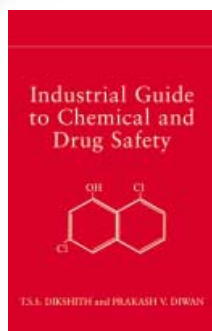




### Industrial Guide to Chemical and Drug Safety



Herausgegeben von T. S. S. Dikshith und Prakash V. Diwan. Wiley-Interscience, New York 2003. 629 S., geb., 165,00 €.—ISBN 0-471-23698-5

Der thematische Bogen dieses Buches ist in 20 Kapiteln sehr weit gespannt: von den Prinzipien der Toxikologie und der Sicherheit über die Wirkungen von Schwermetallen, Pestiziden, Lebensmittelzusatzstoffen und Arzneimitteln bis zur Entsorgung von Gefahrstoffen und zur „Guten Laborpraxis“ (GLP). Damit sind Probleme vorprogrammiert.

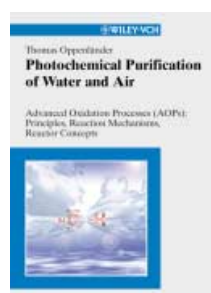
Das Konzept, die Pestizide mit Strukturformeln, Anwendungsgebieten und einem toxikologischen Kurzprofil in einem knappen Überblick abzuhandeln, ist im Prinzip in Ordnung, aber die vielen fehlerhaften Strukturformeln (insgesamt 18!) sind sehr ärgerlich. In der Abhandlung über Arzneimittel bleibt unklar, warum bei mehreren Wirkstoffen über unerwünschte Nebenwirkungen gleich in zwei Kapiteln berichtet wird. Gemessen am Titel des Buches, der eine Gleichgewichtung von Wirkstoffen und Chemikalien erwarten lässt, kommt die Behandlung der Chemikalien eindeutig zu kurz: zwei kurze Kapitel über Schwermetalle und Industrieabfälle sowie, unter der Überschrift „Industrial Solvents“ zusammengefasst, auf knapp 30 Seiten, Informationen über gerade einmal 58 Substanzen.

Zwischenprodukte wie Benzidin, *o*-Toluidin oder Benzylchlorid werden dabei ebenso abgehandelt wie Sprengstoffe (Pikrinsäure, Nitroglycerin). Viele wichtige technische Lösungsmittel wie Glycoether, Perchlorethylen, Dichlormethan oder Chloroform sucht man dagegen vergeblich. Dass bei Benzol und Butadien Hinweise auf die humancancerogenen Wirkungen völlig fehlen, sollte rasch korrigiert werden.

Die Schwerpunkte liegen eindeutig auf den Themen Toxikologie, Pestizide und Arzneistoffe. Hier erhält der Leser eine gute Einführung in diese umfangreiche und komplexe Materie. Chemikalien spielen nur eine Nebenrolle und ein industrieller Bezug der Zusammenstellung ist selten zu erkennen. In dieser Hinsicht ist eine sorgfältige Überarbeitung zu empfehlen. Auch über eine Änderung des Buchtitels sollte nachgedacht werden, z.B. in: „First Guide to Toxicology and Safety of Pesticides and Drugs“.

Burkhardt Stock  
Bayer AG, Leverkusen

### Photochemical Purification of Water and Air



Von Thomas Oppenländer. Wiley-VCH, Weinheim 2002. 368 S., geb., 129,00 €.—ISBN 3-537-30563-7

In den letzten Jahren wurden mehrere Versuche unternommen, photochemische, photoinitierte, photokatalytische und photosensibilisierte Prozesse der Umwelttechnik in Monographien abzuhandeln und damit auch die Daten von Tausenden von Publikationen und Symposiumsbeiträgen zu ordnen und zu evaluieren. Dem Umfang einer solchen Arbeit Rechnung tragend wurden dazu meist Autorentteams gebildet, die das

Material nach Spezialgebieten sichten und referieren konnten. Professor Oppenländer hat sich alleine dieser Aufgabe gestellt und veröffentlicht das Resultat seiner Arbeit in einer in 10 Kapitel geordneten, 368-seitigen Monographie, in der zudem noch die von der IUPAC publizierten Definitionen und Symbole der Photochemie und ein sehr detailliertes Sachwortverzeichnis enthalten sind.

Der Begriff „purification“ hat in Bezug auf Wasser vielfältige Bedeutung. Der Autor hat deshalb den Bereich seiner Monographie, wie der Untertitel angibt, auf die abiotischen oxidativen Abbauprozesse („Advanced Oxidation Processes“, AOPs) eingegrenzt, deren Reaktionsmechanismen diskutiert und für die technische Lösungen vorgestellt werden sollen. Schade, dass damit das an sich sehr informative Kapitel 9 („UV Disinfection“) in einem Zusammenhang publiziert wird, der sich nach den bei der UV-Desinfektion bislang nachgewiesenen Reaktionsmechanismen nicht herstellen lässt.

Der Autor schreibt in der Einführung, dass er mit dieser Monographie zwei Ziele verfolgt: 1. photochemische Begriffe und Symbole klar zu definieren und vielfältige Umschreibungen, die in der Literatur zu finden sind, auf einen gemeinsamen Standard zu bringen, und 2. die grundlegenden chemischen, photophysikalischen und photochemischen Prozesse und Mechanismen der referierten Behandlungsmethoden zu erarbeiten, zu ordnen und zu diskutieren. Auch soll das Buch verfahrenstechnische Konzepte vermitteln, die auf den Grundlagen der beteiligten photochemischen und chemischen Reaktionen aufbauen. Damit erreicht der Autor einen breiten Leserkreis und stellt sich zugleich die sehr schwierige Aufgabe, Forscher, Ingenieure, Studenten, aber auch Unternehmer und Politiker kompetent anzusprechen.

Viele Abschnitte des Buchs haben aber aufgrund der Detailpflege eher den Charakter eines Lehrbuchs. So könnten die ersten beiden Kapitel ohne große Änderungen als Vorlesungsskripte Verwendung finden. Die Kapitel sind sehr gut aufgebaut und bringen einige neue Ideen (z.B. Internetadressen zu vielen mit dem Thema verbundenen Bereichen). Andere Abschnitte, die den

Leser an seine Allgemeinbildung erinnern oder in die Geschichte der Entwicklung von Photophysik und Photochemie eindringen, sind zwar unterhaltsam, hätten aber ohne Schaden einer eingehenderen Diskussion der eigentlichen Themenstellungen Platz machen können.

Der Autor gibt in Kapitel 3 allen Lesern, die die Grundlagen der Photochemie nicht kennen oder wieder vergessen haben, einen kurzen Einführungskurs in die Methoden der Generierung elektronisch angeregter Zustände sowie deren physikalisch-chemische Charakterisierung und chemische Reaktivität. Gestützt auf einige wenige Lehrbücher und Monographien entwickelt Oppenländer seinen eigenen Stil und zeigt auch Zusammenhänge auf, die zuvor ignoriert oder vernachlässigt wurden (z.B. in den Tabellen 3.1, 3.2, 3.3 und Abbildungen 3.5 und 3.8). Andere Abbildungen sind jedoch schlecht aufgebaut (z.B. die Abbildungen 3.3 und 3.7) oder verwirren durch ihren Inhalt in Verbindung mit dem begleitenden Text (z.B. Abbildung 3.9). Der Autor lässt auch in der Befolgung seiner ersten Zielsetzung nach, und es kommt zu Verwechslungen von Ursache und Wirkung (z.B. in Abbildung 3.9), oder unterschiedliche Begriffe werden parallel verwendet und nicht mehr klar definiert (z.B. „photon stream“ und „photon flow“). Das Kapitel zeigt auch die Unzulänglichkeit der SI-Terminologie und der darauf aufgebauten IUPAC-Regeln, wenn es darum geht (spektro-)radiometrische, photometrische und photonische Größen zu definieren, und der Leser und Lehrer kann nur bedauern, wenn z.B. das Symbol  $\Phi$  sowohl für Photonenfluss („photon flow“ (flux ?)) als auch für Quantenausbeute („quantum yield“) verwendet wird. Die Verwirrung wird auch dadurch nicht behoben, dass man das Symbol für die Quantenausbeute in kursiver Schrift verwendet und damit eine weitere Verwechslung zwischen konstanten und variablen Größen initiiert (z.B. Tabelle 3.7 und das Übungsbeispiel 3–7). Die Ausgrenzung des Photons (Quantum) als zum Atom oder Molekül äquivalenter Spezies (photonische Terminologie) führt im referierten Text z.B. zur Situation, dass ein Photonenfluss („photon flow“) mit den Einheiten  $s^{-1}$

oder  $\text{mol s}^{-1}$  versehen werden kann, während der gleiche Begriff in Tabelle 3.9 als Anzahl Photonen pro Zeiteinheit („number of photons  $N_p$  per unit of time“) definiert wird. In ähnlichen Zusammenhängen sind auch andere semantische Argumente von didaktisch fraglichem Wert und erhalten über den Gesamttext gesehen zu viel Bedeutung. Andere didaktische Besonderheiten finden sich in Abbildung 3.12 und in dem sie begleitenden Text, vor allem aber in der Wahl des molekularen Sauerstoffs als erstem Beispiel zur Beschreibung von Grundzustand und elektronisch angeregtem Zustand mit den entsprechenden Elektronenkonfigurationen. Im Vergleich dazu ist der Stellenwert der Darstellung entsprechender Zustände organischer Chromophore fast vernachlässigbar. Mit Blick auf die Thematik des Gesamtwerks wäre aber eine Diskussion der elektronisch angeregten Zustände der „auxiliary oxidants“ (Kapitel 5), mit denen die meisten der AOPs photochemisch initiiert werden, weitaus interessanter gewesen. Denn weder Singulett-Sauerstoff noch angeregte Zustände organischer Schadstoffe tragen zum oxidativen Abbau letzterer in effizienter Weise bei.

Kapitel 4 ist den Strahlungsquellen gewidmet, die in Forschung und Entwicklung in Zusammenhang mit den AOPs eingesetzt werden. Die entsprechende Liste (Abbildung 4.1) ist sehr detailliert, und die sie begleitenden Abschnitte sind sehr geeignet, Nichtspezialisten, aber auch Ingenieure und Naturwissenschaftler, die nur gelegentlich photochemisch arbeiten, in die technisch korrekte Verwendung dieser Strahlungsquellen einzuführen. Die Folge der Abbildungen (z.B. die Abbildungen 4.4 bis 4.7) ist etwas überraschend und nicht optimal, soweit dies die Detailpräsentation betrifft. Die Excimer-Strahlungsquellen (4.3) erhalten im Vergleich zu den technisch weit bedeutenderen Hg-Strahlern einen viel zu großen Stellenwert.

Verschiedene Wasserinhaltsstoffe werden in Kapitel 5 neu geordnet dargestellt, zusammen mit einer sehr übersichtlichen Beschreibung der verschiedenen Aspekte der Bewertung der Wasserqualität und der oxidativen Abbauverfahren. Zur eigentlichen Themenstellung der Monographie wird

schließlich in Unterkapitel 5.4 vorgestoßen, in dem jene Abbaumethoden besonders hervorgehoben werden, bei denen Hydroxyl-Radikale als Initiatoren des oxidativen Abbaus organischer Schadstoffe von primärer Bedeutung sind (Abbildung 5.8). Diese und die folgende Abbildung 5.9 („simplified primary reaction sequences“) sind jedoch didaktisch sehr schwach. Auch die allgemeine Einordnung photochemischer Prozesse, wie sie in Unterkapitel 5.2 gegeben wird, ist nicht in allen Teilen konform mit dem Inhalt der nachfolgenden Abschnitte. Im Unterkapitel 5.3 („General Reaction Schemes“) wird die komplexe mechanistische Diskussion auf radikalisch initiierte (photochemische Homolyse von Initiatoren) und auf photokatalytische Prozesse begrenzt. Im nächsten Abschnitt 5.4 setzt der Autor dann schließlich den Schwerpunkt auf die Beschreibung der für diese Abbauverfahren genutzten Spektralbereiche und auf die entsprechenden kommerziell erhältlichen Strahlungsquellen. Schade, dass es dem Autor offensichtlich entgangen ist, diesen sehr verständlich geschriebenen Text mit dem später folgenden Unterkapitel 8.5 zu verbinden.

In Kapitel 6 werden zuerst die Reaktivitäten von Sauerstoffspezies wie Singulett-Sauerstoff, Superoxid-Anion und Hydroperoxyl-Radikal diskutiert, obwohl deren Bedeutung im Zusammenhang mit der Themenstellung dieser Monographie eigentlich an keiner Stelle dokumentiert wird. Demgegenüber sind die in den Unterkapiteln 6.3, 6.4 und 6.7 zusammengetragenen Daten bei der mechanistischen Diskussion oxidativer Abbauprozesse äußerst nützlich. Einige Quantenausbeuten (6.6) sind in Tabelle 6.4 zusammengefasst.

Eine detailliertere Diskussion publizierter experimenteller Resultate findet sich in Kapitel 7. Im ersten Teil dieses Kapitels wird über Abbauprozesse in kondensierter wässriger Phase berichtet, und der Autor konzentriert sich hier insbesondere auf den  $UV/H_2O_2$ -Prozess. Diese Abschnitte sind für Nichtspezialisten eine sehr gute Einführung in die Technik kinetischer Experimente und der Modellierung von Oxidationsreaktionen und Abbauprozessen und helfen, hoch spezialisierte Publikationen dieses Bereichs zu verstehen. Eher überraschend ist die Entdeckung, dass der

photochemisch beschleunigte Fenton-Prozess, der sicher zu den effizientesten AOPs zählt, an dieser Stelle kaum Erwähnung findet. Im Gegensatz dazu wird die Beschreibung der „Vakuum-UV-Oxidation“ (ist dies wohl die korrekte Bezeichnung?) in langen Passagen aus Publikationen entliehen und erhält damit einen Stellenwert, der ihr aufgrund des gegenwärtigen Entwicklungsstandes gar nicht zukommen kann. Sehr nützlich ist die Warnung, „Comparative Studies of Photoinitiated AOP's“ (7.1.4) Technik-entscheidendes Gewicht zuordnen zu wollen, und der Abschnitt „Biodegradability and Toxicological Studies“ (7.1.5) gibt dem Leser eine exzellente Gelegenheit, die (abiotischen) AOPs mit der biologischen Abwasserbehandlung in Verbindung zu bringen.

Im zweiten Teil des Kapitels stehen gasförmige Reaktionssysteme im Mittelpunkt des Interesses. Er beginnt mit einer Sammlung interessanter Daten und einer Zusammenfassung der Grundlagen, die beim Arbeiten mit solchen Systemen zu beachten sind. Der Aufbau des Abschnitts „Process Technologies of Air Treatment“ (7.2.3) ist didaktisch hervorragend, doch wundert es den Leser, dass die photokatalysierten oxidativen Abbaumethoden mehr oder weniger ignoriert werden, obwohl diese bezüglich ihrer Effizienz den in der Gasphase ablaufenden pho-

toinitiierten oxidativen Abbauprozessen ebenbürtig sind.

In Kapitel 8 werden Reaktoren für AOPs vorgestellt, die auch kommerziell erhältlich sind. Dabei werden die Photographien vom Autor in vielen Einzelheiten kommentiert. Dem Leser fällt auf, dass sich die Kreativität auf diesem Gebiet in eher engen Grenzen bewegt, und damit bleiben auch die Kommentare des Autors auf das Sichtbare beschränkt. In den Unterkapiteln 8.4 und 8.5 werden die wichtigsten Parameter für die Verfahrensentwicklung beschrieben. Der Autor hat sich sehr viel Mühe gegeben, diese Information anschaulich zu strukturieren. Das Unterkapitel „Selected Industrial Applications“ (8.6) kann den Leser jedoch in keiner Weise überzeugen. Dieser sehr kurz ausgefallene Text ist sicher nicht geeignet, die technische Bedeutung der AOPs zu belegen.

Professor Oppenländer hat mit der Publikation dieser Monographie eine sehr große Leistung erbracht. Ausgehend von einer fast unüberschaubaren Informationsmenge ist es verständlich, dass er dabei den Horizont seines Werkes auf die Grundlagen der Photochemie und der photochemischen Verfahrenstechnik und deren Resultate bei der Erforschung und Entwicklung der AOPs begrenzt hat. Leider hat er sich bei der Gewichtung der Methoden und Techniken nicht so sehr an den technischen Tatsachen als an seinen For-

schungs- und Entwicklungsinteressen orientiert. Deshalb repräsentiert das Buch nicht unbedingt den aktuellen Stand der Technik auf diesem Gebiet (Abbildung 5.15). Außerdem enthält es sehr wenige Kommentare zum technischen Potenzial neuer Techniken. In diesem Zusammenhang ist auch die referierte Patentliteratur eher dürftig.

Das Buch ist sehr gut gefertigt, die Druckqualität ist ausgezeichnet. Die Abbildungen werden jedoch nicht alle Leser ansprechen und sind in zu vielen Fällen in ihrer didaktischen Qualität unbefriedigend. Das Buch kann allen empfohlen werden, die sich in Forschung und Entwicklung oder in die technische Anwendung der AOPs einbringen wollen. Für Insider bringt das Buch eine Fülle von Informationen, insbesondere kinetische Daten, die in dieser Art noch nie zusammengeführt wurden. Der Autor steuert auch Eigenes bei, indem er einige neue Zusammenhänge aufzeigt und Argumente zusammenfügt. Für den Rezensenten ist das Buch ein exzellenter Partner im wissenschaftlichen „Streitgespräch“, an dem sich die eigenen mechanistischen und technischen Argumente schärfen lassen.

André M. Braun

Lehrstuhl für Umweltmesstechnik  
Engler-Bunte-Institut der Universität  
Karlsruhe

DOI: 10.1002/ange.200385988