Fraunhofer IGB

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

Arne Roth, Jonathan Thomas Fabarius

Biotechnologische Nutzung von CO_2 als Rohstoff

Nachhaltige Biotechnologische Innovationen als Beitrag zum Klimaschutz
Bioökonomieforum 2023 / Berlin, 04.12.2023

Agenda

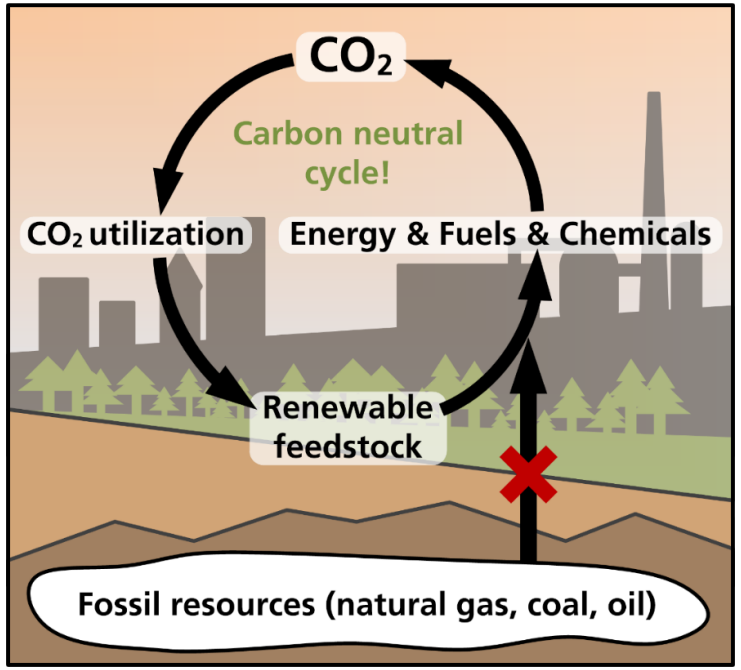
- Warum CO_2 als Rohstoff?
- Möglichkeiten der biotechnologischen Nutzung von CO_2
- Gasfermentation vs. Fermentation flüssiger CO_2-Derivate
- Beispiel: Fermentative Produktion von Glycol- und Milchsäure
- Zusammenfassung und Ausblick

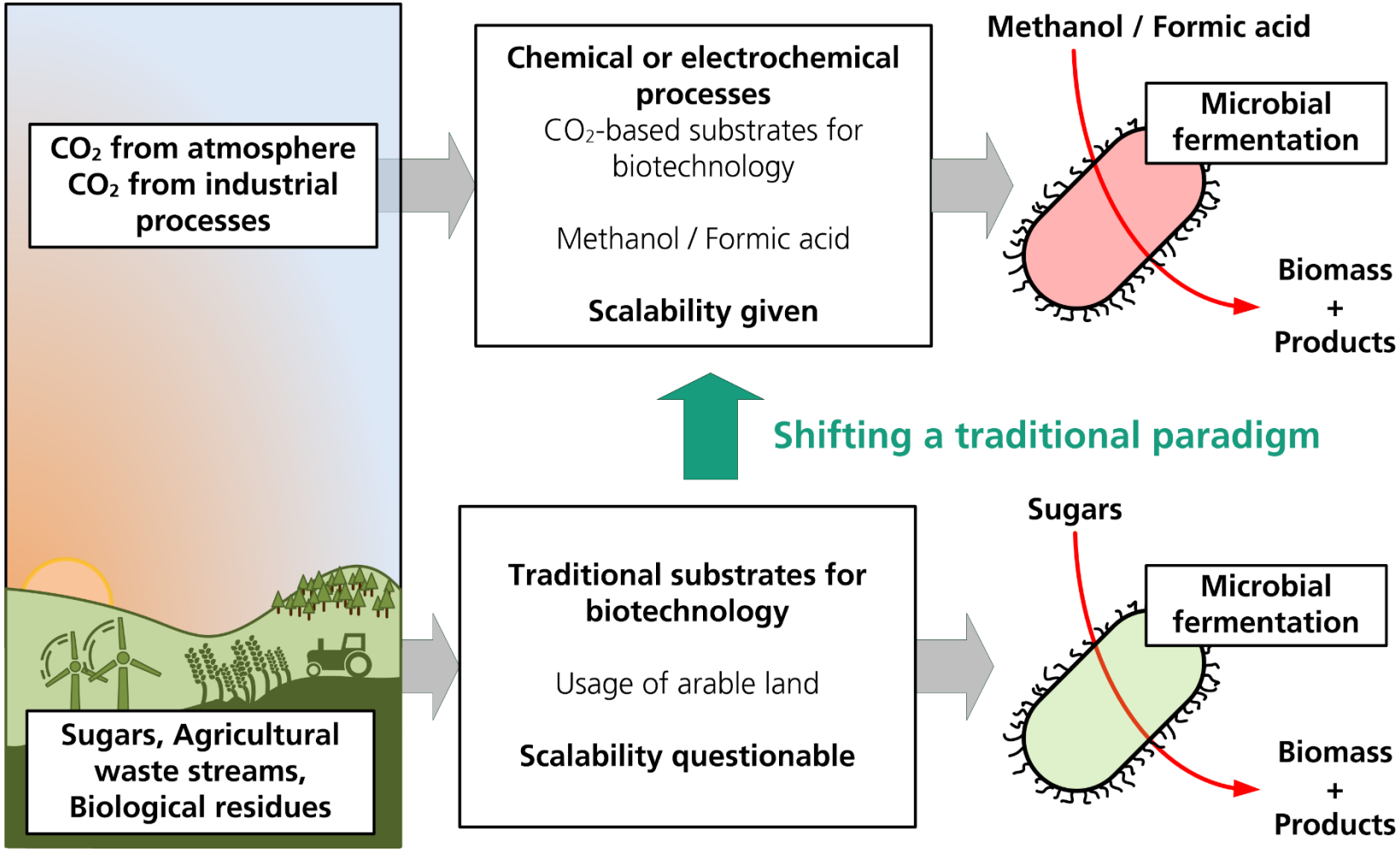
 © Fraunhofer IGB

Fraunhofer IGB

Warum CO_2 als Rohstoff?

Paradigmenwechsel in der Biotechnologie



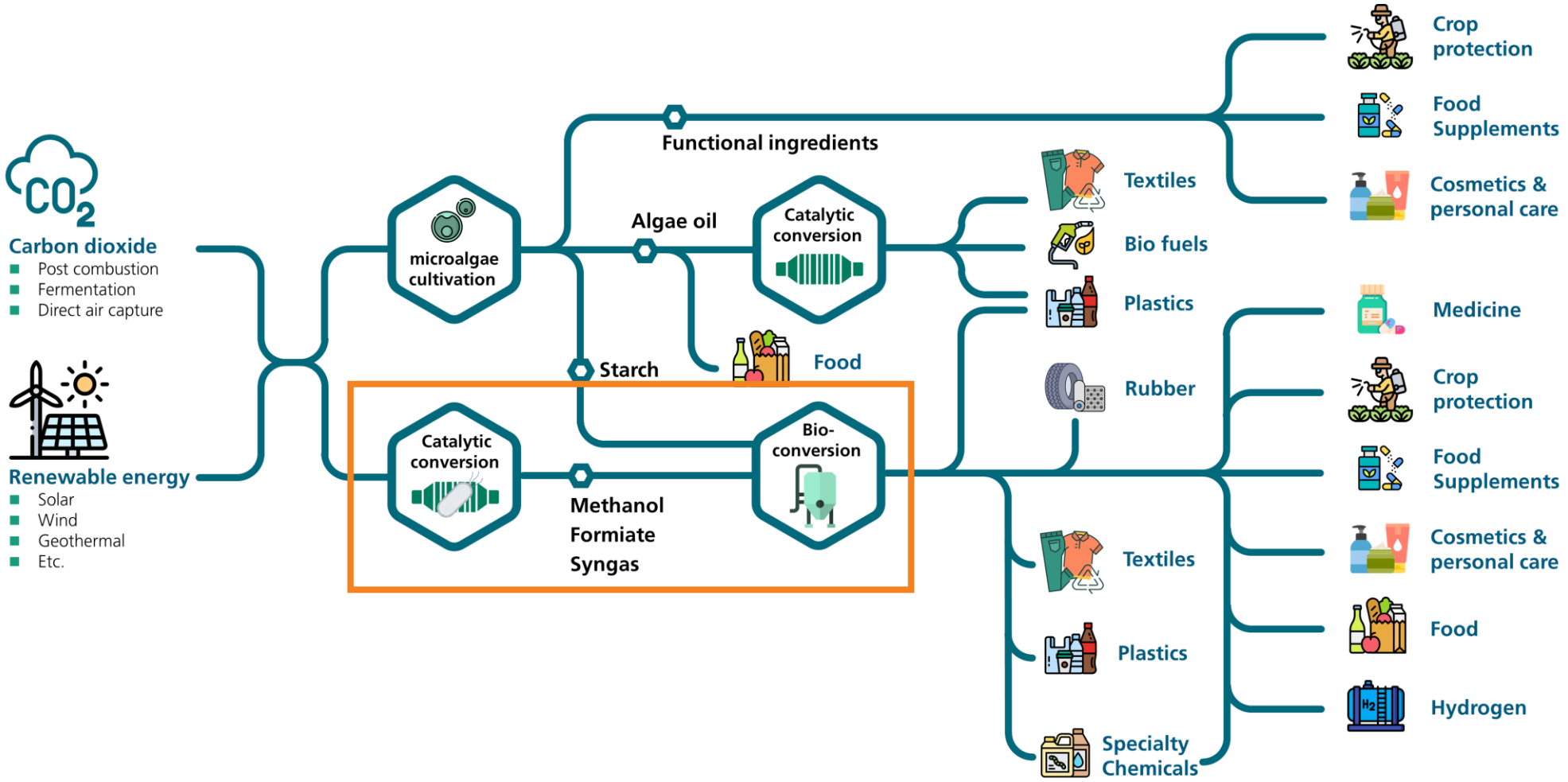


 © Fraunhofer IGB

Fraunhofer IGB

Möglichkeiten der biotechnologischen Nutzung von CO_2

Breites Anwendungsfeld



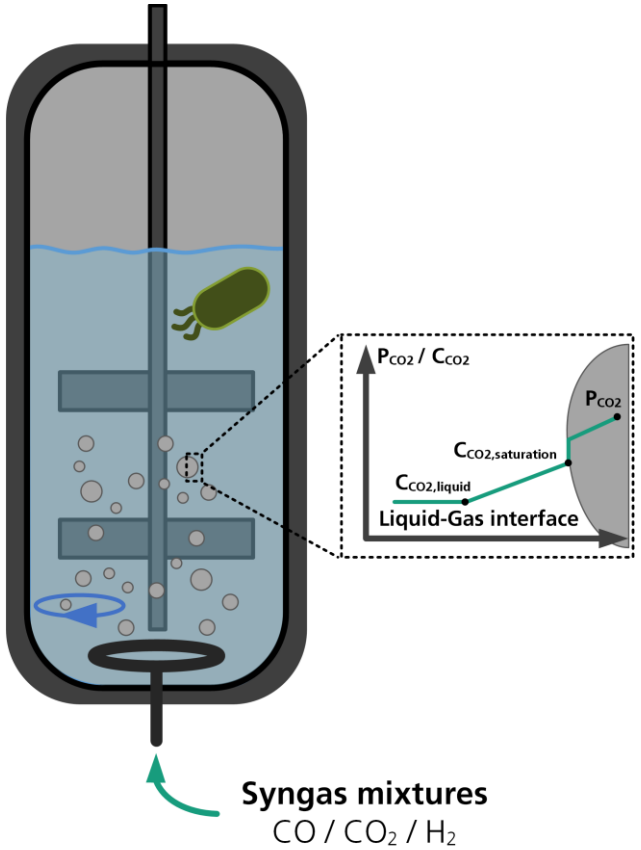
 © Fraunhofer IGB

Fraunhofer IGB

Fermentation von Gasen oder von flüssigen CO_2-Derivaten?

Synthesegas vs. Methanol/Formiat

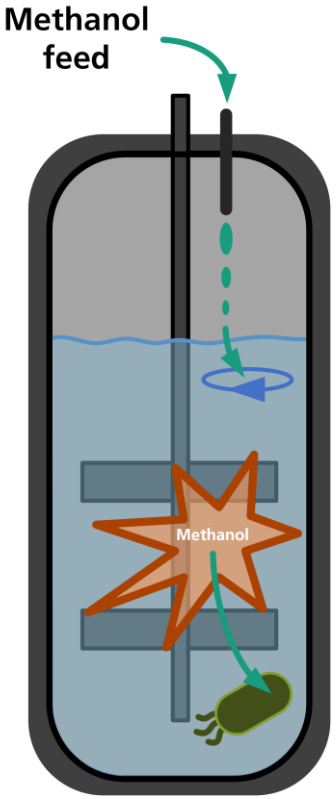
Gasfermentation



- Direkte Nutzung von CO_2 als Substrat
- Explosive/toxische Gase
- Limitierter Stofftransport
- Ausreichende Substratversorgung technisch herausfordernd
- Komplexes Reaktordesign

Methanol/Formiat-Fermentation

- Indirekte CO_2-Nutzung (zusätzlicher Konversionsschritt)
- Brennbare/toxische Verbindung (Methanol)
- kein limitierter Stofftransport
- Gute Durchmischung, einfache Dosierung
- Einfaches Reaktordesign



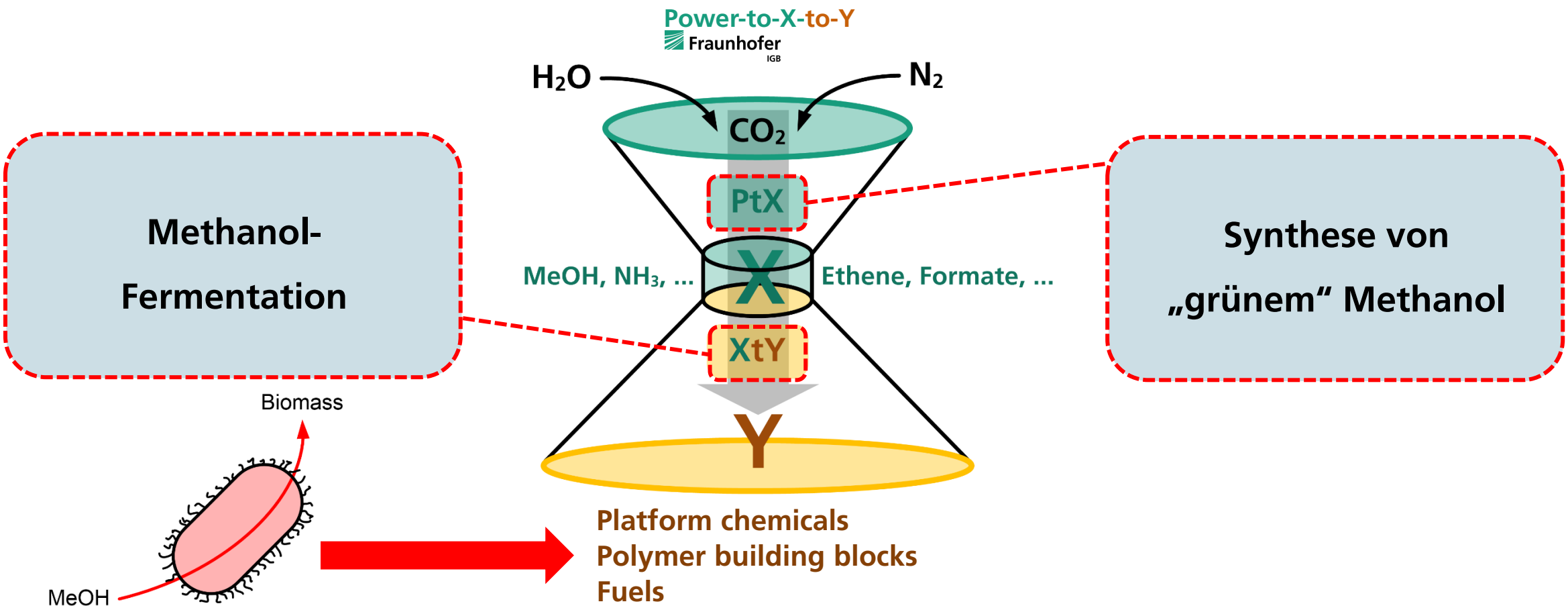
https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2020.08.008
https://doi.org/10.1111/1751-7915.13270

 © Fraunhofer IGB

Fraunhofer IGB

Katalytische Prozesse für eine nachhaltige Power-to-X-to-Y Industrie

Chemikalien und Kraftstoffe aus CO_2, Wasser, Stickstoff und erneuerbarer elektrischer Energie

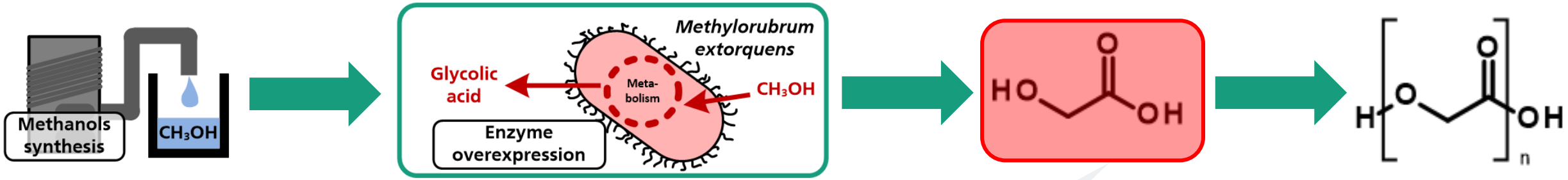


 © Fraunhofer IGB

Fraunhofer IGB

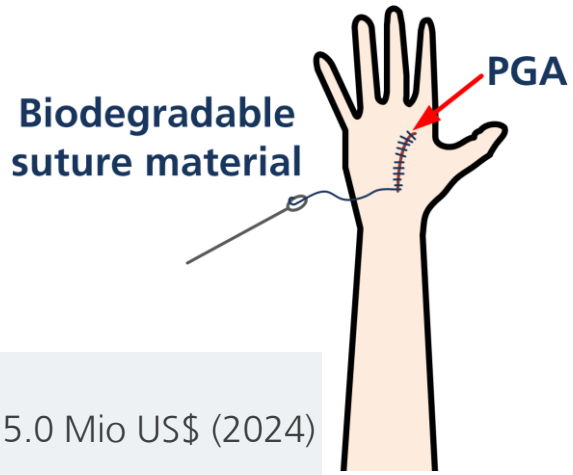
Etablierung einer Methanol-basierten Fermentationsplattform

Glycolsäure: Vielseitige Verbindung für zahlreiche Anwendungen



Anwendung in verschiedenen Industriezweigen

Textilien	→ Färben und Gerben
Haushalt	→ Reinigungsmittel
Nahrung	→ Aroma und Konservierung
Pharma	→ Hautgesundheit
Kosmetik	→ Anti-ageing
Chemie	→ Tinten und Farben



Markvolumen

159.6 Mio US$ (2015) → 415.0 Mio US$ (2024)

→ **CAGR: 11.2 %**

Salusjärvi, L., Havukainen, S., Koivistoinen, O. et al. Biotechnological production of glycolic acid and ethylene glycol: current state and perspectives. Appl Microbiol Biotechnol 103, 2525–2535 (2019).

 © Fraunhofer IGB

Fraunhofer IGB

Engineering von *M. extorquens* zu einem Glycolsäureproduzenten

Methylorubrum extorquens

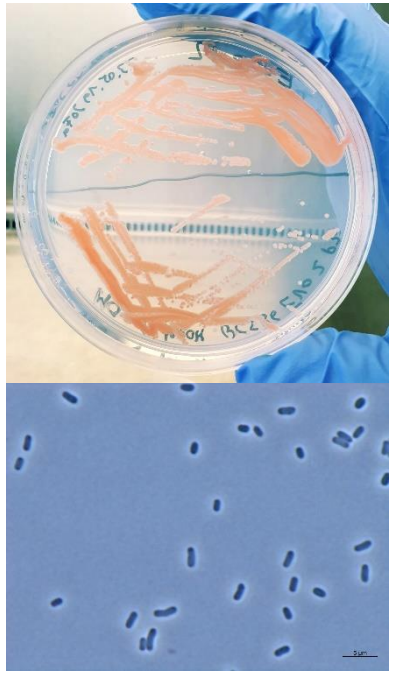
- α-Proteobakterium (Gram-negative)
- Modellorganismus methylotropher Bakterien
- Metabolisiert verschiedene C_1 Verb.

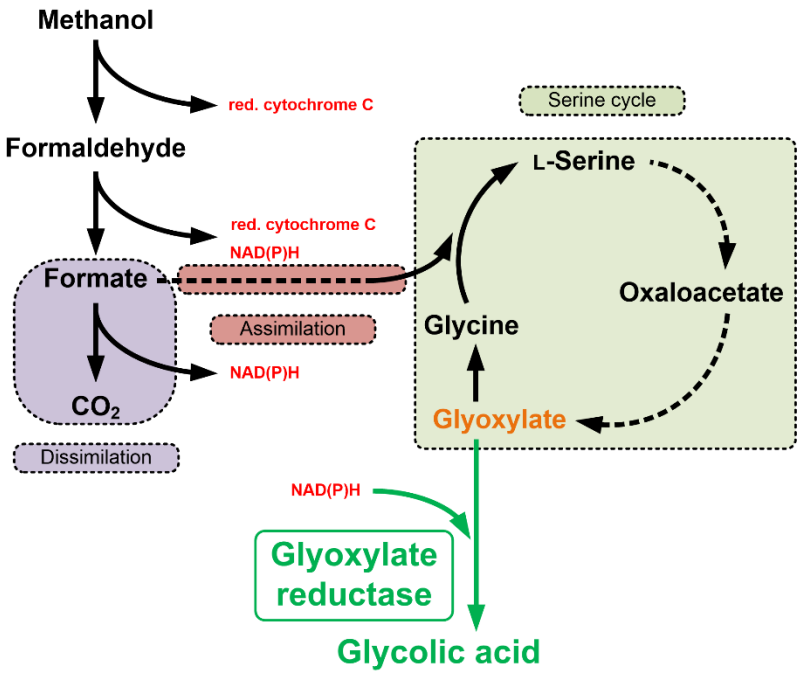
Metabolismus

- ✓ Gut verstandener Stoffwechsel
- ✓ ^{13}C Metabolische Flussanalyse
- ✓ Stoffwechselmodell verfügbar

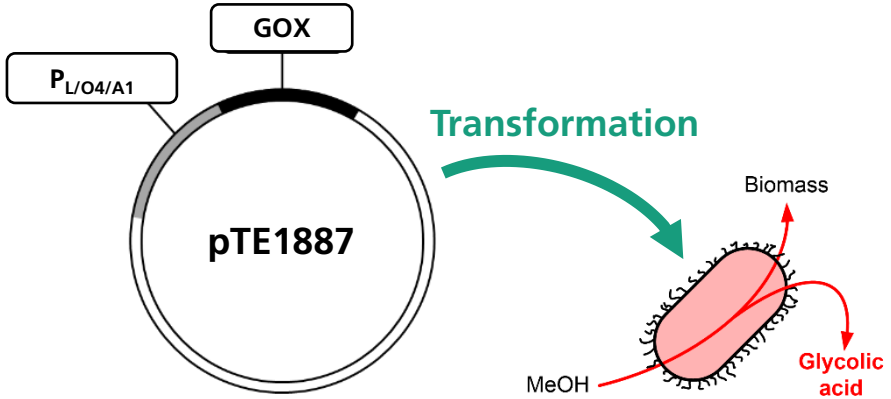
Genetisches Engineering

- ✓ Genom sequenziert
- ✓ Gentechnische Werkzeuge verfügbar
- ✓ Werkzeuge zur Stoffwechselregulierung verfügbar





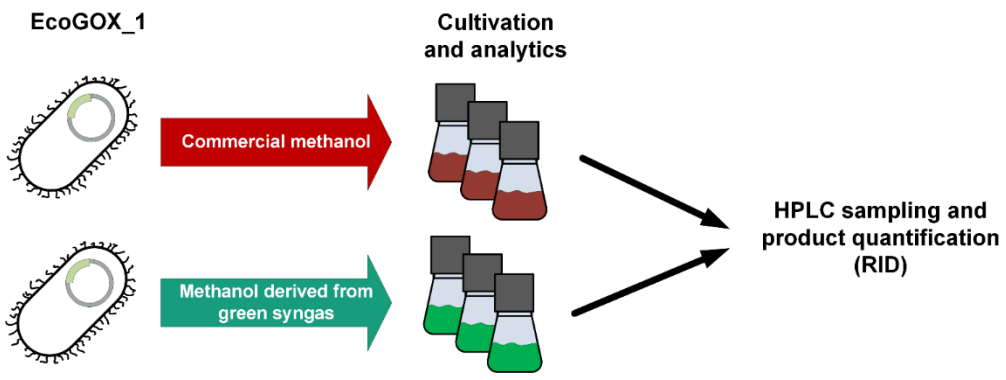
Episomale Expression von Glyoxylatreductase (GOX)

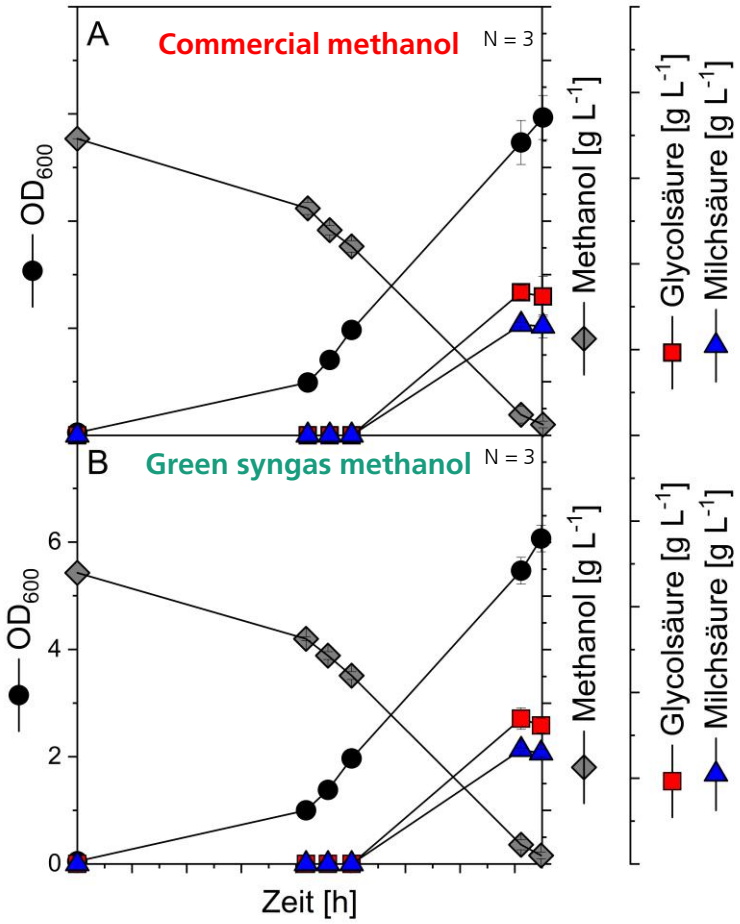


Peyraud, R. et al. Genome-scale reconstruction and system level investigation of the metabolic network of *Methylobacterium extorquens* AM1. BMC Systems Biology, 2011. 5(1): p. 189.
Carrillo, M., M. Wagner, F. Petit, A. Dransfeld, A. Becker, and T.J. Erb, Design and Control of Extrachromosomal Elements in *Methylorubrum extorquens* AM1. ACS Synthetic Biology, 2019. 8(11): p. 2451-2456.

© Fraunhofer IGB

Glycol- und Milchsäure aus „grünem“ Methanol produziert





Drei Polymere zugänglich!

1. Polyglycolsäure
2. Polylactid-co-glycolid
3. Polymilchsäure

Upcycling/Speicherung von CO_2

Proof-of-Concept

- ✓ Glyoxylatreduktase Screening erfolgreich
- ✓ Überraschung: Milchsäurebildung! (GC-MS)
- ✓ **Patentanmeldung erfolgt**

Fabarius et al. (Manuscript in preparation/Patent pending)

 © Fraunhofer IGB

Fraunhofer IGB

Zusammenfassung und Ausblick

→ **Nutzung von CO_2 und CO_2-Derivaten als Substrate ermöglichen die Verbindung von Power-to-X und Biotechnologie: Power-to-X-to-Y**

→ **Rohstoffbasis riesig, Produktvielfalt groß**

→ **Praxisbeispiel: Glycol- und Milchsäure aus CO_2-basiertem Methanol**

 © Fraunhofer IGB

Fraunhofer IGB

Fraunhofer IGB

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

Vielen Dank

Dr. Arne Roth
Leiter Innovationsfeld Nachhaltige katalytische Prozesse
Tel. +49 9421 9380-1030
arne.roth@igb.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB
Bio-, Elektro- und Chemokatalyse BioCat, Institutsteil Straubing
Schulgasse 11a
94315 Straubing
www.igb.fraunhofer.de