

tierungs-Ionen. Mehrere mögliche Mechanismen, die zur Anregung der Ionen führen können, werden diskutiert. Da bei der Energieübertragung von einem Primärelektron auf die Leuchzentren die Bewegung und Wechselwirkung von Ladungsträgern im Phosphorkristall eine entscheidende Rolle spielt, werden diese Themen in den Kapiteln 4 und 5 ausführlich behandelt. Es wird gezeigt, wie die Bewegung von Elektronen und Löchern experimentell untersucht werden kann; das geschieht, indem man Kristalle unterschiedlicher Aktivatorkonzentration mit gepulsten Elektronenstrahlen beschießt und dabei die Pulsdauer variiert. Ein explizites Modell der Kathodolumineszenz, das mit Hilfe derartiger Messungen gewonnen wurde, wird für das System $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}/\text{Eu}$ vorgestellt.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen beschäftigt sich der zweite Teil des Buches, der aus den Kapiteln 6 und 7 besteht, genauer mit der Frage, wie Phosphormaterialien für die Anwendung in Bildröhren optimiert werden können. In Kapitel 6 erklärt der Verfasser zunächst, welche Eigenschaften der Leuchtkristalle für eine gute Lichtausbeute wichtig sind und welche nicht. Es wird beispielsweise gezeigt, daß das Vorliegen eines Charge-Transfer-Überganges zwischen dem Kristall und den Aktivator-Ionen dafür keine unabdingbare Voraussetzung darstellt. Wesentlich wichtiger ist es, die richtige Aktivatorkonzentration zu wählen. Einerseits sollte nämlich die Elektron-Loch-Rekombination unter Strahlungsaussendung möglichst effizient ablaufen können, aber auf der anderen Seite muß verhindert werden, daß Lumineszenzlösungseffekte aufgrund zu starker Dotierung überhandnehmen. Die optimalen Konzentrationen liegen üblicherweise unter einem Molprozent. Andere Eigenschaften, die ebenfalls eingestellt werden müssen, sind die Größe und Form der Phosphorkristalle. In Kapitel 7 stellt der Verfasser eine Reihe von Herstellungsmethoden und technischen Kniffen vor, mit deren Hilfe es möglich ist, leuchtstarke Bildröhren zu erhalten. So zeigt er etwa auf, nach welchen Verfahren Mikrokristalle einheitlicher Größe und geeigneter Form entstehen. Er beschreibt auch die besten Methoden, um die Leuchtkraft von Phosphorschirmen zu messen.

Im dritten Teil schließlich, zu dem die Kapitel 8 bis 10 gehören, werden die Eigenschaften einer großen Anzahl von Leuchtmaterialien aufgelistet. Dieser Teil umfaßt nahezu die Hälfte des gesamten Buches. Da er zahlreiche Luminesenzspektren und andere technische Details enthält, dürfte er insbesondere für Ingenieure interessant sein, die auf diesem Gebiet arbeiten. Kapitel 8 ist der Gruppe von Phosphormaterialien gewidmet, die mit Ionen der seltenen Erdmetalle aktiviert sind. Der sichtbare Teil ihrer Luminesenzspektren besteht vorwiegend aus vergleichsweise wenigen scharfen Linien, so daß sie in Bildröhren von Farbfernsehgeräten Anwendung finden. Eine andere Klasse von Leuchtkristallen sind Halbleiter vom II-VI-Typ, die in Kapitel 9 behandelt werden. Ihre wichtigsten Vertreter sind ZnSe und ZnS . Sie zeichnen sich durch breitere Lumineszenzbanden aus, weshalb ihr vorwiegendes Einsatzgebiet einfarbige Bildschirme sind. Ihre Farbe läßt sich durch Dotieren mit geringen Mengen metallischer Aktivatoren wie Kupfer oder Silber verändern. Kapitel 10 beschäftigt sich mit den charakteristischen Eigenschaften von ZnO . Dabei berücksichtigt der Verfasser nicht nur die Verwendung als Kathodolumineszenzmaterial, sondern er stellt auch andere Einsatzgebiete vor wie Elektrophotographie, Varistortechnik, Piezoelektrizität und den Nachweis von Gasen.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß das Buch sowohl für den Wissenschaftler empfehlenswert ist, der mit den physikalischen Prinzipien der Kathodolumineszenz vertraut werden möchte, als auch für den Ingenieur, der damit betraut ist, das richtige Material für bestimmte Anwendungen

auszuwählen oder herzustellen. Es dürfte aber auch für Chemiker und Materialwissenschaftler von Interesse sein, die neue „Phosphormaterialien“ entwickeln wollen. Das Buch faßt die Forschungsergebnisse mehrerer Jahrzehnte zusammen; außerdem wird zur weitergehenden Information am Ende jedes Kapitels eine Reihe von Literaturzitaten angegeben. Sein einziger kleinerer Mangel besteht in der großen Zahl von Druckfehlern.

Lothar Kador
Lehrstuhl für Experimentalphysik IV
der Universität Bayreuth

Multiple Bonds and Low Coordination in Phosphorus Chemistry. Herausgegeben von *M. Regitz* und *O. J. Scherer*. Thieme, Stuttgart, 1990. 496 S., geb. DM 468.00 (für „Synthesis“-Abonnenten: DM 398.00). — ISBN 3-13-752201-3

Die enorme Bedeutung des Themas dieses Buchs zeigt sich schon am Umfang (25 Kapitel, 496 Seiten) und der Liste der namhaften Autoren. Dieses Forschungsgebiet, das in den sechziger Jahren in zahlreichen Laboratorien seinen Anfang nahm, ist noch relativ jung, und es hat sich – wie die Herausgeber betonen – „kaum ein anderes Gebiet der Phosphorchemie in so kurzer Zeit so lebhaft entwickelt“. Das Eröffnungskapitel der Herausgeber liefert einen kurzen Überblick über die entscheidenden Entwicklungen auf diesem Sektor. Daran anschließt sich eine hervorragende Abhandlung von W. Schoeller über die Bindungseigenschaften von Verbindungen mit niedrig koordinierten Phosphorzentren.

Zunächst werden die Gründe für die Unterschiede zwischen den leichten Hauptgruppenelementen und ihren schwereren Homologen herausgestellt. Viele der hier diskutierten Konzepte dürfen Eingang in Lehrbücher für das Grundstudium finden. Sie würden dort endlich die gängigen, oft unbefriedigenden „Erklärungen“ für diese Unterschiede ersetzen. Natürlich liegt der Schwerpunkt hier auf dem Element Phosphor, aber dieses Kapitel ist von generellem Interesse für viele auf den verschiedensten Gebieten tätigen Chemiker. Ferner findet man nützliche Information über Strukturen, Bindungsstärken, Energiezustände und Berechnungen von Phosphorverbindungen.

Die Gliederung der übrigen Kapitel erfolgt entsprechend den Koordinationszahlen 1, 2 und 3 des Phosphors, wobei diese Einteilung nicht immer streng eingehalten wird.

Drei Kapitel befassen sich mit einfach koordiniertem Phosphor. Das erste über Phosphinidene (Phosphandiyle) ist zweigeteilt und behandelt in situ erzeugte (F. Mathey) sowie zweikernige oder verbrückende Phosphinidene (G. Huttner und H. Lang). Aufgrund der extremen Reaktivität des R- $\ddot{\text{P}}$ -Fragments ist der Phosphor in keiner der stabilen Verbindungen in diesem Kapitel tatsächlich einfach koordiniert. Die Phosphinidene werden entweder spektroskopisch oder über Abfangreaktionen mit Übergangsmetallkomplexfragmenten und verwandten organischen Substraten nachgewiesen.

Im zweiten Kapitel über einfach koordinierten Phosphor (M. Regitz und P. Binger) werden Phosphaalkine ($\text{P}\equiv\text{C}-\text{R}$) beschrieben. Hierbei handelt es sich um die Phosphor-Analoga der Nitrile. Ihre Existenz wurde schon vor über 40 Jahren erkannt, doch erst eine grundlegende Arbeit zur einfachen Synthese kinetisch stabilisierter Vertreter dieser Verbindungsklasse von Becker et al. 1981 bildete die Basis für alle weiteren Untersuchungen. Das explosionsartige Anwachsen dieses Gebiets wird durch die Tatsache belegt, daß in den acht Jahren nach Erscheinen dieser Arbeit ca. 200

Publikationen (bis Mitte 1989) zu diesem Thema veröffentlicht wurden. Dieses Kapitel gibt einen umfassenden und gut gegliederten Abriß dieser Entwicklungen.

Das letzte Kapitel über einfach koordinierte Phosphorverbindungen (O. J. Scherer) befaßt sich primär mit Bindungs- und Ligandeneigenschaften von Phosphoreinheiten wie $P\equiv N$, $P\equiv P$ und P_x . Die beiden ersten Spezies existieren unter Normalbedingungen nicht als separate Einheiten, wenngleich eine verwandte ionische Spezies $[P\equiv N-R]^+[AlCl_4]^-$ kürzlich strukturell charakterisiert werden konnte. Die mit Abstand meisten Arbeiten auf diesem Gebiet befassen sich mit P_x -Spezies als Liganden in Übergangsmetallkomplexen. In fast allen diesen Komplexen ist der Phosphor wenigstens zweifach oder sogar dreifach koordiniert, so daß die Behandlung dieser Verbindungen in diesem Kapitel etwas verwundert.

Der zweite, umfangreichste Teil des Buchs (elf Kapitel) ist dem Phosphor mit der Koordinationszahl zwei gewidmet. Trotzdem werden hier nicht alle Verbindungstypen mit zweifach koordiniertem Phosphor behandelt. So fehlen zweifach koordinierte Phosphor-Anionen wie R_2P^- oder zweifach koordiniert radikalische Spezies wie R_2P^\bullet , von denen einige sogar bei Raumtemperatur stabil sind. Die längsten Kapitel in diesem Teil stammen von R. Appel über Phosphaalkene, Phosphacarbaoligoene und Phosphaallene sowie von G. Märkl über Verbindungen mit Phosphor als Bestandteil eines aromatischen Sechsringes. Ferner gibt es ein Kapitel (A. Schmidpeter) über Fünfringe mit Phosphor und einer Reihe von Heteroatomen in einem delokalisierten Elektronensystem. Acyclische delokalisierte zweifach koordinierte Phosphorsysteme werden in den Kapiteln über Phosphonium-Kationen (M. Sanchez, M. R. Mazieres, L. Lamandé und R. Wolf) und 2-Phosphaallyl-Kationen (A. Schmidpeter) behandelt. Die restlichen Kapitel dieses Teils befassen sich mit verschiedenen anderen Verbindungsklassen mit zweifach koordiniertem Phosphor. Darunter sind die wichtigen Diphosphene (M. Yoshifuji), die Iminophosphene (E. Niecke) und Phosphorverbindungen mit Mehrfachbindungen zu Bor, Silicium, Germanium und Zinn (F. Bickelhaupt). Ferner werden Verbindungen mit Mehrfachbindungen zwischen zwei Phosphoratomen in unterschiedlichen Oxidationsstufen und die damit verwandten Phosphinylidensulfure beschrieben (A. Schmidpeter). Dieser Themenkomplex wird mit einem Kapitel von L. Quin über Oxophosphine und deren Schwefel- und Selen-Analoga abgeschlossen.

Der dritte große Teil dieses Buchs behandelt Phosphorverbindungen der Koordinationszahl drei. Diese wird zwar üblicherweise nicht zu den niedrigen Koordinationszahlen des Phosphors gezählt, die in diesem Teil beschriebenen Verbindungen sind aber zweifellos ungewöhnlich. Die insgesamt acht Kapitel behandeln fünfwertigen Phosphor mit Mehrfachbindungen zu C, N, P, O, S und Se. In den ersten drei Kapiteln (R. Appel, H. Heydt, E. Niecke und D. Gudat) werden Phosphorane mit mindestens zwei Mehrfachbindungen zu Kohlenstoff, Stickstoff oder einer Kombination dieser mit Bindungen zu O, S und Se beschrieben. Ein Kapitel (M. Yoshifuji) ist Phosphoranen mit Doppelbindungen zu Phosphor in Kombination mit Doppelbindungen zu Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Schwefel und Selen gewidmet, und M. Meisel beschreibt Dioxo- und Dithioxophosphorane sowie das „nicht greifbare“ Metaphosphat-Anion. Die restlichen beiden Kapitel zu diesem Thema behandeln Verbindungen des fünfwertigen Phosphors mit Dreifachbindungen zu Kohlenstoff oder Stickstoff (G. Bertrand und J.-P. Majoral). Das Buch schließt mit einer äußerst nützlichen Zusammenstellung von ^{31}P -NMR-Daten (K. Karaghiosoff).

Alles in allem enthält dieser Band fast alle entscheidenden Fortschritte, die in den letzten 25 Jahren auf diesem Gebiet erzielt werden konnten. Unter den Autoren sind viele Weg-

bereiter, die einen Großteil dieser Chemie erst ermöglicht haben. Es sind alle Arbeiten bis Mitte 1989 berücksichtigt, was bedeutet, daß – aufgrund der hohen Geschwindigkeit, mit der sich diese Chemie weiterentwickelt – viele Kapitel nicht mehr auf dem allerneuesten Stand sind. Vielen Lesern wird auffallen, daß zu fast allen hier behandelten Themen bereits früher Übersichtsartikel erschienen sind, in manchen Fällen sogar mehrere. Der größte Vorteil dieses Bands ist, daß einem das mühsame Zusammensuchen dieser Übersichten nun erspart bleibt. Er bietet aber auch aktuelle Übersicht über die wenigen Gebiete, die in den letzten fünf Jahren nicht zusammenfassend beschrieben wurden. Das Buch ist ausgezeichnet gemacht und durchgehend reichhaltig illustriert. Die Beiträge sind im großen und ganzen exzellent geschrieben, und das Buch enthält kaum Tippfehler. Leider hat eine derartige Präsentation auch ihren Preis, und diesen können sich sicher nur wenige leisten. Es ist zu befürchten, daß im Zeitalter der Budget-Reduzierungen auch einige Bibliotheken für nur einen Band nicht so viel ausgeben können. Allerdings gibt es nur wenige Bücher, in denen eine Zusammenfassung von so vielen aufregenden Entwicklungen in der Phosphorchemie der letzten 25 Jahren besser gelungen wäre.

Philip P. Power
Department of Chemistry
University of California

Houben-Weyl. Methods of Organic Chemistry. Additonal and supplementary volumes to the 4th edition. Vol. E 12 b. Organotellurium Compounds. Herausgegeben von D. Klamann. Thieme, Stuttgart, 1990. XLI, 1004 S., geb. DM 1340.00. – ISBN 3-13-219904-4

Die Serie „Methoden der Organischen Chemie“ wurde 1909 von Theodor Weyl begonnen und 1913 von Heinrich J. Houben fortgesetzt. Damals erschien es nur allzu gerecht fertigt, ein Handbuch der Organischen Chemie in deutscher Sprache zu veröffentlichen. Heute, mehr als achtzig Jahre später, ist es bestimmt genauso richtig, Englisch anstatt Deutsch zur „offiziellen“ Sprache des Houben-Weyl zu machen. Ich bin sicher, daß diese Veränderung den internationalen Charakter der Serie noch weiter betonen wird, und ich möchte die Herausgeber zu ihrer Entscheidung, so schmerzlich sie auch gewesen sein mag, beglückwünschen.

Telluroorganische Verbindungen wurden bereits im Jahre 1955 zusammen mit schwefel- und selenorganischen Verbindungen im Houben-Weyl behandelt (Band IX). Damals beschrieb H. Rheinboldt auf 292 Seiten die überraschend alten, aber wenig erforschten Gebiete der selen- und telluroorganischen Chemie. Vor einigen Jahren wurde die schwefelorganische Chemie in zwei Bänden des Houben-Weyl auf den neuesten Stand gebracht. An den Bänden zur selenorganischen Chemie wird gerade gearbeitet.

In den letzten 25 Jahren hat die Zahl der Veröffentlichungen auf dem Gebiet der telluroorganischen Chemie ständig zugenommen. In jüngerer Zeit wurde durch eine Anzahl von nützlichen organischen Umsetzungen, die durch telluroorganische Reaktionen oder Reagenzien ermöglicht werden, auch das Augenmerk von präparativ arbeitenden Organikern auf dieses Gebiet gerichtet. So hat sich die von vielen als eher abseitiges Sondergebiet betrachtete telluroorganische Chemie nun zu einem beinahe angesehenen Forschungszweig mit engem Kontakt zu wichtigen Entwicklungen der Organischen Chemie gemausert.

Der Autor, Kurt J. Irgolic, war für die enorme Aufgabe, einen Band des Houben-Weyl zusammenzustellen, bestens