

EXWAT) an. Dieser Teil hat kleinere Mängel. Bei der Einführung in die Problematik hätte sich der Begriff „evaluative Modelle“ angeboten. Warum benutzt man bei den Mackay Modellen die Fugazität als Zustandsvariable, während die anderen Modelle die Konzentration als Parameter benutzen? Auch ein Verweis auf bestehende Modelldatenbanken wäre sehr nützlich gewesen. Zu diesem Teil findet man ebenfalls 129 Literaturverweise.

Resümee: Es ist dem Autor gelungen, einen sehr breiten Bereich der Umweltchemie in überschaubarer und übersichtlicher Form darzustellen. Einige Angaben aus der Literatur sollten kritisch überarbeitet werden. Wenn in einer Neuauflage die Fehler korrigiert, die Literaturzitate aktualisiert sowie das Stichwortverzeichnis ergänzt werden, kann man die Monographie als Lehrbuch im Rahmen eines umweltchemischen Studiengangs sehr empfehlen, auch in Hinblick auf das gute Preis-Leistungs-Verhältnis.

Dieter Lenoir

Institut für ökologische Chemie
des GSF Forschungszentrums
für Umwelt und Gesundheit,
Neuherberg bei München

Green Chemistry. Designing Chemistry for the Environment. Herausgegeben von P. T. Anastas und T. S. Williamson. American Chemical Society, Washington, D. C., 1996. 251 S., geb. 89.95 \$.—ISBN 0-8412-3399-3

1983 wurde in der Zeitschrift *Chemie in unserer Zeit* über ein interessantes Experiment berichtet. Schüler, zwischen 11 und 15 Jahren, von acht Baseler Schulklassen sollten das Thema „Chemie“ bildlich darstellen. Das Ergebnis – wenige Jahre nach dem Unfall von Seveso – war eindeutig: Die große Mehrheit der Kinder fühlte sich und ihre Umwelt von „der Chemie“ bedroht. Diese Kinder sind inzwischen erwachsen und ihre Auffassung von „der Chemie“ hat sich seither sicherlich nicht geändert. Eines ihrer Bilder wirkt wie eine Vorahnung auf die Katastrophe von Bhopal nur ein Jahr später, dem bisher schlimmsten Unfall in der Geschichte der chemischen Industrie. Mehr als 2000 Menschen starben, schätzungsweise 300 000 Menschen in einem Umkreis von 10–20 km² wurden geschädigt. Eine solche Katastrophe hätte verhindert werden können, wenn bei der Synthese des wichtigen Insektizids Carbaryl das reaktive und hochtoxische Zwischenprodukt Methylisocyanat nur *in situ* gebildet und ohne

Isolierung und Zwischenlagerung sofort zum Endprodukt umgesetzt worden wäre.

Der vorbeugende integrierte Umweltschutz wird seither politisch nachdrücklich gefordert – übrigens nicht nur für die chemische Industrie – und langsam auch realisiert. Das geht nicht von heute auf morgen und vor allem nicht ohne Grundlagenforschung. In den USA wurde deshalb 1993 von der National Science Foundation (NSF) und der Environmental Protection Agency (EPA) ein Forschungsförderungsprogramm gestartet, mit dem gezielt Grundlagenforschung zu chemischen Synthesen und Prozessen unter ökologischen Gesichtspunkten gefördert wird. Der vorliegende Band scheint bereits Ausfluß dieses Programms zu sein und basiert auf den Vorträgen eines Symposiums der „Division of Environmental Chemistry“ beim 208. National Meeting der American Chemical Society, Washington, D. C., August 21–25, 1994. Die Herausgeber P. T. Anastas und T. C. Williamson arbeiten beim „Office of Pollution Prevention and Toxics“ der EPA.

Im ersten Kapitel geben die Herausgeber einen Überblick darüber, was umweltverträgliche Chemie – „Grüne Chemie“ wäre im Deutschen politisch belastet – ist: „Simply stated, ‘Green Chemistry’ is the use of chemistry techniques and methodologies that reduce or eliminate the use or generation of feedstocks, products, by-products, solvents, reagents, etc., that are hazardous to human health or the environment.“ Sie verstehen „Green chemistry“ als neues Paradigma, als Herausforderung für jeden Chemiker, sich die Frage zu stellen: „Is the chemistry I am doing the most benign that I can make it?“

Der Band enthält 16 Beiträge von stark unterschiedlichem Charakter. Es gibt Beiträge, die entsprechend der gegebenen Definition faszinierende Beispiele für umweltverträgliche Chemie sind, während andere mehr sondierenden Charakter besitzen. Es ist sicher eine große Herausforderung, den Einsatz von Phosgen als Zwischenprodukt in der chemischen Industrie zu reduzieren und schließlich ganz zu vermeiden. Diesem Thema sind mehrere Beiträge gewidmet. In Kapitel zwei berichten K. Komiya et al. von Asahi Chemical Industry, Japan, über einen neuen Prozeß zur Produktion von Polycarbonaten. Bei diesem Prozeß wird Bisphenol A mit Diphenylcarbonat in der Schmelze vopolymerisiert. Das Vopolymerisat kann sehr einfach kristallisiert werden und dann erfolgt im Festkörper die Polymerisation zum hochmolekularen Polycarbonat. Das bemerkenswerte an diesem umweltverträglichen Polycarbonatprozeß ist, daß nicht nur der Einsatz von Phosgen son-

dern auch des Lösungsmittels Methylenchlorid vermieden wird. Die Qualität des Polycarbonats ist im Vergleich zum Phosgenprozeß höher, und die Produktionskosten scheinen konkurrenzfähig zu sein. Asahi hat weiterhin innovative Nicht-Phosgen Prozesse für Diphenylcarbonat und für alle wichtigen Isocyanate entwickelt.

Eine Carbarylsynthese ohne Phosgen und ohne die Isolierung von Methylisocyanat wird von W. D. McGhee et al., Monsanto, USA, in Kapitel vier beschrieben. Isocyanate werden aus Aminen und Kohlendioxid mit *o*-Sulfobenzoesäureanhydrid als elektrophilem dehydratisierenden Agens generiert und *in situ* zu den Produkten umgesetzt. Schließlich wird von F. Rivetti, U. Romano und D. Delle-donne von EniChem, Italien, in Kapitel sechs die Synthese von Dimethylcarbonat durch oxidative Carbonylierung von Methanol mit CuCl als Katalysator beschrieben. P. Tundo et al. berichten in Kapitel sieben über die selektive Monomethylierung von Arylacetonitrilen und Arylessigsäureestern mit Dimethylcarbonat als nichttoxischem Methylierungsmittel.

Titanhaltige Zeolithe sind vielversprechende Katalysatoren für Oxidationen mit Wasserstoffperoxid. In Kapitel drei berichten G. Petrini et al. von EniChem, Italien, über einen neuen Prozeß zur Produktion von Cyclohexanonoxim aus Cyclohexanon, Ammoniak und Wasserstoffperoxid mit Titansilicilal als Katalysator, bei dem der Anfall von Ammonsulfat völlig und auch die Emission an SO₂, NO_x und NH₃, die bei den üblichen Prozessen ein großes Problem darstellen, praktisch vollständig reduziert werden. Auch die Epoxidierung von Olefinen mit Wasserstoffperoxid wird mit diesem Katalysator deutlich umweltverträglicher wie M. G. Clerici und P. Ingallina von Eniricerche, Italien, in Kapitel fünf berichten.

Das Versprühen von Farben und Lacken mit überkritischem Kohlendioxid, bei dem völlig auf flüchtige organische Lösungsmittel verzichtet werden kann, ergibt Lackierungen von sehr guter Qualität und wird von M. D. Donohue, J. L. Geiger, A. A. Kiamos, John Hopkins University, Baltimore, und K. A. Nielsen, Union Carbide, in Kapitel zwölf detailliert dargestellt. Überkritisches Kohlendioxid als umweltverträgliches Solvens wird auch von D. A. Morgenstern et al., USA, in Kapitel elf behandelt. Als Beispiele werden die enantioselektive katalytische Hydrierung von Enaminen und die Kopolymerisation von CO₂ mit Epoxiden beschrieben.

Die übrigen Beiträge besitzen mehr sondierenden Charakter. So sind sicher-

lich katalytische (Kap. 8–10) und biotechnologische Verfahren (Kap. 16–17) von Bedeutung und von allergrößter Bedeutung ist die Ausbildung der Chemiker unter dem neuen Paradigma der umweltverträglichen Chemie (Kap. 16–17).

Dieser Band sollte in keiner Bibliothek fehlen. Chemiker im Betrieb, in der Grundlagenforschung und im Ausbildungsbereich werden viele Anregungen erhalten. Einige der Beiträge könnten sogar Meilensteine werden auf dem Weg zu einer Wissenschaft Chemie und einer chemischen Industrie, die von der Gesellschaft wieder positiv akzeptiert werden.

Jürgen O. Metzger

Institut für Organische Chemie
der Universität Oldenburg

Electrochemical Processes for Clean Technology. Von K. Scott. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1995. 307 S., geb. 59.90 £.—ISBN 0-85404-506-0

Der Autor, der auf dem Gebiet der elektrochemischen Verfahrenstechnik international einen guten Namen hat, gibt im ersten Drittel eine konzise Darstellung dieses Gebiets aus seiner Sicht. Sie ist sehr informativ und flüssig geschrieben. Der Rest verteilt sich zu etwa gleichen Teilen auf drei aktuelle Gebiete der elektrochemischen Umwelttechnik, nämlich die elektrochemische Entfernung von Schwermetallspuren (1) und von anderen organischen und anorganischen Spezies (2) aus industriellen Produktströmen und „Abwässern“ und schließlich auf die organische und anorganische Elektrosynthese (3). Schon der Titel signalisiert diese Schwerpunkte. Allerdings dominiert die

Strategie der „Nachbesserung“ ganz eindeutig, obwohl die elektrochemische Technik sehr teuer ist, während die zukunftsträglichere Verfahrensweise des produktionsintegrierten Umweltschutzes erst in (3) vorgestellt wird. Weitere Gebiete wie die elektrochemische Oberflächentechnik (elektrochemische Grundierung mit wasserdispergierbaren Bindemitteln versus Spritzen oder Tauchen mit lösungsmittelhaltigen Lacken), wiederaufladbare Batterien (Zn/MnO₂ oder Zn/Luft oder metallfreie Systeme auf der Basis von Graphit, Kohle oder (billigen) leitenden Polymeren versus Blei oder Cadmium in konventionellen Systemen) und Brennstoffzellen ($\eta = 50\text{--}70\%$ versus $10\text{--}25\%$ in der konventionellen Energieumwandlung) bleiben unter anderem vollständig ausgeklammert. Diese wichtigen Teile, die erst das vollständige Potential der elektrochemischen Technik klar machen, müssen wohl erst noch geschrieben werden.

Auf S. 11 ff. wird mit Recht auf eine gravierende Problematik der Abwasser-
elektrolyse hingewiesen, nämlich auf die mögliche Bildung von Chlororganika, da fast immer ausreichend Chloridionen anwesend sind. In Abbildung 1 auf S. 16 muß an der Ordinate $\ln j_{\text{lim}}$ stehen. Die Festionen in Tabelle 2 (S. 27), unterer Teil, sind natürlich (quartäre) Ammoniumionen. Auf S. 81, Abbildung 11, wird die rechts dargestellte Zelle einem „bipolaren Elektrolyseur“ zugeordnet, obwohl er ein monopolarer ist. Mit Recht wird auf S. 233/34 die Bedeutung der heterogenen Redoxkatalyse hervorgehoben, wenn auch anhand von zwei etwas unglücklichen Beispielen. Die Gleichung 10 auf S. 233 läßt erst auf den zweiten Blick erkennen, daß mit „< >“ ein Benzolring gemeint ist. Bei der Besprechung des Me-

chanismus der Elektrohydrodimerisierung von Acrylnitril zu Adiponitril auf S. 236/37 ist zu bemängeln, daß die Protonierung des primären Radikalanions im neutralen Elektrolyten **nicht** sehr schnell ist, daß in Gleichung 17 die negative Ladung des Carbanions fehlt und die Bildung von (anionischen) Oligomeren bei zu langsamer Protonierung des dimeren Anions nicht erwähnt wird. Das „Cd-Removal“ bei diesem Verfahren wird nicht erwähnt. Das auf S. 243 in Gleichung 41 erwähnte Produkt, 2-Hydroxytetrahydrofuran, läßt sich viel einfacher (und billiger) aus THF in verdünnter Schwefelsäure durch selektive anodische Oxidation an Platin bei hohen Stromdichten herstellen. Die auf S. 268–271 und 273–276 dargestellten, heute so wichtige Elektrosynthesen von H₂O₂, Peroxydisulfat und Ozon hätten durch Erwähnung der Monographien von A. Schmidt und A. T. Kuhn gut ergänzt werden können. Und eine letzte Bemerkung: Die Möglichkeit der on-site-Generierung von gefährlichen und extrem toxischen Chemikalien ist eine der starken Seiten der elektrochemischen Techniken, wie durch das Beispiel Arsin auf S. 286/87 schön belegt wird.

Mit diesen Einschränkungen ist das Werk empfehlenswert. Der relativ günstige Preis könnte ein Motiv dafür sein, es sich auch für die private Handbibliothek anzuschaffen. Auch für den allgemein an der Umwelttechnik Interessierten ist es ein sicherer Führer für die behandelten Gebiete ab. Die abschließende (zum Teil kritische) Diskussionsbeschränkung diese Aussage nur wenig ein.

Fritz Beck

Fachgebiet Elektrochemie
der Universität
Gesamthochschule Duisburg