

Oktober 2024

## Aus alt wird neu- wie aus altem Frittieröl neue chemische Produkte werden

Jährlich fallen weltweit 119 Millionen Tonnen gebrauchtes Pflanzenöl an, hauptsächlich aus Gewerbeküchen und Restaurants. Nur ein kleiner Teil davon wird wiederverwendet, beispielsweise zur Produktion von Treibstoffen wie Biodiesel. Am Leibniz-Institut für Katalyse in Rostock (LIKAT) hat die Doktorandin Fairoosa Poovan in der Forschungsgruppe von Prof. Matthias Beller einen Katalysator entwickelt, der gebrauchtes Speiseöl nutzt, um primäre Amine zu synthetisieren. Das sind bedeutende Vorstufen für eine Vielzahl von Produkten unseres täglichen Lebens, einschließlich der Herstellung von Arzneimitteln.

### Kreislaufwirtschaft für Kohlenstoff

Diese Forschungen unterstützen die globalen gesellschaftlichen Ziele einer CO<sub>2</sub>-neutralen Wirtschaft und der Klimaneutralität. Bisher wurde gebrauchtes Speiseöl hauptsächlich zu Biokraftstoffen verarbeitet. Das bedeutet, dass der atomare Kohlenstoff im gebrauchten Speiseöl mit dem Diesel verbrennt und als CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre gelangt, mit negativen Folgen für das Klima. Es wäre klüger, den Kohlenstoff bei der Verwertung des Alt-Speiseöls zu behalten und ihn zurück in den Kreislauf zu bringen, wo er ebenfalls benötigt wird. Schließlich ist Kohlenstoff in nahezu allen unseren Alltagsprodukten enthalten.

Angesichts des Klimawandels lernen Gesellschaften auf der ganzen Welt, auf fossile Kohlenstoffquellen wie Kohle, Öl und Gas zu verzichten. Alternativ arbeitet die Chemie mit anderen Wissenschaftsdisziplinen zusammen, um Konzepte und Produkte zu entwickeln, die dem Leitprinzip der Kreislaufwirtschaft folgen. Dazu gehört, Kohlenstoff für unsere Wirtschaftsgüter in Zukunft aus organischem und plastischem Abfall zu gewinnen. In diesem Themenfeld wird im Leibniz-Institut für Katalyse eng mit der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und dem dortigen Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme zusammengearbeitet. Eines der gemeinsamen Ziele in dieser Kooperation ist es, neue Anwendungsmöglichkeiten für (bio-basierte) Abfälle zu finden.

### Massenprodukt Amine

„Unser Ziel ist es, gebrauchtes Speiseöl als nützliches chemisches Ausgangsmaterial zur Herstellung wertvoller Produkte zu erschließen“, sagt Fairoosa Poovan. „Amine waren eine naheliegende Wahl.“ Das sind Derivate von Ammoniak (NH<sub>3</sub>), sie werden in der organischen Chemie in großem Maßstab benötigt. Es gibt Dutzende von Arten von Aminen, und der globale Markt wird auf über 16 Milliarden US-Dollar geschätzt.

Gebrauchtes Speiseöl enthält langkettige Fettsäuren, die in andere wertvolle Chemikalien umgewandelt werden können. Mit einem geeigneten Katalysator und in Anwesenheit von Ammoniak und Wasserstoff werden auch gewünschte Amine daraus. Wenn eines der drei

Wasserstoffatome im Ammoniak durch eine andere Gruppe ersetzt wird, bezeichnen Chemiker diese Amine als „primäre Amine“ (R-NH<sub>2</sub>). Fairoosa Poovan entwickelte einen Kobalt-basierten Katalysator unter Betreuung ihres Doktorvaters Matthias Beller sowie Jagadeesh Rajenahally, der gebrauchtes Speiseöl effizient in primäre Fettsäureamine umwandeln kann.

Die größte Herausforderung bestand darin, einen selektiven und kosteneffizienten Weg zur Herstellung dieser primären Amine aus Bioabfällen zu finden. Bisher nutzt die Industrie zur Herstellung von Fettsäureaminen den sogenannten „Nitrilweg“. Dieser etablierte Prozess hat jedoch Nachteile. Er benötigt harte Reaktionsbedingungen, umfasst mehrere Reaktionsschritte und ergibt am Ende ein Produktgemisch verschiedener Amine (primär, sekundär und tertiär), die aufgrund ihrer strukturellen Ähnlichkeit nur schwer zu trennen sind.

### Selektive Ein-Topf-Reaktion

Die industrielle Synthese von Fettaminen umfasst drei Schritte. Erstens: Hydrolyse von Pflanzenöl zu Fettsäuren. Zweitens: Aminierung-Dehydratisierung von Fettsäuren bei hoher Temperatur (über 250 °C) in Anwesenheit von Metalloxidkatalysatoren (z.B. Aluminiumoxid oder Zinkoxid), um Fettnitrate zu erzeugen. Schließlich drittens: Hydrierung zur Herstellung der gewünschten Amine.

„Es war unser Ziel, den Prozess so einfach wie möglich zu halten und ein Ein-Topf-System zu entwickeln, mit dem wir alle Substanzen samt Katalysator als Lösung in einem Gefäß kombinieren. Dies verbessert die Ressourcen-, Atom- und Reaktionseffizienz signifikant“, sagt Fairoosa. Im Vergleich zum industriellen Verfahren arbeitet ihr Prozess bei moderateren Temperaturen, und aufgrund der hohen Effizienz des Katalysators wird das primäre Amin mit „hervorragender Selektivität“, wie sie sagt, produziert. Und es ist auch ein kosteneffizienter Weg zu Aminen, da Fairoosa Poovan Kobalt, ein unedles Metall, als Katalysator verwendet.

Für das Experiment verwendete Fairoosa Poovan handelsübliches Sonnenblumenöl, das zum Kochen verwendet wurde. Nach einer Filtration analysierte sie es in einem akkreditierten Lebensmittelqualitätslabor, Lufa Northwest. Speiseöle sind ein komplexes System aus verschiedenen Fettsäurekomponenten. Die meisten von ihnen haben eine Kettenlänge von 16 oder 18 Kohlenstoffatomen, entsprechend unterscheiden sich auch die produzierten Amine in der Länge der Fettsäurekette. Nach den Worten von Fairoosa Poovan ist es wichtig, das Verhältnis der verschiedenen Fettsäuren im gebrauchten Speiseöl zu kennen, um Reaktion sowie Funktion und Effizienz des Katalysators beurteilen zu können.

### Geeignet für den Abbau von Polymeren

Der Prozess kann ebenso gut für das Upcycling von Kunststoffen verwendet werden, dessen Recyclingproblem sehr ähnlich ist, sogar in ähnlichem Maßstab. Jährlich verlassen 300 Millionen Tonnen Kunststoffherzeugnisse die Produktionsstätten weltweit. Laut offiziellen Angaben werden 53 Prozent dessen, was in den gelben Mülltonnen landet, zumindest in Deutschland, „energetisch“ recycelt, d.h. verbrannt.

Und damit kommen wir zurück zum Ausgangspunkt. „An einer Kreislaufwirtschaft führt kein Weg vorbei“, schließt die Chemikerin. Sie wird nächstes Jahr ihre Dissertation an der Universität Rostock verteidigen.



M. Sc. Fairroosa Poovan

PhD student, Research Department  
“Applied Homogeneous Catalysis” of Prof.  
Matthias Beller

(Foto: F. Poovan)

Scientific Contacts:

Fairoosa Poovan

PhD student

[Fairoosa.poovan@catalysis.de](mailto:Fairoosa.poovan@catalysis.de)

Prof. Dr. Matthias Beller

Head of Research Department “Applied homogeneous Catalysis”

[Matthias.Beller@catalysis.de](mailto:Matthias.Beller@catalysis.de)

Prof. Dr. Jagadeesh Rajenahally

Group Leader “ Katalyse für nachhaltige Synthesen ”

[Jagadeesh.rajenahally@catalysis.de](mailto:Jagadeesh.rajenahally@catalysis.de)



Prof. Dr. Matthias Beller

Bereichsleiter “Angewandte  
Homogenkatalyse”

[Matthias.Beller@catalysis.de](mailto:Matthias.Beller@catalysis.de)

(Foto: LIKAT)



Prof. Dr. Jagadeesh Rajenahally

Themenleiter “ Katalyse für  
nachhaltige Synthesen ”

[Jagadeesh.rajenahally@catalysis.de](mailto:Jagadeesh.rajenahally@catalysis.de)

(Foto: LIKAT)