

fürlicher Darstellung sinnvoll gewesen. Im sechsten Kapitel werden die stationären Zustände besprochen. Das Theorem der minimalen Entropieproduktion wird abgeleitet und damit die Stabilität der stationären Zustände im linearen Bereich bewiesen. Das letzte Kapitel schließlich ist der Thermodynamik irreversibler Prozesse im nichtlinearen Bereich gewidmet. Nach einer Besprechung des allgemeinen Stabilitätskriteriums von *Prigogine* und *Glansdorff* wird die Stabilität einfacher chemischer Reaktionen fern vom Gleichgewicht anhand des kinetischen Potentials diskutiert.

Anschließend wird als Beispiel für oszillierende Reaktionen das Lotka-Modell vorgestellt. Eine qualitative Diskussion einiger hydrodynamischer Instabilitäten rundet dieses Kapitel ab. Insgesamt kann man das Buch als didaktisch geglückt bezeichnen und jedem Anfänger warm empfehlen.

Max Teubner [NB 740]
Max-Planck-Institut für
Biophysikalische Chemie,
Göttingen

Oscillations and Traveling Waves in Chemical Systems.

Herausgegeben von *R. J. Field* und *M. Burger*. John Wiley, Chichester 1985. XX, 682 S., geb. £ 98.30. – ISBN 0-471-89384-6

Chemische Oszillationen in Zeit und Raum sind besonders in den letzten zwanzig Jahren intensiv erforscht worden. Die Faszination, die von oszillierenden Reaktionen ausgeht, spiegelt sich nach der Entdeckung der berühmten Belousov-Zhabotinsky-Reaktion in einem exponentiellen Wachstum der Veröffentlichungen zwischen 1965 und 1975 wider. Das Studium chemischer Oszillatoren ist auch von der naturwissenschaftlich-philosophischen Seite her interessant, und zwar zur Erörterung der Signifikanz der Symmetriebrechung und der Bifurkationen in Systemen weitab vom chemischen Gleichgewicht, die zur Definition der Zeit selbst beitragen können. Es soll heute noch Skeptiker geben, die die Existenz von chemischen Oszillationen in homogener Phase in Frage stellen. Weit gefehlt! Dieses von mehreren Autoren geschriebene und von den beiden Herausgebern straff gegliederte Buch beweist eindeutig, daß chemische Oszillationen in homogener Phase bei anorganischen Reaktionen vorkommen, ganz zu schweigen von einigen allerdings kaum erwähnten biologischen Systemen, die oftmals die Motivation für das Studium der obigen Reaktionen lieferten.

Allgemein kann es chemische Oszillationen nur in thermodynamisch offenen Systemen geben. Die Bedingungen für das Auftreten von chemischen Oszillationen sind heute hinreichend bekannt und durch eine Reihe von experimentellen Systemen belegt. Chemische Oszillatoren sind nicht-lineare Oszillatoren; bei „idealer“ Durchmischung zeigen sie neben Phänomenen wie Frequenzverdopplung auch eine Periodenvervielfachung, wenn man sie von außen etwa durch sinusförmiges Hereinfüllen der Reaktanten in einem Flußrührreaktor stört. Es können auch chaotische Trajektorien beobachtet werden, die in diesem Buch wohl erwähnt, aber nicht behandelt werden. In dünnen, nicht gerührten Flüssigkeitsschichten können räumliche Oszillationen als chemische Wanderwellen und als stationäre Wellen auftreten. Hier sind die Kopplung und das Zusammenspiel von chemischer Reaktion und Diffusion oder Konvektion zur Bildung von sich ausbreitenden Mustern maßgebend.

In der Einführung berichtet *Zhabotinsky* über die interessante Frühgeschichte (1961–1969) und die ersten mecha-

nistischen Vorschläge der auch nach ihm benannten Belousov-Zhabotinsky-Oszillationen einer schwefelsauren Lösung von Bromat, $\text{Ce}^{\text{III}}/\text{Ce}^{\text{IV}}$ und Malonsäure. Der mathematisch interessierte Leser kommt nicht nur im ersten Kapitel über die Stabilität von stationären Zuständen, Hopf-Bifurkationen und bilateral gekoppelten Systemen, sondern im gesamten Buch auf seine Kosten. Es folgen die Kapitel über den anorganischen Belousov-Zhabotinsky-Oszillator, dessen Varianten sowie Untersysteme in allen Einzelheiten beschrieben werden. Der berühmte Field-Noyessche „Oregonator“-Mechanismus kann praktisch alle Phänomene der Belousov-Zhabotinsky-Reaktion, z. B. Bistabilität und Wanderwellen, mit Ausnahme von chaotischen Bewegungen erklären. Er wird in einem separaten Kapitel eingehend mathematisch analysiert. Periodisch Gas entwickelnde und einige andere chemische Oszillatoren wie die von Bray-Liebhafsky und Briggs-Rauscher werden diskutiert. Das Antwortverhalten eines periodisch gestörten Oszillators ist außerordentlich vielfältig. Mathematische Analysemethoden werden präsentiert und auch auf nicht-isotherme Oszillatoren angewendet. Dabei ist das Stabilitätsverhalten des Systems in der Nähe von kinetischen Phasenübergängen von großem theoretischen Interesse. Musterbildung beim Auskristallisieren von geologischem Material, propagierende Reaktions-Diffusionsfronten oder periodische Wellen in zwei und drei Dimensionen zeigen eine kaum erwartete Fülle von Erscheinungsformen. Chemische Oszillationen von Kohlenmonoxid werden in einem weiteren Kapitel in großem Detail behandelt. Das letzte, etwas kuriose Kapitel beschreibt eine statistische Analyse und eine „Soziologie“ der Veröffentlichungen über chemische Oszillationen in den Jahren 1910 bis 1981.

Die Literatursammlung ist sehr umfangreich, und alle Zitate sind sorgfältig mit Titeln versehen. Das vorliegende Buch wird sicherlich das Standardwerk der nächsten Jahre über anorganisch-chemische Oszillationen sein. Seine Anschaffung kann nachdrücklich empfohlen werden, obwohl biologische Oszillatoren und Chaos nicht besprochen sind.

Friedemann Schneider [NB 735]
Institut für Physikalische Chemie
der Universität Würzburg

Biotechnology, A Comprehensive Treatise in 8 Volumes.

Herausgegeben von *H.-J. Rehm* und *G. Reed*. Vol. 2: *Fundamentals of Biochemical Engineering*. Bandherausgeber: *H. Brauer*. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim 1985. XVI, 819 S., gebunden, Subskriptionspreis DM 426.00. – ISBN 3-527-25764-0

Die Biotechnologie ist ein interdisziplinäres Gebiet, dessen Fortschritte durch enge Zusammenarbeit von Spezialisten aus Biologie, Chemie und Ingenieurwissenschaften zustande kommen. Im vorliegenden Band 2 der Reihe^[*] wird versucht, die technischen Grundlagen der Biotechnologie zu vermitteln. Besprochen werden Planung, Entwurf und Entwicklung sowie Optimierung und technische Durchführung biochemischer Prozesse.

Der Band enthält 30 Kapitel, die in fünf Gruppen zusammengefaßt sind. Recht schwierig zu beantworten ist die philosophische Frage, „what constitutes fundamentals for a diverse field like biochemical engineering“. Die Heraus-

[*] Vgl. *Angew. Chem.* 98 (1986) 840.

geber haben sich entschieden, das Hauptgewicht auf die Grundlagen und die Mathematik von Transportphänomenen, Reaktionskinetik und Reaktoren zu legen. Diesen Gegenständen sind etwa zwei Drittel des Bandes gewidmet. Im restlichen Drittel wird das Gebiet vom Standpunkt des Praktikers betrachtet. Dabei werden einige sehr nützliche Konzepte aus folgenden Gebieten behandelt: Stöchiometrie, mechanische Beanspruchung, Messung und Regelung sowie ausgewählte Grundoperationen. Alle diese Beiträge sind von vorzüglicher Qualität. Selbst auf die Gefahr hin, für kleinlich gehalten zu werden, möchte ich aber doch darauf hinweisen, daß dieser Band fast ausschließlich von Autoren aus der Bundesrepublik Deutschland verfaßt wurde (19 der 22 Autoren). Außerdem kommen die Autoren überwiegend von Hochschulen (17 von 22).

Die ersten zehn Kapitel geben einen Überblick über Impuls-, Stoff- und Wärmetransportphänomene; die Einteilung ist ähnlich wie in „Transport Phenomena“ von R. B. Bird, W. E. Stewart und E. N. Lightfoot (Wiley, 1960). Diese Kapitel sind kurz und bündig, ohne daß Wesentliches fehlt. Philosophie und Theorie der Durchführung mikrobieller Reaktionen werden in den acht folgenden Kapiteln behandelt. Dabei kommen beispielsweise Enzymkinetik, Kinetik diskontinuierlicher und kontinuierlicher Fermentationen sowie Zusammenhänge zwischen Reaktion und Stofftransport zur Sprache. Leider wird nicht auf Beispiele verwiesen, wo und wie diese Konzepte genutzt werden.

Bioreaktoren werden in sieben Kapiteln besprochen. Der vorliegende Band befaßt sich eingehend mit dem Schlaufenreaktor; interessanterweise ist dies der Reaktortyp, der den Schutzmuschlag zierte. Schlaufenreaktoren sind spezielle Fließbettreaktoren mit mindestens einer gerichteten Zirkulation oder „loop“. Der Leser wird feststellen, daß es hier einige Überschneidungen bei der Festlegung dessen gibt, was als Blasensäulen-, Rohr- und Schlaufenreaktor anzusehen ist. Drei weitere Kapitel befassen sich mit den mathematischen Grundlagen von Rührkesseln, Blasensäulen und biochemischen Schlaufenreaktoren. Fließbettverhalten, Stoff- und Wärmetransport sowie die Grundlagen der Gasdispersion werden sinnvoll analysiert. Auf dieser Basis bauen mehrere Kapitel auf, die einen (etwas redundanten) Überblick über 18 eindrucksvolle Anlagen bieten, viele davon aus der Bundesrepublik. Beispiele sind die 2000–3000 m³ fassenden Reaktoren bei Imperial Chemical Industries für die Produktion von Biomasse („single cell protein“) sowie Einheiten von 20–40 m³ bei Mitsubishi und Hoechst-Uhde. Sehr große Anlagen (einige sind 18–30 m hoch bei 20–30 m Durchmesser) für die Abwasserbehandlung sind der BIOHOCH-Reaktor von Hoechst und die „Tower Biology“ von Bayer. Ein anderes Konzept wird im „reciprocating jet“-Reaktor genutzt, der speziell angeordnete Siebböden enthält und in halbtechnischen Anlagen vielversprechende Resultate ergab.

An einigen Stellen des Bandes wurden begrüßenswerte Versuche unternommen, Theorie und Praxis zu verknüpfen. Das Kapitel über Modellvorstellungen und Maßstabsvergrößerung sei als Beispiel genannt. Es werden einige wichtige Konzepte aufgeführt, mit denen ermittelt werden kann, ob Kinetik oder Stoffübergang für die Maßstabsvergrößerung (oder andere Experimente) entscheidend sind. Solche Aspekte könnten sogar noch stärker betont werden.

Einige Kapitel dieses Bandes haben großen praktischen Wert; die Herausgeber sind für diese Auswahl zu loben. So gibt es ein vorzügliches, mit Mikrographien bebildertes Kapitel über den Einfluß von mechanischer Beanspruchung auf mikrobielle Kulturen. Gaslöslichkeit und Stö-

chiometrie werden in zwei Kapiteln vorgestellt, die für alle Leser wertvoll sein dürften, die sich für die Praxis der Biotechnologie interessieren. Eine tief schürfende Darstellung sollte man aber in diesem Grundlagen-Band nicht erwarten.

Erwähnt sei ferner ein Kapitel mit Ratschlägen für vergleichende Tests an Fermentern; die Tests basieren auf den Empfehlungen der DECHEMA-Arbeitsgruppe „Technik biologischer Prozesse“. Die Herstellung von Fermentationsansätzen wird in einem anderen Kapitel besprochen, das außerdem 43 informative Tabellen enthält. Zitiert wird eine gute Mischung von Literatur aus USA, Europa und der UdSSR. Dieses Kapitel erleichtert dem Leser den Einstieg. In einem Kapitel über die Aufarbeitung wird gezeigt, welche Operationen notwendig sind, um aus dem Inhalt des Fermenters (meist verdünnte Aufschlämmung mit ganzen Zellen) das Endprodukt zu gewinnen. Zentrifugieren und Flüssig-Flüssig-Extraktion werden sehr schön, die anderen Verfahren jedoch nur kurSORisch dargestellt.

Schließlich sind die Herausgeber auch dafür zu loben, daß sie Kapitel über Sterilisation, Messung und Regelung sowie über Prozeßüberwachung und -optimierung aufgenommen haben. Der Leser sollte hier einen Überblick über die Konzepte und keine fertigen Gebrauchsanweisungen erwarten.

Insgesamt gibt der Band einen sehr guten Einblick in die Aktivitäten, mit denen sich Biotechnologen an Hochschulen und in der Industrie derzeit befassen. Mit Band 2 ist nun die Hälfte dieser anspruchsvollen achtbändigen Reihe erschienen. Ich wünsche allen Beteiligten weiterhin guten Erfolg bei ihrer schwierigen Aufgabe.

Bhavender P. Sharma [NB 757]
Genencor,
South San Francisco, CA (USA)

The Structure of Volatile Sulphur Compounds. Von I. Hargittai. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht 1985. VIII, 316 S., geb. hfl. 135.00. – ISBN 90-277-1395-2

Diese bereits 1981 in ungarischer Sprache erschienene Monographie behandelt organische und anorganische Schwefelverbindungen, deren Strukturen in der Gasphase durch Mikrowellenspektroskopie oder Elektronenbeugung ermittelt wurden. Das umfangreiche Material ist nach der Koordinationszahl der S-Atome gegliedert, und öfters werden auch die Strukturen analoger Sauerstoff-, Selen- oder Tellurverbindungen diskutiert, so daß der Titel des Buches eigentlich zu eng gewählt ist. Die Palette der behandelten Verbindungen reicht von einfachen Molekülen wie H₂S, PSCl₃, Se(GeH₃)₂ und (SF₅)₂O über die zahlreichen organischen Thiocarbonyle, Isothiocyanate, Thiole, Thioether, Sulfoxide, Sulfone und Schwefelstickstoffverbindungen bis zu exotischen Beispielen wie den gasförmigen Molekülen B₂S₃, TeO₂ und K₂SO₄ und dem van-der-Waals-Molekül ArOCS. Der Schwerpunkt liegt bei den organischen Verbindungen, die ca. 75% des Formelregisters einnehmen. Die Resultate sind in 105 Abbildungen und 101 Tabellen übersichtlich dargestellt und werden im verbindenden Text kritisch analysiert. Umfangreiche Formelregister (81/2 S. zweispaltig) und Autorenregister (121/2 S. zweispaltig) ermöglichen den raschen Zugriff trotz der Fülle der Daten, die auf fast 1000 Literaturzitaten basieren; diese sind alphabetisch geordnet am Ende des Textes aufgeführt. Neben der reinen Strukturbeschreibung werden auch Konformationsfragen – wie intramolekulare Rotationen – ausführlich diskutiert und Korrelationen zwischen geometrischen Parametern oder mit sonstigen Bindungseigen-