

Nanomaschinen: Kieler Forscherinnen und Forscher entwickeln molekulare Pumpe

Nanomaschinen: Kieler Forscherinnen und Forscher entwickeln molekulare Pumpe
Ziel des Sonderforschungsbereichs 677 an der CAU ist es, ingenieurtechnische Funktionen von Maschinen in unserer großen Welt auf der molekularen Ebene zu verwirklichen. Als Vorbild diente der Arbeitsgruppe um Professor Ulrich Lüning vom Otto Diels-Institut für Organische Chemie eine Pumpe, die eine bestimmte Gruppe von Bakterien (Halobakterien) nutzt. Das sind Mikroorganismen, die in Salzseen vorkommen. Bei diesen sorgt ein Farbstoff-Protein-Komplex (Bakteriorhodopsin) dafür, dass durch Lichtabsorption Protonen aus dem Cytoplasma nach außen transportiert werden. Der entstehende Protonen-Konzentrationsunterschied zwischen dem Cytoplasma und dem Außenmedium wird zur Herstellung von Adenosintriphosphat (ATP) genutzt, dem wichtigsten Energieträger jeder Zelle. Ähnlich wie das bakterielle Prinzip funktioniert das System der Kieler Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Es besteht aus einem ringförmigen Molekül, das sich auf einer Achse hin und her bewegen (Rotaxan) und ein Proton aufnehmen kann. "Stopper", größere Molekülgruppen an beiden Enden, verhindern, dass der Ring von der Achse fällt. Diese ist so konstruiert, dass der Ring auf einer Seite gehalten wird, um dort Protonen aufzunehmen. "An dieser Stelle haben wir Protonen hinzugegeben und durch Kernspinresonanzspektroskopie gesehen, dass der Ring anfang zu wandern", sagt Lüning. Wie war das möglich? Der Ring nimmt ein Proton auf und ist folglich positiv geladen. Nun wird er von der Achse, die an dieser Stelle ebenfalls positive Ladung besitzt, abgestoßen und bewegt sich auf die andere Seite des Rotaxans. Das Fernziel: Die Protonen werden auf einer Seite einer Membran mit Hilfe von Licht bereitgestellt. Das Rotaxan nimmt sie dann auf und transportiert sie auf die andere Seite, wo sie dann abgegeben werden. Beispielsweise bei Bestrahlung einer hinzugegebenen Fotosäure auf der Ringseite mit Licht kann sich dort der pH-Wert senken - ein Gefälle entsteht - und ein Proton wird an den Ring abgegeben. Dieser bewegt sich auf die andere Seite der Molekülverbindung, gibt dort das Proton ab und begibt sich wieder zurück in die Ausgangsposition, erklärt der Chemiker weiter. Dadurch werde die Protonenkonzentration auf der anderen Seite erhöht. Treibkraft zum Aufbau dieses Konzentrationsunterschieds wäre das eingestrahle Licht. "Dass unser Experiment funktioniert, zeigt, dass wir das Prinzip eines gezielten Protonentransports im natürlichen Vorbild, den Zellen, zunehmend verstehen und nachbauen können", freut sich Lüning über die Studienergebnisse, die den ersten Teil dieses Projekts im Sonderforschungsbereich 677 erfolgreich abschließen. Nach sechs Jahren Entwicklungsarbeit, in denen drei Doktorarbeiten und eine Diplomarbeit fertig gestellt wurden, sind die Forscherinnen und Forscher jetzt sogar in der Lage, ihre molekularen Bauteile maßzuschneidern. Perspektivisch könnte das Prinzip auf einfachere Systeme übertragen werden und so neue Wege in der Energieerzeugung eröffnen. Originalpublikation: Britta Hesseler, Melanie Zindler, Rainer Herges, Ulrich Lüning. A Shuttle for the Transport of Protons Based on a [2]Rotaxane. European Journal of Organic Chemistry (2014); DOI: 10.1002/ejoc.201402249 Fotos stehen zum Download zur Verfügung: <http://www.uni-kiel.de/download/pm/2014/2014-130-1.jpg> Bildunterschrift: Chemikerin Britta Hesseler und Chemiker Ulrich Lüning mit einem Modell der künstlichen Protonenpumpe. Foto/Copyright: Schimmelpfennig/CAU <http://www.uni-kiel.de/download/pm/2014/2014-130-2.jpg> Abbildung: Schematische Darstellung der lichtgetriebenen Protonenpumpe. a) Eine Mischung aus [2]Rotaxan und einer Fotosäure A-H wird mit Licht bestrahlt. Das [2]Rotaxan beinhaltet einen Ring mit einem basischen Stickstoffatom und eine Achse, auf der sich eine Bindungsstelle für den Ring in der Nähe einer permanenten positiven Ladung befindet. Bei Bestrahlung erhöht sich der Säurewert des A-H, so dass die Fotosäure das basische Stickstoffatom im Ring des Rotaxans protonieren kann. b) Der nun positiv geladene makrocyclische Ring wird von der positiv geladenen Achse des Rotaxans abgestoßen. c) Wenn der Ring das Proton schließlich abgibt, kann der dann neutrale Ring zur Ausgangsposition zurückkehren. Abbildung/Copyright: Lüning/Wiley Kontakt/Prof. Dr. Ulrich Lüning/Christian-Albrechts-Universität zu Kiel/Otto Diels-Institut für Organische Chemie/Tel.: 0431/880-2450/E-Mail: luening@oc.uni-kiel.de


Pressekontakt

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

24118 Kiel

luening@oc.uni-kiel.de

Firmenkontakt

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

24118 Kiel

luening@oc.uni-kiel.de

Die Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) ist die einzige Volluniversität und das wissenschaftliche Zentrum von Schleswig-Holstein. Hier studieren mehr als 24.000 junge Menschen, hier lehren und forschen rund 2.000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Von den Agrarwissenschaften bis zur Zahnmedizin bildet sie in derzeit 185 Studiengängen und zirka 80 verschiedenen Fächern aus. Zu den vier Gründungsfakultäten Theologie, Recht, Medizin und Philosophie kamen seit 1665 vier weitere hinzu: Natur- und Geisteswissenschaften, Wirtschaft, Agar- und Ernährungswissenschaft sowie Technik. Während ihrer langen Geschichte ist die Christian-Albrechts-Universität eng mit der Stadt Kiel verwachsen. Gemeinsam mit dem Klinikum ist sie heute die größte Arbeitgeberin der Region. Sie versteht sich als moderne Volluniversität verbundener Wissenschaftskulturen.