

**Press release****Goethe-Universität Frankfurt am Main****Dr. Anne Hardy**

06/21/2011

<http://idw-online.de/en/news429228>Research results  
Chemistry  
transregional, national**Ammoniaksynthese unter milden Bedingungen****Chemiker überwinden wichtige Hürde**

FRANKFURT. Pflanzen benötigen Stickstoff für ihr Wachstum, sind allerdings nicht in der Lage, das in der Atmosphäre nahezu unbegrenzt verfügbare N<sub>2</sub>-Gas zu verwerten. Hierzu sind sie vielmehr auf symbiotisch lebende Mikroorganismen angewiesen, die Luftstickstoff mit Hilfe des Enzyms Nitrogenase in Ammoniak (NH<sub>3</sub>) umwandeln („Stickstofffixierung“) und den Boden mit pflanzlich nutzbaren Ammoniumverbindungen anreichern. Die Leistungsanforderungen der modernen Agrarwirtschaft lassen sich jedoch nur durch zusätzliche Versorgung des Bodens mit erheblichen Mengen stickstoffhaltiger Düngemittel erreichen. 90 Prozent der weltweit eingesetzten Düngemittel werden aus Ammoniak hergestellt, dessen industrielle Produktion nach dem Haber-Bosch-Verfahren mehr als ein Prozent des Weltenergieverbrauchs verschlingt. Auf dem Weg zur Entwicklung leistungsfähiger Katalysatoren zur energieeffizienteren industriellen Stickstofffixierung hat ein Team von Chemikern der Goethe-Universität und der Universität Erlangen nun eine wichtige Hürde genommen.

„Wegen der ausgeprägten Reaktionsträgheit von Luftstickstoff gelingt die Reaktion mit Wasserstoff in der industriellen Ammoniaksynthese derzeit nur unter drastischen Bedingungen – aktuelle Prozesse benötigen Temperaturen von 450 °C und Drücke von 300 bar“, erklärt Prof. Max Holthausen vom Institut für Anorganische und Analytische Chemie der Goethe-Universität. „Angesichts der milden Bedingungen, unter denen Bodenbakterien diesen Prozess durchführen, stellt die Entwicklung eines chemisch-technischen Analogons seit langer Zeit ein wichtiges Forschungsgebiet für die metallorganische Chemie dar.“

Für die synthetische Herstellung von Ammoniak sind zwei gewaltige Hürden zu überwinden: Zunächst muss das N<sub>2</sub>-Gas aus der Luft durch Spaltung der äußerst starken Dreifachbindung in N<sub>2</sub> an einem Metallzentrum chemisch aktiviert werden. Im Anschluss müssen so gebildete, metallgebundene N-Atome („Nitride“) mit Wasserstoff zur Reaktion gebracht werden („Hydrogenolyse“), so dass NH<sub>3</sub> gebildet wird. „Dabei tritt ein grundsätzliches Dilemma auf“, so Prof. Sven Schneider vom Lehrstuhl für Anorganische und Allgemeine Chemie der Universität Erlangen-Nürnberg: „Gelingt die N<sub>2</sub>-Spaltung im ersten Schritt, so ist das gebildete Nitrid in der Regel derart stabil, dass es gar nicht erst weiterreagiert.“ Während der erste Schritt in der Vergangenheit unter milden Bedingungen realisiert werden konnte, waren für den zweiten Reaktionsschritt bislang keine Beispiele bekannt.

In einer kombinierten experimentellen und theoretischen Studie berichtet das Forscherteam nun erstmalig über die Reaktion eines Metallnitrids mit Wasserstoff zu Ammoniak unter sehr milden Reaktionsbedingungen (50 °C, 1 bar H<sub>2</sub>-Druck). Der Schlüssel zum Erfolg liegt in der Verwendung eines Metallkatalysators mit „kooperativem Pinzettenliganden“. Die quantenchemische Analyse des Reaktionsgeschehens zeigt, dass die Spaltung der H-H Bindung nicht allein am Metallzentrum des Katalysators erfolgt, sondern dass das Zusammenwirken mehrerer Bausteine des Katalysators die Reaktion drastisch beschleunigt. Die gegenwärtig verwendeten Katalysatoren erlauben noch nicht die Verwendung von N<sub>2</sub>-Gas als Stickstoffquelle, sondern verwenden hierzu Azide (s. Abbildung). Aus Sicht der Grundlagenforschung stellt diese Arbeit allerdings einen Meilenstein zur Realisierung einer chemisch-technischen Variante der Stickstofffixierung dar und weist neue Wege zur Entwicklung von Katalysatoren für die Herstellung von

Ammoniak aus N<sub>2</sub> und H<sub>2</sub> unter milden Reaktionsbedingungen.

Publikation

Björn Askevold et al: Ammonia Formation by metal-ligand cooperative hydrogenolysis of a nitrido ligand, Nature Chemistry 22th May 2011 advanced online publication doi:10.1038/NCHEM.1051

Informationen: Prof. Max Holthausen, Institut für Anorganische und Analytische Chemie, Campus Riedberg, Tel: (069)798-29412 (-29430 Sekretariat), Max.Holthausen@chemie.uni-frankfurt.de.



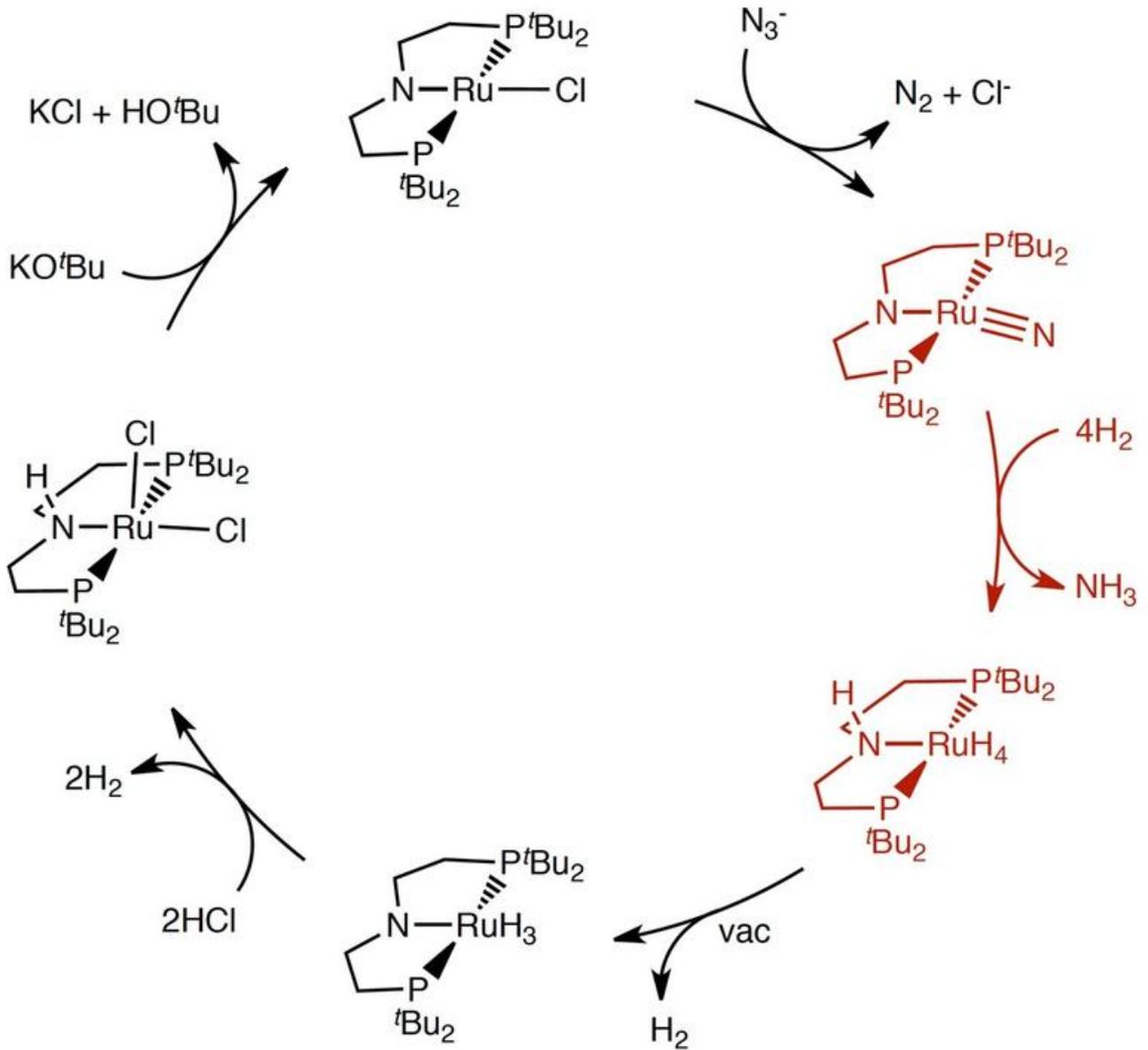
Die Goethe-Universität ist eine forschungsstarke Hochschule in der europäischen Finanzmetropole Frankfurt. 1914 von Frankfurter Bürgern gegründet, ist sie heute eine der zehn drittmittelstärksten und größten Universitäten Deutschlands. Am 1. Januar 2008 gewann sie mit der Rückkehr zu ihren historischen Wurzeln als Stiftungsuniversität ein einzigartiges Maß an Eigenständigkeit. Parallel dazu erhält die Universität auch baulich ein neues Gesicht. Rund um das historische Poelzig-Ensemble im Frankfurter Westend entsteht ein neuer Campus, der ästhetische und funktionale Maßstäbe setzt. Die „Science City“ auf dem Riedberg vereint die naturwissenschaftlichen Fachbereiche in unmittelbarer Nachbarschaft zu zwei Max-Planck-Instituten. Mit über 55 Stiftungs- und Stiftungsgastprofessuren nimmt die Goethe-Universität laut Stifterverband eine Führungsrolle ein.

Herausgeber: Der Präsident

Abteilung Marketing und Kommunikation, Postfach 11 19 32,  
60054 Frankfurt am Main

Redaktion: Dr. Anne Hardy, Referentin für Wissenschaftskommunikation Telefon (069) 798 – 2 92 28, Telefax (069) 798 -  
2 85 30, E-Mail hardy@pvw.uni-frankfurt.de

Internet: www.uni-frankfurt.de



Reaktionszyklus der Ammoniaksynthese aus einem Azid und Wasserstoffgas unter milden Bedingungen.