



Kai Schuchmann

Jahrgang 1986. 2006–2011 Biologiestudium an der Goethe-Universität Frankfurt a. M. 2011–2012 Forschungsaufenthalt an der Yale University, New Haven, CT, USA, bei Prof. Dr. D. Söll. 2012–2015 Promotion in der Abteilung für Molekulare Mikrobiologie und Bioenergetik bei Prof.

Dr. V. Müller, Goethe-Universität Frankfurt a. M. Seit 2016 Postdoktorand im Synthetic Biology Research Centre, University of Nottingham, UK, bei Prof. Dr. N. Minton.

DOI: 10.1007/s12268-016-0691-2
© Springer-Verlag 2016

■ Kohlenstoffdioxid ist ein vielversprechender Ausgangsstoff für die nachhaltige Synthese von Chemikalien und Treibstoffen. Der Nutzung steht jedoch bis heute die chemische Stabilität dieses Moleküls im Weg. Insbesondere die effiziente Katalyse der Hydrogenierung zu Ameisensäure bzw. Formiat ist bis heute ein ungelöstes Problem. Trotz seiner Stabilität bildet CO_2 jedoch die Ausgangsstufe allen organischen Materials auf der Erde. In der Natur konnten bisher sechs unterschiedliche Wege der CO_2 -Fixierung identifiziert werden, von denen jedoch nur einer, der Wood-Ljungdahl-Weg (WLP), über die direkte Reduktion von CO_2 zu Ameisensäure verläuft. Bisher bekannte Enzyme katalysieren hierbei jedoch nicht die direkte Hydrogenierung, sondern verwenden lösliche Elektronendonoren wie NADPH zur Reduktion von CO_2 zu Formiat.

Das Bakterium *Acetobacterium woodii* verwendet den WLP zur CO_2 -Fixierung und gleichzeitig zur Generierung von ATP. Es ist ein wichtiger Modellorganismus der acetogenen Bakterien, Organismen die in der Lage sind, durch die Umsetzung von Wasserstoff mit CO_2 zu Essigsäure zu leben. In *A. woodii* identifizierten wir einen neuartigen Enzym-

VAAM-Promotionspreis 2016

Enzymkomplex zur Speicherung von Wasserstoff

KAI SCHUCHMANN

ABTEILUNG FÜR MOLEKULARE MIKROBIOLOGIE UND BIOENERGETIK, UNIVERSITÄT FRANKFURT A. M.

komplex, der für die Reduktion von CO_2 molekularen Wasserstoff als Elektronendonator verwendet [1]. Das zytoplasmatische Enzym besteht aus einer Fe-Fe-Hydrogenase und einer Molybdän-abhängigen CO_2 -Reduktase, verbunden über eine Kette von Fe-S-Clustern (**Abb. 1A**). Die Katalyserraten des Enzyms – *hydrogen-dependent CO_2 reductase* (HDCR) genannt – sind mehrere Größenordnungen besser als die der heute bekannten chemischen Katalysatoren. Daneben hat die HDCR eine alternative Eintrittsstelle für Elektronen über reduziertes Ferredoxin, das in *A. woodii* u. a. durch die Oxidation von Kohlenstoffmonoxid bereitgestellt werden kann. Diese alternative Eintrittsstelle ermöglicht eine CO_2 -Reduktion ohne Wasserstoff, was unter bestimmten Wachstumsbedingungen von Vorteil sein kann.

Die hohen Katalyserraten machen die HDCR zu einem vielversprechenden Katalysator für die reversible Speicherung des explosiven und sehr flüchtigen Gases Wasserstoff in der Form von Ameisensäure (**Abb. 1B**). Es gelang uns, ohne genetische Modifikation, ein Ganzzellsystem zu entwickeln, das die Reaktion mit hohen Produktkonzentrationen und Ausbeuten auch ohne Isolierung des Enzymkomplexes ermöglicht [2]. Darüber hinaus füllte die HDCR eine unserer letzten Wissenslücken im autotrophen Stoffwechsel von *A. woodii* und ermöglichte zum ersten Mal

das Aufstellen eines vollständigen und balancierten Modells der Energiekonservierung in einem acetogenen Bakterium [3].

Danksagung

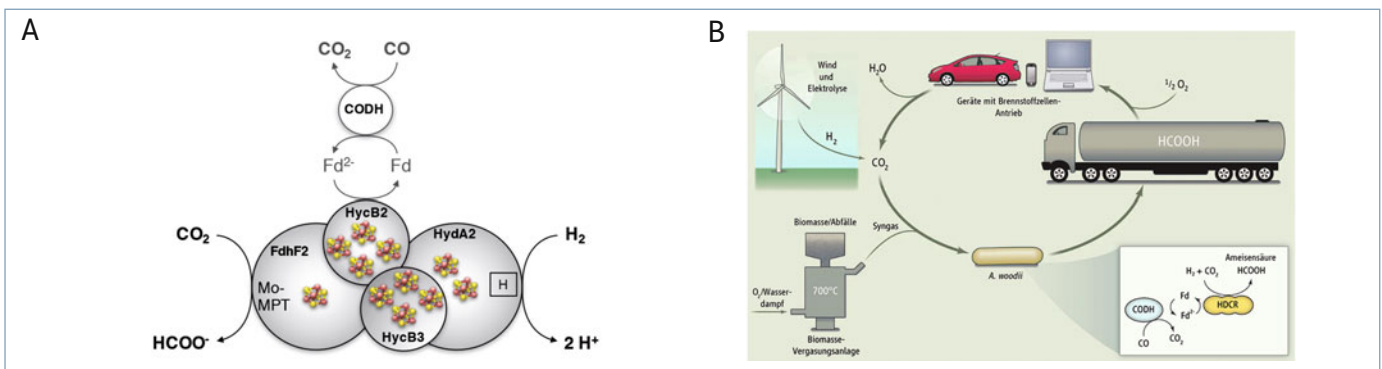
Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Prof. Dr. Volker Müller, allen Mitarbeitern seines Labors sowie allen Kooperationspartnern. Ich danke der Studienstiftung des deutschen Volkes sowie der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die ideelle und finanzielle Förderung. ■

Literatur

- [1] Schuchmann K, Müller V (2013) Direct and reversible hydrogenation of CO_2 to formate by a bacterial carbon dioxide reductase. *Science* 342:1382–1385
- [2] Schuchmann K, Müller V (2014) Autotrophy at the thermodynamic limit of life: a model for energy conservation in acetogenic bacteria. *Nat Rev Microbiol* 12:809–821
- [3] Schuchmann K, Müller V (2013) Method for storing gaseous hydrogen through producing methanoate (formate). Patent application EP 13172411.4 – 1501
- [4] Pereira I (2013) An enzymatic route to H_2 storage. *Science* 342:1329–1330

Korrespondenzadresse:

Dr. Kai Schuchmann
The Clostridia Research Group
Synthetic Biology Research Centre
Centre for Biomolecular Sciences
The University of Nottingham
University Park
NG7 2RD
UK-Nottingham
Tel.: +44-(0)115-150-89
kai.schuchmann@nottingham.ac.uk



▲ **Abb. 1:** Eine Wasserstoff-abhängige CO_2 -Reduktase. **A,** Modell des Enzymkomplexes. Fd: Ferredoxin; [H]: H-Cluster; Mo-MPT: Molybdopterin; CODH: Kohlenstoffmonoxid-Dehydrogenase. **B,** Kreislauf zur reversiblen Speicherung von Wasserstoff. Der Energieträger Wasserstoff lässt sich nach enzymatischer Umsetzung mit CO_2 in der Form von Ameisensäure sicher lagern und transportieren. Die Oxidation mit Sauerstoff in einer Brennstoffzelle liefert anschließend elektrischen Strom und regeneriert das Trägermolekül CO_2 . HDCR: *hydrogen-dependent CO_2 reductase* (modifiziert nach [4]).