Nachhaltige Chemie: Eisen ersetzt Edelmetalle bei der Katalyse

Viele Produkte im Alltag und in der Industrie entstehen mithilfe chemischer Katalysatoren, etwa Arzneimittel, Kunststoffe und Beschichtungen. Häufig kommen dabei teure und begrenzt verfügbare Edelmetalle zum Einsatz. Forschende des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) präsentieren nun erstmals eine an Luft stabile Eisenverbindung, die Eisen(I) für die Katalyse direkt nutzbar macht und anders als bisher ohne starke Reduktionsmittel auskommt. In einem ersten Test entstanden daraus aktive Eisenkatalysatoren. Ergebnisse im Journal of the American Chemical Society.

Katalysatoren sorgen dafür, dass chemische Reaktionen schneller ablaufen oder überhaupt erst möglich sind. In etablierten Verfahren übernehmen diese Aufgabe Edelmetalle wie Rhodium, Iridium oder Palladium. Sie eignen sich gut für viele Anwendungen, sind aber teuer und selten. „Der Schwerpunkt unserer Forschung liegt auf nachhaltigen und umweltfreundlichen Alternativen zu Edelmetallkatalysatoren", erläutert Dr. Oliver Townrow vom Institut für Nanotechnologie des KIT. „Eisen ist das vierthäufigste Element der Erdkruste und kann in bestimmten katalytischen Reaktionen ähnliche Aufgaben übernehmen wie Edelmetalle."

Reaktives Eisen stabilisieren

Im Mittelpunkt der Arbeit steht eine modulare, voraktivierte Eisen(I)-Quelle für die Katalyse. Die römische Zahl beschreibt hier den elektronischen Zustand des Metalls. Eisen liegt in chemischen Verbindungen meist als Eisen(II) oder Eisen(III) vor. Für bestimmte katalytische Reaktionen ist Eisen(I) jedoch besonders geeignet, weil es Elektronen leichter aufnehmen oder abgeben kann. Dadurch ermöglicht es andere Reaktionswege.

Bisher fehlte eine vergleichbar stabile Ausgangsverbindung, die Eisen(I) direkt für katalytische Anwendungen verfügbar macht. Deshalb mussten Forschende diese Eisenform oft erst während der Reaktion mithilfe zusätzlicher Stoffe erzeugen. Solche Reduktionsmittel bringen Eisen in die gewünschte reaktive Form, können aber auch andere Bestandteile verändern. „Das macht es schwer, genau zu kontrollieren, welche Eisenverbindung in der Reaktion entsteht und wie sie weiterreagiert", erklärt Luise Kink, Erstautorin der Studie und Chemiestudentin am KIT. „Mit unserem Ansatz können wir diese reaktive Eisenform jetzt verlässlicher einsetzen."

Neue Eisenverbindungen herstellen und testen

In ihren Experimenten stellte das Team Eisen(I) zunächst außerhalb der eigentlichen Katalyse als eigene Verbindung her: Das Eisen saß dabei zwischen zwei ringförmigen Kohlenwasserstoffen, Duren-Moleküle genannt, die das reaktive Metall stabilisieren. So bleibt das empfindliche Eisen(I) gegenüber Luftsauerstoff und Feuchtigkeit ausreichend stabil, um in weiteren Reaktionen eingesetzt zu werden.

Anschließend ersetzten die Forschenden das Duren gezielt durch andere Moleküle und stellten so verschiedene Eisen(I)-Verbindungen her. Diese analysierten sie unter anderem mit Röntgenstrukturanalyse, spektroskopischen Verfahren und magnetischen Messungen. In einem ersten katalytischen Test zeigten sie außerdem, dass aus der neuen Verbindung ein aktiver Eisenkatalysator entstehen kann.

Eisenkatalysatoren weiterentwickeln

Die neue Eisen(I)-Verbindung schafft eine Grundlage für weitere Anwendungen. Forschende können nun systematischer prüfen, welche Varianten für bestimmte katalytische Reaktionen geeignet sind. „Unser Ergebnis zeigt, dass wir Eisen(I) für die Katalyse besser vorbereiten und kontrollierter einsetzen können als bisher", so Townrow. „Langfristig soll unser Ansatz dazu beitragen, Edelmetalle in industriellen Anwendungen durch Eisen zu ersetzen."

Publikation:

Luise Kink, Robert Kruk, Oliver P. E. Townrow: A Simple, Air Stable Single-Ion Source of Iron(I). Journal of the American Chemical Society, 2026.
DOI: 10.1021/jacs.6c01660.

Pressemitteilung

05.05.2026
Quelle: Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Weitere Informationen

- Karlsruher Institut für Technologie (KIT)