

Mehr Chemie mit Licht! Mehr Licht in der Chemie!

Thorsten Bach*



Thorsten Bach
Professor für Organische
Chemie
Technische Universität
München

Nachdem ich zugesagt hatte, für dieses Sonderheft der *Angewandten Chemie* ein Editorial zu schreiben, habe ich mir die offizielle Internetseite der UNESCO zum Internationalen Jahr des Lichts und der Lichttechnologie angeschaut (<http://www.light2015.org/Home.html>). Auffallend war, dass bei den dort genannten Sponsoren keine Institutionen auftauchten, die ich mit der Chemie verbunden hätte. Auch beim Weiterblättern war es nicht einfach, einen Bezug zur Relevanz des Lichts für die Chemie und zur Relevanz der Chemie für das Licht zu finden. Themen wie Photonik, Laser, Energie oder Photosynthese stehen im Fokus, aber die Chemie sucht man vergebens.

Warum wird die Chemie übersehen, wenn wir über Licht reden? Ist das Photon per se ein physikalisches Teilchen? Sind alle bedeutsamen lichtinduzierten Vorgänge biologisch? Ein Blick auf die Liste der Chemie-Nobelpreise macht einen nicht viel schlauer. Es scheint, dass Entdeckungen, die mit Licht zu tun haben, nur dann gewürdigt werden, wenn sie tatsächlich etwas für uns sichtbar machen, also spektroskopischer Natur sind, aber nicht dann, wenn sie mit einer chemischen Reaktion, also mit der Photochemie, zu tun haben. Selbst in der Würdigung des Nobelpreises für E. J. Corey, einen der Ersten, der die [2+2]-Photocycloaddition präparativ genutzt hat, sucht man den Begriff Photochemie vergeblich.

Ein Leser dieser Zeilen könnte natürlich lakonisch feststellen, dass die Rolle des Lichts für die Chemie und die Rolle der Chemie für das Licht wohl doch nicht so wichtig sind, wie es ein paar verschrobene Wissenschaftler gerne glauben würden. Aus der Sicht eines präparativ arbeitenden Photochemikers stellt sich die Sachlage anders dar, und diese Sachlage veranlasst mich zu dem Appell, der Titel dieses Editorials geworden ist. Lassen Sie mich aus dieser sehr subjektiven Sicht die Wichtigkeit der Interaktion von Licht und Chemie beschreiben.

Die Photochemie als Schlüssel zu neuen Strukturen

Wenn man die Synthese als Bauen auf molekularer Ebene versteht, dann ist die Struktur eines Moleküls zugleich Ziel und Quelle der chemischen Inspiration. Das Durchdringen des Strukturraums in seiner gesamten Fülle ist kein rein akademisches Wetteifern, sondern es ist eine Notwendigkeit, wenn man auf der Suche nach neuen Wirkstoffen und Medikamenten ist. Genauso wie einem Architekten festgelegte Bautechniken nur bestimmte Strukturen erlauben, ist auch das Repertoire des Chemikers an Strukturen durch die ihm zur Verfügung stehenden Methoden limitiert.

Hier hat sich die Photochemie als eine Wissenschaft erwiesen, die wie keine zweite Teildisziplin der Chemie neuartige Strukturen zugänglich macht und damit die Möglichkeiten des Synthetikers erweitert. Die Lichtabsorption eines Moleküls ermöglicht aufgrund der dadurch aufgenommenen Energie die Herstellung gespannter und komplexer Ringsysteme, die sich einer Synthese mit

herkömmlichen thermischen Verfahren entziehen. Der angeregte Zustand erschließt Reaktionspfade, die sich ausgehend vom Grundzustand niemals oder nur sehr schwer erreichen lassen. Die Photochemie ist damit erste Wahl, wenn starre Grundgerüste aufgebaut werden sollen, mit deren Hilfe bestimmte funktionelle Gruppen in einem definierten räumlichen Kontext positioniert werden.

Energieeffizienz durch Absorption von sichtbarem Licht

Auch wenn die derzeit niedrigen Energiepreise dazu verführen, die Frage nach einer nachhaltigen und umweltschonenden Produktion von Chemikalien zu verdrängen, liegt doch auf der Hand, dass langfristig nur das Sonnenlicht als zuverlässige Energiequelle zur Verfügung stehen wird, um Rohstoffe zu veredeln und Feinchemikalien zu produzieren. Bei einem lichtinduzierten Prozess lässt sich jedwede weitere Energiezufuhr vermeiden, denn nach der photochemischen Anregung steht dem Molekül hinreichend Energie zur Verfügung, um die Produkte zu bilden.

Mithilfe von Katalysatoren, die nach der Absorption von Licht Energie oder Elektronen auf mögliche Substrate übertragen, sollten viele Prozesse, die gegenwärtig nur mit großem Energieaufwand zu realisieren sind, energieeffizient durchgeführt werden können. Organische Farbstoffe oder farbige anorganische Komplexe ermöglichen es, langwelliges Licht als Energiequelle für

[*] Prof. Dr. T. Bach
Department Chemie and Catalysis Research
Center, Technische Universität München
Lichtenbergstraße 4
85747 Garching (Deutschland)
E-Mail: thorsten.bach@ch.tum.de

eine Vielzahl an Reaktionen zu nutzen. Neuere Ergebnisse belegen überdies, dass beim Einsatz geeigneter chiraler Katalysatoren in Zukunft selbst enantioselektive photochemische Reaktionen keine Raritäten mehr zu sein brauchen.

Selbstverständlich ist in diesem Zusammenhang langfristig die künstliche Photosynthese das Idealziel, da sie gleich mehrere zentrale Probleme der Menschheit lösen könnte. Trotz erheblicher Fortschritte aber hat die von der Natur perfektionierte Erzeugung von Reduktionsäquivalenten durch Lichtabsorption ihre analoge technische Verwirklichung noch nicht gefunden. Die effiziente Rückführung von Kohlendioxid in den Kreislauf der Kohlenstoffverbindungen bedarf einer baldigen energieeffizienten Lösung, an der uns künftige Generationen messen werden. Sowohl bei der direkten Umsetzung dieser Ziele als auch bei der Synthese möglicher Katalysatoren für Modellsysteme zur künstlichen Photosynthese führt kein Weg an der Kreativität, der Kenntnis über molekulare Strukturen und der methodischen Kompetenz des Chemikers vorbei.

Keine Interdisziplinarität ohne methodische Kompetenz

Interdisziplinarität ist ein Schlagwort, das zu lange dazu gedient hat, die Rolle des Chemikers in einem naturwissenschaftlichen Gesamtkontext klein zu reden. Natürlich werden viele spannende Erfindungen und Entdeckungen dort gemacht, wo sich die Chemie mit anderen Naturwissenschaften trifft. Das ist unbestritten, und die Photochemie ist dafür ein durchaus veritables Beispiel. Molekulare Schalter, biologische Bildgebung, organische Leuchtdioden, photodynamische Therapie, funktionelle Farbstoffe, Photovoltaik: die Schlagwortliste für wichtige interdisziplinäre photochemische Themen ist lang und wird immer länger. Vor diesem Hintergrund darf man jedoch den Chemiker

nicht auf einen reinen Zulieferer von Verbindungen reduzieren. Die leider immer noch weit verbreitete Vorstellung, dass jedes Molekül mit jeder beliebigen Struktur einfach und schnell zu machen sei, wird dadurch nicht richtiger, dass sie von selbst erklärten Experten ständig wiederholt wird. Es gibt zahlreiche Beispiele dafür, dass ein Wunschmolekül für eine bestimmte Anwendung nicht hergestellt werden konnte, weil die entsprechende Methode nicht existiert. Diese Aussage gilt gerade in Bereichen der Chemie, die – erneut im Sinne des oben Gesagten – als ausgereift gelten, wie etwa die Heterocyclenchemie.

Eine Konsequenz aus der Notwendigkeit der methodischen Kompetenz gerade im Synthesebereich ist eine bessere Durchdringung der Nachbardisziplinen durch Chemiker. Ein Kanon, der zentrale Fragen an Synthetiker mit möglichen Schlüsselthemen aus anderen naturwissenschaftlichen Bereichen verknüpft, kann auch aus der Chemie kommen. Es ist meine feste Überzeugung, dass Forschung an den großen Themen eines Wissenschaftsgebiets, so wie ich sie für die Photochemie aufgezählt habe, gerade dann am besten ist, wenn dabei die methodische Kompetenz des Chemikers auch in anderen Bereichen genutzt wird. Ein Appell an die nächste Chemikergeneration ist daher, die eigene Arbeit mit einem relevanten Aspekt aus einer Nachbardisziplin zu verknüpfen.

Licht und Chemie in der öffentlichen Wahrnehmung

Natürlich wird, wie Sie als aufmerksamer Leser sicherlich bemerkt haben, mit dem Titel dieses Editorials auf den großen Naturforscher Johann Wolfgang von Goethe Bezug genommen, der sich – zum Beispiel in seiner Farbenlehre – sehr intensiv mit dem Licht auseinandergesetzt hat. Insofern wundert es nicht, dass man der Überlieferung gerne Glauben schenken würde, nach der sei-

ne letzten Worte auf dem Sterbebett „Mehr Licht!“ gelautet haben. Ob das historisch haltbar ist, gilt als umstritten, und es sei daher im Sinne des Appells im vorigen Abschnitt ein deutlich besser belegtes Goethe-Zitat herangezogen, das aus seinem Spätwerk *Wilhelm Meisters Wanderjahre* stammt: „Es ist nicht genug zu wissen – man muss auch anwenden. Es ist nicht genug zu wollen – man muss auch tun.“

Auch wenn das Thema hier nur aus Sicht der organischen Photochemie behandelt wurde, gibt es gute Gründe, das aktuelle Internationale Jahr des Lichts zum Anlass zu nehmen, die Forschung, die sich mit allen Arten der Interaktion von Licht und Chemie beschäftigt, zu intensivieren. Mein Fokus auf die Photochemie hat selbstverständlich zur Folge, dass ich viele Themengebiete und Argumente nicht erwähnt habe, die sich für andere Teilbereiche der Chemie hätten heranziehen lassen. Man denke nur an die Bedeutung des Lichts für die kurz angesprochenen analytischen und spektroskopischen Verfahren.

Selbstverständlich war auch die Einleitung dieses Editorials bewusst pointiert. Es gibt zum Internationalen Jahr des Lichts sehr gelungene Internetauftritte, die die Chemie in den Mittelpunkt rücken. Die Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) etwa hat in einem von A. G. Griesbeck und R. Hoer koordinierten Projekt sehr gute Beiträge in den aktuellen Wochenschaun zusammengestellt, die alle Facetten der Interaktion zwischen Chemie und Licht abdecken (<http://www.aktuelle-wochenschau.de/main-navi/startseite.html>). Insofern bleibt zu hoffen, dass zumindest einer daran interessierten Öffentlichkeit etwas klarer wird, was die Chemie im Kontext des Internationalen Jahrs des Lichts leistet und in Zukunft leisten kann.

Zitierweise:

Angew. Chem. Int. Ed. **2015**, *54*, 11294–11295
Angew. Chem. **2015**, *127*, 11448–11449