

nens vor und zeigt an Beispielen, wie diese Technik zur Ermittlung von Molekülstruktur und der Orientierung von Molekülen in Langmuir-Blodgett-Filmen genutzt werden kann. Im Rahmen des Kapitels „Excited Electronic State Properties from Ground State Resonance Raman Intensities“, das einer speziellen Anwendung der Resonanz-Raman-Spektroskopie gewidmet ist, wird nachhaltig auf die experimentelle Methode, auf die Theorie und die Interpretation von Ergebnissen eingegangen.

Besonders aktuell erscheint das abschließende Thema „Ultrafast Vibrational Spectroscopy: Methods, Theory and Applications“ von G. C. Walter und R. M. Hochstrasser, in dem über pump-probe-Experimente an biologisch relevanten Systemen, vor allem den Hämproteinen und dem photosynthetischen Reaktionszentrum, berichtet wird.

Allein diese kurze Schilderung des Inhalts zeigt, daß hier ein großer Teil der für chemische und chemienahe Forschung einsetzbaren laserspektroskopischen Methoden vorgestellt wird. Dem Prinzip: Theorie-Experiment-Beispiele folgend, sind gut lesbare Kapitel entstanden, die insgesamt eine Fülle nützlicher Informationen liefern und alle mit einem ausführlichen Verzeichnis ausgewählter Literaturzitate jüngerer Datums versehen sind. Allerdings ist dies kein Buch für Anfänger; dazu wird zuviel vorausgesetzt. Es ist auch kein Nachschlagewerk: Dazu müßte das Stichwortregister ausführlicher sein. Das Buch ist empfehlenswert für Physikochemiker, die sich mit der Struktur und Dynamik von Molekülen befassen, und für Physiker, die chemienahe Forschungsthemen bearbeiten. Es sollte in Institutsbibliotheken nicht fehlen.

Helmut Baumgärtel

Institut für Physikalische Chemie der
Freien Universität Berlin

Industrial Organic Chemicals. Von *H. A. Wittcoff* und *B. G. Reuben*. John Wiley & Sons, New York, 1996. 531 S., geb. 60 £.—ISBN 0-471-54036-6

Bei dem Buch handelt es sich um eine vollständig überarbeitete und erweiterte Version des 1980 von den gleichen Autoren herausgegebenen Werkes „Industrial Organic Chemicals in Perspective“. Es will einer breit gefächerten Zielgruppe – von Studenten bis Industriechemikern – einen Überblick über Technologie und Produkte der industriellen organischen Chemie vermitteln.

Der Aufbau des Buches ist klar strukturiert. In einem Einstiegskapitel wird nicht nur eine Gesamtübersicht zu den folgenden Kapiteln gegeben, sondern es werden auch zur Thematik erschienene Monographien, Encyklopädien sowie die wichtigsten, industrierelevante Daten enthaltende Journale und Online-Datenbanken aufgeführt. Umfangreich sind auch die „Notes and References“ zu den einzelnen Kapiteln, wo nicht nur weiterführende Literatur, neuere Übersichtsartikel und Schlüsselpatente, sondern auch zusätzliche Hinweise zum entsprechenden Umfeld und sogar einige Anekdoten aus der Historie der Petrochemie zu finden sind. Allerdings wird im Text nur durch ein lapidares „see note“ auf die ergänzende Literatur aufmerksam gemacht, was die Wiederfindung der entsprechenden Stelle erschwert.

Kapitel eins behandelt auf ca. 33 Seiten die chemische Industrie im gesamtwirtschaftlichen Umfeld und beschreibt Entwicklungen wie Economy of Scale, Überkapazitäten, Marktsättigung, Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen oder auch Einflüsse der Gesetzgebung. Hier zeigt sich erstmals ein Nachteil des Buches, der sich auch in den folgenden Kapiteln fortsetzt, nämlich die Fokussierung auf die US-chemische Industrie. Westeuropäische und japanische Entwicklungen werden nur gelegentlich aufgeführt. Beispielsweise wird im Zusammenhang mit den politischen Einflüssen das europäische Chemikaliengesetz nicht erwähnt.

Kapitel zwei behandelt recht übersichtlich die Herstellung der Basischemikalien durch Beschreibung der entsprechenden Erdöldestillations- und -raffinationsprozesse. In den folgenden Kapiteln drei bis elf werden diese Basischemikalien vom Ethylen über Arene bis zu Alkanen und deren Folgechemie beschrieben. Dabei wird konsequent die weitere Derivatisierung bis hin zu Endprodukten unter besonderer Berücksichtigung der Polymerherstellung vorgestellt. So wird ein guter Einblick in die gesamten Stoffströme vermittelt. Beispielhaft sei hier die Reihe Ethylen, Ethylenoxid, Ethanolamin, quartäre Ammoniumverbindungen aufgeführt. Auf dem Weg zum Endprodukt werden industrielle Hintergrundinformationen zunehmend rarer, und es verbleiben häufig nur noch Synthesformeln und einige allgemeine Angaben zur Herstellung, was nicht verwundert, da sonst der Rahmen des Buches gesprengt würde. Die Autoren weisen auch auf Anwendungsbeispiele für die Endprodukte hin, um einen Eindruck über die Einsatzmöglichkeiten zu geben. Allerdings fällt es dem Leser gelegentlich schwer, deren Marktbedeu-

tung zu beurteilen, da die Äußerungen meist allgemein sind.

Sicher auch wegen der Aufnahme solcher durchaus interessanter und bewußt aufgeführter Verästelungen geht die Behandlung der wesentlichen industriellen Prozesse nicht so in die Tiefe, wie man es von anderen Standardwerken gewohnt ist und wie es der potentielle industrielle Nutzer, der über eine Einführung hinausgehende, konkrete Fakten sucht, vielleicht erwartet. Industriell relevante Daten (wie z. B. Tonnagen) werden nicht immer übersichtlich zusammengestellt, sondern tauchen etwas mühsam zu finden im Text auf.

In den folgenden Kapiteln 12–14 werden Kohle-, Fett- und Kohlenhydratchemie abgehandelt. Das Kapitel über Öle und Fette gibt nur einen unvollständigen Einblick in die industrielle Verarbeitung dieser nachwachsenden Rohstoffe.

Prozesse, wie z. B. die physikalische Raffination werden überhaupt nicht aufgeführt, dafür wird aber wenig relevanten Rohstoffen oder Reaktionen ein zu breiter Raum gewidmet oder es werden nicht mehr aktuelle Anwendungsfelder beschrieben. Im Abschnitt über Fettalkohole scheinen die Autoren übersehen zu haben, daß die einem „neueren Katalysator“ zugeschriebene Herstellmöglichkeit von ungesättigten Fettalkoholen bereits seit Jahrzehnten kommerziell genutzt wird. Auch wenn die Autoren aufführen, daß die Tonnagen trivial im Vergleich zur Petrochemie sind, so wünscht man sich als Leser, wenn denn schon ein eigenes Kapitel aufgenommen wurde, hier etwas mehr Sorgfalt. Das Buch schließt mit den Kapiteln 15 und 16 über die Polymerherstellung und Katalyse.

Alles in allem gibt das Buch einen guten Überblick über die industrielle organische Chemie und Polymerchemie, wobei die bedeutenden Chemikalien und Polymere kurz und prägnant besprochen und industriell unbedeutende Reaktionen minimiert sind. Es ist damit aber eher ein Lehrbuch der angewandten organischen Synthese als eine tiefgehende Abhandlung der industriellen Praxis.

Horst Eierdanz

Henkel KGaA, Düsseldorf

The Chemistry of Free Radical Polymerization. Von *G. Moad* und *D. H. Solomon*. Pergamon-Elsevier Science Ltd., Oxford, 1995. 408 S., geb. 75.00 £.—ISBN 0-08-42078-8

In den letzten Jahren ist das Interesse an der radikalischen Polymerisation erheblich gewachsen, was vor allem auf zwei Faktoren zurückzuführen ist:

1. Die klassischen Theorien beschreiben die radikalische Polymerisation nicht zufriedenstellend. Sie erlauben keine Aussagen über die Abhängigkeit der Geschwindigkeit der Polymerisation und der Mikrostruktur von den Reaktionsbedingungen, dem Umsatz und der Molmassenverteilung.

2. Neue Techniken erlauben eine detaillierte Charakterisierung der Mikrostruktur, der Kinetik und des Mechanismus der Polymerisation. So können immer bessere Mechanismus-Struktur-Eigenschaftsbeziehungen aufgestellt werden und neuerdings sind auch engverteilte Homo- und Blockpolymere durch die radikalische Polymerisation zugänglich.

Diese neuen Entwicklungen waren das Hauptmotiv der Autoren, dieses Buch zu verfassen, die neueste Literatur kritisch zu sichten sowie ältere Literatur, falls notwendig, neu bzw. modifiziert zu interpretieren. Ziel der Autoren ist es, das Verständnis für die radikalische Polymerisation zu verbessern, um eine Beziehung zwischen Synthesbedingungen, Polymerstruktur sowie deren Eigenschaften herzustellen, und um damit Polymere reproduzierbar mit vorhersagbaren Eigenschaften synthetisieren zu können.

Selbstverständlich wird hierdurch unser bisheriges Wissen über die radikalische Polymerisation nicht etwa auf den Kopf gestellt oder widerrufen. Deshalb orientiert sich der Aufbau des Buches an der klassischen Unterteilung Kettenstart, -wachstum, -abbruch. In der Einleitung werden die Gründe für den technischen Erfolg der radikalischen Polymerisation, deren wichtigste Gesetzmäßigkeiten bereits in den 40er und 50er Jahren entwickelt worden sind, diskutiert. Auch die Frage nach der Bedeutung von Defektstrukturen für die Eigenschaften der Polymere wird aufgeworfen. Diese Frage zieht sich wie ein roter Faden durch alle Kapitel. Die Autoren konzentrieren sich dabei vor allem auf die Entstehungsmöglichkeiten und den Nachweis solcher Defekte.

Im folgenden Kapitel über Radikalreaktionen werden zunächst die Reaktionen von Radikalen mit C-C-Doppelbindungen diskutiert. Kompakt und dennoch klar werden sterische und polare Einflüsse sowie der Einfluß der Reaktionsbedingungen, z. B. der Temperatur und des Lösungsmittels auf die Reaktion beschrieben und durch theoretische Ansätze ergänzt. In einem weiteren Unterkapitel wird die Bedeutung des H-Transfers vom Substrat auf die Radikale und die Kontrolle dieses Schritts durch sterische, polare und stereoelektronische Faktoren sowie die Konkurrenz zwischen Addition

und Transfer dargestellt. Es wird gezeigt, daß diese Konkurrenz durch die Nucleophilie der Radikale gesteuert werden kann. Auch die Radikal-Radikal-Reaktionen und die Faktoren, die die Konkurrenz zwischen Kombination und Disproportionierung kontrollieren, werden hier beschrieben. Umfangreiche, klassische und moderne Literatur ergänzt auch dieses Kapitel.

Im dritten Kapitel wird auf ca. 100 Seiten die Initiation behandelt. Neueres und klassisches Wissen wird kritisch gesichtet. Der Einfluß der Startreaktion nicht nur auf die Kinetik sondern auch auf die Eigenschaften der Polymere wird gezeigt. Besonderes Interesse gilt dem Nachweis der Endgruppen und durch den Radikalstart bedingter Defekte im Polymer. Zunächst werden an ausgewählten Beispielen verschiedene Reaktionstypen dargestellt, beispielsweise die Reaktion mit einem Monomer, mit Lösungsmitteln, Sauerstoff, Radikalen und Verunreinigungen sowie Fragmentierungen. Sehr ausführlich werden die Stoffklassen, die als Radikalquellen genutzt werden können, beschrieben. In diesem Kapitel sind viele interessante Informationen über die Vielfalt der Radikalchemie zu finden. Die Chemie des Kettenstarts einer Polymerisation ist außerordentlich vielseitig und spannend und läßt sich keinesfalls nur auf die „langweilige“ Addition eines gebildeten Radikals an eine C-C-Doppelbindung reduzieren. Umfassend wurden auch die relevanten Methoden zusammengetragen, die für die Analyse der Produkte und somit für die Aufklärung der unterschiedlichen Reaktionswege genutzt werden können bzw. genutzt worden sind. Gestützt werden diese Aussagen durch 480 Zitate. Dieses hervorragende Kapitel ist eine Fundgrube für Polymerchemiker und Organiker. Bei einer Wiederauflage, die ich diesem Buch wünsche, sollten allerdings auch die Untersuchungen über unsymmetrische Azoverbindungen von Rüchardt et al. sowie von uns mehr Beachtung finden. Die im vierten Kapitel behandelte Wachstumsreaktion ist viel interessanter als man auch als Spezialist im ersten Moment glauben mag. Geschickt werden die vielfältigen Reaktionsmöglichkeiten der wachsenden Radikale dargestellt. Knapp und dennoch plausibel wird das Problem der Taktizität besprochen und trotzdem wird klar, warum dieses Problem für die radikalische Polymerisation weniger relevant ist. Breiten Raum nimmt die Analytik von Defektstrukturen (z. B. Kopf-Kopf-Verknüpfung) ein. An konkreten Beispielen werden die allgemeinen Aussagen untermauert und jeweils durch sinnvolle, übersichtliche Tabellen

und Graphiken ergänzt. Besonders empfehlenswert ist das Unterkapitel über die Polymerisation vinylsubstituierter, cyclischer Verbindungen. Auch die Polymerisation von Doppelringen wie die von Spiroorthocarbonaten nimmt in diesem Kapitel einigen Raum ein. Allerdings ist die auf S. 182 genannte Motivation der Volumenexpansion dieser Monomere bei ihrer Polymerisation nicht mehr haltbar. Das fünfte Kapitel ist dem Kettenabbruch gewidmet. 70 Seiten über eine Reaktion, der in klassischen Lehrbüchern häufig nur wenige Zeilen gewidmet sind, erscheinen im ersten Moment übertrieben. Diese Meinung ändert man jedoch während der Lektüre dieses außerordentlich wichtigen Abschnitts. Es werden alle Prozesse behandelt, die zum Ende des Wachstums einer aktiven Kette führen, z. B. die Reaktion zweier polymerer Radikale, der Abbruch mit einem Primärradikal, Kettenübertragungsreaktionen und Inhibierungsprozesse. Nach allgemeinen Betrachtungen werden recht ausführlich einige konkrete Polymere besprochen. Besonders erfreulich ist die Untermauerung der Aussagen durch Experimente. Zur Vertiefung des Studiums der Wachstumsreaktion befinden sich am Ende dieses Kapitels nahezu 300 Literaturstellen! Im Gegensatz zu den vorherigen Kapiteln fällt das sechste Kapitel über die Copolymerisation recht kurz aus. Dennoch ist auch dieses Kapitel übersichtlich gestaltet und enthält die wichtigsten Informationen über das „Terminal“- , das „Penultimate unit“- sowie über das Monomerkomplexmodell. Es ist erfreulich, daß auch Methoden zur Darstellung von Block- und Pfropfcopolymeren angeschnitten werden. Allerdings kommen die letztgenannten Methoden deutlich zu kurz. Von hohem Rang ist das siebte Kapitel über kontrollierte Polymerisationen. Hier werden die Möglichkeiten zur Kontrolle der Mikrostruktur, der Funktionalität, der Stereokontrolle, der Molmasse und Molmassenverteilung angesprochen und dafür bereits die neueste Literatur berücksichtigt und mit großer Sachkenntnis referiert. Selbst einige neue Arbeiten über die Möglichkeit einer „lebenden radikalischen Polymerisation“ wurden bereits eingearbeitet.

Diese sachliche und umfangreiche Studie zum derzeitigen Stand des Wissens über die radikalische Polymerisation kann ich ohne Einschränkung empfehlen. Fachkollegen an der Hochschule und in der Industrie können aus diesem Buch großen Nutzen ziehen. Auch für Diplomanden und Doktoranden, die sich mit der Polymerchemie befassen, ist dieses Werk eine große Hilfe. Für meine Bibliothek ist

dieses Lehrbuch eine wichtige Ergänzung.

Oskar Nuyken

Institut für Technische Chemie
der Universität München, Garching

Polypropylene Handbook. Polymerization, Characterization, Properties, Processing, Applications. Herausgegeben von *E. P. Moore, Jr.* Hanser-Gardner, Cincinnati, 1996. 419 S., geb. 136.00 \$.—ISBN 1-56990-208-9

Polypropylen (PP) gehört zu den am weitesten verbreiteten Polymeren und steht damit in einer Reihe mit Polyethylen, Polystyrol und Polyvinylchlorid. Die weltweite Produktionsmenge ist derzeit etwa 19 Millionen Tonnen. Sie hat sich seit dem Jahr 1970 bis heute verzehnfacht und wird auch in nächster Zukunft mit 6–8 % p.a. wachsen. Zu den schon mehreren tausend Anwendungen von PP kommen in allen Bereichen des alltäglichen Lebens ebenso wie in der Technik immer noch neue hinzu, und auch die Weiterentwicklung der Herstellverfahren verläuft dynamisch. Man denke hierbei nur an die Entwicklung der Metallocenkatalysatoren, die auch das Interesse der akademischen Welt an Polyolefin-Thematiken wiederbelebt haben. Der Hauptteil der Innovationsarbeit auf dem Gebiet der Polypropylenforschung wird freilich von der Industrie geleistet. Der Hanser-Verlag war deshalb gut beraten, für die hier vorliegende Monographie ein Autorenteam aus der Industrie zu wählen. 18 der 20 Autoren des Bandes sind von der Firma Montell Polyolefins, die weltweit der größte Hersteller von PP sowie auch der bedeutendste Lizenzgeber von Polypropylen-Herstellungstechnologien ist. Die Thematik ist hier breiter gefaßt als in früheren Monographien über PP oder Polyolefine: Wissenschaftliche, technologische und wirtschaftliche Aspekte des Themas werden gleichgewichtig behan-

delt und sind in zwei Hauptteilen untergliedert.

Der erste Hauptteil („Polypropylene: The Material“) enthält nach einer kurzen historischen Einleitung Kapitel über Katalysatoren und Polymerisationsmechanismen, Struktur und Morphologie von PP, Additive, compoundingierte PP-Produkte sowie physikalische Eigenschaften von PP. Davon verdienen zwei Einzelbeiträge besondere Hervorhebung. Im Katalysatorkapitel geben E. Albizzati et al. eine besonders exakte und ausführliche Darstellung der bisher entwickelten sechs „Generationen“ von PP-Katalysatoren und ihrer Wirkungsweise. Auch und gerade die Ergebnisse der industriellen Forschung sind gut berücksichtigt und geistreich analysiert; von den 527 Literaturstellen sind allein 140 Patente. Das Kapitel über Struktur und Morphologie von PP von R. A. Phillips und M. D. Wolko-wicz ist in seiner Stringenz, Dichte und Verständlichkeit das Beste, was es bisher zu dem Thema gibt. Zu loben sind auch die Abbildungen; unter ihnen eine Fotoserie von Mikrostrukturen elastomermodifizierter PPs mit ungewöhnlicher Anschaulichkeit. In beiden genannten Kapiteln wie auch den übrigen des ersten Teils fällt das stete Bemühen der Autoren auf, Phänomene zu erklären oder in Zusammenhang zu setzen, die in früheren Darstellungen nur als Beobachtungs-sach-sachen mitgeteilt und aufgereiht wurden.

Im zweiten Hauptteil („Polypropylene: The Business“) gibt ein breit gefaßtes Einführungskapitel einen Überblick über alle Aspekte des PP-Geschäfts (Mengen- und Kapazitätsentwicklung, Herstellverfahren, Produzenten, Monomerversorgung, Wirtschaftlichkeit, Produktspektrum, Patentrechte, Umweltfragen und Recycling). Das umfangreiche Zahlen- und Tabellenmaterial erlaubt interessante Einblicke: Es gab 1994 weltweit 117 PP-Hersteller, davon in „Asien ohne Japan“ allein 43; dieser Markt wird schon 1998

mit 27% der Welt-Produktionskapazität Nordamerika (23%) oder Westeuropa (24%) überflügelt haben. Die Folgekapitel des zweiten Teils behandeln einzelne Aspekte im Detail: Herstellverfahren für PP, Verarbeitungsmethoden, PP-Anwendungen (Endprodukte), sowie staatliche Regelungen und Gesetze für bestimmte PP-Produkte wie z. B. lebensmittelrechtliche Zulassungen. Von diesen Kapiteln ist das von E. P. Moore über PP-Verarbeitungsmethoden besonders umfassend und verständlich geschrieben, der Beitrag über PP-Anwendungen (C. G. Oertel) geradezu amüsant: Neben vielen nüchternen Fakten erfahren wir beispielsweise, daß es jetzt auch schon Banknoten aus PP gibt (in Australien) und warum auf Flughäfen die Teppichböden aus PP sind und nicht aus Nylon (PP wird von Batteriesäure aus leckenden Elektrokarren nicht angegriffen). Bei einigen (fotografischen) Abbildungen dieses Kapitels ist die Wiedergabequalität leider mangelhaft; ein Ausstattungsmangel, dem der Verlag schnell Abhilfe schaffen sollte.

Im Überblick aller Kapitel hat das Buch einige Redundanzen. So werden z. B. die Katalysator-„Generationen“ und ihre jeweilige Bedeutung für die Technologie- und Produktentwicklung dreimal ausführlich abgehandelt (Kapitel 2, 7, 8). Ähnliche Doppelungen gibt es bei der Beschreibung und Erklärung von Struktur und Eigenschaften der zahlreichen Polypropylenvarianten und -typen. Dies ist sicher ein Nachteil eines so großen Autorenteam, wird aber auch in vergleichbaren Monographien nicht besser gemacht. Insgesamt ist das Buch für jeden unentbehrlich, der sich auf aktuellstem Stand einen Überblick über verschiedene Aspekte des Themas Polypropylen verschaffen will. Es hat eine erhebliche Detailliertheit und fachliche Tiefe und verweist erschöpfend auf weiterführende Literatur.

Walter Spaleck

Hoechst AG, Frankfurt/Main