



Eva Nowack

1999–2003 Biologiestudium, Universität zu Köln; 2004 Diplom. 2009 Promotion bei Prof. Dr. M. Melkonian, International Graduate School for Genetics and Functional Genomics, Köln. Seit 2010 Postdoc, Carnegie Institution for Science, Stanford, CA, USA als DFG-Stipendiatin.

ISE-G¹ Postdoc Preis 2011

Evolution eines photosynthetischen Organells

EVA NOWACK

CARNEGIE INSTITUTION FOR SCIENCE, STANFORD, CA, USA

DOI: 10.1007/s12268-012-0185-9
© Springer-Verlag 2012

■ Chloroplasten, die photosynthetischen Organellen der Pflanzen, sind durch Endosymbiose aus einem Cyanobakterium entstanden. Im Laufe der Evolution ist ein Großteil der cyanobakteriellen Gene in den Zellkern der Wirtszelle gewandert. Viele Proteine, die von transferierten Genen codiert werden, werden im Zytoplasma synthetisiert und anschließend in die Chloroplasten importiert, wo sie essenzielle Funktionen erfüllen. Chloroplasten und Wirtszelle können nicht mehr als getrennte Organismen betrachtet werden. Ein chimärer Organismus mit neuen physiologischen Fähigkeiten ist entstanden, dessen Nachkommen heute als dominierende Primärproduzenten den gesamten Planeten besiedeln. Die Evolution der Chloroplasten im Detail zu verstehen, ist schwierig, da diese Endosymbiose mehr als eine Milliarde Jahre zurückliegt.

Die Amöbe *Paulinella chromatophora* (Rhizaria) hat ungewöhnliche photosynthetische Einheiten – sogenannte Chromatophoren – die morphologisch mehr Cyanobakterien als Chloroplasten ähneln (Abb. 1). Unsere Untersuchungen haben gezeigt, dass Chromatophoren unabhängig von und später als Chloroplasten aus Cyanobakterien entstanden sind [1]. Die Größe des Chromatophorengensoms

(eine Megabase) liegt zwischen der eines freilebenden Cyanobakteriums und der eines Chloroplasten [2]. Im Zellkern von *P. chromatophora* haben wir über 30 Gene identifiziert, die ursprünglich aus den Chromatophoren stammen [3]. Gentransfer in den Wirtszellkern ist schon von anderen bakteriellen Endosymbionten berichtet worden. Das weitere Schicksal solcher transferierten Gene war allerdings bisher unbekannt, da von Endosymbionten anders als von Organellen, nicht angenommen wird, dass sie mit einem Proteinimportapparat ausgestattet sind.

Interessanterweise codieren drei der transferierten Gene in *P. chromatophora* (*psaE*, *psaK1* und *psaK2*) für Untereinheiten des Photosystems I (PSI), die im Chromatophorengenom fehlen. Mittels immunologischer und proteinbiochemischer Methoden konnten wir zeigen, dass die Proteine PsaE, PsaK1 und PsaK2 im Zytoplasma der Wirtszelle synthetisiert werden und in die Chromatophoren importiert werden, wo sie mit Chromatophoren-codierten PSI-Untereinheiten zu vollständigen PSI-Komplexen assemblieren [4]. Der Mechanismus, durch den die Proteine durch die Membranen, die das Chromatophor umgeben, importiert werden, ist unbekannt; allerdings gibt es Hinweise darauf, dass vesi-

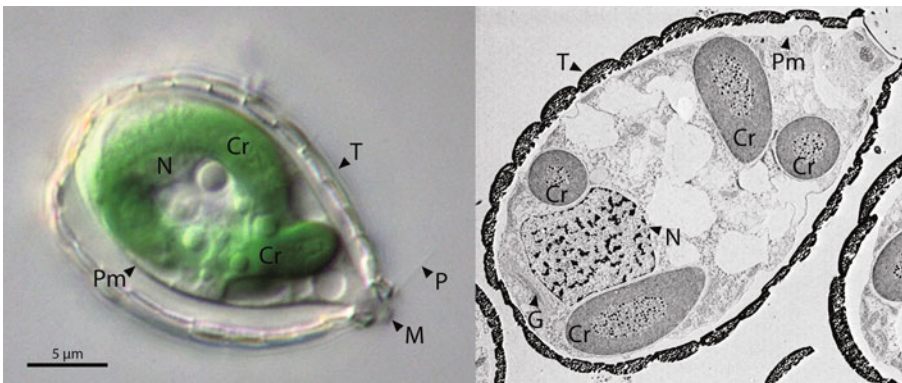
kulärer Transport durch den Golgi-Apparat involviert sein könnte.

Unsere Ergebnisse charakterisieren *P. chromatophora* als ein *missing link* in der Evolution eines Organells. Genauere Untersuchungen der Fraktion des Chromatophorenproteoms, die aus der Wirtszelle importiert wird, sowie eine Entschlüsselung des Importweges könnten Aufschlüsse über Mechanismen zulassen, die eine Wirtszelle dazu befähigen, Bakterien als Endosymbionten zu „versklaven“ und in Organellen umzuwandeln. ■

Literatur

- [1] Marin B, Nowack ECM, Melkonian M (2005) A plastid in the making: evidence for a second primary endosymbiosis. *Protist* 156:425–432
- [2] Nowack ECM, Melkonian M, Glöckner G (2008) Chromatophore genome sequence of *Paulinella* sheds light on acquisition of photosynthesis by eukaryotes. *Curr Biol* 18:410–418
- [3] Nowack ECM, Vogel H, Groth M et al. (2011) Endosymbiotic gene transfer and transcriptional regulation of transferred genes in *Paulinella chromatophora*. *Mol Biol Evol* 28:407–422
- [4] Nowack ECM, Grossman AR (2012) Trafficking of protein into the recently established photosynthetic organelles of *Paulinella chromatophora*. *Proc Natl Acad Sci USA*, doi:10.1073/pnas.1118800109

¹Internationale Gesellschaft für Endocytobiologie



▲ **Abb. 1:** Lichtmikroskopische (links) und elektronenmikroskopische (rechts) Aufnahme von *Paulinella chromatophora*. Cr: Chromatophoren; M: „Mundöffnung“; N: Zellkern; P: Pseudopodium; Pm: Plasmamembran; T: Theka (aus Silikatplättchen zusammengesetzte Zellwand).

Korrespondenzadresse:

Dr. Eva Nowack
Carnegie Institution for Science
Department of Plant Biology
260 Panama Street
94305 Stanford, CA, USA
Tel.: +1-(0)650-739-4238
enowack@stanford.edu