

## KURZZUSAMMENFASSUNG

Der Erwerb der Photosynthese durch Eukaryoten war mit Sicherheit einer der Schlüsselschritte in der Evolution des Lebens, der das Antlitz dieses Planeten wie kein zweiter evolutionärer Prozess geprägt hat. Es wird allgemein anerkannt, dass eine einzige primäre Endosymbiose, in der ein Cyanobakterium von einer heterotrophen Wirtszelle aufgenommen wurde, zur Entstehung der photosynthetischen Organellen der Pflanzen (der Plastiden) vor wahrscheinlich mehr als einer Milliarde Jahre führte. Vor einiger Zeit konnten wir nachweisen, dass die so genannten Chromatophoren, photosynthetische Einschlüsse in der filösen Thekamöbe *Paulinella chromatophora*, in einem unabhängigen, sehr viel jüngeren primären Endosymbioseereignis aus einem Cyanobakterium des *Prochlorococcus/Synechococcus* Clades (=PS-Clades) entstanden sind.

Von einer Untergruppe des PS-Clades ist bekannt, dass sie eine proteobakterielle Form 1A der RubisCO durch horizontalen Gentransfer (HGT) erhalten hat, weshalb ihre Mitglieder als  $\alpha$ -Cyanobakterien bezeichnet werden. Dadurch, dass die Chromatophoren in der rDNA-Phylogenie basal zum PS-Clade divergieren, ergibt sich die Frage, ob sich der HGT vor oder nach der Abspaltung des Vorfahren der Chromatophoren vom PS-Clade ereignet hat. Durch Sequenzanalyse und phylogenetische Untersuchung der großen Untereinheit der RubisCO von *P. chromatophora* und mehreren *Synechococcus* Stämmen, konnte in dieser Arbeit nachgewiesen werden, dass der HGT der Abspaltung des Chromatophors vom PS-Clade vorausging. Damit muss das gesamte PS-Clade zuzüglich des Chromatophors als  $\alpha$ -Cyanobakterien angesehen werden. Das  $\gamma$ -Proteobakterium *Nitrococcus mobilis* wurde als nächster bekannter Verwandter des Donors des HGT identifiziert.

Um die metabolische Rolle des Chromatophors sowie das Stadium seiner Integration in die Wirtszelle zu untersuchen, wurde die gesamte Genomsequenz des Chromatophors analysiert. Die Daten, die hier präsentiert werden, lassen eine fundamentale Reduktion des Chromatophorengenoms erkennen. Das einzelne, zirkuläre Chromosom von 1,02 Mb kodiert lediglich 867 Proteine und ist damit das kleinste bekannte cyanobakterielle Genom. Obwohl das Chromatophorengenom einen vollständigen Satz an Photosynthesegenen enthält, fehlen ihm nicht nur Gene, die für eine intrazelluläre Lebensweise als überflüssig angesehen werden können, sondern darüber hinaus zahlreiche Gene für die Biosynthese essentieller Aminosäuren und Cofaktoren. Dadurch wird der Chromatophor als photosynthetische Einheit charakterisiert, die für Wachstum und Überleben vollkommen auf ihre Wirtszelle angewiesen ist.

Die Genomdaten wurden ergänzt durch Genexpressionsdaten, die durch eine shotgun Proteomanalyse sowie durch RT-PCR gewonnen wurden. Dabei lieferte die Proteomanalyse semi-quantitative Expressionsdaten für mehr als die Hälfte der im Chromatophor kodierten Gene. Das physiologische Profil, das so erzeugt wurde, hebt die Photosynthese als Hauptbeitrag des

Chromatophors für die symbiotische Beziehung hervor, unterstreicht aber auch die Fähigkeit des Chromatophors, Fettsäuren, Isopentenylidiphosphat, verschiedene Aminosäuren und reduzierte Schwefelverbindungen zu synthetisieren. Obwohl die genetische Integration des Chromatophors durch endosymbiotischen Gentransfer (EGT) wegen der Einzelligkeit des Wirts nicht unwahrscheinlich ist, wurden keine überzeugenden Belege für ein größeres Ausmaß an EGT gefunden.

Die Chromatophoren von *P. chromatophora* sind neben den Plastiden die einzigen bekannten cyanobakteriellen Nachkommen mit einem signifikant reduzierten Genom, die einer eukaryotischen Zelle die Fähigkeit zur Photosynthese verleihen. Die Ähnlichkeit der Chromatophoren zu primären Plastiden, ihre unabhängige evolutionäre Entstehung und das frühere Stadium ihrer symbiotischen Integration, verleiht der *Paulinella* Symbiose eine Schlüsselrolle für das Verständnis der Evolution von phototrophen Eukaryoten. Durch den Vergleich einerseits mit Plastiden und andererseits mit nicht-photosynthetischen bakteriellen Endosymbionten in Invertebraten, werden frühe Stadien der Integration eines photosynthetischen Prokaryoten in eine eukaryotische Zelle beleuchtet.