



Maren Nattermann

2013–2019 B. Sc. und M. Sc. Biochemie, Universität Heidelberg. 2019–2023 Promotion betreut von Prof. Dr. T. Erb, Abteilung Biochemie und Synthetischer Metabolismus, Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie, Marburg.

2023–2024 PostDoc, Abteilung

Biochemie und Synthetischer Metabolismus, Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie.

VAAM-Promotionspreis 2024

Von Luft und Strom leben – die elektro-biochemische CO₂-Kreislaufwirtschaft

MAREN NATTERMANN

ABTEILUNG BIOCHEMIE UND SYNTHETISCHER METABOLISMUS,
MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR TERRESTRISCHE MIKROBIOLOGIE, MARBURG

DOI: 10.1007/s12268-024-2217-7

© Die Autorin 2024

Das Ziel einer nachhaltigen Bioökonomie ist es, das Treibhausgas CO₂ als Rohstoffquelle nutzbar zu machen. Dabei besteht eine fundamentale Herausforderung: Das Molekül ist hoch oxidiert und damit energiearm. Die Natur nutzt zur CO₂-Fixierung die Lichtreaktion der Photosynthese als Energiequelle. Da die gängigsten genutzten Mikroorganismen der Biotechnologie keine Energie aus Sonnenlicht ziehen können, geht man hier über *Power-to-X*-Methoden einen alternativen Weg und reduziert CO₂ zunächst elektrokatalytisch zu Einkohlenstoffverbindungen, die gleichzeitig als Kohlenstoff- und Energiequelle dienen.

In meiner Arbeit beschäftige ich mich mit Ameisensäure, die sich selektiv aus CO₂ herstellen lässt (**Abb. 1**). Ameisensäure, vor allem in ihrer neutralisierten Form Formiat, ist für die Bioproduktion gut geeignet. Sie ist ungiftig, nicht brennbar, lässt sich problemlos als Feststoff lagern und ist dennoch gut wasserlöslich, um an Mikroben verfüttert zu werden. Sowohl die Bildung von Formiat aus Kohlenstoffdioxid als auch die mikrobielle Gewinnung vieler Wertstoffe (Pharmazeuti-

ka, Biodiesel, Bioplastik) sind bereits etabliert – teilweise in industriellem Maßstab. Allerdings kann Formiat bislang nicht in diese Produktionskaskaden eingeschleust werden. Dazu muss es metabolisch aktiviert und zu langkettigen Kohlenwasserstoffen aufgewertet werden.

Mit einem synthetisch-biologischen Ansatz habe ich während meiner Promotion eine energieeffiziente Aufwertung von Formiat zu Formaldehyd entwickelt, das durch seine hohe Reaktivität in Zellen schnell weiter umgewandelt werden kann. Kern dieses Prozesses ist ein synthetisches Enzym, eine Formylphosphatreduktase. Zunächst aktiviert es Formiat unter ATP-Verbrauch zu Formylphosphat, bevor es zu Formaldehyd reduziert werden [1]. Diese kurze Kaskade kann eingesetzt werden, um Formaldehyd über methylo-trophe Stoffwechselwege als Kohlenstoffquelle für das Zellwachstum zu nutzen oder um es direkt in Wertstoffe wie Glykolsäure umzusetzen (**Abb. 1**, [2]). Ich konnte die Produktionskaskade von Formiat zu Glykolsäure in eine bestehende mikrobielle Produktionsplattform einbauen, wodurch erstmalig die Produktion von Feinchemikalien aus Formiat als einzigem Substrat gelang.

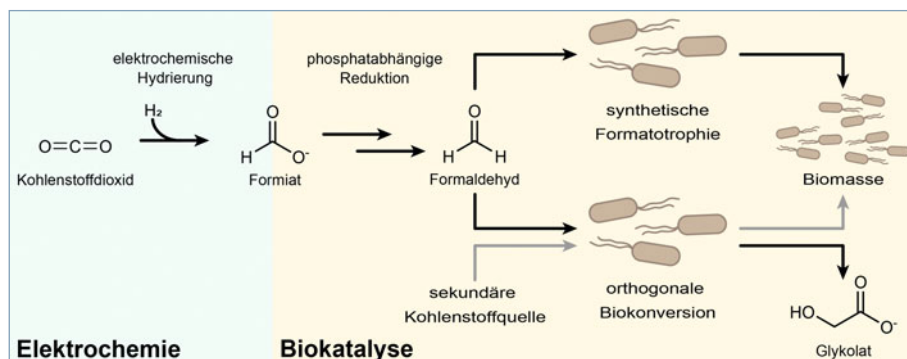
Dabei sind die entwickelten Kaskaden modular: Ihre Komponenten können sowohl einzeln als auch in Kombination eingesetzt werden, sind inner- und außerhalb des lebenden Systems aktiv und schnell an neue Bedingungen anpassbar. In Zeiten steigenden Bewusstseins für den Umgang mit natürlichen Ressourcen ermöglichen wir somit eine Vielzahl an Ansätzen zur Wiederaufwertung von Kohlenstoffdioxid und stellen damit eine echte Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft in Aussicht.

Danksagung

Ich bedanke mich bei Tobias Erb für die herausragende Betreuung meiner Doktorarbeit. Zudem danke ich den Mitgliedern der AG Erb sowie allen Kollaborationspartnerinnen und -partnern, die zu meiner Forschung beigetragen haben. Meine Promotion wurde durch das BMBF-Projekt MetaFor finanziert. ■

Literatur

- [1] Nattermann M, Wenk S, Pfister P et al. (2023) Engineering a new-to-nature cascade for phosphate-dependent formate to formaldehyde conversion in vitro and in vivo. *Nat Commun* 14: 2682
- [2] Nattermann M, Burgener S, Pfister P et al. (2021) Engineering a Highly Efficient Carboligase for Synthetic One-Carbon Metabolism. *ACS Catalysis* 11: 5396–5404



▲ **Abb. 1:** Elektro-biochemische Systeme für die Produktion von Wertstoffen aus CO₂. CO₂ wird elektrokatalytisch zu Formiat und anschließend enzymatisch zu Formaldehyd umgesetzt. Dieses kann entweder als reine Kohlenstoffquelle genutzt werden, um Biomasse aufzubauen, oder unter Nutzung einer zweiten Kohlenstoffquelle die Bioproduktion von Wertstoffen wie Glykolat ermöglichen.

Funding note: Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.
Open Access: Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen. Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Korrespondenzadresse

Dr. Maren Nattermann
Abteilung Biochemie und Synthetischer Metabolismus
Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie
Karl-von-Frisch-Straße 10
D-35043 Marburg
maren.nattermann@mpi-marburg.mpg.de