

29. Oktober 2025

Ping-Pong mit Photonen: Licht als Werkzeug für eine neue und vor allem nachhaltige Chemie

In Sachen Erkenntnisfortschritt belegt die Photokatalyse in der Chemie gerade Spitzenplätze. Auf diesem Gebiet entwickelt Dr. Jola Pospech mit ihrem Team am Rostocker Leibniz-Institut für Katalyse neue Wege für klassische Reaktionspfade. Ein Beispiel ist die Hydrofunktionalisierung für wertvolle Produkte wie bioaktive Amine, die natürlicherweise in Neurotransmittern vorkommen und wichtig für die Wirkstoffforschung sind. In ihren Vorlesungen verwendet Dr. Pospech prägnante Bilder, um Studienanfängern die Photokatalyse zu erklären.



Das richtige Licht für die Photoredoxkatalyse spendet im konkreten Fall ein Schwarzlicht-Panel, wie es zur Beleuchtung für Discos verwendet wird.

Photokatalyse braucht Licht, und als Lichtquelle nutzt die Forschungsgruppe von Dr. Jola Pospech im Labor oftmals Massenware für die Disco: Schwarzlicht. Der kuriose Name bezeichnet LEDs im ultravioletten Bereich, UV-A-Licht, das gerade noch sichtbar ist und in der Zahnmedizin ebenso gern verwendet wird wie im Diskoklub.

„Dieses Licht hat in unserem Fall die richtige Wellenlänge, um chemische Reaktionen in Gang zu setzen“, erläutert Dr. Jola Pospech. „Wir richten das LED-Paneel auf das Reaktionsgefäß, dort treffen die Photonen auf die äußeren Elektronenpaare beteiligter Stoffe, in unserem Falle des Katalysators, und dieser geht in einen sogenannten angeregten Zustand über.“ Das heißt, er ist nun in der Lage, ein Elektron abzugeben oder aufzunehmen und auf diesem Wege chemische Ausgangsstoffe zu aktivieren. Denn letztlich entstehen neue chemische Verbindungen, indem die beteiligten Stoffe Elektronen austauschen oder gemeinsam nutzen.

Photoredoxkatalyse

Nehmen wir zwei Grundreaktionen der Chemie: Oxidation und Reduktion. Für die Oxidation spendet der Katalysator ein Elektron und nimmt es am Ende des Zyklus wieder auf. Für die Reduktion nimmt er umgekehrt ein Elektron auf und gibt es am Ende wieder ab. „Das Ganze kannst du dir wie ein Ping-Pong-Spiel vorstellen“, sagt Dr. Pospech und erklärt es an der Photoredoxkatalyse, die beide Reaktionen vereinigt.

Jola Pospech: „Stell dir vor, du hältst in der Hosentasche zwei Bälle fest. Bei einem Energieschub, verursacht durch das Photon, wandert ein Ball, also ein Elektron, auf das nächsthöhere Niveau.“ Jola Pospechs Hand wandert mit dem imaginären Ball aus der Tasche über den Kopf. „Die Tasche hat nun Zugang und Platz für neue Mitspieler. So kommen chemische Reaktionen in Gang. Wenn die Ausgangsstoffe umgesetzt sind, kann der Ball aus der Hand abgegeben werden, und der Zyklus beginnt von vorn.“ Der imaginäre Ball landet wieder in der Hosentasche.

Beispiel: Hydrofunktionalisierung

Jahrhundertlang lief Chemie folgendermaßen ab: Chemiker erhitzen ihre Reaktionsgefäße, um die Stoffe darin zu aktivieren. „Mit Licht kann ich sehr viel schneller und mit viel größeren Energiemengen die Aktivierungsbarriere überwinden“, sagt Jola Pospech. Durch moderne LED-Technik lässt sich dabei die Wellenlänge der Lichtquelle haargenau auf das Absorptionsspektrum des Katalysators abstimmen.

Als Beispiel nennt die Chemikerin die Hydrofunktionalisierung, einen beliebten Reaktionspfad, der sehr „atomökonomisch abläuft“: beteiligte Stoffe werden bis auf das letzte Atom, ohne Nebenprodukte, umgesetzt. Dabei entstehen wertvolle Produkte, wie bioaktive Amine, die natürlicherweise in Neutransmittern vorkommen und wichtig sind für die Wirkstoff-Entwicklung.

Viele dieser Reaktionen laufen bislang mit Katalysatoren aus knappen und teuren Metallen ab, mit vielen Zwischenschritten, Co-Katalysatoren und sogenannten Opferreagenzien. Jola Pospech: „Die dienen lediglich dazu, ein zusätzliches Elektron zu spenden, damit an entsprechender Stelle ein anderes Elektron energetisch günstig den Partner wechseln kann.“

Organische Katalysatoren als Alternative

Ihre Forschungsgruppe entwickelte alternativ organische Photoredox-Katalysatoren, die auf Stickstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff bestehen. „Die von uns genutzten Verbindungen sind günstig herzustellen, lassen sich durch Schwarzlicht präzise und schnell aktivieren und sind mechanistisch multifunktional.“ Co-Katalysatoren und Opferreagenz werden damit obsolet.

Die Rostocker ChemikerInnen sind gerade dabei, diesem Katalysator selektive Funktion zu verleihen, und zwar über den Einbau von Aminosäuren. Dies soll helfen rechts- und linkshändige Moleküle licht-getrieben herzustellen. Hierfür braucht der Katalysator einen „räumlichen Sinn“, eine Stereoinformation. Nach Jola Pospechs Idee könnten Aminosäuren solche Stereoinformationen vermitteln, denn sie weisen definierte dreidimensionale Strukturen auf.

Nach Einschätzung von Dr. Pospech ist man in der Praxis durchaus motiviert, solche Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung industriell zu nutzen. Zumindest auf lange Sicht. „Jedes größere Chemieunternehmen verfügt mittlerweile in der Forschung über Abteilungen für Photokatalyse und Elektrochemie.“ Das LIKAT ist da sozusagen am Puls der Zeit.

Ansprechpartnerin:

Dr. Jola Pospech,

Jola.Pospech@catalysis.de



Dr. Jola Pospech (Foto: privat)