Durchbruch bei synthetischen Zellen

Lebende Systeme wie Zellen nutzen Membranporen und -kanäle, um Moleküle zu transportieren, Signale auszutauschen und biochemische Reaktionen zu organisieren. Diese Funktionen entstehen durch dynamische Wechselwirkungen zwischen molekularen Komponenten. Forschende der Universität Stuttgart haben mithilfe von DNA-Nanotechnologie eine synthetische Membranarchitektur entwickelt, die solche Wechselwirkungen nachbildet. Die neue Plattform ermöglicht einen koordinierten Molekültransport sowie programmierbare biochemische Reaktionen innerhalb eines künstlichen Kompartiments. Die Arbeit entstand in Kooperation mit Forschenden der University of Michigan und der Arizona State University. Sie wurde in Nature Chemistry veröffentlicht.

Das Forschungsteam bezeichnet die künstliche, programmierbare Plattform als „zweihalsigen synthetischen Zell-Mikroreaktor". „Wir koppeln zwei DNA-basierte Nanoporen über Membrandynamik funktionell miteinander. Die Aktivierung einer Nanopore kann dabei die Entstehung eines zweiten Porentyps auslösen. Dadurch lassen sich Molekültransport und biochemische Reaktionen innerhalb des künstlichen Kompartiments steuern", sagt Professorin Laura Na Liu, Leiterin des 2. Physikalischen Instituts der Universität Stuttgart.

Natürliche Prinzipien kollektiver Organisation auf synthetische Systeme übertragen

Biologische Komplexität entsteht aus dem Zusammenspiel vieler gekoppelter Komponenten und nicht aus isolierten Funktionen. In lebender Materie entstehen kollektive Eigenschaften durch kontinuierliche Kommunikation, Rückkopplung und dynamische Regulation über unterschiedliche räumliche und zeitliche Skalen hinweg.

„Der zweihalsige synthetische Zell-Mikroreaktor zeigt, wie sich Prinzipien kollektiver Organisation schrittweise auf synthetische Systeme übertragen lassen", sagt Professor Thomas Speck, Leiter des Instituts für Theoretische Physik IV an der Universität Stuttgart.

Plattform eröffnet Möglichkeiten für neue Biotechnologien

Durch die Kopplung von Membrandynamik, Molekültransport und programmierbaren DNA-Nanostrukturen in einem interagierenden Netzwerk führen die Stuttgarter Forschenden eine Bottom-up-Strategie ein, bei der aus einzelnen molekularen Bausteinen synthetische Module mit koordiniertem kollektivem Verhalten aufgebaut werden.

Die Plattform fungiert zugleich als kontrollierbarer Reaktionsraum im Mikromaßstab für chemische Reaktionen. Die dynamische Regulation der Membrandurchlässigkeit ermöglicht es, unterschiedliche molekulare Bausteine und Reaktionspartner in kontrollierter Reihenfolge in räumlich begrenzte Reaktionsräume einzubringen. Auf dieser Grundlage orchestrierten die Forschenden biochemische Prozesse von Enzymkaskadenreaktionen und RNA-Transkription bis hin zur kontrollierten Synthese dreidimensionaler DNA-Kristalle und Aktinpolymerisation und -bündelung zur Nachahmung der Zytoskelettorganisation.

„Dynamisch regulierte Reaktionsumgebungen dieser Art könnten neue Möglichkeiten für programmierbare biochemische Syntheseverfahren und künstliche Einheiten eröffnen, die komplexe mehrstufige Prozesse autonom organisieren", sagt Prof. Stephan Nussberger, der den Bereich Biophysik am Institut für Biomaterialien und biomolekulare Systeme der Universität Stuttgart leitet.

DNA-Nanotechnologie als Grundlage

Die Arbeit basiert auf DNA-Nanotechnologie – einem Forschungsgebiet, das DNA nicht nur als Träger genetischer Information nutzt, sondern auch als programmierbares Baumaterial für nanoskalige Architekturen und funktionale Bauelemente. Die Forschungsgruppe von Laura Na Liu hat in den vergangenen Jahren mehrere Ansätze zur Entwicklung dynamischer DNA-basierter Architekturen auf Zellmembranen etabliert.

„Die nächste große Herausforderung besteht nicht mehr allein darin, synthetische Strukturen zu konstruieren, sondern zu programmieren, wie synthetische Komponenten miteinander interagieren, kommunizieren und gemeinsam Funktionalität organisieren“, sagt Laura Na Liu. „Der zweihalsige synthetische Zell-Mikroreaktor ist ein Schritt auf diesem Weg.“

Originalpublikation

Sisi Fan, Longjiang Ding, Benjamin Renz, Allen P. Liu, Thomas Speck, Hat Yan, Stephan Nussberher, Na Liu; A synthetic cell microreactor with two types of interacting dynamic DNA-based pores, Nature Chemistry 2026

DOI: 10.1038/s41557-026-02124-7

Pressemitteilung

21.05.2026
Quelle: Universität Stuttgart

Weitere Informationen

Prof. Laura Na Liu
Universität Stuttgart
2. Physikalisches Institut
Tel.: +49 (0)711 685-65218

- Universität Stuttgart