

Wie Proteine Protonen leiten

Bochum, 09.03.2005
Pressemitteilung Nr. 81

RUB-Biophysiker klären Protonen-Transport in Zellen

PNAS berichtet: Grundlegende Frage beantwortet

So wie der elektrische Strom mittlerweile unverzichtbar für das reibungslose Funktionieren unserer Zivilisation ist, sind exakt aufeinander abgestimmte Protonen-Ströme verantwortlich für die präzise Regulation von Prozessen in lebenden Zellen. Wie aber schaffen es die Zellen ohne Verkabelung, die Protonen gezielt und schnell zu leiten? Dr. Florian Garczarek und Prof. Dr. Klaus Gerwert vom Lehrstuhl für Biophysik der RUB konnten zeigen, dass Proteine wie geschickte Ingenieure durch Anwendung der grundlegenden Prinzipien des Protonen-Transports in Wasser einen extrem schnellen und gezielten Protonen-Transport in Zellen ermöglichen. Über ihre Entdeckung berichten die Forscher zusammen mit Janos Lanyi und Leonid Brown von der University of California, USA, in der aktuellen Ausgabe der renommierten US-Fachzeitschrift PNAS (Proceedings of the National Academy of Science).

"Moses-Mechanismus" baut auf den Zufall

Protonen sind positiv geladene Atomkerne, also Wasserstoffatome ohne negativ geladene Elektronenhülle. Die Frage, wie Protonen in Wasser geleitet werden, hat viele renommierte Physikochemiker angezogen; prominent unter ihnen ist Manfred Eigen. Er konnte diese seinerzeit "unmessbar" schnellen Reaktionen in den 1960er-Jahren zum ersten Mal auflösen und wurde dafür mit dem Nobelpreis geehrt. Heute erlauben moderne Computersimulationen, diese Prozesse sichtbar zu machen: "In Wasser werden Protonen nach dem gleichen Muster transportiert wie Moses durch das rote Meer schritt", veranschaulicht Prof. Gerwert. "Vor ihm verschwand das Wasser und hinter ihm strömte es wieder zusammen." Das Proton wandert wie Moses entlang den Verbindungen zwischen den einzelnen Wassermolekülen, den sog. Wasserstoffbrücken. Dabei können sich die Protonen extrem schnell bewegen. Innerhalb von Picosekunden (ps, d.h. 10^{-12} Sekunden) oszillieren sie zwischen den einzelnen Wassermolekülen. Für ihr Vorwärtkommen ist aber nicht diese schnelle Oszillation des Protons entscheidend, sondern das zufällige Ablösen eines Wassermoleküls aus dem Komplex auf einer Seite und seine Rückbindung auf der anderen Seite. Das Proton hüpfert in die entstehende Lücke. Diesen Prozess hat daher ein israelischer Wissenschaftler als "Moses-Mechanismus" bezeichnet.

Proteine transportieren Protonen gezielt

Wie aber leiten die viel komplexer aufgebauten Proteine die Protonen? Um diese Frage zu beantworten, untersuchten die Forscher den durch Licht ausgelösten Protonenpumpmechanismus des Bakteriorhodopsins. Bakteriorhodopsin ist ein in der Zellmembran eingebautes Protein. Es kann Licht absorbieren und in gezielte Protonentransfer-Reaktionen umsetzen: Die ein Proton umhüllenden Wassermoleküle in flüssigem Wasser werden im Protein, wie in der Arbeit gezeigt werden konnte, gezielt durch Aminosäuren ersetzt. Aminosäuren sind die Bausteine der Proteine. Eine dieser Aminosäuren, Arg 82, wird dann definiert vom Protein in einem ganz bestimmten Arbeitsschritt bewegt. Im Wasser ist der Protonentransfer durch zufälliges Ablösen eines Wassermoleküls aus der Hydratschale bestimmt. Im Protein wird dieser Prozess durch eine gezielte Bewegung einer Aminosäure zu einem genauen Zeitpunkt induziert. Somit können Proteine sehr schnell und sehr gezielt die leicht beweglichen Protonen transportieren. Die sich in der Membran ansammelnden Protonen können vergleichbar einem Stausee an anderer Stelle der Membran abgelassen werden, um dort die Turbinen eines anderen Proteins, einer ATPase anzutreiben. Dieses Protein kann die Rotation der Turbinen dazu nutzen, die Bausteine ADP und Pi zu dem energiereichen ATP zusammenzusetzen. ATP ist der Treibstoff der belebten Natur. Bakteriorhodopsin betreibt Photosynthese, bei der Lichtenergie in chemische Energie umgewandelt wird.

Neue Methode erlaubt Einblicke

Prof. Gerwert und sein Team konnten den lichtgetriebenen Protonenpumpmechanismus des Bakteriorhodopsins dank eigens entwickelten spektroskopischen Methode untersuchen. "Diese sog. zeitaufgelöste trFTIR-Methode erlaubt es, Prozesse in Proteinen quasi wie mit einer Videokamera aufzunehmen", erläutert Gerwert. "Aber erst

die interdisziplinäre Kombination dieser innovativen physikalischen Methode mit modernsten genetischen Methoden konnte alle bisherigen Widersprüche über den Protonentransportmechanismus, die unter Wissenschaftlern weltweit diskutiert wurden, klären."

Titelaufnahme

Florian Garczarek, Leonid S. Brown, Janos K. Lanyi, and Klaus Gerwert

[Proton binding within a membrane protein by a protonated water cluster](#)

PNAS (102) 3633-3638 (2005)

(PDF-File - 516kB)



Prof. Klaus Gerwert zeigt ein Computerbild des Proteins.

(JPG-Bild: 450 x 310 - 32 kB)

©Kirsten Neumann

foto@kirsten-neumann.de

Weitere Informationen

Prof. Dr. Klaus Gerwert

Lehrstuhl für Biophysik der Ruhr-Universität Bochum

44780 Bochum

Geb. ND 04/596

Tel. 0234/32-24461

Fax: 0234/32-14238

klaus.gerwert@ruhr-uni-bochum.de