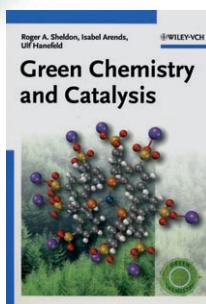


### **Green Chemistry and Catalysis**



Von Roger A. Sheldon, Isabel Arends und Ulf Hanefeld. Wiley-VCH, Weinheim 2007. 434 S., geb., 139.00 €.— ISBN 978-3-527-30715-9

„Ein gutes Buch mit einem schlechten Titel, und schnell sind alle Hoffnungen zerstöben!“

Carola Stern in *Doppelleben* (2004)

Beim Studium dieses wichtigen und ausgezeichneten Buches ergibt sich zwangsläufig die Frage, ob das als Motto genannte Theorem von C. Stern auch für Fachbücher gilt, und ob es auch gute und richtige Bücher chemischen Inhalts mit einem falschen Titel gibt. Diese Frage sei zum Schluss beantwortet.

In *Green Chemistry and Catalysis* legt Roger Sheldon, der alte Fahrenmann der Katalyse, mit den beiden jüngeren Kollegen/Innen, wie man heute wohl sagen muss, ein Buch über den Stand moderner katalytischer Reaktionen im Licht nachhaltiger Chemie, sicherer Produktion und, wenn möglich, mithilfe nachwachsender Rohstoffe vor. Das Vorwort der Autoren stellt die Thematik des Buches in dieser Weise und nüchtern dar, während ein Geleitwort des Kollegen Poliakoff einen Mehrwert des Buches darin sieht, dass der Leser mit einem Buch dieser doppelten Zielsetzung – neue Verfahren und in grüner Sicht – sozusagen zwei Bücher für den Preis von einem geliefert bekomme.

Poliakoff hat nicht ganz Unrecht: Das Buch beginnt mit einem Exkurs über „Green Catalysis and Chemistry“, in dem die Glaubensgrundsätze der „grünen Chemie“ auch Ungläubigen und Renegaten eingehämmert werden (und wie immer bei interkonfessionellen Streitigkeiten mit dem Brustton der Überzeugung und dem Wissen absoluter Wahrheit dargebracht). Das Kapitel gibt die Grundzüge der Bewertung alternativer Verfahren mit den Konzepten des E-Faktors und der Trost'schen Atomökonomie wieder, wobei – natürlich und verständlich – dem Sheldon'schen E-Faktor wegen der allgemeinen Anwendbarkeit auch bei verschiedenen Produktklassen der unterschiedlichsten Komplexität (auch solchen der Umweltbelastung) der Vorzug gegenüber der weit überschätzten und simplifizierenden Atomökonomie zu geben ist. Kapitel 1 informiert darüber hinaus über die Rolle von Lösungsmitteln, der Vermeidung von Abfall, über nachwachsende Rohstoffe und „riskante Reaktanten“ wie Phosgen, HCl oder Chlor und Formaldehyd. Auf die „weiße Biotechnologie“ und auf die Vorteile der enantioselektiven Katalyse wird hingewiesen.

In Kapitel 2 werden feste Säuren und Basen abgehandelt, darunter Zeolithen, Hydrotalcite, Tone (clays) und Heteropolysäuren, in den Folgekapiteln katalytische Reaktionen. Das Kapitel 2 ist das einzige, das dem Katalysator (und nicht den Reaktionen) als Gliederungsprinzip folgt. In den Kapiteln 3 bis 6 wird der Stand der Wissenschaft (und teilweise auch derjenige der Technik) von heterogener und homogener Katalyse und auch der Biokatalyse anhand der Reaktionen Oxidation, C-C-Bindungsbildung und Hydrolyse ausführlich geschildert und mit vielen interessanten und gut ausgewählten Beispielen vorgestellt.

Kapitel 7 informiert über neue Reaktionsmedien (überkritische Fluide wie scCO<sub>2</sub>, ionische Flüssigkeiten) und über die neuen Zwei- und Multiphasenverfahren mit Wasser, fluorigen Flüssigkeiten oder nicht mischbaren organischen Lösungsmitteln. Auch thermomorphe, thermoregulierte und thermoresponsive Varianten werden erwähnt, allerdings werden die ganz aktuellen und neuen Methoden („nearcri-

tical water“ und Sharpless' Reaktionen/Katalysen „on water“) nicht behandelt. Einige wichtige und bisher nicht genannte katalytische Reaktionen wie Hydrierung, Carbonylierung oder Hydroformylierung werden in diesem Kapitel anhand der Einbettung ihrer Technologie in Fahrweisen mit neuen Medien erwähnt.

Kapitel 8 konzentriert sich auf Chemikalien aus nachwachsenden Rohstoffen und behandelt neben uralten und fast schon prähistorischen Verfahren zu Ethanol, Essigsäure oder Fetten und Ölen die neuen Wege zu Milchsäure, 1,3-Propandiol, Pantothensäure und Carbohydratderivaten. In seiner Konzentration auf erneuerbare und „grüne“ Rohstoffe und Biomassen wird dieses Kapitel am ehesten der „politisch korrekten“ Zielsetzung einer „green chemistry“ gerecht. Die Autoren konzedieren zwar „many shades of green“, gehen den Weg insofern aber nicht konsequent zu Ende, als sie das wichtigste Kriterium einer wirklich erneuerten Chemie und Katalyse, die Ökobilanz neuer Verfahren und Verfahrensvorschläge, nicht in die Diskussion einführen – ja, nicht einmal erwähnen!

Theoriestützend im Sinne der „grünen Chemie“ werden in Kapitel 9 Möglichkeiten der Prozessintegration und -intensivierung, der Racematspalzung und der asymmetrischen Umsetzungen sowie von katalytischen Verfahren in der Anordnung von Kaskaden beschrieben. Das abschließende Kapitel 10 endlich feiert die grüne Chemie als „Road to Sustainability“ und postuliert „The Medium is the Message“, was man ähnlich doppeldeutig (und irreführend) wohl kaum formulieren kann.

Die Darstellung der Sachverhalte folgt der Sheldon'schen Übung konzentrierter Darstellung exzellent ausgewählter Beispiele hohen pädagogischen Wertes. Die Literatur ist bis 2006 für die angegebenen Beispiele ziemlich umfangreich und gibt, zusammen mit den fachlichen Kommentaren, ein sehr gutes, aktuelles und komplettes Bild dessen, was die Autoren mit „grün“ bezeichnen. Als Empfehlungen für eine sicher notwendig werdende zweite Auflage ist zu notieren, dass das Sachregister zwar in Teilen ein Namensregister beinhaltet (so mit den Kollegen Baeyer-Villiger, Chauvin und Ostwald oder den Firmen

AstraZeneca, Mitsubishi und Rhodia), aber für die Katalyse wichtige Entwicklungen wie das Ruhrchemie/Rhône-Poulenc-Verfahren der Zweiphasenkatalyse zwar im Text nennt, im Index jedoch verschweigt. Speziell zum Kapitel 8 ist für eine zweite Auflage die Gewichtung von Verfahren unter Einsatz nachwachsender Rohstoffe mithilfe der jeweiligen Ökobilanz zu empfehlen, nach der beispielsweise Biodiesel ganz anders zu bewerten ist, wenn der – außerordentlich hohe – Aufwand für die intensive Düngung der Kulturpflanzen eingerechnet wird (ohne den eine Produktion von Biodiesel unakzeptabel wird).

Zurück zu Kapitel 1 und der oben unbeantwortet gebliebenen Frage. Kapitel 1 ist wichtig, und es bietet seine Informationen richtig gewichtet und argumentativ wohldosiert im Sinne einer lückenlosen Theorie der „grünen Chemie“ an. Aber: diese Theorie ist „ex post“ formuliert, wie unschwer daran zu erkennen ist, dass alle Fortschritte der früheren Chemie vor 1990 (laut Poliakoffs Geleitwort die Geburtsstunde der „grünen Chemie“) in Richtung Selektivität, Nebenprodukt- und Abfallanfall, milder Reaktionsbedingungen, des Er-

satzes von „risky reagents“, besseren Energiehaushalts, weniger Reaktionsstufen usw. als Entwicklungen einer „grünen Chemie“ usurpiert werden und damit die verdienstvolle Arbeit ganzer Generationen von Chemikern diskreditiert wird (zumindest haben sie ihre Arbeit im Lichte einer „nicht-grünen“ und damit natürlich unausgegorenen und verdammenswerten Theorie vollbracht). Die Intentionen und das Herzblut der früheren Kollegen: höhere Ausbeute und bessere Selektivität, Einführung katalytischer Verfahren, wo immer möglich, Verzicht auf Lösungsmittel, mildere Reaktionsbedingungen und der Einsatz möglichst indiger Rohstoffe führten ganz ohne Ideologie zu Ergebnissen, die „grün“ waren – und das Ganze vor 1990! Die Hydroformylierung ist hierfür ein geradezu klassisches Beispiel. Deren Effizienzsteigerung um über 30% in den letzten 30 Jahren ist nicht unter dem Label „grün“, sondern als pflichtschuldige „Verfahrens- und Katalysatorverbesserung“ zustande gekommen – der Einsatz ligandenmodifizierter Katalysatoren und einer Zweiphasenfahrweise ist fern jeder grünen Ideologie gefunden und gefördert worden. Es bedurfte auch

nicht einer Berechnung nach den Regeln der Atomökonomie, um zu erkennen, dass die heute üblichen 99% Ausbeute dieser Additionsreaktion besser sind als die noch vor 30 Jahren üblichen 66%!

Sheldon, Arends und Hanefeld definieren auf Seite XI: „Green chemistry efficiently utilizes (preferably renewable) raw materials, eliminates waste and avoids the use of toxic and/or hazardous reagents and solvents in the manufacture and application of chemical products“. Dies ist eine Definition, der Generationen von Chemikern mit ihren Möglichkeiten und ohne „grün“ zu denken, nachgeeifert haben – warum sie also „grün“ nennen, wenn ihre Definition mit dem Präfix „grün“ nicht verständlicher wird? Insofern ist die eingangs gestellte Frage ganz zwangslös zu beantworten: Das Buch von Sheldon, Arends und Hanefeld ist ein nützliches und sehr empfehlenswertes Buch mit eigentlich unpassendem Titel!

Boyd Cornils  
Hofheim/Taunus

DOI: 10.1002/ange.200785509