



Eva Biegel

2001–2007 Biologiestudium an der Universität Frankfurt a. M.
2003–2004 University of Massachusetts in Dartmouth, MA, USA.
2007–2011 Promotion bei Prof. Dr. V. Müller, Universität Frankfurt a. M. Seit 2011 Research Scientist bei BASF SE, Ludwigshafen.

DOI: 10.1007/s12268-012-0209-5
© Springer-Verlag 2012

■ Anaerobe, acetogene Bakterien sind in der Natur weit verbreitet und stellen ein essenzielles Glied der anaeroben Nahrungskette dar. Das von ihnen produzierte Acetat setzen methanogene Archaeen zu CH_4 und CO_2 um, die in die Atmosphäre entweichen und damit den Kohlenstoffkreislauf schließen. Acetogene Bakterien sind stoffwechselfysiologisch divers und können chemoorganoheterotroph oder chemolithoautotroph durch CO_2 -Reduktion zu Acetat wachsen. Die CO_2 -Reduktion zu Acetat geschieht über den Wood-Ljungdahl-Weg (**Abb. 1**). Seit über 20 Jahren ist bekannt, dass das acetogene Bakterium *Acetobacterium woodii* diesen Weg mit dem Aufbau eines Na^+ -Potenzials über der Zytoplasmamembran koppelt. Da dieser Organismus keine Cytochrome oder Chinone enthält, wurde vermutet, dass eines der Enzyme des Kohlenstoffflusses membranengebunden ist. Experimentell konnte dies lange nicht bestätigt werden. Doch vor wenigen Jahren erfolgte die Wende mit der Entdeckung eines membranengebundenen, in den Elektronenfluss involvierten Enzyms, der Ferredoxin: NAD^+ -Oxidoreduktase (Fno).

Ich invertierte Vesikel von *A. woodii*, um herauszufinden, ob der Elektronentransfer von reduziertem Ferredoxin auf NAD^+ mit einem Na^+ -Transport über die Membran

VAAM-Promotionspreis 2012

Energiekonservierung in *Acetobacterium*

EVA BIEGEL

BASF, LUDWIGSHAFEN

gekoppelt ist. Die Oxidation von reduziertem Ferredoxin mit gleichzeitiger Reduktion von NAD^+ führte in der Tat zur Akkumulation von $^{22}\text{Na}^+$ im Lumen der invertierten Vesikel. Der Na^+ -Transport ging mit dem Aufbau eines elektrischen Feldes einher, und die Akkumulation von Na^+ wurde durch Na^+ -Ionophore, aber nicht durch Protonophore gehemmt, d. h. ein primärer Na^+ -Gradient durch Fno erzeugt. Diese Untersuchung enthüllt nicht nur die erste an den Stoffwechsel gekoppelte Ionenpumpe in acetogenen Bakterien, sondern zeigt auch zum ersten Mal, dass der exergone Elektronenfluss von Ferredoxin (~ 500 Millivolt) auf NAD^+ (~ 320 Millivolt) mit dem Aufbau eines elektrochemischen Ionengradienten über der Membran einhergeht [1]. Die Natur der Ferredoxin: NAD^+ -Oxidoreduktase konnten wir aufklären. Nach partieller Reinigung des Enzyms und der Identifizierung der Untereinheiten stellte sich heraus, dass diese den Untereinheiten des schon zuvor beschriebenen Rnf-Komplexes aus *Rhodobacter capsulatus* ähneln. Dieser Komplex ist in die Stickstofffixierung involviert (Rnf: *Rhodobacter nitrogen fixation*). Die mit molekularbiologischen Methoden detektierten Gene *rnfCDGEAB* in *A. woodii* codieren für einen membranintegralen Komplex aus sechs nicht-identischen Untereinheiten mit Eisen-Schwefel-Zentren und Flavinen als Elektronenüberträger. Bioinformatische Methoden

Verbreitung dieser Gene zeigt, dass der Rnf-Komplex nicht nur als Ferredoxin-getriebene Ionenpumpe (Na^+/H^+) in anaeroben Mikroorganismen dient, sondern auch die Energie für den rückläufigen, endergonen Elektronentransport von NAD^+ auf Ferredoxin bereitstellt, wie er z. B. für die Funktion der Nitrogenase wichtig ist.

Diese Befunde bilden den ersten Schritt zur Lösung des Rätsels, wie die CO_2 -Reduktion zu Acetat mit der Energiekonservierung in acetogenen Bakterien einhergeht. Die Identifizierung einer membranengebundenen Na^+ -translozierenden Ferredoxin: NAD^+ -Oxidoreduktase strahlt weit über das Untersuchungsobjekt hinaus. Sie spielt wahrscheinlich eine Rolle in der Energiekonservierung vieler Mikroorganismen. ■

Literatur

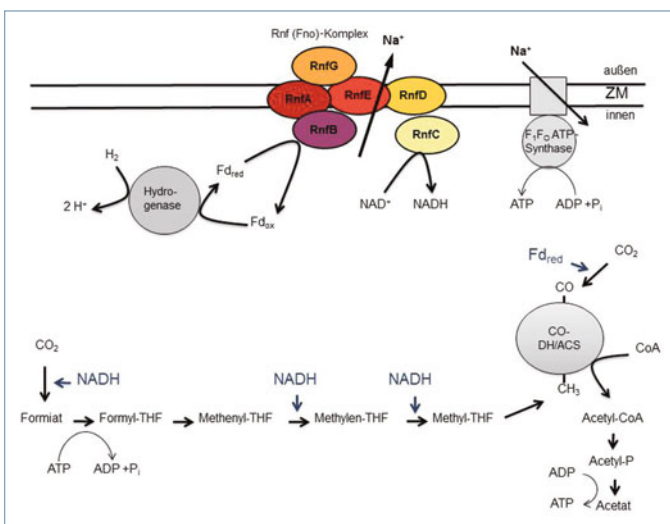
- [1] Biegel E, Müller V (2010) Bacterial Na^+ -translocating ferredoxin: NAD^+ oxidoreductase. Proc Natl Acad Sci USA 107:18138–18142
[2] Biegel E, Schmidt S, Gonzales J et al. (2011) Biochemistry, evolution and physiological function of the Rnf complex, a novel ion-motive electron transport complex widely distributed in prokaryotes. Cell Mol Life Sci 68:613–634

Korrespondenzadresse:

Dr. Eva Biegel
BASF SE
GVF/H – A030
D-67056 Ludwigshafen
Tel.: 0621-60-40847
Fax: 0621-60-6640847
eva.biegel@basf.com

Sponsoren der vier VAAM-Promotionspreise 2012 waren die Firmen: BASF, Sanofi-Aventis, Bayer Healthcare, New England Biolabs, Evonik Degussa.

wiesen das Vorkommen der *rnf*-Gene in über 200 Genomen bakterieller und archaeeller Spezies nach [2]. Die weite



◀ **Abb. 1:** Schema der Energiekonservierung im Zuge des Wood-Ljungdahl-Weges in *Acetobacterium woodii*. Eine lösliche Hydrogenase reduziert zunächst Ferredoxin (Fd). Die Elektronen werden dann vom reduzierten Ferredoxin über den Rnf-Komplex in der Zellmembran (ZM) auf NAD^+ übertragen, dabei werden Natrium-Ionen nach außen gepumpt. Durch den elektrochemischen Na^+ -Gradienten wird über eine Na^+ -abhängige F_1F_0 -ATP-Synthase ATP gebildet. NADH ist der Elektronendonator für die CO_2 -Reduktion. Die Natur der Hydrogenase und die Frage, ob weitere Reaktionen des Weges mit der Reduktion von Ferredoxin einhergehen, ist Gegenstand derzeitiger Untersuchungen. THF: Tetrathydrofolat; CO-DH/ACS: Co-Dehydrogenase/Acetyl-CoA-Synthase.