

Press release

Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Petra Giegerich

08/10/2023

<http://idw-online.de/en/news819027>

Research results, Scientific Publications
Chemistry, Electrical engineering, Energy, Environment / ecology, Materials sciences
transregional, national



JOHANNES GUTENBERG
UNIVERSITÄT MAINZ

Kostengünstiger Molybdänkomplex bereitet den Weg für eine nachhaltige Photochemie

Forschende aus Mainz und Kaiserslautern nutzen eine Molybdänverbindung für Photokatalyse und Photonen-Aufwärtskonversion

Die Art und Weise, wie wir Energie erzeugen und nutzen, bedarf dringend einer Änderung. Daher arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler intensiv daran, nachhaltige und gleichzeitig kostengünstige Materialien für lichtgetriebene chemische Anwendungen zu finden. Die bisherige Forschung konzentrierte sich größtenteils auf Verbindungen der teuren Edelmetalle oder Seltenen Erden, von denen es nur begrenzte Vorkommen gibt beziehungsweise deren Abbau sehr energieaufwendig ist. Große Fortschritte wurden in den letzten Jahren mit Verbindungen erzielt, die auf häufigeren Metallen basieren – allerdings ist die Herstellung dieser Materialien meist sehr aufwendig und ressourcenintensiv. Einem Forschungsteam der Johannes Gutenberg-Universität Mainz (JGU), der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern-Landau (RPTU) und des Max-Planck-Instituts für Polymerforschung (MPI-P) ist nun ein bedeutender Durchbruch gelungen. Das Team unter der Leitung von Prof. Dr. Katja Heinze und ihrem Doktoranden Winald Kitzmann hat dazu das Beste aus beiden Welten kombiniert: ein kostengünstiges, reichlich vorhandenes Metall, nämlich Molybdän, und eine einfache Synthesemethode. Das erzeugte Molekül erwies sich als sehr vielseitig, was für die Umwandlung von nieder- zu hochenergetischem Licht und den Einsatz als Photokatalysator für chemische Reaktionen gezeigt werden konnte – zwei Prozesse, die in Zukunft dazu beitragen können, dass wir unsere Energie besser nutzen.

Einfache Synthese in zwei Schritten

In ihrer Studie „A Stable Molybdenum(o) Carbonyl Complex for Upconversion and Photoredox Catalysis“, die im Journal of the American Chemical Society veröffentlicht wurde, stellen die Autorinnen und Autoren einen neuen Ansatz vor, um auf der Basis eines Molybdänatoms in Verbindung mit Carbonylliganden stabile photoaktive Komplexe zu entwerfen. Die Synthese dieses Moleküls ist sehr einfach und erfordert nur zwei Schritte. „Viele Beispiele aus der Forschungsliteratur haben fantastische Eigenschaften, aber es dauert Monate, um sie herzustellen“, sagt Alexander Fischer, der im Rahmen seiner Masterarbeit zur Arbeitsgruppe um Katja Heinze gestoßen ist und die Studie mitverfasst hat. „Ich war begeistert, als ich sah, dass man den Molybdänkomplex in nur einem Tag synthetisieren kann.“

Mithilfe der hochentwickelten Laserspektrometer der JGU, der RPTU und des MPI-P zeigte das Team, dass der Komplex durch die Absorption von Licht in einen angeregten Zustand übergeht, der für mehrere Hundert Nanosekunden besteht. „Das klingt zunächst kurz, aber es ist lang genug, um den angeregten Zustand für photochemische Umwandlungen zu nutzen“, erklärt Winald Kitzmann. „Tatsächlich wurde diese Art des angeregten Zustands und seine Reaktivität bereits mit Edelmetallkomplexen gut erforscht. Daher wussten wir direkt, wie wir den angeregten Komplex am besten nutzen können.“

Gute Ergebnisse im Praxis-Test

Carbonylkomplexe sind bekannt dafür, sich unter Lichteinstrahlung zu zersetzen – ein Bedenken, das von Anfang an wie ein Damoklesschwert über dem Projekt hing. Schließlich erwies sich der Molybdänkomplex aber als ausgesprochen photostabil. „Diese bemerkenswerte Stabilität – selbst bei hohen Lichtintensitäten – hat uns wirklich überrascht“, so Katja Heinze, Professorin am Department Chemie der JGU. „Im Gegensatz zu vielen früheren Beispielen ist die Nutzbarkeit dieses neuen Komplexes nicht durch eine geringe Photostabilität beschränkt.“ Die Anwendung der Molybdän-Carbonyl-Verbindung zielte auf zwei Bereiche ab: Photonen-Aufwärtskonversion und Photokatalyse. Die Photonen-Aufwärtskonversion könnte prinzipiell dazu beitragen, die Effizienz von Solarzellen zu verbessern. Bei der Photokatalyse wurde der Molybdänkomplex eingesetzt, um eine chemische Reaktion mit Licht anzutreiben, die sonst recht harsche Bedingungen benötigt. In beiden Fällen hat das neue Material sehr gut abgeschnitten und teilweise sogar bessere Ergebnisse geliefert als traditionelle Edelmetallverbindungen.

Zusammenarbeit ist der Schlüssel zum Erfolg

Die Forschungsarbeit leistet nach Einschätzung der Autoren einen wichtigen Beitrag auf dem Feld der nachhaltigen Photochemie, indem sie einen vielversprechenden Weg für die Entwicklung von kostengünstigen Materialien mit nützlicher Photoaktivität aufzeigt. „Die Zusammenarbeit ist maßgeblich für den Erfolg des Projekts verantwortlich“, sagt Katja Heinze. „Wir konnten die verschiedenen Herausforderungen nur überwinden und diese bemerkenswerten Ergebnisse erzielen, indem wir unsere Expertise und Ressourcen gebündelt haben.“ Die Teamarbeit von Forschenden der JGU, der RPTU und des MPI-P hat nicht nur neue Möglichkeiten mit Molybdän als billiges, häufiges Metall aufgezeigt, sondern auch ein einfaches Design präsentiert, das auf ein aufwendiges Ligandengerüst verzichtet. „Wir freuen uns, diesen photostabilen Molybdän-Carbonyl-Komplex vorstellen zu können, und sind gespannt, welche Anwendungsmöglichkeiten und Weiterentwicklungen des Konzepts in der Zukunft aus unserer Arbeit folgen“, fasst Winald Kitzmann zusammen.

Bildmaterial:

https://download.uni-mainz.de/presse/09_chemie_photochemie_molybdaen.jpg

Der Molybdänkomplex ist ein roter Feststoff (links). In Lösung zeigt er unter Bestrahlung mit blauem Licht eine rote Lumineszenz (rechts).

Foto/©: Winald Kitzmann

Weiterführende Links:

<https://www.ak-heinze.chemie.uni-mainz.de/> - Arbeitskreis Prof. Dr. Katja Heinze

<https://www.spp2102.uni-mainz.de/> – DFG-Schwerpunktprogramm 2102 „Lichtgesteuerte Reaktivität von Metallkomplexen“

<https://www.mpgc-mainz.de/461503/sustainable-photochemistry-photophysics> – Sustainable Photochemistry & Photophysics am Max Planck Graduate Center mit der JGU

<https://susinnoscience.uni-mainz.de/> - Profilbereich SusInnoScience an der JGU

Lesen Sie mehr:

<https://presse.uni-mainz.de/nachhaltige-alternative-fuer-energieintensive-photochemie/> - Pressemitteilung „Nachhaltige Alternative für energieintensive Photochemie“ (30.11.2022)

<https://presse.uni-mainz.de/weiterer-durchbruch-auf-dem-weg-zu-nachhaltigerer-photochemie-gelungen/> - Pressemitteilung „Weiterer Durchbruch auf dem Weg zu nachhaltigerer Photochemie gelungen“ (02.06.2022)

<https://presse.uni-mainz.de/horst-dietrich-hardt-preis-fuer-mainzer-forscherin-katja-heinze/> - Pressemitteilung „Horst-Dietrich Hardt-Preis für Mainzer Forscherin Katja Heinze“ (29.03.2022)

<https://presse.uni-mainz.de/jgu-koordiniert-dfg-schwerpunktprogramm-in-der-photochemie-auch-in-der-zweiten-förderperiode/> - Pressemitteilung „JGU koordiniert DFG-Schwerpunktprogramm in der Fotochemie auch in der zweiten Förderperiode“ (15.12.2021)

<https://presse.uni-mainz.de/mainzer-wissenschaftler-entwickeln-nachhaltigere-photochemie/> - Pressemitteilung „Mainzer Wissenschaftler entwickeln nachhaltigere Photochemie“ (18.12.2019)

<https://presse.uni-mainz.de/wissenschaftler-entwickeln-hochempfindlichen-molekularen-optischen-drucksensor/> - Pressemitteilung „Wissenschaftler entwickeln hochempfindlichen molekularen optischen Drucksensor“ (05.07.2018)

<https://presse.uni-mainz.de/mainzer-chemikern-gelingt-isolation-und-charakterisierung-von-gold-in-sehr-seltener-oxidationsstufe-ii/> - Pressemitteilung „Mainzer Chemikern gelingt Isolation und Charakterisierung von Gold in sehr seltener Oxidationsstufe +II“ (08.08.2017)

<https://presse.uni-mainz.de/molekulares-thermometer-fuer-kontaktlose-messungen-mit-infrarotem-licht/> - Pressemitteilung „Molekulares Thermometer für kontaktlose Messungen mit infrarotem Licht“ (07.06.2017)

<https://presse.uni-mainz.de/johannes-gutenberg-universitaet-mainz-koordiniert-neues-dfg-schwerpunktprogramm-in-der-photochemie/> - Pressemitteilung „Johannes Gutenberg-Universität Mainz koordiniert neues DFG-Schwerpunktprogramm in der Photochemie“ (19.04.2017)

<https://presse.uni-mainz.de/katja-heinze-erhaelt-wissenschaftspreis-fuer-intelligente-lebensmittelverpackung-mit-frischeanzeige/> - Pressemitteilung „Katja Heinze erhält Wissenschaftspreis für intelligente Lebensmittelverpackung mit Frischeanzeige“ (24.11.2014)

contact for scientific information:

Prof. Dr. Katja Heinze
Department Chemie
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
55099 Mainz
Tel. +49 6131 39-25886
E-Mail: katja.heinze@uni-mainz.de
<https://www.ak-heinze.chemie.uni-mainz.de/biography/>

Original publication:

Winald R. Kitzmann et al.
Stable Molybdenum(o) Carbonyl Complex for Upconversion and Photoredox Catalysis
Journal of the American Chemical Society, 21. Juli 2023
DOI: [10.1021/jacs.3c03832](https://doi.org/10.1021/jacs.3c03832)
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.3c03832>