

Endosymbiontentheorie – Die Entstehung der Mitochondrien

In der Frühzeit der Erde, als Sauerstoff kaum vorhanden war, wurde der Planet von einzelligen Organismen mit wenig oder keiner intrazellulären Organisation beherrscht. Einer Hypothese folgend wird vermutet, dass blaugüne Algen vermutlich so viel Sauerstoff produziert haben, dass die Ozeane ihn nicht mehr aufnehmen konnten und der Überschuss sich in der Atmosphäre ansammelte. Zu dieser Zeit, vor 700 Millionen Jahren, war Sauerstoff für die meisten Lebewesen auf der Erde ein giftiges und lebensfeindliches Gas. Um zu überleben, mussten sich neue Formen des Stoffwechsels, basierend auf der Veratmung des Sauerstoff entwickeln: Das anfängliche toxisch wirkende Gas wurde im Verlauf der Evolution zum Energielieferanten. Molekulare und fossile Daten zeigen, dass Eukaryonten vor 2,7 Milliarden Jahren auftauchten. Zu dieser Zeit war die Erdatmosphäre größtenteils frei von Sauerstoff. Die frühesten Eukaryonten gewannen ihre Energie durch Fotosynthese und hatten keine Mitochondrien. Es gilt die Lehrmeinung, dass Mitochondrien ursprünglich aerobe (sauerstoffatmende) Bakterien waren, die von einem größeren anaeroben Organismus gefressen wurden. Anstatt als Nahrung verdaut zu werden überlebte das Bakterium und wurde Teil des Zellstoffwechsels (*Endosymbiontentheorie*). Die Symbiose mit dem aeroben Bakterium erlaubte dem anaeroben Eukaryonten in einer Sauerstoffatmosphäre zu überleben, indem der anaerobe Organismus Nährstoffe für das aerobe Bakterium bereitstellte und dafür Energie in Form des Energietransferstoffes Adenosintriphosphat (ATP) erhielt.

Die Endosymbiontentheorie geht davon aus, dass Mitochondrien sich aus eigenständigen prokaryotischen Lebewesen entwickelt haben. Im Zuge des Evolutionsprozesses sind diese Einzeller eine Endosymbiose mit einer eukaryotischen Zelle eingegangen, das heißt, sie leben in ihrer Wirtszelle zum gegenseitigen Vorteil: Noch heute kann man beobachtet werden, dass amöboide Einzeller (also solche mit einer „weichen“ Membran) Cyanobakterien aufnehmen, ohne sie zu verdauen.

Das Zusammenspiel der beiden zellulären Organismen entwickelte sich im Verlauf der Evolution zu einer gegenseitigen Abhängigkeit, in der keiner der beiden Partner mehr ohne den anderen überleben konnte, das heißt, es entstand eine Endosymbiose. Die Abhängigkeit geht so weit, dass die Mitochondrien Teile ihres (nicht mehr benötigten) genetischen Materials verloren oder die entsprechenden Gene teilweise in das Kern-Genom integrierten. Einzelne Protein-Komplexe in den Organellen, wie z.B. die ATP-Synthetase, werden so zum Teil aus kernkodierten und zum Teil aus mitochondrial kodierten Untereinheiten zusammengesetzt. Analysen der Genome deuten darauf hin, dass Mitochondrien von aeroben Proteobakterien abstammen.

Die mtDNA scheint sich hervorragend für das Aufstellen von Stammbäumen zu eignen: Nach gängiger Theorie stammen nämlich beim Menschen alle Mitochondrien eines Kindes aus der Eizelle der Mutter - die Zellkraftwerke des Spermiums befinden sich in dessen "Hals", und der nimmt nicht an der Verschmelzung von Ei- und Samenzelle teil. Veränderungen in der mtDNA können nach dieser Hypothese daher nicht durch die Vermischung väterlichen und mütterlichen Erbguts entstehen, sondern sind einzig und allein auf zufällige Mutationsereignisse zurückzuführen.