

noch nicht ganz erreicht sind. Dies war auch die Erkenntnis eines von der Dechema im November 2001 ausgerichteten „International Workshop Molecular Motors“, auf dem der Hauptautor vortrug. Daher ist es besonders erfreulich, dass die Autoren keine Mühe gescheut haben, die verstreut publizierten neueren Entwicklungen in diesem hochaktuellen Gebiet einschließlich der wichtigsten Untersuchungsmethoden kritisch zusammenzustellen. Das Buch spiegelt die beachtlichen Erfolge auf dem Weg hin zur Herstellung von molekularen Maschinen nach Feynmans „bottom up-approach“ und mit „self-assembly“-Synthesen wider und zeigt, was auf diesem Gebiet in so wenigen Jahren an originellen Ideen in supramolekulare Architekturen und in Chemie an Oberflächen umgesetzt werden konnte. Kaum jemand hätte dieses Gebiet wohl kompetenter und aktueller beschreiben können als Vincenzo Balzani und seine Mitstreiter, die diese Entwicklung als Pioniere von Anfang an nicht nur begleitet, sondern interdisziplinär mit vorangetrieben haben. Schon das Vorwort und die systematische Einteilung des Inhalts bestärken diesen Eindruck. Alle Bereiche der historischen Entwicklung werden beleuchtet, angefangen von den chemischen Bauelementen (Kronenether, Viologene, Dendrimere usw.) über kontrollierte Translations- und Rotationsbewegungen bis hin zu zentral wichtigen photophysikalischen Messungen und künstlicher Photosynthese. Die klare Darstellung im Text ist mit wunderschönen Zeichnungen und einer Reihe von Farbbildern sorgfältig illustriert. Hier zeigt sich die Überlegenheit eines durchgehend von einem Autorenteam verfassten Buches: Text, Grafiken, Legenden und Literaturzitate sind aus einem Guss, der Leser braucht sich nicht auf unterschiedliche Definitionen, Erklärungs- und Zeichnungsweisen einzustellen. Besonders lobenswert ist, dass komplizierte Formeln und Grafiken aus der Originalliteratur neu gezeichnet wurden und stilistisch vereinheitlicht präsentiert werden. Die photophysikalischen Methoden ziehen sich wie ein roter Faden durch den Band. Man merkt, dass sich die Autoren hier zu Hause fühlen und in vielen Vorträgen und Publikationen gelernt haben,

schwierige Sachverhalte überzeugend zu vermitteln.

Gemäß dem Untertitel „A Journey into the Nanoworld“ begibt sich der Leser wirklich auf eine Reise durch Nano-Architekturen und Funktionen auf molekularer Ebene. Die Inhaltsangabe ist wie ein Reiseplan: Von allgemeinen Konzepten ausgehend gelangt man über die Prinzipien des Elektronen- und Energie-Transfers zu molekularen Drähten, schaltbaren Molekülen, Licht-sammelnden Antennen und Solar-energie-Konversion. Der zweite, anspruchsvolle, aber intellektuell besonders reizvolle Reiseabschnitt beginnt mit molekularen Schaltern und Logikbausteinen und führt zu spontanen mechanischen Bewegungen, Ionenkanälen und Protonenpumpen. Unter der Führung einer kompetenten „Reiseleitung“ gelangt der Leser zu mechanisch gebundenen Molekülen, die, von externen Stimuli gesteuert, Rotations-, Durchfädelungs- oder Pendelbewegungen ausführen können.

Auch in formaler Hinsicht ist das Buch von höchster Qualität: Im ausführlichen Glossar werden nützliche Definitionen einzelner Begriffe wie Supramolekulare Chemie, Schalter, „top-down approach“, Topologie, Rotaxan, Kinesin, molekulare Erkennung, Förster-Mechanismus, Cucurbituril, allosterische Effekte usw. geboten. Zusätzlich erleichtern ein sehr gut gegliedertes Inhaltsverzeichnis und ein umfangreiches Stichwortregister die Orientierung.

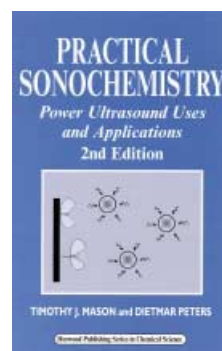
Die langjährige Erfahrung der Autoren verhindert, dass mit den sonst manchmal etwas leichtsinnig in der Literatur benutzten Begriffen wie „molekulare Maschinen“, „molekulare Motoren“ oder etwa „Antennen“ im Buch allzu sorglos umgegangen wird. Zweifellos sind diese Begriffe nützlich für die Motivation der Wissenschaftler und zum Anlocken von Geldgebern, auf der anderen Seite ist man aber noch nicht so weit, dass man mit synthetischen molekularen Motoren nützliche Anwendung betreiben könnte, wie es bei den gleichfalls beschriebenen biologischen Motoren der Fall ist. Aber die Hoffnung ist berechtigt, dass, auf der in diesem Buch dargelegten breiten Basis aufbauend, im Laufe der nächsten Jahre funktionstüchtige Maschinen und Moto-

ren auf molekularer Basis erhalten werden. Es scheint nicht verwegen, heute schon zu prophezeien, dass die Moleküle – auch einzeln – bald buchstäblich das Laufen lernen werden.

Aber die Fahrt ist noch längst nicht beendet, es wird noch viel Kreativität, Einsatz, Kooperation und Schwerpunktbildung nötig sein, um die Funktion biologischer Maschinen nachzuvollziehen. Auch der Entwurf und die Herstellung völlig neuer Nano-Apparaturen bleibt weiterhin eine faszinierende Herausforderung. Dieser Typ interdisziplinärer Wissenschaft und „molekularer Technologie“ benötigt weiterhin begeisterte Wissenschaftler. Für sie und viele mehr ist dieses wunderbare Buch Muss und Motivation zugleich.

Fritz Vögtle, Christoph A. Schalley
Kekulé-Institut für
Organische Chemie und Biochemie
der Universität Bonn

Practical Sonochemistry



Power Ultrasound Uses and Applications. 2. Ausgabe. Herausgegeben von Timothy J. Mason und Dietmar Peters. Horwood Publishers, Chichester 2002. 155 S., geb. 35.00 £.—ISBN 1-898562-83-7

Wie die Reaktionen mit Mikrowellenbestrahlung werden auch die Reaktionen unter Ultraschall intensiv erforscht, denn sie bieten gerade in der Synthesechemie eine neue Methode zur Herstellung organischer und anorganischer Verbindungen. Ein Buch über praktische Aspekte der Sonochemie ist deshalb sehr zu begrüßen. Das vorliegende Buch ist eine Abhandlung über das Gebiet Ultraschall und seine Anwendungen, und ist die 2. Ausgabe eines Buchs, das 1991 veröffentlicht wurde, als die Forschung über Synthesen mit Ultraschall noch in den Anfängen steckte.

Das erste Kapitel ist eine allgemeine Einführung in das physikalische Phänomen Ultraschall und die Sonochemie. Die beiden folgenden Kapitel sind der Konstruktion und Verwendung von Ultraschallbädern und -sonden gewidmet. In Kapitel 4 wird die Ultraschall-ausrüstung vorgestellt, die zurzeit für Reaktionen in großem Maßstab erhältlich ist. Das letzte Kapitel bietet eine Zusammenstellung von Experimenten in der Sonochemie und will als Anleitung für die korrekte Durchführung solcher Reaktionen im Labor dienen.

In der interessanten und informativen Einleitung werden die Grundlagen erläutert, wobei auch auf die Kavitation und die Erzeugung von Ultraschall näher eingegangen wird. Außerdem führen die Autoren den Begriff „sonochemische Ausbeute“ ein und behandeln sicherheitstechnische Aspekte der Durchführung chemischer Reaktionen mit Ultraschall. Der Text ist leider nicht gut lesbar, denn die Schrift ist sehr klein und zudem sind die Seiten extrem dicht beschrieben. Vorteilhaft ist jedoch, dass, wie bei den folgenden Kapiteln auch, in besonders markierten Textboxen anschauliche Beispiele vorgestellt werden. Hier werden z. B. die extremen Bedingungen in einer Kavitationsblase oder die Verwendung von Ultraschall bei der Restaurierung des mittelalterlichen Kriegsschiffs Mary Rose erläutert. Mit Sicherheit trägt diese Darstellung der unterschiedlichsten Anwendungen zur Steigerung des allgemeinen Interesses an dem Buch bei.

In den Kapiteln über die Planung und Verwendung von Ultraschallapparaturen im Labor konzentrieren sich die Autoren auf die Beschreibung von Ultraschallbädern (Kapitel 2) und Ultraschallsonden (Kapitel 3). In jedem Kapitel wird zunächst erläutert, woraus die jeweilige Apparatur besteht, wie sie aufgebaut wird und wie sie am effizientesten einzusetzen ist. Besonders hilfreich ist meines Erachtens die Liste am Ende eines jeden Kapitels, in der die Vor- und Nachteile einer bestimmten Apparatur zusammengefasst sind. Im Kapitel über Ultraschallbäder wird auch das Problem der Reproduzierbarkeit erörtert. Obwohl Ultraschallbäder billig und leicht erhältlich sind, treten bei der Durchführung von in der Literatur beschriebenen Reaktionen oft große

Probleme auf. Diese Bäder arbeiten mit unterschiedlichen Frequenzen und Leistungen und haben je nach Hersteller unterschiedliche Abmessungen. Ein Vergleich von Experimenten, die in verschiedenen Fabrikaten oder Modellen von Ultraschallbädern durchgeführt wurden, ist somit erschwert. Doch diese Probleme scheinen durch die Entwicklung der Ultraschallsonde, die effizienter und kontrollierbarer einzusetzen ist, mehr oder weniger gelöst. In dieser Hinsicht bestehen Ähnlichkeiten zwischen dem Einsatz der Mikrowelle und des Ultraschalls in der Chemie. Bevor spezielle Mikrowellengeräte für den wissenschaftlichen Gebrauch auf dem Markt waren, nutzten Chemiker Geräte, die für den privaten Gebrauch im Haushalt bestimmt waren. Dies führte zu Problemen hinsichtlich der Reproduzierbarkeit von Versuchen und auch der Arbeitssicherheit. Diese Probleme wurden durch die Entwicklung von Mikrowellensystemen für chemische Reaktionen bedeutend geringer. Auch die Einführung der Ultraschallsonde hat die Probleme, die beim Einsatz von Ultraschallbädern auftreten, minimiert. Es ist deshalb absehbar, dass sich die Ultraschallsonde gegenüber den -bädern immer mehr durchsetzen wird. Nach Ansicht der Autoren ist allerdings noch viel Entwicklungsarbeit zu leisten, damit beispielsweise die Sonden in sonochemischen Reaktionen eingesetzt werden können, die mit Erhitzen unter Rückfluss, in Inertgasatmosphäre, im Vakuum oder bei Überdruck durchgeführt werden.

Herausforderungen, die mit dem Scale-up sonochemischer Reaktionen verbunden sind, werden im folgenden Kapitel diskutiert. Dies ist wiederum ein Problem, das sowohl die Sonochemie als auch die Mikrowellen-Chemie betrifft. Einige Mikrogramm oder Gramm einer Verbindung zu synthetisieren, ist eine Sache, aber Kilogramm-Mengen herzustellen eine andere. Die dabei auftretenden Schwierigkeiten werden trefflich beschrieben. Besonders interessant ist in diesem Zusammenhang der Inhalt einer dreiseitigen Textbox, in der die Ergebnisse einer Ultraschall-unterstützten Michael-Addition dargestellt sind. Als Ultraschallquelle dienten eine Sonde, ein Hornstrahler und ein Schallerzeuger mit sechseckigem Querschnitt. Bei Ver-

wendung des letztgenannten wurde die Reaktion im Mol-Bereich durchgeführt, d. h., ca. 200 g von jedem Reaktanten wurden eingesetzt. Neben den aktuellen Problemen des Scale-up werden auch künftige Herausforderungen erörtert.

Im letzten Kapitel wird eine Reihe von sonochemischen Experimenten dargestellt. Die ersten Beispiele demonstrieren die Effekte der Ultraschallbehandlung. In zahlreichen weiteren Beispielen werden Laborexperimente, in denen Ultraschallbäder und -sonden verwendet wurden, so ausführlich beschrieben, dass sie durchaus in einem Seminar für Studierende als *theoretische* Übungen aufgenommen werden könnten. Auch die Experimente, die die Wirkungen des Ultraschalls veranschaulichen, könnten zu Lehrzwecken verwendet werden. Besonders faszinierend ist meiner Meinung nach das Experiment zur Sonolumineszenz. Was die *praktische* Durchführung der vorgestellten Experimente betrifft, finde ich deren Auswahl weniger gelungen. Zwar wird eine Vielzahl verschiedener Reaktionen behandelt, aber einige von ihnen sind entschieden weniger einfach, als im Text beschrieben. Zudem werden in vielen Reaktionen komplizierte Ausgangsstoffe eingesetzt, oder die Reaktionen verlaufen unter Inertgasatmosphäre oder in wasserfreien Lösungsmitteln, was wiederum den Einsatz von Alkalimetallen erforderlich macht. Als praktische Übungen für Studierende sind sie deshalb kaum geeignet, wenn man die Kosten und Sicherheitsaspekte in Betracht zieht. Auch kann ich mir schwer vorstellen, dass Studierende gern Versuche durchführen, die sie als etwas langweilig und, bis auf wenige Ausnahmen, als unwichtig betrachten könnten. Dieses Kapitel hätte sorgfältiger überarbeitet werden sollen, denn viele Beispiele sind aus der ersten Ausgabe einfach übernommen worden. Es wäre vorteilhaft gewesen, man hätte die Reaktionen in bestimmte Kategorien eingeteilt, einige repräsentative Beispiele genauer beschrieben und zudem Gedanken anregende Beispiele aus der neueren Literatur aufgenommen.

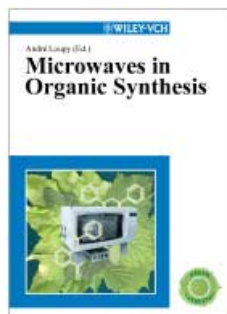
Obwohl das Buch (vielleicht mit Ausnahme des letzten Kapitels) interessant und informativ ist, enttäuscht es in Bezug auf das Layout sehr. Wie bereits erwähnt, sind die Seiten überfüllt

mit klein gedrucktem Text. Die Lektüre ist dadurch manchmal ermüdend. Zwar sind viele Photographien von Apparaturen zu finden, aber alle sind in schwarz-weiß und zudem noch in schlechter Qualität. Die Verwendung von Farbe würde nicht nur diese Photographien, sondern auch die Abbildungen und Schemata aufwerten, die im Übrigen erscheinen, als ob sie direkt von der Vorlage des Wissenschaftlers ohne weitere Bildbearbeitung eingescannt worden wären. Alles in allem ist die Präsentation des Stoffes trist und wenig anregend. Erfreulich ist, dass am Ende jedes Kapitels eine umfangreiche Liste mit weiterführender Literatur und der Originalarbeiten angegeben ist.

Das vorliegende Buch bietet eine nützliche Einführung in die Grundlagen des Ultraschalls und eine Übersicht über seine Anwendungen in der Synthesechemie. Die auf dem Markt befindlichen Ultraschallapparaturen und deren Anwendungsmöglichkeiten werden ausführlich beschrieben. Fragen, die bei größeren Ansätzen auftauchen, werden eingehend erörtert. Obwohl die praktischen Beispiele meines Erachtens schlecht gewählt sind, kann ich dieses Buch für Universitätsbibliotheken empfehlen. Studierenden sollte es genügen, zu wissen, in welcher Bibliothek sie es finden.

Nicholas E. Leadbeater
Department of Chemistry
King's College London

Microwaves in Organic Synthesis



Herausgegeben
von André Loupy.
Wiley-VCH,
Weinheim 2002.
524 S., geb.
159.00 €.—ISBN
3-527-30514-9

Synthesen unter Mikrowellenbestrahlung nehmen in der Organischen Chemie immer mehr an Interesse zu,

wie die große Zahl an Veröffentlichungen zu diesem Gebiet zeigt. Die Erhitzung mit Mikrowellen ist zum einen energieeffizient, zum anderen können Reaktionen beschleunigt und Ausbeuten verbessert werden. *Microwaves in Organic Synthesis* enthält Beiträge internationaler Experten auf dem Gebiet der organischen Synthese mit Mikrowellen, die sowohl zur Entwicklung dieser Technik beigetragen als auch neue Ideen in diese spezielle Chemie rund um die Mikrowelle eingebracht haben. Dieses lesenswerte Buch ist eine hochwillkommene Bereicherung der Bibliothek eines jeden Synthesechemikers, sei er an einer Hochschule oder in der Industrie tätig.

Im ersten Kapitel werden die physikalischen Grundlagen der Mikrowellentechnik, die der Chemiker kennen sollte, erläutert und moderne Mikrowellengeräte vorgestellt. Der Stoff wird leicht verständlich dargestellt, ideal für Synthesechemiker mit wenig oder „eingestauten“ Kenntnissen in Physikalischer Chemie. In der Vergangenheit wurden viele der Synthesen mit Mikrowellen mit modifizierten Haushaltsgeräten durchgeführt. Dabei traten allerdings Probleme auf: Besonders störend waren die schlechte Reproduzierbarkeit der Versuche und die mangelhafte Kontrolle der Reaktionsbedingungen. Mit dem Aufkommen spezieller Mikrowellengeräte für den wissenschaftlichen Gebrauch nahmen diese Probleme ab. Die gebräuchlichsten kommerziellen Mikrowellensysteme für Ansätze im Labor- und im Industriemaßstab werden kurz präsentiert. Meines Erachtens hätte diese technische Darstellung ruhig umfangreicher ausfallen können, denn gerade solche Informationen sind für Unerfahrene, die sich entschlossen haben, die Mikrowellentechnik zu nutzen, äußerst wertvoll.

In den folgenden Kapiteln berichten Arbeitsgruppen über ihre Synthesen mit Mikrowellen oder fassen Forschungsergebnisse zusammen. Themen wie Metall-vermittelte Katalyse, Einsatz der Mikrowelle in Radiochemie und Kombinatorischer Chemie, Autoklaven für die Mikrowellenbestrahlung, Synthesen heterocyclischer Verbindungen mit Mikrowellen, Cycloadditionen, Phasentransferkatalyse und organische Synthesen in homogenem Medium oder an

Trägern werden behandelt: Kurz gesagt, für jeden ist etwas dabei. Durchweg sind diese Beiträge gut zu lesen und bieten eine relativ umfassende Übersicht über die Anwendung der Mikrowelle in der organischen Synthese. Viele Beispiele werden diskutiert, die Einsteigern in dieses Gebiet die Möglichkeiten sehr gut veranschaulichen, Erfahrenen viele nützliche Informationen liefern und zu neuen Ideen anregen. Meine geringe Kritik gilt der Tatsache, dass einige der Beiträge leicht veränderte Übersichtsartikel sind, die von den Autoren bereits früher in Fachzeitschriften veröffentlicht worden sind. Dies ist etwas bedauerlich, aber man kann den Vorteil dagegen halten, dass die Informationen in diesem Buch konzentriert sind und der Leser nicht in verschiedenen Fachzeitschriften nach ihnen suchen muss, zumal manche Zeitschriften nicht jedem ohne großen Zeitaufwand zugänglich sind.

In einem Kapitel wird die etwas kontrovers diskutierte Streitfrage des nichtthermischen Effekts der Mikrowelle in der organischen Synthese aufgegriffen. Bei Reaktionen mit Mikrowellenerhitzung wurden stets kürzere Reaktionszeiten festgestellt als bei entsprechenden Reaktionen mit „konventionellem“ Erhitzen. Diese Beobachtung hat eine Debatte über die Art der Erhitzung durch Mikrowelle entfacht. Die Beschleunigung der Reaktionen könnte entweder einfach auf die Art, wie die durch Mikrowellen erzeugte thermische Energie auf die Moleküle einwirkt, oder aber auf einen spezifischen Effekt der Mikrowellenstrahlung zurückzuführen sein. In den meisten Fällen lassen sich die unterschiedlichen Reaktionsgeschwindigkeiten der unterschiedlich erhitzten Reaktionen durch einfache thermische Effekte erklären. Loupy und Perreux erörtern diese Streitfrage in ihrem Beitrag und geben eine auf Lösungsmittelleffekten und mechanistischen Überlegungen beruhende Erklärung des Mikrowelleneffekts in der organischen Synthese. Sie nehmen an, dass bei einer Veränderung der Polarität eines Systems aus dem Grundzustand in den angeregten Zustand aufgrund der Zunahme der Material-Wellen-Wechselwirkungen eine Reaktionsbeschleunigung auftreten kann. Sie erörtern auch die Auffassung anderer Gruppen, wonach der