

Press release**Johannes Gutenberg-Universität Mainz****Bettina Leinauer**

09/11/2024

<http://idw-online.de/en/news839500>Research results, Scientific Publications
Chemistry, Energy, Environment / ecology, Materials sciences
transregional, nationalJOHANNES GUTENBERG
UNIVERSITÄT MAINZ**Herausragende Umwandlung von Licht in chemische Energie mit
„Coulomb-Dyaden“****Mainzer Forschende haben eine neuartige Klasse von Photokatalysatoren entworfen, die teure Edelmetalle effizienter nutzen**

Photokatalysatoren ermöglichen mithilfe von Licht chemische Reaktionen, die sonst nur bei hohen Temperaturen oder unter harschen Bedingungen ablaufen würden. Das Prinzip der Photokatalyse ist von der Photosynthese der Pflanzen inspiriert und kommt bereits bei der Herstellung ausgewählter Wirkstoffe zum Einsatz. Für eine ökonomische Nutzung im größeren Maßstab sind die bisher entwickelten Systeme allerdings meist zu ineffizient. Ein Forschungsteam um Prof. Dr. Christoph Kerzig von der Johannes Gutenberg-Universität Mainz (JGU) hat nun einen neuartigen Ansatz gefunden, mit dem sich hocheffiziente Photokatalysatoren durch Ionenpaarung einfach herstellen lassen. Dies ermöglicht es, die wertvollen und teuren Edelmetalle in gut etablierten Katalysatoren, wie Iridium, Ruthenium und Osmium, wirkungsvoller zu nutzen. „Unser Konzept beruht auf der elektrostatischen Wechselwirkung zwischen Teilchen, in etwa vergleichbar mit den Wechselwirkungen zwischen den Natrium- und den Chlorid-Ionen in gewöhnlichem Speisesalz“, sagt Matthias Schmitz, der Erstautor dieser Studie, der 2022 mit der Forschung zur Photokatalyse begonnen hat. Die Arbeit über die sogenannten Coulomb-Dyaden wurde im renommierten Journal of the American Chemical Society veröffentlicht.

Ein völlig anderer Ansatz und hervorragende Ergebnisse in ersten Testreaktionen

Derzeit wird viel darüber geforscht, wie wohlbekanntere Katalysatoren auf Basis teurer Edelmetalle durch günstigere Nicht-Edelmetalle ersetzt werden könnten. „Im Gegensatz dazu nutzen wir etablierte Photokatalysatoren und fügen preiswerte Additive hinzu, um die Eigenschaften im Hinblick auf Leistung und Haltbarkeit noch weiter zu verbessern“, erklärt Kerzig. „Diese Strategie ermöglicht es, einen vorhandenen metallbasierten Photokatalysator viel effizienter zu nutzen, sodass die benötigte Katalysatormenge drastisch reduziert werden kann“, fügte der Chemiker hinzu.

Maßgeschneiderte Photokatalysatoren mit herausragenden Wirkungsgraden bestehen oft aus zwei photoaktiven Einheiten, die über eine kovalente Bindung verknüpft sind. Diese sogenannten molekularen Dyaden müssen in einer mehrstufigen Synthese hergestellt werden, weshalb sie für großtechnische Anwendungen zu teuer wären. Das Team von Christoph Kerzig hat mit seinem neuartigen Ansatz hocheffiziente Dyaden-Photokatalysatoren relativ einfach erzeugt: Zwei kommerziell erhältliche Salze werden gemischt und aufgrund anziehender elektrostatischer Wechselwirkungen, also den Coulomb-Wechselwirkungen, bilden die photoaktiven Einheiten ein Ionenpaar, sodass sie synergetisch wechselwirken.

Die in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Coulomb-Dyaden wurden durch einen spektroskopiegeleiteten Ansatz identifiziert und optimiert. Laser-Großgeräte, die in der Kerzig-Gruppe bereits früher für detaillierte Untersuchungen dienten, kamen hier erneut zum Einsatz und trugen dazu bei, alle wichtigen Reaktionsschritte von der Lichtabsorption durch den Metallkomplex bis zur Aktivierung der Moleküle, die die Photonenenergie speichern, zu verstehen. Zu den

ersten Versuchen mit der neuartigen Katalysatorklasse gehören Reaktionen, bei denen neue chemische Bindungen zwischen zwei Kohlenstoffatomen gebildet werden – eine der fundamentalsten Reaktionen in der Chemie – und die sogenannte Photooxygenierung eines aus Holz gewonnenen Ausgangsmaterials, bei der Sauerstoff in ein Molekül eingebaut wird. Die Ergebnisse zeigen, dass die Coulomb-Dyade wirksamer ist als etablierte und in der Regel teurere Katalysatoren. Sonnenlicht und LED-erzeugtes Licht kann somit effizienter genutzt und umgewandelt werden.

Laufende Arbeiten an diesem vielseitigen Konzept

Zahlreiche weit verbreitete Photokatalysatoren sind ionischer Natur. Daher vermuten die Forschenden, dass der neuartige Ansatz das Potenzial hat, zu einer allgemeinen Strategie entwickelt zu werden, um die Effizienz lichtgetriebener Reaktionen zu verbessern. Ihre vielversprechenden experimentellen Ergebnisse zeigen, dass das Lösungsmittel eine entscheidende Wirkung hat. Je nach Lösungsmittel können unterschiedliche Coulomb-Dyaden wie mit einem Baukasten gestaltet werden, indem verschiedene photoaktive Anionen und Kationen kombiniert werden.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) fördert diese Forschung durch eine individuelle Projektförderung und der Fonds der Chemischen Industrie unterstützt das Projekt durch ein Promotionsstipendium für Matthias Schmitz. Die Förderung wird weitere Forschungsaktivitäten in diese Richtung ermöglichen, von denen Christoph Kerzig hofft, dass sie zu Photoreaktionen im industriellen Maßstab mit der neuartigen Photokatalysatorklasse führen.

Bildmaterial:

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

Einfache Herstellung und überlegene Eigenschaften dank der neuartigen Klasse von Katalysatoren, den „Coulomb-Dyaden“

Abb./©: Matthias Schmitz / JGU

Weiterführende Links:

<https://www.chemie.uni-mainz.de/> - Department Chemie an der JGU

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

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

<https://gepris.dfg.de/gepris/projekt/516556094> - DFG-Förderung

<https://www.gdch.de/netzwerk-strukturen/fachstrukturen/photochemie.html> - GDCh-Fachgruppe Photochemie

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/mainzer-wissenschaftler-entwickeln-nachhaltigere-photochemie/> - Pressemitteilung „Mainzer Wissenschaftler entwickeln nachhaltigere Photochemie“ (18.12.2019)

contact for scientific information:

Prof. Dr. Christoph Kerzig

Department Chemie

Johannes Gutenberg-Universität Mainz
55099 Mainz
Tel. +49 6131 39-22479
E-Mail: ckerzig@uni-mainz.de
<https://www.ak-kerzig.chemie.uni-mainz.de/>

Original publication:

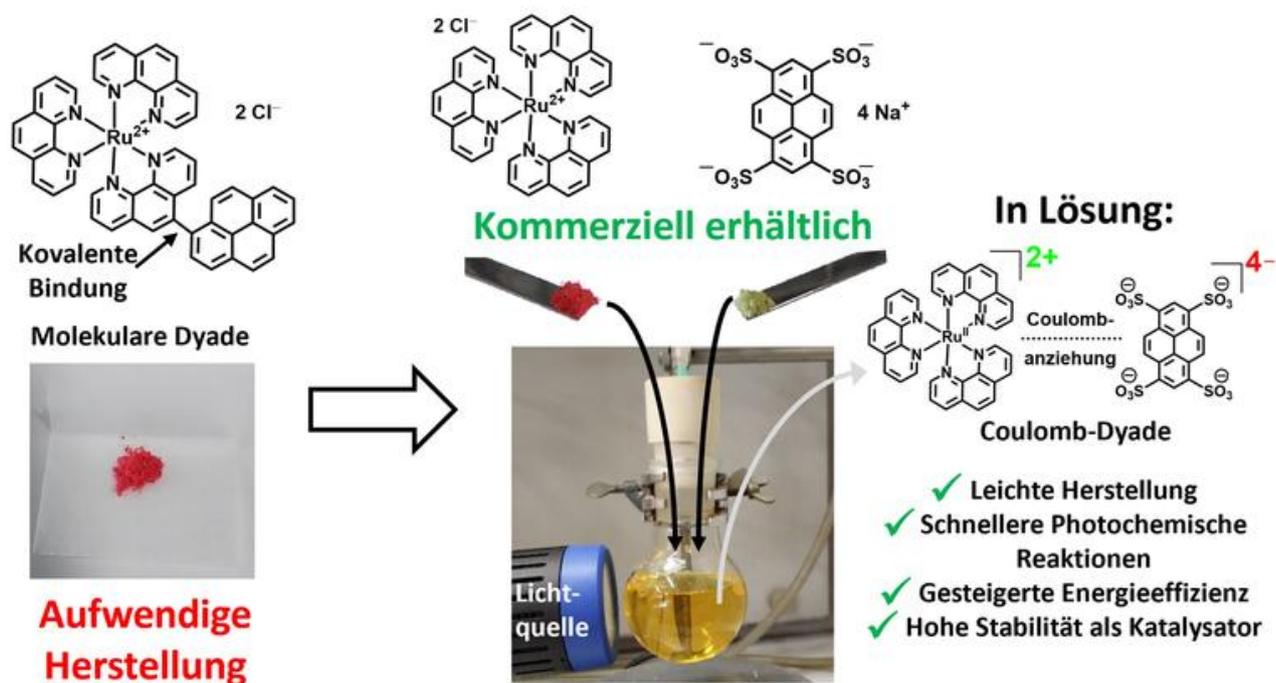
Matthias Schmitz et al.

Efficient Energy and Electron Transfer Photocatalysis with a Coulombic Dyad

Journal of the American Chemical Society, 3. September 2024

DOI: 10.1021/jacs.4c08551

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.4c08551>



Einfache Herstellung und überlegene Eigenschaften dank der neuartigen Klasse von Katalysatoren, den „Coulomb-Dyaden“
Abb./©: Matthias Schmitz / JGU