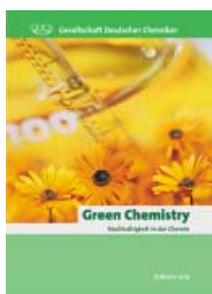


Green Chemistry



Nachhaltigkeit in der Chemie.
Herausgegeben von der *Gesellschaft Deutscher Chemiker*. Wiley-VCH, Weinheim 2003. 144 S., geb., 19,90 €.— ISBN 3-527-30815-6 Green Chemistry.

Herausgegeben von der *American Chemical Society*. Washington, D.C. 2002. 68 S., Spiralheftung mit CD, 19,95 \$.— ISBN 0-8412-3848-0

Green Chemistry. Herausgegeben von der *Royal Chemical Society*. Cambridge 2003. www.chemsoc.org/networks/learnnet/green/index.htm

Ein bemerkenswertes und bisher wohl einmaliges Buch- und Internetprojekt, entstanden in Zusammenarbeit der American Chemical Society (ACS), der Royal Society of Chemistry (RSC) und der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), ist hier zu besprechen. Die englischsprachige Ausgabe wurde von der ACS in Buchform und von der RSC im Internet veröffentlicht. Die deutschsprachige Ausgabe, bearbeitet von H. J. Bader, M. Bahadir, D. Lenoir und B. Ralle, wurde von der GDCh ebenfalls in Buchform herausgegeben.

Die Präsidenten der drei Gesellschaften, Eli Pearce, Sir Harry Kroto und Fred Robert Heiker, stellten dem Werk ein wichtiges Vorwort voran, das die Zielrichtung und die Bedeutung dieses Buchprojekts hervorhebt: „Chemiker sind sich heutzutage der vielfältigen Auswirkungen ihrer Tätigkeit und der daraus folgenden Verantwortung bewusst. Sie wissen: Was und wie die chemische Industrie heute produziert, beeinflusst den Zustand unserer Umwelt von morgen. Trotz aller Begeisterung dafür, die Grenzen unseres Kenntnisstands immer wieder zu überschreiten, verlieren sie ethische und ökologische Belange nicht aus den Augen, und sie unterstützen den Beitrag der Chemie zur nachhaltigen Entwicklung.“ Weiter wird zu einem Bereich der Chemie, der mit dem Titel des Buchs bezeichnet wird, eine eindeutige Aussage gemacht: „Die grüne (oder nach-

haltige) Chemie ist ein neuer Forschungszweig, der sich speziell der Erschließung Abfall vermeidender, Material und Energie sparender, kostengünstiger industrieller Prozesse widmet. Diese innovative Herangehensweise ist eine intellektuelle Herausforderung für Forscher und Ingenieure gleichermaßen.“ Das Buch „wendet sich an Lehrer und Dozenten, die Grundprinzipien der nachhaltigen Chemie in ihren Unterricht bzw. in die traditionelle Anfängervorlesung in Chemie aufnehmen.“ Auch die Absicht, die mit dem Buch verbunden ist, wird klar gemacht: „Schüler, Studenten und Lehrkräfte werden sich auf diese Weise der Anstrengungen bewusst, die Chemiker unternehmen, um Ressourcen schonende und möglichst wenig gefährliche Herstellungsverfahren zu entwickeln. Außerdem hoffen wir, viele Schüler ermutigen zu können, eine Laufbahn in der Chemie anzustreben, um diese wichtige und spannende Arbeit fortzusetzen.“ Für die GDCh und den deutschen Sprachbereich ist es das erste Buch dieser Zielrichtung. Dagegen haben die ACS und die RSC bereits eine ganze Reihe weiterer Titel in ihren Angeboten, wie ein Besuch ihrer Websites schnell zeigt. Deshalb unterscheiden sich wohl auch die Titel der drei zu besprechenden Ausgaben deutlich.

Während in der amerikanischen Ausgabe die obligaten Hinweise für „Safety in the laboratory“ auf das Vorwort folgen, gibt es in der GDCh-Ausgabe ein Geleitwort von Bundesumweltminister Jürgen Trittin, der die provozierende Frage stellt „Chemie und Umweltschutz – schließt das nicht einander aus?“ und die eindeutige Antwort gibt, dass in der Chemie „ein wichtiger Schlüssel für einen verbesserten Umweltschutz liegt.“ Er weist darauf hin, dass im Jahr 2006 eine PISA-Studie zur „scientific literacy“ durchgeführt wird und dass das Buch für die Ausbildung der deutschen Schülerinnen und Schüler in diesem Bereich von Bedeutung sei. Wir dürfen heute schon auf die Ergebnisse der Studie und deren öffentliche Rezeption gespannt sein. Diesem ansprechend gestalteten Buch mit vielen bunten Bildern kommt also eine nicht unerhebliche nationale und internationale Bedeutung zu.

Kommen wir nun aber zum eigentlichen Inhalt. Die amerikanische „Intro-

duction“ und die „Einführung in Green Chemistry“ der deutschen Ausgabe erläutern wichtige Prinzipien der „Green Chemistry“, denen jeweils ein Kapitel des Buchs gewidmet ist, und geben die Zielgruppe an: Lehrer und Studenten des „introductory college level“. Es folgen nur in der deutschen Ausgabe „einige methodische Anmerkungen zum vorliegenden Buch“. „Das hier zur Diskussion stehende Thema kann im Chemieunterricht entsprechend seinem Stellenwert umgesetzt werden, wenn Themenbereiche wie Umweltschutz, nachwachsende Rohstoffe, Stoffkreisläufe und energie- und rohstoffsparende Technologien integriert und miteinander vernetzt behandelt werden. Eine Auswahl geeigneter Themen wird in den folgenden Kapiteln vorgestellt, wobei der Schwerpunkt in der Sekundarstufe II liegt. Die mit Absicht sehr groß gewählte Spannweite der Inhalte reicht von der Herstellung von Biodiesel bis zu Ansätzen zum Abschätzen der Toxizität chemischer Verbindungen.“

B. König informiert im Kapitel „Nachhaltigkeit im Chemieunterricht“ über das Konzept des praktischen „Laborkurses in Organischer Chemie für das neue Jahrhundert“, der im Internet zugänglich ist (<http://www.oc-praktikum.de>). R. Störmann und B. Jastorff entwickeln „Beispiele für ein Denken in Struktur-Wirkungs-Beziehungen“. Im Kapitel „Biodiesel – eine Betrachtung aus technisch-chemischer Sicht“ von I. Eilks, B. Ralle, J. Krahl, B. Ondruschka und M. Bahadir wird dem Lehrer Material zur Verfügung gestellt, damit er im Unterricht – und hier kommen endlich auch die Schüler zum Zug – Versuche zur Biodiesel-Herstellung, zu Viskosität, Flammpunkt, Heizwert und schließlich zur Wirkung von herkömmlichem Dieselmotorkraftstoff, Rapsöl und Biodiesel auf Pflanzen erfolgreich durchführen kann. Die Schüler sehen mit eigenen Augen, dass Kresse, die sie auf feuchter Watte unter Zusatz von einigen Tropfen Dieselmotorkraftstoff oder Rapsöl und Biodiesel zum Keimen angesetzt haben, im ersten Versuch nach sieben Tagen jämmerlich aussieht, im zweiten Versuch aber prächtig gedeiht. Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen werden anhand schöner Experimente wie Vulkanisation von Kautschuk, Folien aus Stärke,

Kunststoff aus Milchsäure und Schaumstoff aus Ricinusöl von S. Horn, H. J. Bader und K. Buchholz beschrieben. Experimente werden auch im Kapitel „Energieeintrag durch Mikrowelle und Ultraschall“ von A. Lühken und H. J. Bader vorgestellt. Die Lösungsmittelproblematik im Labor wird am Beispiel der Rückstandsanalytik von Pflanzenschutzmitteln von A. Eickhoff und R. Kreuzig diskutiert.

Diese Kapitel der deutschen Ausgabe, die als Material für den Lehrer einzuordnen sind, fehlen in der amerikanischen und sind in der englischen als Zusatzmaterial bereitgestellt. Möglicherweise deshalb, weil es sich bei den angloamerikanischen Ausgaben explizit um Material für Schüler ab etwa 16 Jahren handelt. Dafür werden den amerikanischen Schülern zur Erläuterung des Prinzips „Using safer materials for chemical reactions“ ein sehr schönes Experiment, bei dem Vitamin C anstelle eines Quecksilbersalzes benutzt wird, und zur Verdeutlichung des Prinzips „Using renewable resources“ einige Experimente zum Biodiesel angeboten. Das Prinzip „Safer solvents for chemical processes“ wird am Beispiel des Einsatzes von flüssigem CO₂ in der chemischen Reinigung verdeutlicht, das auch unter dem Titel „Neue Verfahren in der chemischen Reinigung“ in die GDCh-Ausgabe aufgenommen wurde. Anhand von Schülerexperimenten werden die Grundlagen der Wirkung von Seifen und Tensiden, der chemischen Reinigung und der in Europa sträflich vernachlässigten Methode der Reinigung mit flüssigem CO₂ erläutert. Ein wichtiges Prinzip der „Green Chemistry“ ist die Vermeidung von Abfällen bei chemischen Prozessen durch die Auswahl der richtigen Reaktion unter Berücksichtigung der Atomökonomie. Dieses Prinzip wird in allen drei Publikationen zunächst an einfachen und schließlich einem komplexen Beispiel, der Synthese von Ibuprofen, sehr anschaulich dargestellt, wobei der Schüler beim Durcharbeiten der verschiedenen Aktivitäten eine Menge über Stöchiometrie lernt. Das Ibuprofen-Beispiel wird in der RSC-Variante noch wesentlich ausführlicher behandelt.

Dem Thema „Using lower amounts of energy for chemical processes“ ist nur in der ACS-Ausgabe ein Kapitel gewid-

met, während „Returning safe substances to the environment“ mit dem Kapitel „The need to green our wastes“ in der ACS- und der RSC-Ausgabe behandelt wird. Die Internet-Version der RSC, die übrigens frei zugänglich und gut organisiert ist, bietet als einzige ein sehr informatives Glossar, das mit den Begriffen in den Texten über Links verbunden ist, sodass Schüler und Lehrer komfortabel damit arbeiten können.

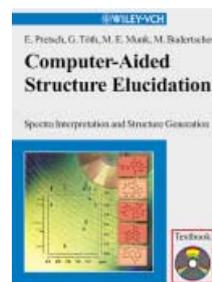
Den einheitlichen Abschluss bilden die zwölf Prinzipien der „Green Chemistry“ von P. Anastas und J. C. Warner. Leider hat sich gerade hier in der deutschen, leider nur mäßigen Übersetzung ein schwerwiegender Fehler eingeschlichen, der korrigiert werden muss. Da steht doch tatsächlich als 9. Prinzip: „Katalytische Reaktionen sind stöchiometrischen vorzuziehen.“ Auch „Green Chemistry“ hat noch nicht das Gesetz von der Erhaltung der Masse aufgehoben. Anastas und Warner haben ganz schlicht gesagt: „Catalytic reagents are superior to stoichiometric reagents.“ Das stimmt zwar auch nicht generell, widerspricht aber wenigstens nicht den Grundlagen der Chemie.

Es ist zu hoffen, dass dieses gemeinsame Projekt der drei wichtigsten chemischen Gesellschaften nicht nur an Schulen und Hochschulen der ganzen Welt intensiv in den Grundkursen der Chemie genutzt wird, indem seine Inhalte zunehmend in die Curricula eingebaut werden, sondern auch national und international intensiv weiterentwickelt wird. Ein abschließendes Wort in eigener Sache: Im Jahr 1997 habe ich in meiner Besprechung von *Green Chemistry. Designing Chemistry for the Environment* (*Angew. Chem.* **1997**, *109*, 812; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1997**, *36*, 783) die Auffassung vertreten, im Deutschen könne man nicht „Grüne Chemie“ sagen, da dieser Begriff politisch belastet sei. Darüber ist die Zeit hinweggegangen. „Green Chemistry“ hat sich weltweit durchgesetzt.

Jürgen O. Metzger
Institut für Reine und
Angewandte Chemie
der Universität Oldenburg

DOI: 10.1002/ange.200385064

Computer-Aided Structure Elucidation



Spectra Interpretation and Structure Generation. Von Ernő Pretsch, Gábor Tóth, Morton E. Munk und Martin Badertscher. Wiley-VCH, Weinheim 2002. XI + 279 S., Boschur, 42.90 €.—ISBN 3-527-30640-4

Jeder in der organischen Synthese tätige Chemiker wird spätestens ab der Diplomarbeit das Problem kennen, dass eine Reaktion nicht stets so läuft wie geplant. Die Strukturaufklärung einer neuen, unerwarteten Verbindung wird dann zum Puzzlespiel. Je nach Gemüt und Fantasie bereitet dieses Spiel Vergnügen oder auch nicht. In jedem Fall aber ist es mit einem oft erheblichen Zeitaufwand verbunden, der im Computerzeitalter nicht mehr gerechtfertigt erscheint. Zur Lösung solcher Probleme bei der Strukturaufklärung bietet dieses Buch eine wertvolle Hilfe.

Auf insgesamt 279 Seiten findet sich eine Kombination aus Anleitung und Beispielen, unterstützt durch die mitgelieferte Software Assemble des Schweizer Unternehmens Upstream, die das Kernstück des Buches bildet. Assemble ist ein Strukturgenerierungsprogramm, das als Eingabe die Summenformel der Verbindung benötigt (die z. B. aus dem Massenspektrum erhalten wurde). Das Buch beginnt mit einer Erklärung der Eingabemasken des Programms. Es schließen sich als zentraler Teil 18 Darstellungen ausgearbeiteter Probleme an, mit denen auf didaktisch geschickte Weise erläutert wird, wie sich eine klassische Spektreninterpretation (IR, ¹H- und ¹³C-NMR, DEPT, COSY, HMQC/HSQC, HMBC) mit Assemble kombiniert lässt, um in kürzester Zeit zur eindeutigen Konstitution der gesuchten Verbindung zu gelangen. Die Qualität der Spektren ist erstklassig. Die Lösungen zu den Problemen sind am Buchende in einer Übersicht tabellarisch zusammengefasst. Es schließt