, Proton Exchange Membrane Fuel Cell)	PAFC Phosphorsäure-Brennstoffzelle (Phosphoric Acid Fuel Cell)	SOFC Oxidkeramische Brennstoffzelle (Solid Oxide Fuel Cell)
Elektrolytprinzip	wässrig gelöstes 30-40%ig KOH, Diaphragma	sauere ionenleitende Polymer-Membran	konz. Phosphorsäure (100 %), Diaphragma	keramischer Festelektrolyt, Zirkonoxid ZrO_2 mit Yttriumoxid Y_2O_3 dotiert ("Keramikplatte")
Transportierte Ionen	OH^- (aq)	H^+ (aq)	H^+ (solv)	O^{2-}
Brennstoff	Wasserstoff, Hydrazin	Wasserstoff	Wasserstoff	Wasserstoff, Kohlegas ($H_2 + CO$), Methan
Betriebstemperatur, °C	bis 80	60 - 120	160 - 220	800 - 1000
Anoden	RaneyNi(Ti)	kleinste kohlegetragerte Partikel von Pt, Pt-Ru oder Pt-Sn	Pt, WC	Ni-Cemet (metallisches Nickelpulver in Keramikmatrix gesintert)
Anwendungen	Raumfahrt, Militär (U-Boote), Speichersysteme	Transport (PKW, Bus), Raumfahrt, Militär, dezentrale Stromversorgung (Blockheizkraftwerke, Notstromerzeuger), Batterieersatz	Kraft-Wärme-Kopplung, Blockheizkraftwerke, dezentrale Stromversorgung	Hausversorgung, Ideal bei CO-haltigem Brenngas, Kleinkraftwerke
Vorteile	Einfach und billig im Betrieb (schon im Apollo-Programm der NASA eingesetzt), bessere Kathodenkinetik im alkalischen Elektrolyten, Betrieb bei Raumtemperatur	keine Flüssigkeiten, niedrige Temperaturen, Einfache Herstellbarkeit der Zellkomponenten, lange Lebensdauer, geringe Korrosionsprobleme	einziges kommerziell realisiertes System (Fa. ONSI Inc., USA), Reformiertes Erdgas kann eingesetzt werden, relativ gute CO-Verträglichkeit, einfache Konstruktion, verfügbare Materialien	Kraft-Wärme-Kopplung energetisch günstig, gute CO-Verträglichkeit, CH_4 kann ohne Reformierung verarbeitet werden ("Interne Reformierung")
Probleme	CO_2 -unverträglich, ätzender Flüssig-Elektrolyt, reinste Gase notwendig	Wassermanagement (Membranen trocknen aus) CO vergiftet Kat Abwärme auf niedrigem Temperaturniveau erfordert große Kühlerflächen	ätzender Flüssig-Elektrolyt, schlechte Kathodenkinetik, hohe Überspannung an Sauerstoffelektrode	Temperaturwechselbeständigkeit Langzeitstabilität Billige hochtemperaturfeste Materialien und deren Verarbeitung
Entwicklungsstand	Kommerziell Entwicklung	Entwicklung Prototypen kommerziell	kommerziell	Entwicklung

Material im Dauerbetrieb und noch viel mehr beim Ein- und Ausschalten der Zelle entstehen. Daher wird die SOFC vorwiegend für den konstanten stationären Betrieb in Großkraftwerken, als auch in der dezentralen Energieversorgung (Kraft-Wärme-Kopplung) diskutiert. Im Gegensatz zu anderen Brennstoffzellentypen, wie z. B. der PEMFC, ist die SOFC unempfindlich gegen Kohlenmonoxid. Ferner ist sie in der Lage, neben Wasserstoff (H_2) auch Kohlenmonoxid (CO) zu oxidieren und somit zur Stromerzeugung zu nutzen. Dies macht sie besonders geeignet für die Verwendung von kohlenstoffhaltigen Brenngasen, wie z.B. Erdgas oder reformiertem Benzin. Die hohe Betriebstemperatur der SOFC ermöglicht die Nutzung

der Abwärme zur Reformierung oder die Auskopplung von Wärme auf hohem Temperaturniveau für die weitere Nutzung.

Die Teilreaktionen in der SOFC (Abbildung 2) unterscheiden sich von denen der PEMFC. (Luft-) Sauerstoff wird an der Kathode, die aus einem Metalloxid einer bestimmten Kristallstrukturklasse (Perowskite) besteht, zu Sauerstoffionen (O^{2-}) reduziert:

$$\frac{1}{2} O_2 + 2 e^- \rightarrow O^{2-}$$

Diese Sauerstoffionen diffundieren durch den ZrO_2 -Elektrolyten zur Brenngasseite. Die Anode ist ein zusammengesintertes Gemisch aus metallischem Nickelpulver (Elektronenleitung, Katalyse) und ZrO_2

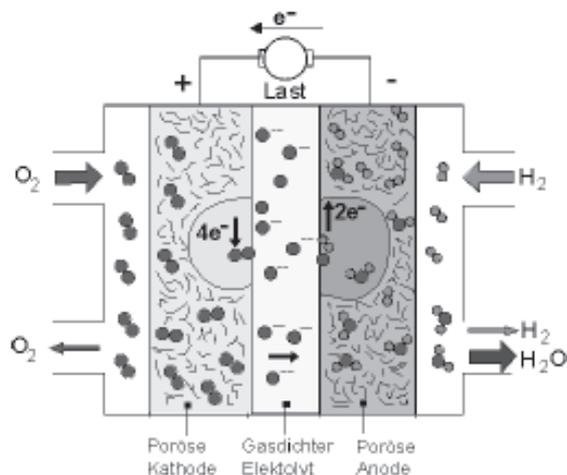
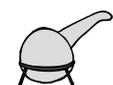
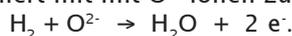
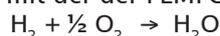


Abbildung 2: Prinzipdarstellung einer SOFC

(Ionenleitung). Daran wird das Brenngas (z. B. Wasserstoff H_2) unter Abgabe von Elektronen oxidiert und rekombiniert mit O^{2-} -Ionen zu H_2O :



In einem äußeren Stromkreis werden die Elektronen über eine externe Last (= Verbraucher) zur Kathode zurückgeleitet. Die Gesamtreaktion der SOFC ist jedoch identisch mit der der PEMFC:



Was kann aber nun die Brennstoffzelle besser als ein Motor oder eine Batterie?

Bei der konventionellen Batterie sind Energiespeicher und Energiewandler ein und das selbe Gerät. Der Wunsch nach einer langen Nutzungsdauer bei kleiner Leistung muß mit einem großen, schweren Gerät bezahlt werden, außerdem sind die Ladezeiten sehr lange. Brennstoffzelle und Verbrennungsmotor haben da den Vorteil, daß Energiewandler und Energieträger getrennte Systeme sind. Wird über lange Zeit kleine Leistung verlangt, so muß nur der Tank groß sein, der Wandler kann aber klein ausfallen. Außerdem ist das Nachtanken fast ohne Zeitverlust möglich.

Die Brennstoffzelle trägt in sich aber auch die Vorteile der Batterie gegenüber dem Verbrennungsmotor: Emissionsfreiheit am Ort der Energieerzeugung ist gepaart mit der günstigen Eigenschaft, bedingt durch die Thermodynamik schon bei niedrigen Betriebstemperaturen und auch unter Teillast gute Wirkungsgrade zu erzielen. Der Ottomotor hat dabei den Nachteil, als Wärmekraftmaschine in seinem Wirkungsgrad nie besser als der Wirkungsgrad eines idealen Carnot-Prozesses werden zu können. Der Temperaturunterschied zwischen heiß und kalt gibt unverrückbar die maximale Energieausnutzung vor. Günstig für die Brennstoffzelle wirkt sich auch noch der modulare Aufbau aus. Wie bei der Batterie ist Leistungsverdopplung einfach durch zwei gleiche Systeme zu erreichen, beim Motor dagegen muß ein völlig neues Gerät aufwendig konstruiert und gebaut werden.

So vereinigen die Brennstoffzellentypen in sich neben physikalischen, elektrotechnischen und verfahrenstechnischen Fragen eine große Spannweite chemischer Themen: von anorganischen Ionenleitern über Elektrochemie, Katalyse unter schwierigen Bedingungen, Makromolekulare Chemie und physikalisch-chemischen Fragestellungen, Materialien mit speziellen definierten Eigenschaften (Temperaturwechselbeständigkeit, kleine Wärmeausdehnungskoeffizienten) – ein spannendes interdisziplinäres Gebiet mit großen Zukunftsaussichten – hat doch der Ottomotor 150 Jahre Zeit gehabt, zu dem zu werden, was er heute ist, intensive Arbeiten an Brennstoffzellen laufen aber erst seit einigen Jahren. Vielleicht kommt ja bald der Strom nicht mehr aus der Steckdose, sondern zusammen mit der Wärme im Haus aus der Zentralenergieversorgungszelle im Keller, und das Auto fährt elektrisch...

Einige Bezugsquellen für Spiel- und Demonstrations-Brennstoffzellen:

Conrad Electronic, Hirschau

www.conrad-electronic.de

H-Tec Wasserstoff-Energie-Systeme GmbH, Lübeck

www.h-tec.com

Heliocentris Energiesysteme GmbH, Berlin

<http://www.heliocentris.com/>

WA-TEC Ingenieurbüro Martin Strippel, Darmstadt

<http://members.aol.com/strippel/>

Allgemeine Links, die weiterhelfen:

Infos über Wasserstoff und Brennstoffzellen

www.hyweb.de

Deutscher Wasserstoff-Verband e.V.

www.dwv-info.de

World Fuel Cell Council:

<http://members.aol.com/fuelcells/>

Fuel Cells 2000:

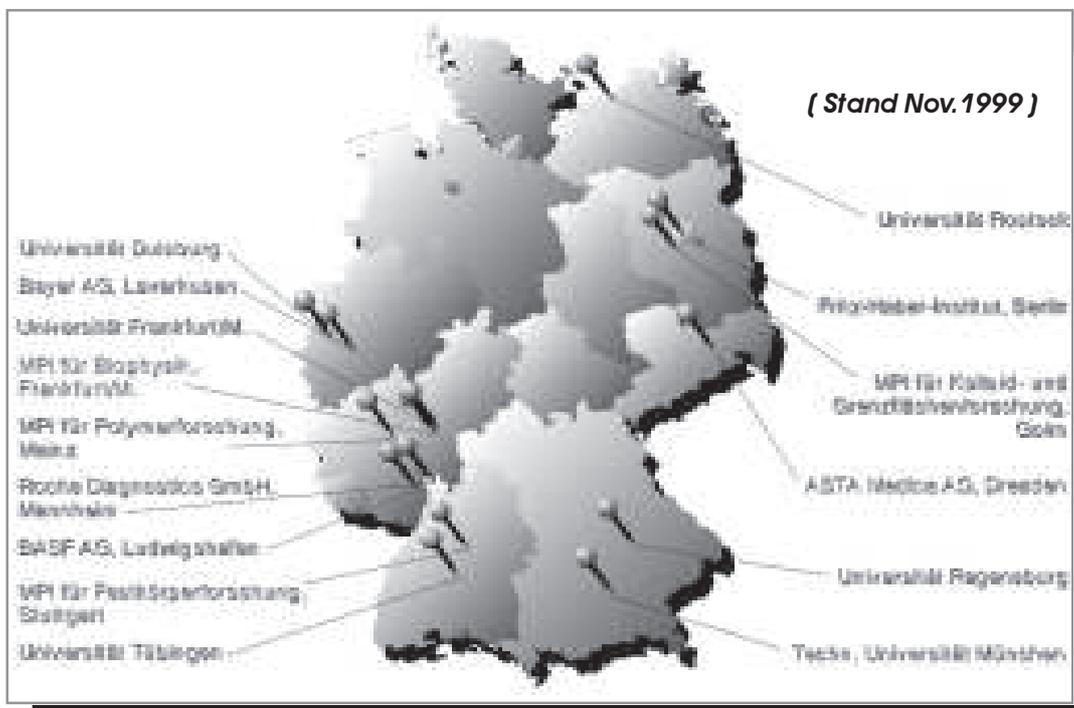
<http://www.fuelcells.org/>

.....
Christoph Kiener studierte an der Technischen Universität München Chemie, vertieft in Katalyse und Reaktionstechnik. Auch in seiner Promotion arbeitet er an der Herstellung und dem Verständnis von heterogenen Katalysatoren. Brennstoffzellen und Wege in die zukünftige Energieversorgung sind ein wichtiger Gegenstand dieser Arbeiten.



Den Forschern über die Schulter geschaut

Schnupperpraktika an Universitäten, Max-Planck-Instituten und in der Industrie



Bevor ein Abiturient sich für ein Studienfach entscheidet, das sein weiteres Leben entscheidend prägen wird, informiert sie/er sich idealerweise umfassend über Perspektiven, Aufgabenfelder und Studienpläne des Faches seiner Wahl. Er besucht vielleicht Informationstage der Universitäten, befragt Lehrer, Verwandte oder Freunde. Aber nur in den seltensten Fällen kann er an dem Berufsalltag - z.B. eines Chemikers - teilhaben und so einen Eindruck gewinnen, was ihn während und nach Ende seiner Studienzzeit erwarten wird.

Um zumindest im Bereich der Chemie, Schülern diese Möglichkeit zu bieten, wurde vom Förderverein Chemie-Olympiade schon vor fünf Jahren das Projekt "Schnupperpraktikum" ins Leben gerufen. Seitdem konnten mehr als 100 Schüler, die es bis in die 3. Runde der IChO geschafft hatten, an solch einem zweiwöchigen Schnupperpraktikum an einer Universität, einem Max-Planck-Institut oder einem Betrieb der chemischen Industrie teilnehmen.

Dabei konnten sie hautnah miterleben, wie aktuelle Forschung betrieben wird, moderne Meßmethoden kennenlernen und vor allem selbst praktisch

tätig werden. In den vielfältigen Praktikumsberichten beschreiben die Schüler wie sie über ein mißlungenes oder sehr langwieriges Experimente frustriert waren, aber auch wieviel Freude es ihnen gemacht hat, wenn sie dann Ergebnisse erhielten. Eben dieselben Erfahrungen, die man auch während des Studiums oder danach immer wieder machen wird!

In diesem Jahr konnte der Förderverein 24 Schülern aus der Bundesrepublik und einem Preisträger des Wettbewerbs "Schweizer Jugend forscht" solch ein Praktikum ermöglichen. Wieviele von ihnen einmal Chemie studieren werden, wissen wir nicht. Wir denken jedoch, daß sie ihre Entscheidung dafür oder dagegen nun auf eine solide Grundlage stellen können und in jedem Fall um einige wertvolle Erfahrungen reicher sind.

Im Namen aller Teilnehmer möchten wir uns deshalb an dieser Stelle bei allen Veranstaltern von Schnupperpraktika für Ihr Engagement und dem Fond der Chemischen Industrie für die finanzielle Unterstützung sehr herzlich danken und hoffen im nächsten Jahr, wieder möglichst vielen Schülern ein interessantes Schnupperpraktikum anbieten zu können.

(jaz)

Wenn Sie an Ihrer Universität, Ihrem Institut oder Betrieb auch Schnupperpraktika für Schüler anbieten wollen, dann wenden Sie sich bitte für weitere Informationen an Jana Zaumseil (Augustenstraße 8, 04317 Leipzig, Tel.: (0341) 699 49 37, eMail: che97btw@studserv.uni-leipzig.de)



Schnupperpraktikum bei der Bayer AG

Ein Praktikum bei Bayer ist eine feine Sache. Ganz besonders im Pflanzenschutz-Zentrum in Monheim. Und

das nicht nur wegen dem guten Essen im einzigartigen Betriebsrestaurant Tropicana. Fernab von den Produktionsanlagen des Leverkusener Werkes, deren Lärm und Gestank, findet man hier mitten im Grünen Bayer-Forschung, wie man sie sich immer vorgestellt hat. Manche werden sicher sagen, daß gerade die Produktionsanlagen mit ihrer beeindruckenden Größe aufregend sind. Allerdings schlägt mein Herz doch mehr für die Forschung, und so war ich glücklich, einen Praktikumsplatz in Monheim zu bekommen.

Die erste Woche führte mich in das Institut für Pflanzenkrankheiten. Was ich hier kennenlernte, war ein bereits sehr spätes Entwicklungsstadium eines Produktes. Verschiedene Labortests haben schon ziemlich genaue Erkenntnisse über Wirksamkeit, Wirkungsweise und Verträglichkeit geliefert. Allerdings muß sich jede Theorie an der Praxis messen. Und darin bestand nun die Aufgabe meiner Abteilung. Erste Freilandversuche auf kleineren und später auch großen Flächen werden hier durchgeführt, überwacht und ausgewertet.

Ich arbeitete bei drei Frauen, die sich auf Rasenkrankheiten spezialisiert hatten. Die Aufgaben, die ich so kennenlernte waren sehr vielfältig. Es mußten Krankheitserreger, hauptsächlich Pilze und Bakterien, gezüchtet werden, Rasenproben und Flächen infiziert, behandelt und verglichen werden. Nicht nur mit unbehandelten Flächen, sondern zum Beispiel auch mit Flächen, die mit Konkurrenzprodukten oder anderen Produktkonzentrationen behandelt worden waren.

Auch die Probleme bei solchen Versuchen waren unterschiedlich. Manchmal kann es schwierig sein, eine Freilandfläche genügend stark zu infizieren. Um so etwas herauszufinden, verwendete man unterschiedliche Nährmedien für die Erreger, zum Beispiel Hirse- und Weizenkörner. Man deckte die Flächen direkt mit Plastikplanen oder aber Plexiglasbehältern ab. Auf diese Weise erzielte man unterschiedliche Ergebnisse. Manchmal konnte es auch sehr frustrierend sein, wenn keine der Testflächen ausreichend infiziert war.

Bei anderen Versuchsreihen gestaltete sich hingegen die Auswertung schwieriger. Beispielsweise wurde zu meiner Praktikumszeit ein Versuch mit einem Bakterium ausgewertet, das wachstumsfördernd bei Rasen wirkt. Diese Beobachtung allein reicht jedoch nicht aus, um daraus ein Produkt zu entwickeln. Meine Abteilung versuchte nun aufgrund spezifischer Versuche, die exakte Wirkweise des Bakteriums herauszufinden. Wirkt es an den Wurzeln? Was bewirkt es dort genau? Um solche Fragen zu klären, kann es eben vorkommen, daß man einen Nachmittag damit verbringt, Grashalme und Wurzeln zu zählen. Und ich meine das wörtlich!

Gewöhnlich werden allerdings, wie schon erwähnt, zu einem früheren Zeitpunkt der Entwicklungsphase bereits Tests durchgeführt, die Anhaltspunkte für solche Überlegungen liefern. Und einige dieser Tests waren die Aufgabe der biochemischen Wirkstoff-Forschung. Dies war die Abteilung, in die es mich während der zweiten



Das Pflanzenschutz-Zentrum der Bayer AG in Monheim

Praktikumswoche verschlug. Das Labor, in dem ich tätig war, beschäftigte sich jedoch nicht mit der biochemischen Zusammensetzung oder Wirkweise. Vielmehr ging es bei den Versuchen, die ich nun durchführte, darum festzustellen, ob ein Stoff überhaupt ausreichend Wirkung zeigt.

Es wäre viel zu kostspielig und zeitraubend, für jeden möglichen Wirkstoff genaue Untersuchungen oder Versuche an Pflanzen durchzuführen. Hatte ich in der ersten Woche das Endstadium einer Produktentwicklung erlebt, so sah ich nun ihre Anfänge. Wenn ein Stoff im chemischen Labor synthetisiert wird, so geschieht das lediglich auf eine Vermutung hin. Und nun kommt die biochemische Wirkstoff-Forschung ins Spiel.

Wir stellten Platten mit Nährmedium her, das bereits mit einem Pilz infiziert war. Darauf gab man nun verschiedene Wirkstoffe in verschiedenen Konzentrationen. Danach brachte man diese Platten in eine geeignete Umgebung, so daß der Pilz wachsen konnte. An den Stellen, an denen sich wirksame Stoffe befunden hatten, sah man nun keinen Pilzbefall. Auf diese Weise kann einfach, aber effektiv festgestellt werden, ob ein Stoff die gewünschte Wirkung erzielt und wieweit er verdünnt werden kann, um noch zu wirken. Dieser Versuch wurde gleichzeitig mit verschiedenen Pilzarten durchgeführt. So erhält man am Ende eine Liste aller getesteten Stoffe, die darüber Aufschluß gibt, wie gut und bis zu welcher Konzentration sie bei welche Pilzen wirken.

Diese Listen sind nun die Grundlage für weitere Forschungen. Wirksame Stoffe werden jetzt weiter untersucht. Und nicht nur in dieser Abteilung. Zu diesem Zeitpunkt werden erste Versuche in anderen Instituten angeordnet, die sich mit Verträglichkeit, Abbau im Boden und vielem mehr beschäftigen. Durch die ersten Tests wird sichergestellt, daß diese kostenintensive Forschung sich nur mit solchen Stoffen befaßt, die auch tatsächlich eine gewisse Wirksamkeit versprechen.

Es war sehr interessant, auf diese Weise einen Einblick in die Vorgehensweisen großer Chemieunternehmen zu bekommen. Durch weitere Erklärungen der Mitarbeiter wird einem erst richtig klar, welch langen Weg ein fertiges Produkt hinter sich hat, bis es auf dem Markt kommt, und wie viele verschiedene Schritte nötig sind, damit es am Ende den Anforderungen der Kunden, sowie der Umwelt- und Gesundheitsbehörden gerecht werden kann. Alles in allem zwei absolut lohnende Wochen!

Inga Wadenpohl



Schnupperpraktikum am Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin

„JEDER WEIß, DAß SIE FUNKTIONIERT, ABER KEINER WEIß, WIE SIE FUNKTIONIERT.“ FORSCHERGRUPPEN AM FRITZ-HABER-INSTITUT (FHI) GEHEN DEN URSACHEN FÜR DIESES PHÄNOMEN, DAS WIR KATALYSE NENNEN, NACH.

Im Laufe des Auswahlverfahrens zur Chemie-Olympiade wurde uns die Möglichkeit geboten, an einem Schnupperpraktikum am FHI in Berlin teilzunehmen. Im Zeitraum vom 19.07. bis 30.07.1999 wurde uns das Institut vorgestellt. Gleich zu Anfang wurde uns deutlich, daß alle Arbeitsgruppen am Institut an der Lösung einer Frage arbeiten: „Wie läuft eine Reaktion am Katalysator ab?“.

Die erste Arbeitsgruppe (AG), in der wir dieser Frage nachgehen durften, war die AG „Chemical Physics“. Wir bekamen dort das erste Mal eine Ultrahoch-Vakuum-Kammer (UHV-Kammer) zu Gesicht, die wir im Laufe der zwei Wochen fast täglich aufs Neue erklärt bekamen (Abb. 1).

Im Laufe der ersten Woche zeigte und erklärte uns die AG „Model Catalysis“ die Ultraviolett-Photoelektronenspektroskopie (UPS), die Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS) sowie Elektronenbeugungsspektren (LEED) und Auger-Elektronenspektren. Die Chemiker bzw. Physiker, beide zu ca. 50% am Institut arbeitend, führen zum Teil sehr spezifische Experimente durch und benötigen dazu sehr spezielle (Meß-)Geräte, die man teilweise gar nicht auf dem Markt kommerziell erwerben kann. Aushilfe bietet das institutseigene „E-Labor“, das spezielle Hardware für die Experimente am Computer entwickelt und zusammenbaut. Nach all den „Experimentierkammern“ bot uns eine kleine Führung durchs Gelände des FHI Abwechslung. Dabei erklärte man uns die Geschichte des Instituts und des Geländes.

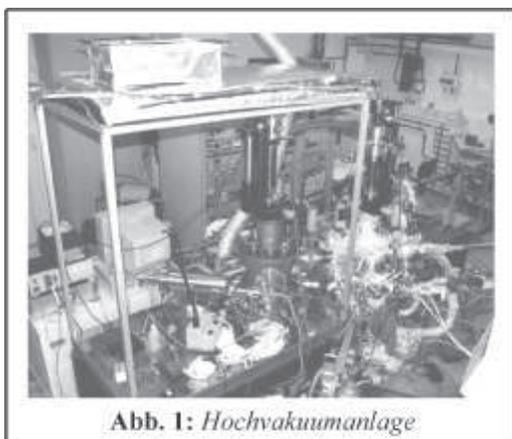


Abb. 1: Hochvakuumanlage

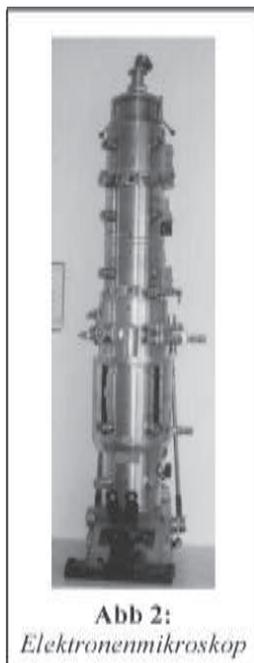


Abb 2:
Elektronenmikroskop

Am Mittwoch der zweiten Woche mußte unser Praktikumsprogramm kurzfristig geändert werden. Auf die Schnelle wurden uns die Grundlagen der Infrarot- und Gaschromatographie erklärt und gezeigt, bis wir kurz darauf zur AG „Electron Microscopy“ kamen. Diese AG befindet sich im „Ernst-Ruska-Bau“, dem Gebäude, in dem Ernst Ruska das Elektronenmikroskop (Abb. 2) entwickelte und dafür 1986 den Nobelpreis erhielt. An einem Elektronenmikroskop erklärte man uns an einem Beispiel die Transmissionselektronenmikroskopie (TEM), bei der Elektronen durch eine dünne Probe auf einen Leuchtschirm fallen und ein Bild erzeugen (Abb. 3). Die Probe liegt dabei auf einem feinem Kupfer-Graphit-Netz. Einen Tag später erläuterte man uns eine weitere Art der Elektronenmikroskopie, die Rasterelektronenmikroskopie (REM). Bei der REM treten die Elektronen nicht durch die Probe, sondern werden von der Oberfläche der Probe emittiert. Man erhält so ein (klares) Bild von der Oberfläche der Probe. Mit Hilfe weiterer Meßgeräte kann die Zusammensetzung der beobachteten Oberfläche ermittelt werden.

Die beiden Freitage der zwei Wochen verbrachten wir in der AG „Heterogeneous Catalysis“. Dort wurde eine

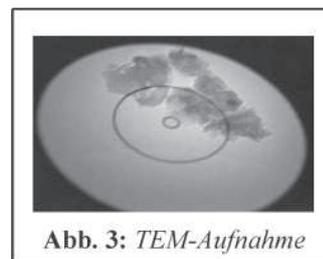


Abb. 3: TEM-Aufnahme

Reaktion auf Kupfer bzw. Kupferoxid mit temperaturabhängigen Messungen untersucht. So wurde auch eine sehr kleine Menge Kupferoxid in einem speziellem Ofen, in dem die Temperatur konstant zunimmt, erhitzt und Änderung in der Zusammensetzung gemessen. Das Verfahren nennt sich „Temperaturprogrammierte Desorption/ Reduktion/ Oxidation“ (TPD/R/O).

Weiterhin maßen wir die Masse von sich zersetzendem Calciumoxalat in einem Ofen. Das erhaltene Masse-Temperatur-Diagramm war identisch mit dem Diagramm, das in einer Aufgabe der zweiten Runde zur Chemie Olympiade dargestellt war.

Alles in allem waren die zwei Wochen des Praktikums eine sehr lehrreiche und interessante Zeit. Schon am ersten Tag wurden wir sehr freundlich empfangen und wir konnten uns in Gesprächen über sehr verschiedene Dinge unterhalten. Unsere Fragen wurden sehr ausführlich beantwortet, die Meßgeräte und Arbeitsmethoden ausführlich erklärt. Als sehr positiv empfanden wir, daß wir an Experimenten aktiv teilnehmen durften. Allerdings eintönig erschien der immer wiederkehrende Ablauf, der beim Experimentieren beachtet werden muß: Katalysatoroberfläche kontrollieren, säubern, kontrollieren und experimentieren. Teilweise nahmen die Experimente auch sehr viel Zeit in Anspruch. Trotz alledem war es doch eine sehr wichtige Erfahrung, zu erleben, was Forschung bedeutet.

Michael Knobel



“Chemie entdecken” - ein neuer Schülerwettbewerb in NRW

Seit Ende 1998 findet in Nordrhein-Westfalen ein neuer Experimentwettbewerb Chemie für Schülerinnen und Schüler aller Schulformen der Jahrgangsstufen 6 bis 10 statt (siehe Mitteilung in “Faszination Chemie 1/99, S. 18). Er stellt als Aufgabe ein chemisches Experiment, das mit einfachen Mitteln zu Hause durchgeführt werden kann, wobei inhaltlich jeweils ein Alltagsphänomen im Mittelpunkt steht. Über diese Experiment soll schriftlich berichtet werden, und für die verschiedenen Jahrgänge gibt es Zusatzfragen. “Chemie entdecken” ist ein Einzelwettbewerb, d.h. die Experimente können zwar im Team gemacht werden, aber jede Teilnehmerin bzw. jeder Teilnehmer muß einen eigenen Versuchsbericht schreiben.



Welche Ziele hat dieser Wettbewerb? Zunächst soll er vor allem Spaß machen, aber auch zum Experimentieren anregen und anleiten, indem Alltagsfragen aufgegriffen und interessante Aspekte der Chemie unserer unmittelbaren Umgebung erforscht werden. Ferner soll das Interesse an der Chemie auch außerhalb des Unterrichts geweckt werden. Lehrer und Organisatoren des Wettbewerbs können dabei entdecken, welche Schülerinnen und Schüler sich gerne mit Chemie beschäftigen.

Veranstaltet wird “Chemie entdecken” von einer Lehrer(innen)-Arbeitsgruppe innerhalb des Kölner Modells. Das Kölner Modell ist ein Arbeitskreis aus Lehrern, Vertretern der Universität Köln und der Chemischen Industrie, unterstützt durch die Kurt-Hansen-Stiftung. Die Aufgaben werden an die Schulen versandt oder können aus dem Internet abgerufen werden (Webadresse siehe Kasten). Die Korrektur erfolgt durch den Arbeitskreis Kölner Modell; Urkunden und ggf. kleine Sachprämien werden über die Schulen an die Wettbewerbsteilnehmer ausgehändigt. Jeweils zum Schuljahresende werden besonders erfolgreiche Teilnehmerinnen und Teilnehmer zu einer zentralen Veranstaltung an der Universität Köln eingeladen.

Der Wettbewerb findet zweimal jährlich jeweils im Frühjahr und Herbst statt. Bei der ersten Aufgabe, die Ende letzten Jahres gestellt wurde, ging es um

Styropor und um die Herstellung eines alternativen Materials aus Kartoffel- oder Maisstärke, das “Stärkopor”. In der zweiten Aufgabe, die bis Anfang November abgegeben werden mußte, sollte eine selbst hergestellte einfache Zahnpasta mit einer gekauften verglichen und deren Wirkungsweise untersucht werden.

Die erste Aufgabenrunde, die zunächst nur für den Regierungsbezirk Köln durchgeführt wurde, ist auf eine erfreulich große Resonanz gestoßen: Über 350 Teilnehmerinnen und Teilnehmer haben mehr als 280 Lösungen eingeschickt! Besonders erfreulich ist dabei,

daß 57% der Teilnehmer Mädchen sind, und daß immerhin rund ein Drittel von Gesamt- und Realschulen kommt. Während nur 2% der Einsendungen von Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufen 5 und 6 stammen, gehen 33% der Teilnehmer in die 7. Klasse, 11% in die 8., 28% in die 9. und 26% in die 10. Die geringe Teilnehmerzahl aus 8. Klassen erklärt sich daraus, daß der Chemieunterricht in Nordrhein-Westfalen in der Jahrgangsstufe 7 beginnt, aber danach für ein Jahr pausiert.

Die erste Feierstunde für die Siegerinnen und Sieger bei “Chemie entdecken” fand am 10. Juni 1999 im Rahmen einer Festveranstaltung zum zwanzigjährigen Bestehen des Kölner Modells statt. Über 400 Gäste sahen u.a. den spannenden Experimentalvortrag “Pentagramma der Sinne - in der Chemie?” von Prof. Dr. G. Meyer. Danach stellten das Team von “Chemie entdecken”, vertreten durch Frau Dr. Elsner, Frau Fritsch, Frau Kathrein, Frau Pantel und Frau Schumacher, den Wettbewerb kurz vor und präsentierte Auszüge aus den preisgekrönten Arbeiten. Es wurden insgesamt 160 Urkunden verliehen, davon 34 mit Buchgeschenken verbunden, die von der Kurt-Hansen-Stiftung und der Gesellschaft Deutscher Chemiker gespendet worden waren.

Inzwischen sind bereits mehr als 900 (!) Lösungen zu 2. Aufgabenrunde von “Chemie entdecken” eingegangen. Wir wünschen diesem Wettbewerb weiterhin viel Erfolg und hoffen, daß er viele ebenso erfolgreiche Nachahmer in anderen Bundesländern finden wird. (es, fs)

Informationen zu den Schülerwettbewerben im Internet

Nordrhein-Westfalen

“Chemie entdecken”: <http://www.chemie-entdecken.schule.de> (neue Webadresse)

Baden-Württemberg

“Chemie im Alltag”: <http://www.chemall.schule.de> (siehe auch Berichte in den vorangegangenen Ausgaben der “Faszination Chemie”)

Hessen

Seit Herbst 1999 gibt es auch in Hessen einen neuen Experimentalwettbewerb für Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 7-10 aller Schulformen:

“Chemie - mach mit!": <http://www.chemie-mach-mit.schule.de>

Es gibt Pläne, ähnliche Wettbewerbe in Niedersachsen und Rheinland-Pfalz/Saarland sowie in weiteren Bundesländern einzurichten.

C
h
e
m
i
e

Chemie entdecken Jahrgang 10

Experimentalwettbewerb der Klassenstufen 8-10 in NRW



Zahnprobleme?

Die Idee: Zahnpasta



Das Experiment:

Herstellung von Zahnpasta:

Material:

- 1. geschliffene, saubere Calciumcarbonat-Abschleife oder ein zerstoßenes Stück
- 1. Teelöffel Honigsaft oder Zitrus-Saftersatz
- 1. Teelöffel Phosphorsäure
- 1. Teelöffel Natriumcarbonat
- 100 ml warmes Wasser (optional)
- 100 ml kaltes Wasser (optional)

Vorgehensweise: In zwei Bechergläsern werden die beiden Lösungen zubereitet. In einem Becherglas werden die beiden Lösungen miteinander vermischt. In einem weiteren Becherglas wird die Zahnpasta zubereitet. Die Zahnpasta wird in einem Becherglas aufbewahrt.

Zwei Versuchsaufbauten: In zwei Bechergläsern werden die beiden Lösungen zubereitet. In einem Becherglas werden die beiden Lösungen miteinander vermischt. In einem weiteren Becherglas wird die Zahnpasta zubereitet. Die Zahnpasta wird in einem Becherglas aufbewahrt.

Beobachtung: In beiden Bechergläsern wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem weiteren Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet.

Erklärung: In beiden Bechergläsern wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem weiteren Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet.

Chemische Reaktionen: In beiden Bechergläsern wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem weiteren Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet.

Chemische Gleichungen: In beiden Bechergläsern wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem weiteren Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet.

Chemische Formeln: In beiden Bechergläsern wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem weiteren Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet.

Chemische Strukturen: In beiden Bechergläsern wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem weiteren Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet.

Chemische Eigenschaften: In beiden Bechergläsern wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem weiteren Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet.

Chemische Reaktionen: In beiden Bechergläsern wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem weiteren Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet.

Chemische Gleichungen: In beiden Bechergläsern wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem weiteren Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet.

Chemische Formeln: In beiden Bechergläsern wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem weiteren Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet.

Chemische Strukturen: In beiden Bechergläsern wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem weiteren Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet.

Chemische Eigenschaften: In beiden Bechergläsern wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet. In einem weiteren Becherglas wird eine milchige Flüssigkeit beobachtet.

e
n
t
d
e
c
k
e
n



Verleihung des Friedrich-Stromeyer-Preises an Frau Elke Schumacher



Die Zeremonie der Preisverleihung im Heidelberger Schloß

Wie schon in der letzten Ausgabe der "Faszination" angekündigt, hat Frau OStR Elke Schumacher (Werner-Heisenberg-Gymnasium Leverkusen) den Friedrich-Stromeyer-Preis der GDCh-Fachgruppe Chemieunterricht 1999 u.a. für ihr Engagement im "Kölner Modell", bei "jugend forscht", als Landesbeauftragte der Chemie-Olympiade in Nordrhein-Westfalen und bei dem Schülerwettbewerb "Chemie entdecken" zuerkannt bekommen. Die Preisverleihung fand aus Anlaß der Jahrestagung der GDCh-Fachgruppe Chemieunterricht am 10. September 1999 in festlichem Rahmen im Rittersaal des Heidelberger Schlosses statt. Frau Schumacher ist Fördermitglied des FChO; sie hat das Preisgeld für Zwecke des Fördervereins Chemie-Olympiade gespendet. Wir gratulieren herzlich zum Friedrich-Stromeyer-Preis und danken für die großzügige Spende!

Verleihung der Honorarprofessur der Universität Köln an Herrn Dr. Heinz Wambach



Verleihung der Ehrenprofessur der Universität Köln an Dr. Wambach (rechts)

Am 12. November 1999 fand eine Plenumsveranstaltung an der Universität Köln zu Ehren von Prof. Dr. Heinz Wambach anläßlich seiner Ernennung zum Honorarprofessor und der Vollendung seines 60. Lebensjahres statt. Prof. Wambach ist in allen Aspekten der Lehrerbildung und Schülerförderung sehr aktiv, u.a. als Dezernent bei der Bezirksregierung Köln, stellvertretender Vorsitzender der GDCh-Fachgruppe Chemieunterricht, im Rahmen des "Kölner Modells" und als Landesbeauftragter der Chemie-Olympiade in Nordrhein-Westfalen für den Bezirk Köln. Er ist Mitglied des Fördervereins Chemie-Olympiade. Wir gratulieren Herrn Prof. Wambach herzlich zu seinem runden Geburtstag und der Verleihung der Honorarprofessur !

Mehr zu der Arbeit von Frau Schumacher und dem „Kölner Modell“ finden Sie im Internet unter: <http://www.uni-koeln/math-nat-fak/koemo>

FChO bei dem IUPAC-Kongress in Berlin, 14-19. August 1999

Die Präsenz des Fördervereins Chemie-Olympiade auf dem IUPAC-Kongreß 1999 mit angeschlossenen Hauptversammlung der Gesellschaft Deutscher Chemiker im Internationalen Congress Centrum in Berlin brachte den FChO wieder mit zahlreichen Tagungsteilnehmern, Firmen-, Verbands- und Verlagsvertretern ins Gespräch. Während des Kongresses beteiligten Frank Sobott, Greta Patzke und Thoralf Krahl an dem Präsentationsauftritt, neben Christoph Kiener und Max Hofmann (s.Bild)





Rastersondenmikroskopie - der Blick in kleinste Dimensionen

Die Idee

Die Geburtsstunde der Rastersondenmikroskopie schlug im Jahre 1981 als G. Binnig und H. Rohrer (IBM Zürich) das Rastertunnelmikroskop erfanden und damit eine ganze Lawine ähnlicher Erfindungen auslösten. Für ihre Pionierarbeit erhielten sie fünf Jahre später den Nobelpreis für Physik. Erstmals war es möglich geworden, die Topographie und andere Eigenschaften von Oberflächen mit atomarer Auflösung abzubilden.

Was aber versteht man allgemein unter einem Rastersondenmikroskop? Die Idee, die allen Rastersondenverfahren zu Grunde liegt, ist recht einfach. Ein mikroskopischer Meßfühler, die Sonde

(engl. probe, daher die Abkürzung SPM für scanning probe microscopy) wird in sehr geringem Abstand in einem zweidimensionalen Raster (x,y) über eine Probe bewegt. Das Signal, das sich aus einer Wechselwirkung (z.B. Tunnelstrom oder Kraftwirkung) zwischen Sonde und Probe ergibt, wird an jedem Punkt des Rasters aufgezeichnet. Aus diesen Meßwerten erhält man eine

scheinbar dreidimensionale Landschaft. Diese Landschaft ist jedoch nicht immer einfach mit der Topographie der Probe gleichzusetzen, sondern kann je nach Methode z.B. auch Reaktivitäts- oder Elastizitätsunterschiede darstellen. Die Auflösung von Rastersondenmikroskopen ist stark von der Art der

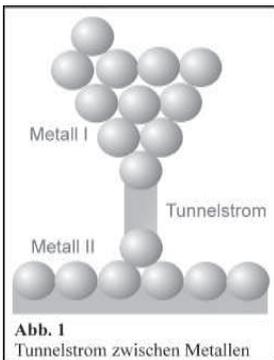


Abb. 1
Tunnelstrom zwischen Metallen

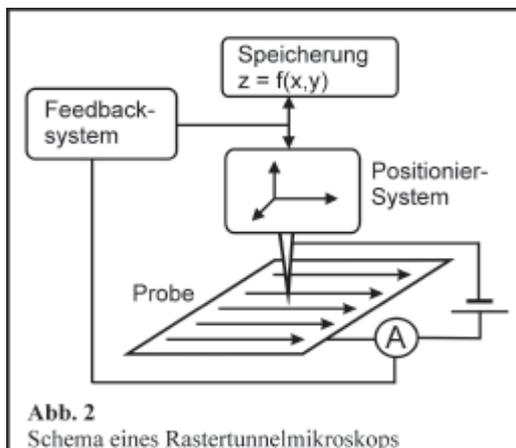


Abb. 2
Schema eines Rastertunnelmikroskops

untersuchten Wechselwirkung und in besonderem Maße von der Größe der Sonde abhängig. Nicht bei allen Methoden kann man atomare Auflösungen erreichen. Um gute Aufnahmen zu erreichen, muß man außerdem für eine sehr gute Schwingungsdämpfung und eine sehr genaues Positioniersystem sorgen. Je nach Meßmethode hat man die Möglichkeit, unterschiedlichste Eigenschaften von Oberflächen zu untersuchen oder Oberflächenprozesse zu verfolgen.

Im folgenden sollen einige wichtige und interessante Rastersondenmethoden vorgestellt werden. Es gibt jedoch noch wesentlich mehr Methoden, wobei an dieser Stelle auf die Literaturangaben am Ende des Artikels verwiesen sei.

Das Rastertunnelmikroskop (STM)

Bei der Rastertunnelmikroskopie (engl. scanning tunneling microscopy) macht man sich als Wechselwirkung zwischen Sonde und Probe den quantenmechanischen Tunnelstrom zu nutze. Als Tunneln bezeichnet man den Durchtritt von Elektronen durch eine Potentialbarriere zwischen einem Metall I und einem Metall II, ohne Änderung der inneren Energie. Legt man zwischen einer scharfen metallischen Spitze (z.B. Iridium) als Sonde und einer leitenden oder halbleitenden Probe eine geringe Differenzspannung an und nähert die Spitze an die Probenoberfläche, so beginnen etwa bei einem Abstand von 10 Å die Elektronen zwischen Spitze und Probe zu tunneln, und man kann einen Stromfluß messen. Dieser Tunnelstrom nimmt exponentiell mit abnehmendem Abstand zu, so daß etwa 90 % des Tunnelstromes durch das vorderste Spitzenatom fließen, was letztendlich die atomare Auflösung ermöglicht (Abb. 1). Je nach Art der Probe kann der Tunneleffekt im Ultrahochvakuum (UHV), an der Luft, in unpolaren Flüssigkeiten oder Elektrolytlösungen erfolgen.



Abb. 3
UHV-STM-Abbildung
Silicium (111) (Ausschnitt 195 Å)

Will man nun eine Oberfläche abbilden, nähert man die Spitze solange an die Probe an, bis sich ein bestimmter Tunnelstrom einstellt. Die Sonde wird dann mittels eines sehr genauen Positioniersystems



in x-Richtung bewegt. Verändert sich der Strom durch die Höhenunterschiede der Probe, dann regelt das Positioniersystem den Abstand so nach, daß sich wieder der Ausgangsstromwert einstellt. Die Spitze verfolgt so die Topographie der Oberfläche (constant current mode). Ist ein Linienscan in x-Richtung abgeschlossen, wird die Spitze ein Stück in y-Richtung bewegt und ein erneuter Linienscan beginnt (Abb. 2)

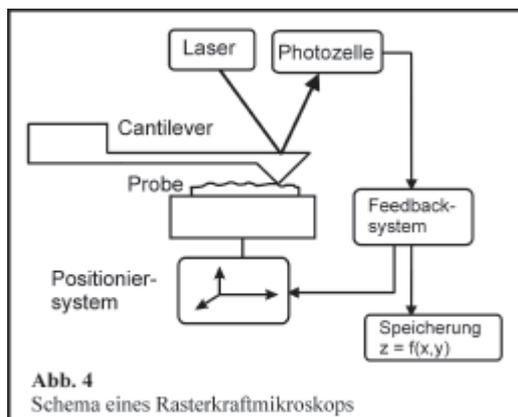
Wesentlich schneller kann die gleiche Fläche jedoch abgerastert werden, wenn man die Höhe der Sonde konstant läßt, den Tunnelstrom mißt und daraus auf den Abstand zurückrechnet (constant height mode). So kann man z.B. dynamische Oberflächenprozesse verfolgen. Es birgt jedoch die Gefahr, daß die Spitze mit der Probe kollidiert und zerstört wird.

Mit dem STM hat man z.B. die Möglichkeit, Reaktionen an Halbleiteroberflächen, die Adsorption von kleinen Molekülen an Modellkatalysatoren oder die Rekonstruktion von Kristallflächen (Abb. 3) zu untersuchen. Es läßt sich aber auch selbst als Werkzeug zur lokalen Oberflächenmodifikation einsetzen.

Das Rasterkraftmikroskop (SFM/AFM)

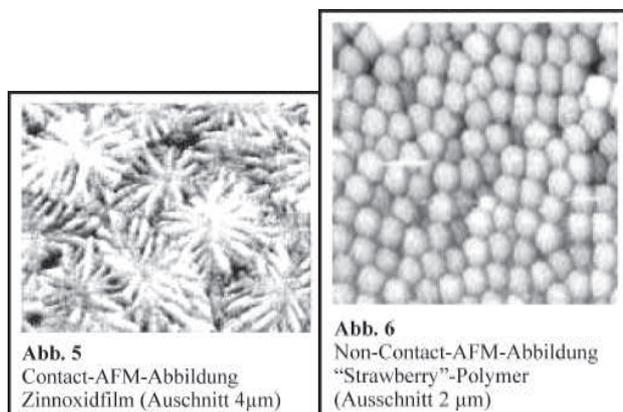
Während man mit dem Rastertunnelmikroskop nur leitende oder halbleitende Proben untersuchen kann, ist es mit der Atomkraft- bzw. Rasterkraftmikroskopie (atomic force microscopy - AFM / scanning force microscopy - SFM) auch möglich isolierende Proben abzubilden.

Das Rasterkraftmikroskop ähnelt in gewisser Weise einem miniaturisiertem Plattenspieler. Eine mikroskopische Abtastnadel (z.B. aus Si_3N_4 , weniger als 100 Å im Durchmesser) befindet sich am Ende eines 100 - 200 µm langen Federbalkens (engl. cantilever). Diese wird in geringem Abstand über die Probe bewegt und so Anziehungs- oder Abstoßungskräften ausgesetzt, was zu einer Auslenkung des Cantilevers führt. Diese Auslenkung kann z.B. über die Reflexion eines Laserstrahles an der Spitze gemessen werden (Abb. 4). Im allgemeinen arbeitet



man so, daß die Auslenkung konstant bleibt und der Abstand zwischen Probe und Spitze durch das Positioniersystem nachgeregelt und so die Topographie der Probe verfolgt wird.

Man unterscheidet grob zwei Arbeitsmethoden, zum einen den Kontakt-Modus (contact mode) und zum anderen den Anziehungsmodus (attractive mode, non-contact mode) Beim Kontakt-Modus ist die Spitze weniger als einige Å von der Oberfläche entfernt, so daß sich die Atomkerne von Spitze und Probe elektrostatisch abstoßen. Diese Abstoßungskräfte haben eine kurze Reichweite und konzentrieren sich deshalb nur auf den vorderen Teil der Spitze, was zu einer hohen Auflösung führt. Atomare Auflösungen sind mit dem AFM jedoch nur schwer zu erreichen (Abb. 5)



Im Anziehungsmodus (non-contact mode) wird dem Cantilever eine Schwingung von 100 bis 400 kHz mit einer Auslenkung von etwa 10 bis 100 Å aufgeprägt. Die Amplitude der Schwingung wird wieder durch die Ablenkung des am Cantilever reflektierten Laserstrahles gemessen. Befindet sich die Spitze in einem Abstand von ca. 10 - 100 Å über der Probe (also wesentlich weiter entfernt als beim Kontaktmodus) wirken anziehende Van-der-Waals-Kräfte auf die Spitze, was zu einer Veränderung der Schwingungsamplitude des Cantilevers führt. Regelt man die Höhe der Spitze so nach, daß die Schwingungsamplitude während des Scans gleich bleibt, erhält man wieder die Topographie der Probenoberfläche.

Da der Kontakt zwischen Probe und Spitze vermieden wird, umgeht man mit dem Anziehungsmodus das Problem, die Probe bei der Aufnahme mechanisch zu verändern. Der Anziehungsmodus eignet sich daher besonders für weiche oder elastische Proben (Abb. 6).

Mit dem AFM kann man verschiedene leitende oder nichtleitende Proben wie z.B. Datenträger, hochgradig polierte Gläser oder Photoemulsionen auf ihre Topographie, Rauigkeit oder Elastizität untersuchen. Wie die Beispiele zeigen, hat das AFM nicht zuletzt aufgrund seiner einfachen Anwendbarkeit auch Bedeutung im technologischen Bereich erreicht.



Weitere Rastersondenmethoden

Das optische Rasternahfeldmikroskop (SNOM)

Das elektrochemische Rastermikroskop (SECM)

Bei der elektrochemischen Rastersondenmikroskopie (engl. scanning electrochemical microscopy - SECM) ist die Meßgröße der Faradaystrom an einer Ultramikroelektrode (Radius 50 nm bis 10 μm). Wird diese Ultramikroelektrode (kurz UME) in eine Elektrolytlösung getaucht, die z.B. die reduzierte Form (*Red*) eines Redoxpaares enthält, und ein Potential angelegt, bei dem *Red* oxidiert wird, so stellt sich aufgrund des Stoffumsatzes und der hemisphärischen Diffusion von *Red* zur Elektrode ein konstanter Faradaystrom ein. Wird die UME sehr nah über eine isolierende Probe (z.B. Glas) positioniert, behindert diese die Diffusion von *Red* zur Elektrode, der Strom nimmt ab. Wird die UME dagegen über eine elektrisch leitende Oberfläche (z.B. Gold) gehalten, kann die oxidierte Form an der Probe regeneriert werden und steht zur erneuten Oxidation zur Verfügung, der Strom steigt an (Abb. 7). Durch diese beiden Effekte ist es mit dem SECM möglich, die lokale elektrochemische Reaktivität einer Probe abzubilden.

Bei gewöhnlichen optischen Mikroskopen gibt es eine Auflösungsgrenze, die etwa bei der halben Wellenlänge des genutzten Lichtes liegt (Beugungslimit nach Abbe). Eine Möglichkeit die Auflösung zu vergrößern, ist zum einen die Nutzung kürzerer Wellenlängen (Elektronenmikroskop), zum anderen die optische Rasternahfeldmikroskopie (engl. scanning near-field optical microscopy - SNOM). Dabei wird eine ausgezogene optische Faser mit einem Durchmesser von etwa 20 - 300 nm in einem Abstand von 5 - 10 nm über eine Probe bewegt. Die optische Faser kann dabei Licht emittieren und so eine geringe Probenregion beleuchten, nach Transmission oder Reflexion wird die Strahlung hinter einer großen Sammellinse detektiert. Als zweite Möglichkeit kann man die optische Faser als Detektor über einer von unten beleuchteten Probe nutzen. Mit dem SNOM erreicht man Auflösungen, die etwa eine Größenordnung besser sind als die eines konventionellen Mikroskops.

SPM im Internet:

STM-, AFM- u.a. SPM-Abbildungen finden sich im Internet z.B. unter www.di.com, www.molec.com, www.almaden.ibm.com/vis/stm/atomo.html und www.topometrix.com (dort gibt es auch ein einführendes Handbuch zur Rastersondenmikroskopie)

Bildquelle: topometrix.com

Literatur

Wiesendanger, Güntherrodt, *Scanning Tunneling Microscopy II*, Springer, Berlin 1995
Maganov, Whangbo, *Surface Analysis with STM and AFM*, Wiley-VCH, Weinheim 1996
Howland, Benatar, *A practical guide to scanning probe microscopy*, park scientific instruments, 1997

.....
Jana Zaumseil ist stellvertretende Vorsitzende des Fördervereins und studiert zur Zeit Chemie im 5. Semester an der Universität Leipzig.

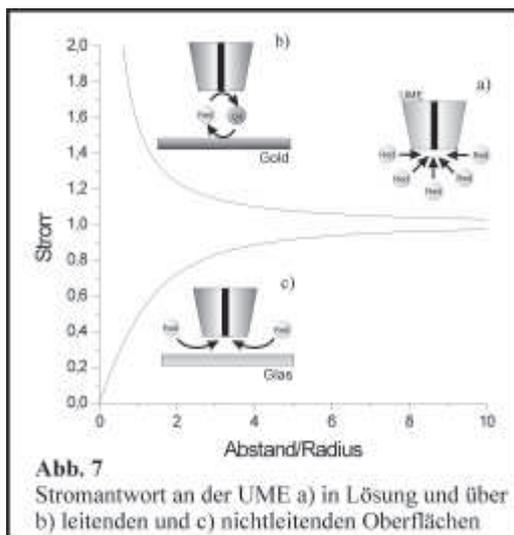


Abb. 7
Stromantwort an der UME a) in Lösung und über
b) leitenden und c) nichtleitenden Oberflächen

Besuchen Sie unsere Homepage:

<http://www.fcho.schule.de>

Chemie an der Philipps-Universität Marburg

Als eine der "Kleinen" unter den Universitätsstädten (Einwohnerzahl unter 80 000), ist Marburg dennoch eine beachtenswerte Universität. Ja, richtig gelesen! Durch die etwa 18 000 eingeschriebenen Studenten und die Bedeutung der Uni als Arbeitgeber ist die Stadt



Blick über die Altstadt von Marburg und das Schloß

so stark universitär geprägt, daß man besser von Marburg als Universität als von einer Stadt mit Universität spricht. Dieser Eindruck wird auch durch die Verteilung der Uni-Einrichtungen bestärkt: Es gibt keinen zentralen Campus, vielmehr sind die Institute, Verwaltung, Mensa, Bibliothek etc. über das Stadtgebiet verstreut, jedoch mit einer gewissen Konzentration in der Nähe der Kernstadt. In Marburg sind Stadt und Universität untrennbar miteinander verbunden.

Ein Grund dafür ist sicherlich die lange gemeinsame Geschichte, welche mit der Gründung der Universität im Jahre 1527 durch Landgraf Philipp den Großmütigen beginnt. Eine lange Tradition besitzt in besonderer Weise auch die Chemie in Marburg. So wird im Studienführer des Fachbereichs mit Johannes Hartmann (u. a. Professor für Chymie ab 1609) auf den "ersten Professor eines chemischen Faches in der Welt" verwiesen. Bei einem Blick in die nicht ganz so ferne Vergangenheit kommen auch dem heutigen Chemiker noch vertraute Namen zum Vorschein, wie zum Beispiel R.W. Bunsen, Otto Hahn oder Hans Meerwein.

Aber was hat die Chemie in Marburg heute noch zu bieten? Wenn man den in Zeitschriften veröffentlichten Umfragen Glauben schenken möchte, recht viel. Hier schneidet Marburg sehr gut ab, und zwar sowohl in der weniger gut fundierten Umfrage des "Focus" 1997 (zweiter

Platz im Ranking), als auch in der gewissenhaften Studie der Stiftung Warentest, erschienen im Mai 1998. (Diese Studie hatte kein Gesamtranking; Marburg rangierte jedoch in vier von sechs Kategorien im Spitzenfeld.) Als Negativpunkt wird in der letzteren allerdings

die Fachbereichsbibliothek aufgrund zu geringer Mittel vermerkt.

Die chemischen Institute befinden sich seit 1971 ausgelagert auf den Lahnbergen, wo auch das Uni-Klinikum, sowie die Fachbereiche Geowissenschaften, Biologie, Mathematik und einige andere Einrichtungen zu finden sind. Glücklicherweise gibt es auch eine eigene Mensa für die Ausgelagerten, die von den Chemie-Studenten durch einen nur kurzen Fußweg zu erreichen ist.

Das hier angebotene Chemie-Studium beinhaltet bis zum Vordiplom neben den Grundpraktika in Anorganik (1. und 2. Semes-



Das Marburger Rathaus



Die Universitätsbibliothek

geprägte Marburg weist ein ganzes Spektrum von Cafés und Kneipen auf. Dort und in einigen Clubs werde auch bei Live-Auftritten unterschiedliche Musik-Geschmäcker bedient. Weiterhin besteht die Möglichkeit, Theateraufführungen (zum Beispiel in der Stadthalle) zu besuchen. Eine andere Lieblingsbeschäftigung der Marburger äußert sich statistisch in der höchsten Anzahl von Kinobesuchen pro Einwohner in der Bundesrepublik.

Für Reiselustige ist die Stadt an der Lahn auch deshalb eine gute Wahl, weil mit dem Semesterbeitrag das RMV-Semesterticket erworben wird. (trotz des Namens ist

ter), Physikalischer Chemie (3. Semester) und Organik (4. Semester), das physikalische Praktikum (2. und 3. Semester), drei Mathe-Scheine und den Schein zur Vorlesung über Spezielle Rechtsgebiete (Gefahrstoffrecht).

Im Hauptstudium stehen außer den Fortgeschrittenen-Praktikla zu den drei Kernfächern eine Toxikologie-Vorlesung sowie das Wahlpflichtfach an, welches aus den dafür vorgesehenen Fächern auszuwählen ist. Dieses Angebot umfaßt sechs Fächer aus dem chemischen Bereich: Analytische Chemie, Biochemie, Kernchemie, Kristallographie, Makromolekulare Chemie und Theoretische Chemie. Außerdem besteht inzwischen die Möglichkeit, ein nicht-chemisches Fach zu wählen: Betriebswirtschaftslehre, Informatik oder Toxikologie. Eine besondere Erwähnung ist die Kernchemie wert. Hier muß jedoch mit Unwägbarkeiten in der zukünftigen personellen Situation und der Mittelversorgung gerechnet werden.

So weit, so gut, doch auch der fleißigste Student lebt nicht nur fürs Studium allen. Das schwer universitär und damit auch studentisch



Gebäude des Fachbereichs Chemie

er auch in den Semesterferien gültig) Damit wird sein Besitzer nicht nur zur Benutzung des Marburger Nahverkehrs befähigt, sondern auch zu Bahnreisen bis nach Frankfurt, Darmstadt, Mainz, Wiesbaden... eben soweit der Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV) reicht, inklusive des dortigen Nahverkehrsnetzes.

.....
Holger Kramer studiert in Marburg Chemie und ist zur Zeit im 3. Semester

***Nähere Informationen zur Chemie in Marburg
finden sich im Internet unter der Adresse
<http://www.chemie.uni-marburg.de/>***



Schwefel

ein Element mit vielen Gesichtern

Elementaren Schwefel als charakteristisch gelbes Pulver hat fast jeder schon einmal gesehen. Beim Verbrennen produziert Schwefel einen spezifischen Geruch, der vom Schwefeldioxid (SO_2) stammt. Die Formel für elementaren Schwefel ist S_8 .

S_8 !

Kaum ein anderes Element kommt als Molekülverbindung mit mehr als 2 Atomen vor! Ozon (O_3) und Phosphor (P_4) fallen mir ein. Aber

S_8 ?

Was für ein riesiger Baustein für ein ‚einfaches‘ Element!

Und die Story des elementaren Schwefels wird noch komplexer. S_8 ist zwar die stabilste Modifikation, aber bei weitem nicht die einzige. Hier also eine Übersicht über die verschiedenen „Gesichter“ des Schwefels, natürlich in Form von Experimenten. Er soll uns sein Gesicht zeigen!

1. GESICHT: α -SCHWEFEL

Der α -Schwefel, auch nach der Form seiner Kristalle ‚rhombische‘ Modifikation genannt, ist die bei Raumtemperatur stabile Form. α -Schwefel enthält die typischen S_8 -Ringe:



links: S_8 -Ring (Stereoprojektion)
rechts: Stapelung der S_8 -Ringe im Kristall (Kaltottenmodell)

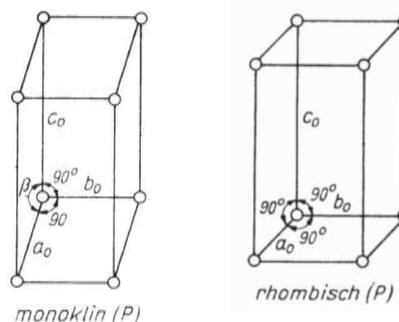
Der gepulverte Schwefel in der Chemikalienflasche ist α -Schwefel, kann also ganz richtig mit der Formel S_8 beschrieben werden. Aus einer Lösung in Schwefelkohlenstoff (CS_2) kristallisiert α -Schwefel in Kristallen ‚rhombischer‘ Symmetrie. In einem gut ausgestatteten Schullabor mit Abzug kann diese Kristallisation vom Chemielehrer durchgeführt werden – nie jedoch zu Hause! CS_2 ist stark giftig und extrem leicht entzündlich.

Experiment:

Schwefel (ca. 1 g) wird in einem halb mit CS_2 gefüllten Reagenzglas gelöst. Das Reagenzglas wird mit einem Wattebausch verschlossen und unter den Abzug gestellt. Beim langsamen Verdunsten des CS_2 (2-6 Stunden) kristallisiert α -Schwefel aus.

2. GESICHT: β -SCHWEFEL

α -Schwefel ist bis 95 °C die stabilste Schwefelmodifikation. Oberhalb dieser Temperatur wandelt sich α -Schwefel langsam in β -Schwefel um. Diese zweite Form wird auch als ‚monokliner‘ Schwefel bezeichnet, da sie nadelförmige Kristalle dieser Symmetrie ausbildet. Aus Toluol kristallisiert auch bei Raumtemperatur β -Schwefel aus.



monokline und rhombische Symmetrie

Experiment:

In einer Glasflasche mit Schliffstopfen werden ca. 1 g Schwefel mit 50 ml Toluol übergossen und kräftig geschüttelt. Nach einigen Tagen wird ein Teil der überstehenden, gesättigten Lösung vorsichtig in

Materialien:

- Schwefel
- Wasser
- Kohlenstoffdisulfid (CS_2)
- Toluol
- Paraffinöl
- verdünnte Salzsäure
- Natriumthiosulfat-5-Hydrat (Fixiersalz)
- Reagenz- und Bechergläser
- Bunsenbrenner
- Drahtnetz
- Reagenzglashalter und -ständer
- 1 Rundkolben (250 ml)
- Stativmaterial
- Watte
- Schliffflasche (50 ml)
- Porzellanschale mit passender Glasscheibe als Abdeckung



Geschichtliches

Schwefel kommt in beträchtlichen Mengen gediegen vor und war deshalb schon im Altertum bekannt. Seine gelbe Farbe, die Brennbarkeit und auch der stechende Geruch seiner Verbrennungsprodukte mussten Interesse an diesem Stoff hervorrufen. So wurde Schwefel vor 4000 Jahren in Ägypten zum Bleichen von Gewebe benutzt. Homer beschreibt die Verwendung brennenden Schwefels zur Desinfektion, die Römer brauchten Schwefel zur Herstellung pharmazeutischer Präparate. Die Alchemisten beschäftigten sich intensiv mit diesem Element. Mit der Erfindung des Schießpulvers am Anfang des 14. Jahrhunderts rückte Schwefel in Europa in den Mittelpunkt eines größeren Interesses. Die industrielle Revolution im 19. Jahrhundert erzeugte eine auch heute noch stetig wachsende Nachfrage nach Schwefelsäure, die zu einem großen Teil auf der Basis von elementarem Schwefel produziert wird.

ein Reagenzglas umgeschüttet. Das Reagenzglas wird mit einem Wattebausch verschlossen und unter den Abzug gestellt. Nach 2-5 Tagen ist das Toluol verdampft und kleine Nadeln von β -Schwefel bleiben zurück.

β -Schwefel besteht wie α -Schwefel aus S_8 -Ringen, die allerdings im Kristall etwas anders zueinander orientiert sind. Die physikalische Eigenschaft ‚Kristallform‘ hängt also direkt von der Stapelung der S_8 -Ringe, d.h. den molekularen Wechselwirkungen ab.

α - und β -Schwefel unterscheiden sich auch in ihrem Schmelzpunkt. Während α -Schwefel bereits bei 113 °C flüssig wird, schmilzt β -Schwefel erst bei 119 °C. Es wurde bereits erwähnt, dass bei Raumtemperatur α -, oberhalb von 95 °C jedoch β -Schwefel die stabilere Modifikation darstellt. Diese Tatsache zusammen mit den unterschiedlichen Schmelzpunkten von α - und β -Schwefel führt zu dem Effekt, dass Schwefel bei unterschiedlichen Temperaturen schmilzt, je nachdem ob er schnell oder langsam erhitzt wird.

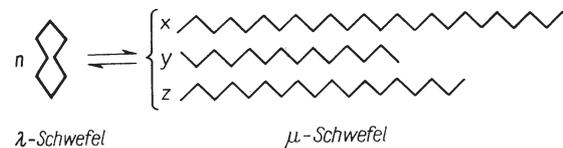
Experiment:

Ein zur Hälfte mit Paraffin gefülltes Becherglas wird auf einem Drahtnetz mit dem Bunsenbrenner auf 90 °C erhitzt. In dieses ‚Heizbad‘ taucht ein mit 1 g Schwefel gefülltes Reagenzglas und ein Thermometer. Im ersten Durchgang wird die Temperatur jetzt nur langsam (2 °C je Minute) gesteigert und schließlich der Schmelzpunkt notiert. Nach Abkühlung wird eine neue Probe Schwefel im Heizbad erhitzt – jetzt aber schneller mit 10-20 °C je Minute. Erneut wird der Schmelzpunkt notiert.

Die unterschiedlichen Schmelztemperaturen – 116-119 °C beim langsamen und 113-116 °C beim schnellen Erhitzen – lassen sich wie folgt erklären: bei langsamer Temperatursteigerung wandelt sich α -Schwefel größtenteils in β -Schwefel um (>95 °C), bevor der Schmelzpunkt erreicht ist. Daher wird die höhere Schmelztemperatur des β -Schwefels (119 °C) beobachtet. Bei schnellem Erhitzen dagegen ist noch vorzugsweise α -Schwefel vorhanden, der bereits bei 113 °C schmilzt.

3. UND 4. GESICHT: λ - UND μ -SCHWEFEL

Weitere Modifikationen des gelben Elements finden sich in der Schmelze. Knapp oberhalb des Schmelzpunkts (120-150 °C) liegen fast ausschließlich freibewegliche S_8 -Ringe vor, die als λ -Schwefel bezeichnet werden. Bei größerer Hitze jedoch polymerisieren diese S_8 -Ringe, wobei sie in lange Ketten umgewandelt werden. Diese Mischung verschieden langer Schwefelketten wird μ -Schwefel, auch polymerer oder plastischer Schwefel, genannt. Der Anteil von μ -Schwefel in der Schmelze steigt mit der Temperatur.



Umwandlung von l- in m-Schwefel bei > 150 °C in der Schmelze

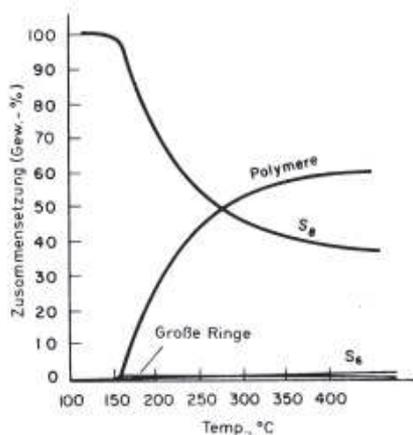
Die langen Polymerketten verleihen festem μ -Schwefel gummielastische Eigenschaften. Fester μ -Schwefel ist allerdings nicht stabil und wandelt sich langsam in den bei Raumtemperatur stabilen α -Schwefel um. Als ‚metastabile‘ (für begrenzte Zeit stabile) Modifikation kann fester μ -Schwefel jedoch erhalten werden, wenn eine hochoerhitzte Schwefelschmelze schnell abgekühlt – abgeschreckt – wird.

Experiment:

10 g Schwefel werden in einem Reagenzglas im Paraffinbad (mit Thermometer) erhitzt. Nach dem Schmelzen wird die Temperatur weiter gesteigert (ca. 10 °C je Minute) und im Minutenabstand durch Schütteln oder Kippen des Reagenzglases die Viskosität der Schwefelschmelze eingeschätzt. Viskosität und Farbe der Schmelze werden protokolliert. Beim Erreichen von 300 °C wird das Experiment durch Eingießen der Schwefelschmelze in ein großes Becherglas mit kaltem Wasser beendet. **Vorsicht! Spritzgefahr.**



Bei steigender Temperatur der Schmelze nehmen Viskosität und Farbintensität zu. Beide Eigenschaften sind durch einen steigenden Anteil von μ -Schwefel (polymere Ketten) bedingt.



Temperaturabhängige Zusammensetzung der Schwefelschmelze

Der gummiartige μ -Schwefel der erstarrten Schmelze (**Anfassen !**) verdeutlicht noch einmal die Abhängigkeit physikalischer Eigenschaften vom molekularen Aufbau der Stoffe. α - und β -Schwefel sind im festen Zustand spröde, weil die gestapelten S_8 -Ringe bei Belastung nicht elastisch reagieren sondern nur aufbrechen können. Die verknäulten Molekülketten des μ -Schwefels dagegen können bei Belastung ihre gegenseitige Lage ändern und nach Wegfall der Belastung den Ursprungszustand einnehmen. Dieses molekulare Phänomen verknäulter Molekülketten zeichnet alle elastischen Stoffe, beispielsweise Gummi, aus.

Der feste μ -Schwefel wandelt sich in einigen Wochen vollständig in kristallinen α -Schwefel um. Dieser Vorgang lässt sich durch wöchentliches Beobachten verfolgen.

5. GESICHT: SCHWEFELDAMPF

Schwefel siedet bei 445 °C. Schwefeldampf enthält bei 450 °C mehr als 50% S_8 -Moleküle neben S_6 -, S_4 - und S_2 -Molekülen. Da Schwefelschmelzen bei der hohen Temperatur leicht entflammbar sind, soll auf einen entsprechenden Versuch verzichtet werden. Gasförmiger Schwefel kann jedoch schon bei niedrigeren Temperaturen nachgewiesen werden.

Experiment:

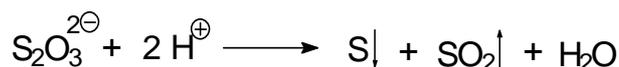
1 g Schwefel wird in einer durch eine Glasplatte abgedeckten Porzellanschale über den Schmelzpunkt erhitzt. An der Unterseite der Glasplatte wird langsam ein gelber, feinverteilter Feststoff sichtbar – Schwefel.

Der weit unterhalb des Siedepunktes verdampfte ‚sublimierte‘ Schwefel, der an der kalten Glasplatte

kondensiert, wird auch als ‚Schwefelblüte‘ bezeichnet. ‚Schwefelblüte‘ wird zum Teil immer noch als reiner Schwefel verkauft. Gemahlener Pulverschwefel ist der ‚Schwefelblüte‘ aber vorzuziehen, da diese immer Schwefelsäure und andere Verunreinigungen enthält.

6. GESICHT: KOLLOIDER SCHWEFEL

Kolloider, d.h. sehr fein verteilter Schwefel lässt sich erzeugen, indem eine Natriumthiosulfatlösung mit Säure umgesetzt wird. Das Thiosulfation reagiert mit dem Wasserstoffion, wobei die Geschwindigkeit der Reaktion konzentrationsabhängig ist.



Der entstehende Schwefel fällt langsam und sehr fein verteilt aus. Durch Lichtabsorption können solche kleine Feststoffteilchen interessante Farbeffekte hervorrufen.

Experiment: Untergehende Sonne

Vorbereitende Arbeiten: Folgende Lösungen werden hergestellt:

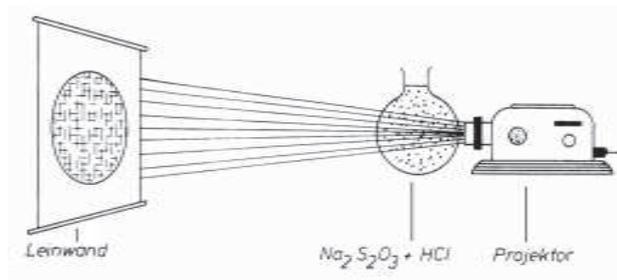
Lösung A: 10 ml verdünnte Salzsäure in 90 ml destilliertem Wasser

Lösung B: 2 g Natriumthiosulfat-5-Hydrat in 100 ml destilliertem Wasser

Der Rundkolben (250 ml) wird direkt vor die Linse des Diaprojektors gestellt (siehe Abbildung unten). Durchführung: Nachdem das Licht gelöscht worden ist, wird der Projektor eingeschaltet und die beiden Lösungen in den Rundkolben geschüttet.

Ergebnis: Der zunächst auf der Leinwand erscheinende helle Kreis zeigt – ähnlich wie die untergehende Sonne – allmählich eine Farbänderung über Gelb, Orange, Rot, Dunkelrot.

Hinweis: Der Versuch lässt sich auch mit einem Overheadprojektor durchführen. Zu diesem Zweck wird die Leuchtplatte mit einem Stück Pappe abgedeckt, in das ein kreisrundes Loch geschnitten wurde. Auf diese Öffnung wird eine Kristallisierschale gestellt, in welche die beiden Lösungen geschüttet werden.



Untergehende Sonne - Versuchsaufbau

(ta)



Knobelseite

Diesmal wird ein Farbstoff X gesucht, der die Menschheit schon lange fasziniert. X ist ein dunkelblaues Pulver mit rotem Glanz, das bei 390 °C schmilzt und zu einer purpurroten Flüssigkeit wird. In Wasser, Ether und verdünnten Säuren ist X unlöslich, es löst sich jedoch in kalter konz. Schwefelsäure mit grüner, in heisser Schwefelsäure mit blauer und in Anilin mit roter Farbe. Durch Reduktion erhält man das farblose Leuko-X, mit starken Oxidationsmitteln das gelbe Dehydro-X, welches mit Leuko-X rasch zu X selbst synproportioniert. Durch Halogenierung oder Sulfonierung erhält man eine ganze Gruppe von Farbstoffen, von denen einige, wie auch X selbst, vielfältige Anwendungsbereiche gefunden haben.

Schon vor 4.000 Jahren nutzten die Ägypter X zum Färben von Stoffen, und über die Jahrtausende hinweg wurde es zu einem der wichtigsten Farbstoffe überhaupt. Auch heutzutage ist es so beliebt, daß jedes Jahr über 10.000 t produziert werden. Ursprünglich wurde X durch Fermentieren der Blätter eines in Java und Bengalen wachsenden Strauches gewonnen. Da es nicht wasserlöslich war, wurde es mit Urin zu besser löslichem Leuko-X reduziert, ein Vorgang der so langwierig war, dass man noch heute davon spricht, wenn man „blau macht“. An Luft oxidierte der Sauerstoff die Leukoform wieder, so dass die Stoffe die typische blaue Farbe von X annahmen, nach der sogar ein Element benannt wurde.

Im 19. Jahrhundert stellten sich viele Chemiker der Aufgabe, die Strukturformel und eine Synthese von X zu finden. Die erste erfolgreiche Synthese wurde 1870 von A. von Baeyer entwickelt, er konnte sie allerdings erst acht Jahre später erfolgreich vollenden. Dennoch war es eine große Leistung, auch deshalb, weil die Struktur von X erst 1883 aufgeklärt wurde. Das 1890 von Heumann entwickelte Verfahren wird auch heute noch in verbesserter Form angewandt. Es geht von N-Phenylglycin aus, welches damals aus Anilin und Chloressigsäure gewonnen wurde. Dieses wird unter Einwirkung von starken Basen und Wasserabspaltung cyclisiert. Das erhaltene Zwischenprodukt geht anschließend unter Luftoxidation und Dimerisierung in X über. Übrigens war das Anilin zuerst durch trockenes Erhitzen von X gewonnen worden und wurde deshalb nach einem alten spanischen Namen für X benannt.

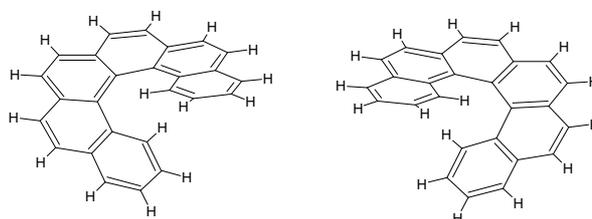
Im Verlauf des 20. Jahrhunderts wurde X teilweise durch andere Farbstoffe ersetzt, da es nicht sehr waschecht ist. Doch gerade diese Eigenschaft macht es heute als Farbstoff für Freizeitkleidung berühmt.

Was für ein Farbstoff verbirgt sich hinter X?
Warum wurde außerdem das Dibrom-Derivat von X in der Antike sehr verehrt?
(Gregor Wernet)

Lösung zu der Knobelseite 1/99

Die Verbindung X bezeichnet man nach ihrer geometrischen Struktur. Da X einen spiral- oder helixförmigen Bau aufweist, trägt sie den Namen Hexahelicen oder [6]-Helicen. Außer X sind viele Helicene bekannt, zum Beispiel [7]-Helicen oder [11]-Helicen, die dem Hexahelicen - dem bekanntesten Vertreter in vielen Eigenschaften ähnlich sind. Besonders auffällig ist bei den Helicenen ihre optische Aktivität, die in Abwesenheit von jeglichen asymmetrischen Kohlenstoff-Atomen auftritt. Hierbei handelt es sich nicht um die bekannteste Form der Chiralität - ein Chiralitätszentrum, sondern um eine Chiralitätsachse. Diese kommt dadurch zustande, daß sich die Wasserstoffatome an den endständigen Ringen gegenseitig abstoßen und somit eine ebene Anordnung verhindern. Das gesamte Molekül wird in eine schraubenförmige Anordnung gezwungen, die natürlich links- oder rechtsgängig sein kann. Dieses Bild- und Spiegelbild-Paar kann offensichtlich nicht zur Deckung gebracht werden, was optische Aktivität nach sich zieht. Bei höheren Helicenen, bei denen die Helix eine zweite Windung nimmt, treten sogar Diastereomere auf. Die Windungen können nämlich links-links, rechts-rechts oder links-rechts verlaufen. Die ersten beiden Isomere sind enantiomer zueinander, während das dritte eine optisch inaktive meso-Form darstellt. (siehe auch S. 36)

(dr)



Die links- und rechtsgängige Helix des [6]-Helicens

Den Preis - das Buch "IM REICH DER ELEMENTE - EIN REISEFÜHRER ZU DEN BAUSTEINEN DER NATUR" von Peter W. Atkins - hat Jean-Jacques Wörner aus Neuenburg gewonnen.

Herzlichen Glückwunsch der Redaktion!

Mitmachen!

Unter den an die Redaktion bis 1. März 2000 eingesandten richtigen Lösungen werden interessante Buchpreise verlost!



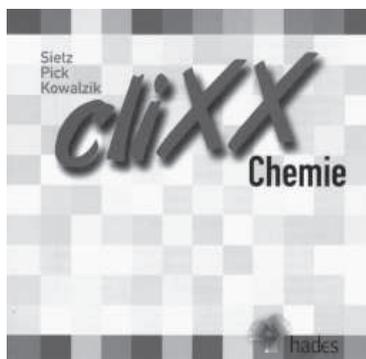
Buchbesprechungen

cliXX Chemie

Manfred Sietz, Volker Pick und Jens Kowalzik

hades (harri deutsch electronic science),
Verlag Harri Deutsch, Frankfurt/M.
(<http://www.harri-deutsch.de/verlag/>),

1998, Multiplattform-CD-ROM auf HTML-
Basis, ca. 142 MB Daten,
38,- DM, ISBN 3-8171-1488-5



mehr oder minder sinnvolle Textverweise. Auch inhaltlich liegt einiges im argen. Manche Aussagen sind entweder mißverständlich oder gar fachlich unrichtig. Insbesondere bei eher komplexen Themen wie der Thermodynamik oder der chemischen Bindung reichen die angebotenen Informationen bei weitem nicht aus, um die beschriebenen Modelle oder Phänomene wirklich zu verstehen oder in Zusammenhänge einzuordnen

Die vorliegende CD-ROM aus der "cliXX"-Reihe ist aus Chemievorlesungen des Fachbereiches "Technischer Umweltschutz" der Uni-GH Paderborn entstanden. Der Inhalt ist in die Bereiche "Anorganische Chemie und Thermodynamik", "Organische Chemie", "Hydrochemie" und "Biochemie" gegliedert und wird um Tabellen, Diagramme, Simulationen und Praktikumsversuche sowie Musterprotokolle und -klausuren ergänzt. Gelegentlich in den Text eingestreute Fragen, erkenntlich an einem großen Fragezeichen, sollen den Stoff vertiefen. Das Betrachten der CD-ROM erfordert einen der gängigen Internet-Browser, die ebenfalls enthalten sind.

Leider enthält die CD-ROM auch durchaus nicht, wie der Titel suggeriert, eine ausgewogene Einführung in alle Bereiche der Chemie, sondern es werden ausgewählte Schwerpunkte gesetzt, die das Arbeitsgebiet der Autoren nicht verleugnen können. Manche Gegenstände werden in einer erstaunlich großen Tiefe behandelt, aber dann meist nur ungenügend in den Kontext eingebettet und veranschaulicht. Durch die immer wiederkehrende ausführliche Erwähnung von Grenzwerten, Gefahrenkennzeichnungen und Toxizitäten wird die Chemie meines Erachtens unzulässig auf die Behandlung von potentiellen Gefahren für Mensch und Umwelt eingeengt. Eine umfassende, ausgewogene Einführung in die Chemie darf man nicht erwarten, sondern eher ein Reinschnuppern in einzelne, in der Auswahl etwas willkürlich wirkende Teilaspekte, die dann aber meist kurz und prägnant vermittelt werden. Wer etwas allerdings wirklich verstehen will, wird vorerst weiter zu traditionellen Lehrbüchern greifen müssen. Der Umfang der enthaltenen Texte ist dann manchmal doch gar zu knapp, macht aber Appetit auf mehr. Dazu wäre es natürlich wieder gut, Hinweise auf weiterführende Literatur vorzufinden...

In der Einführung des ersten Abschnitts wird nach ein paar knappen, einleitenden Sätzen zur Klassifizierung der chemischen Elemente sogleich der Bogen zur Gefahrstoff-Verordnung geschlagen. Die nachfolgenden Kapitel sind recht bunt gemischt, die Auswahl scheint etwas willkürlich, wie z. B. Säure-Base-Reaktionen, Chemie ausgewählter metallischer Werkstoffe: Eisen, Aluminium, Nickel und Chrom, Chlorchemie und Umwelt etc. Der zweite Teil, der die Organische Chemie behandelt, orientiert sich im wesentlichen an dem bekannten Compendium von Latscha und Klein. Nach einer recht ausführlichen Übersicht der wichtigsten Stoffklassen und einer Einführung in die elementaren Reaktionsmechanismen folgen Kapitel über Chlor und seine Verbindungen, Kunststoffe, Dioxine und Dünnschichtchromatographie. Der dritte Abschnitt der CD-ROM faßt unter der Bezeichnung "Hydrochemie" u.a. die Behandlung analytischer Parameter der Umweltchemie zusammen. Im vierten Teil wird eine knappe Einführung in die Biochemie gegeben.

Gut gefallen haben mir das unaufdringliche Design der Inhalte und die kurzen Videosequenzen, mit denen einfache Versuche vorgestellt und kommentiert werden. Diesen Ansatz sollte man unbedingt weiterverfolgen!

Wenn man zu einer CD-ROM statt zu einem traditionellen Buch greift, darf man erwarten, daß die in Kauf zu nehmenden Einschränkungen bei der Arbeit am Bildschirm durch interaktive Funktionen wenigstens kompensiert werden. Gerade die Chemie mit ihren anschaulichen Modellvorstellungen bietet vielfältige Möglichkeiten, Zusammenhänge und durch geschickte Simulationen zu visualisieren. Dieser Erwartung wird das vorliegende Werk nur eingeschränkt gerecht. Im wesentlichen besteht die CD aus Texten und Grafiken, wie sie in jedem Buch stehen könnten, die nur gelegentlich durch eine kurze Videosequenz aufgelockert werden. Die interaktiven Fähigkeiten beschränken sich meist auf

Trotz der erwähnten Kritikpunkte kann man diese CD-ROM, insbesondere in Anbetracht des günstigen Preises, computerbegeisterten Schülern in der Mittelstufe oder in einem Chemie-Grundkurs zur ersten "Kontaktaufnahme" mit der Chemie empfehlen. Wenn sie auch meines Erachtens nicht als interaktiver Lehrgang zum selbständigen Einarbeiten in die Grundlagen der Chemie geeignet ist, so finden doch auch Leistungskurschüler, Studenten und Lehrer eine Fülle von interessanten Themen und die eine oder andere instruktive Abbildung auf dieser Silberscheibe. Das Konzept der CD-ROM verdient auf jeden Fall eine weitergehende Ausarbeitung auf das ganze Spektrum der Chemie unter konsequenter Ausnutzung multimedialer Möglichkeiten. Ich bin schon auf die zweite Auflage gespannt!

(fs)



Allgemeine und Anorganische Chemie

7. Auflage

Erwin Riedel

Verlag Walter de Gruyter, Berlin

1999, DM 64,-

ISBN 3-11-016415-9

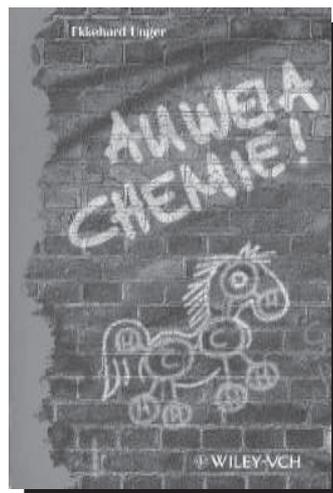
Information ist die Nahrung eines jeden Wissenschaftlers. Fehlt diese Nahrung, so leidet er geistigen Hunger, den zu stillen die wichtigste Aufgabe der wissenschaftlichen Lehrbücher ist. Dabei kommt es weniger auf die Menge an Daten an, es geht vielmehr um richtige Anordnung, gute Darstellung und Verständlichkeit der Inhalte. Die Mischung macht's eben!

Das Lehrbuch "Allgemeine und Anorganische Chemie" von Erwin Riedel, das inzwischen in der 7. Auflage erscheint, ist durch die geschickte Aufbereitung des Lehrstoffs schon lange zu einem Klassiker unter einführenden Lehrbüchern zur Anorganischen Chemie geworden. Es ist der kleine Bruder des Werks "Anorganische Chemie" desselben Autors und richtet sich vornehmlich an Studenten, die Chemie als Nebenfach belegen. Es ist aber auch für den ersten Einstieg in die Chemie bestens geeignet. Die knapp 400 Seiten dieses Buchs enthalten eine komprimierte und doch recht gut verständliche Einführung in die grundlegenden chemischen Sachverhalte, die zu den Wurzeln der gesamten Chemie gehören.

Die Akzente liegen dabei sehr deutlich auf dem strukturellen Aspekt der Chemie. Über die Hälfte des Buches ist der allgemeinen Chemie gewidmet, wobei die Konzepte zum Atombau und dem Aufbau des Periodensystems, zu chemischer Bindung und Reaktionsabläufen abgehandelt werden. Darauf folgt eine recht oberflächliche Behandlung der Stoffchemie. Das Buch schließt ab mit einem Kapitel über aktuelle Umweltprobleme, das sich vor allem an diejenigen Leser richtet, bei welchen die Beschäftigung mit der Chemie nicht über dieses Buch hinausgeht. Dadurch wird die chemische Umweltproblematik auch Nicht-Chemikern näher gebracht.

Insgesamt bietet dieses Lehrbuch leichte Kost zum Einstieg in die Chemie. Bei etwas schwierigeren Fragestellungen läßt sich aber der Griff zur weitergehenden Literatur nicht vermeiden. Doch wenn es die grundlegendsten Dinge aufgezeigt hat und Appetit auf mehr geweckt hat, hatte es seinen Zweck hervorragend erfüllt.

(dr)



Auweia Chemie

Ekkehard Unger

WILEY-VCH Verlag
Weinheim

1998, DM 38,-

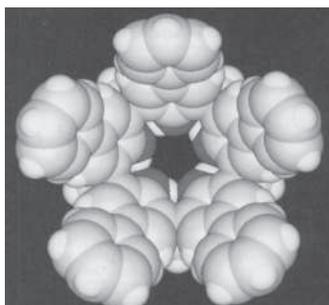
ISBN 3-527-29538-0

Was der ehemalige Sozialarbeiter und Erdnußröster Ekkehard Unger, der sich später dann doch noch zu einem Chemiestudium entschließen konnte, mit diesem Buch auf die Beine gestellt hat, ist schon bemerkenswert. Wer in letzter Zeit einen Verlagsprospekt von WILEY-VCH durchgeblättert hat, dem ist sicher schon das putzige "Ethanol-Pferdchen" aufgefallen, das unter dem scheinbar auf eine Backsteinmauer gesprühten Schriftzug "Auweia Chemie" auf dem Buchtitel prangt.

Im Klappentext heißt es: "Heute gibt es Chemie, ... pikant gewürzt mit Spannung und Späßen, garniert mit Bildern, Märchen und Geschichten, mit Liebe zum Fach überbacken und alles mit einem verschmitzten Augenzwinkern von einem Koch serviert, der sich seit Jahren nur mit dieser einzigartigen Speise beschäftigt hat." In der Tat, spätestens wenn der zwielichtige Gesell "Geheimagent Kohlenstoff" auftritt, hat der junge Leser wohl angebissen und läßt sich von Unger auf einem lebendigen Streifzug begleiten durch Atom- und Molekülbau, Aggregatzustände, Spektroskopie und Chromatographie, Metalle, organische Chemie, Polymere und etwas Biochemie.

Der Autor nutzt die Neugierde des Lesers geschickt aus, um die verschiedensten mit der Chemie in Verbindung stehenden Themen in spontaner Abfolge zu präsentieren, und schreckt auch nicht vor der Erläuterung und Veranschaulichung komplizierterer Sachverhalte zurück. Insgesamt halte ich den Versuch, in einer leicht lesbaren Form die elementaren Konzepte chemischen Denkens vorzustellen, für recht gelungen; dazu tragen sicher auch die netten Zeichnungen von Wolfgang Beyer bei. Bleibt die Frage, an welche Zielgruppe sich das Buch eigentlich richtet. So ganz klar ist mir das nicht geworden! Da aber keinerlei Vorwissen vorausgesetzt wird, kann ich mir gut vorstellen, daß insbesondere Schüler, die noch nichts oder erst wenig von Chemie gehört haben, das Buch mit Genuß lesen und dadurch eventuell ihr Interesse an der Chemie geweckt wird.

(fs)



Moleküle fürs Auge



Was ist "schön"? Gibt es überhaupt schöne Moleküle? Diese Fragen kann kein Chemiker beantworten; denn Schönheit ist höchst subjektiv und läßt sich nur schwer in Worte fassen. Doch die Chemiker, die sich den Molekülen und Stoffen widmen, müssen wohl einen besonderen Reiz, eine Art der Schönheit an bestimmten Molekülen finden.

Meistens handelt es sich dabei um besonders symmetrisch gebaute Strukturen; jeder kennt ja die Faszination von z.B. platonischen Körpern: Tetraeder, Würfel, Oktaeder, Dodekaeder, Ikosaeder. Oder es sind solche, die den Regeln der chemischen Bindung trotzen. Man versucht damit, zu den Grenzen der Chemie vorzustoßen und festzustellen, was für Verbindungen im Labor hergestellt werden können, welche geometrischen Strukturen in der Chemie verwirklicht werden können. Solche Suche wird mit einem erstaunlichen akademischen Eifer betrieben, der einer Forschung eigen ist, die kein bestimmtes

Ziel verfolgt und somit weniger Beschränkungen erfährt.

Und so entstehen wunderschöne Moleküle, für die es keine Verwendung gibt und die womöglich nur bei sehr tiefen Temperaturen haltbar sind. Doch muß den jede Forschung zielgerichtet sein? Es könnte sich zwar eines Tages erweisen, daß mit besonderen Strukturen auch besondere Eigenschaften verbunden sind, die Synthese dieser Substanzen könnte wichtige Beiträge zur Entwicklung von neuen Methoden leisten. Doch wenn nicht, so hat man um der Wissenschaft selbst willen geforscht, ohne das ein unmittelbarer Nutzen entstanden ist. Aber besteht nicht gerade darin die akademische Freiheit?

(Bilder: links : räumliche Projektion des p-Phenyl-[5]-Calixarens aus D. Gutsche, Calixarenes Revisited, London, 1998 , rechts: Schale der Runden Auster von innen aus D. Godan, Mollusken, Berlin, 1996)

Aromatische Wunderlinge:

Die aromatischen Verbindungen (kurz: Aromaten) haben bereits seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts die Chemiker beschäftigt. Ihre Bezeichnung verdanken sie nicht etwa ihrem angenehmen Geruch (Wer dies bezweifelt, sollte sich vorsichtig den Geruch von Pyridin oder Cresol zu Gemüte führen. Man würde diese wohl eher als unerträglichen Gestank bezeichnen.), sondern der Tatsache, daß die ersten Vertreter der Aromaten (Benzoesäure, Benzaldehyd, Toluol etc.) aus wohlriechenden ätherischen Ölen oder Balsamölen erhalten wurden. Im Jahre 1825 entdeckte Michael Faraday im Leuchtgas den Stammkörper der Aromaten – das Benzol mit der Summenformel C_6H_6 , dessen Struktur den Chemikern des letzten und diesen Jahrhunderts

Kopfzerbrechen bereitete. Obwohl die heute noch verwendete Strukturformel 1865 von August v. Kekulé aufgestellt wurde, konnten die besonderen elektronischen Eigenschaften von Benzol und anderen Aromaten erst 1931 von Erich Hückel erklärt werden. Diese werden als Aromatizität bezeichnet und bestimmen die Reaktionen dieser Verbindungsklasse (s. Kasten unten).

Doch nun genug theoretische Ausführungen. Genießen Sie die schönen Moleküle der Aromatenchemie. Und ganz nebenbei: Mehr über die ungewöhnlichen Moleküle findet man im Buch "Reizvolle Moleküle der Organischen Chemie" von F. Vögtle, das 1989 im Teubner-Verlag erschienen ist.

(dr)

Aromatizität:

Die Eigenschaft der Aromatizität tritt bei cyclisch konjugierten Systemen auf und beschreibt die Delokalisation der Doppelbindungen über den gesamten Ring sowie die damit verbundenen elektronischen und chemischen Eigenschaften. Im Rahmen der Hückel-Molekülorbital-Theorie beschreibt man die Aromaten, indem man die senkrecht zur Ringebene stehenden p-Orbitale der Ringatome zu ausgedehnten, meist kreissymmetrischen Molekülorbitalen überlappen läßt. Nach der sogenannten Hückel-Regel sind monocyclische planare Polyene dann aromatisch, wenn sie $(4n+2)$ Elektronen im konjugierten System enthalten.

Weitere Informationen zu diesem Thema findet man z. B. in:

R. McWeeny, Coulson's Chemische Bindung, Hirzel Verlag, Stuttgart, 1984

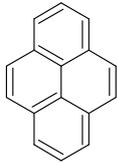
H.-D. Försterling, H. Kuhn, Moleküle und Molekülanhäufungen, Springer, Berlin, 1982



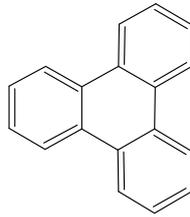
Drang nach höchster Symmetrie



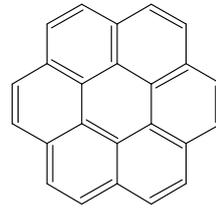
Benzol



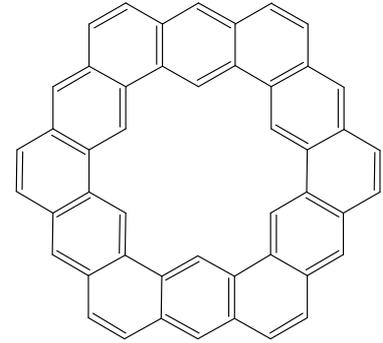
Pyren



Triphenylen

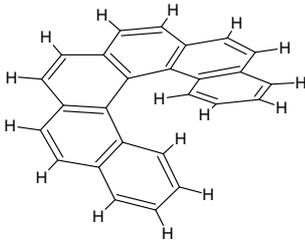


Coronen

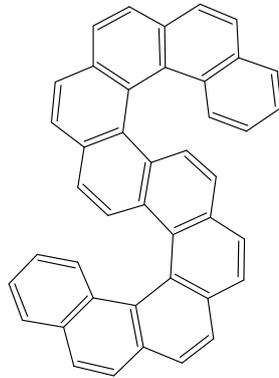


Kekulen

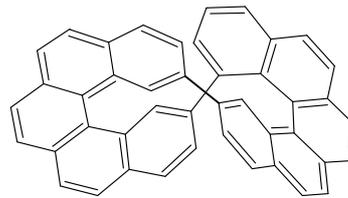
Ganz schön verdreht



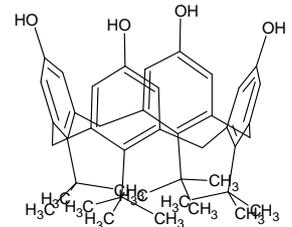
[6]-Helicen



[10]-Helicen,
Doppelhelicen

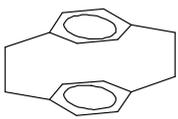


Propellicen

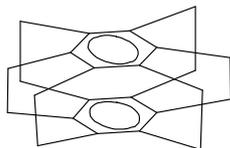


tert-Butyl-[4]-
Calixaren

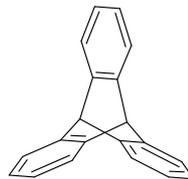
Über sieben Brücken mußt Du gehen...



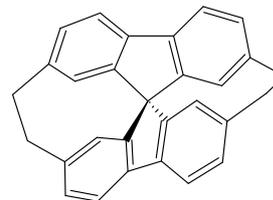
para-
Cyclophan



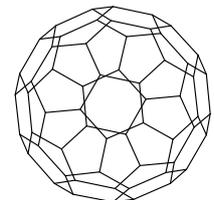
Superphan



Tripticen



Vespiren



Buckminster-
fulleren, C₆₀



AUFNAHMEANTRAG

HERR FRAU

NAME VORNAME.....

GEBURTSDATUM.....

Alle Mitteilungen an meine (bitte ankreuzen)

PRIVATANSCHRIFT:

STUDIEN- BZW DIENSTANSCHRIFT:

STR / POSTF.....

PLZ / ORT.....

TEL (.....)..... (.....)

FAX (.....)..... (.....)

E-MAIL.....

Kann die Adresse an interessierte Schüler und Mitglieder weitergegeben werden? Ja Nein

ICHO-TEILNAHME? (RUNDE / JAHR).....

FACHGEBIET..... TÄTIG ALS / BEI:.....

ORT / DATUM..... UNTERSCHRIFT.....

Senden Sie das ausgefüllte Formular bitte an den Schriftführer:

Dmitrij Rappoport • Weimarer Straße 9 • D-73730 Esslingen

EINZUGSERMÄCHTIGUNG

Hiermit ermächtige ich den Förderverein Chemie-Olympiade e.V. widerruflich zur Abbuchung

- des jährl. Mitgliedsbeitrags von derzeit DM / SFr 30,- / Euro 15,- (empf. für Schüler und Studenten)*
 eines erhöhten Mitgliedsbeitrags von DM / SFr / Euro (empf. für berufstätige Mitglieder)

BANK..... BLZ.....

KONTONUMMER..... INHABER.....

ORT / DATUM..... UNTERSCHRIFT.....

Bank für Sozialwirtschaft • Konto-Nr. 32 993 00 • Bankleitzahl 100 205 00

Herausgeber:



Förderverein Chemie-Olympiade e. V.

Kommission "Chemieolympiade"
der Neuen Schweizerischen Chemischen Gesellschaft

.....
Januar 2000, Auflage: 2500 Exemplare

Vorstand des Fördervereins:

Christoph Kiener, Vorsitzender

Technische Universität München
Physik-Departement E19,
James-Franck-Straße 1
D-85748 Garching
Tel. (089) 289 - 124 45
Fax. (089) 289 - 125 36
kiener@ph.tum.de

privat:

Marbachstraße 3
D-81369 München
Tel. (089) 769 797 34

Deutschland:

Bank für Sozialwirtschaft
Konto-Nr. 32 993 00
Bankleitzahl 100 205 00

Schweiz:

Postscheck
Konto-Nr. 80-79 276-6

Max Hofmann, stellv. Vorsitzender

Ladenburger Straße 2a
D-69120 Heidelberg
Tel. (06221) 41 07 05
mhofman2@ix.urz.uni-heidelberg.de

Dmitrij Rappoport, Schriftführer

Weimarer Straße 9
D-73730 Esslingen
Tel. (0711) 318 05 32
rappoport@student.uni-tuebingen.de

Jana Zaumseil, stellv. Vorsitzende

Augustenstraße 8
D-04317 Leipzig
Tel. (0341) 699 49 37
che97btw@studserv.uni-leipzig.de

Tonia Freysoldt, Schatzmeisterin

Endersstraße 26a
D-04177 Leipzig
Tel. (0341) 983 11 05
che97cns@studserv.uni-leipzig.de

Redaktion:

*Chefredakteur (V.i.S.d.P.):
Dmitrij Rappoport (dr)*

*Stellv. Chefredakteure:
Thomas Appel (ta)
Frank Sobott (fs)*

*Tonia Freysoldt (tf)
Max Hofmann (mh)
Christoph Kiener (ck)
Jens Meiler (jm)
Jana Zaumseil (jaz)
Johannes Zipfel (jz)*

Autoren:

*Dr. Wolfgang Bünder
Wolfgang Hampe
Michael Knobel
Holger Kramer
Elke Schumacher
Inga Wadenpohl
Gregor Wernet
Matthias Zimmer
Maurice Cosandey*

Bildmaterial:

*Christoph Kiener
Max Hofmann
Thomas Appel
Frank Sobott
Jana Zaumseil
Matthias Zimmer
Holger Kramer
Bayer AG
GDCh, Abteilung
Öffentlichkeitsarbeit*