

59. Essener Tagung für Wasserwirtschaft / 04. – 06.03.2026

Anaerobe Abwasserbehandlung mithilfe des phototrophen Bakteriums *Rhodopseudomonas palustris*

Masterarbeit – Maik Siegel

Technische Universität Dresden | Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft

„Originaltitel: „Utilisation of the purple non-sulfur bacterium *Rhodopseudomonas palustris* for carbon removal from synthetic wastewater as part of a multi-step wastewater treatment process“



Institut für Abfall- und
Kreislaufwirtschaft

Kommunale und industrielle Abwasserbehandlung



Bildquelle: <https://ilm-ing.de/>



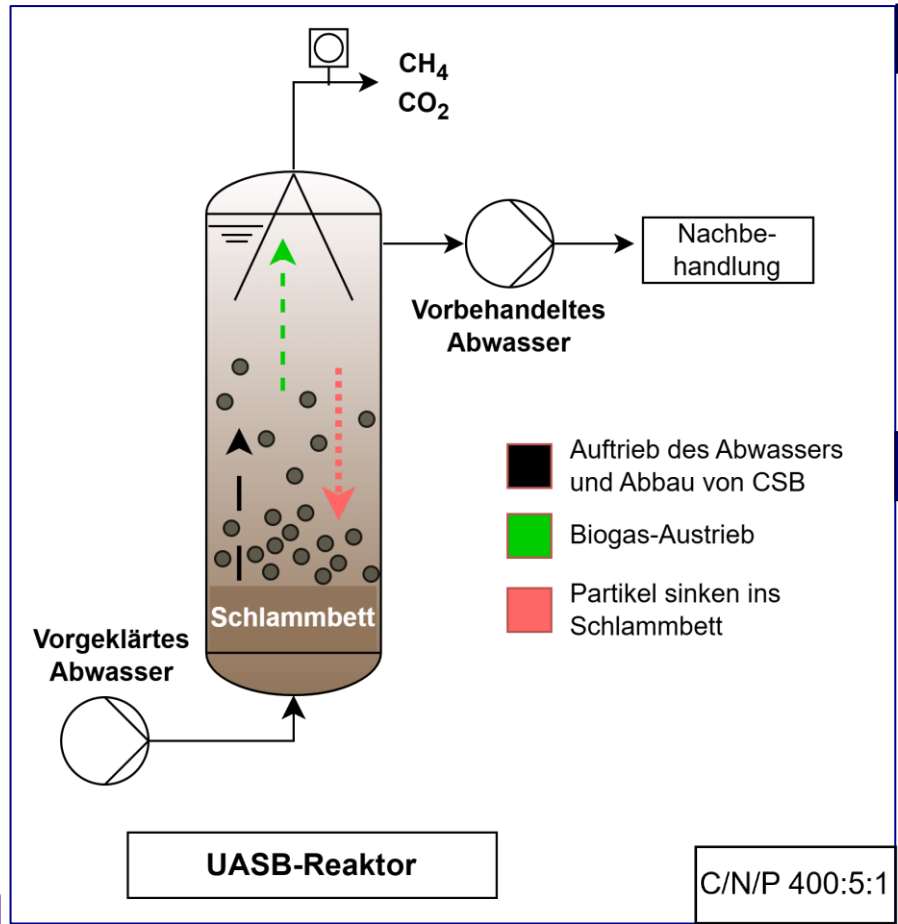
Bildquelle: <https://www.hydrotech-group.com/>

Biologische Stufe (Anaerob) UASB-Reaktor

CSB-Abbau zu CO₂ & CH₄

Verweilzeit: 6 – 12 h

- Geringer Flächenbedarf
- Keine Belüftung
- Geringerer Energieverbrauch
- Hohe Raumbelastung
- Geringe Mengen Überschussschlamm



Quelle: Zielinsky et al. (2022), eigene Abbildung.

Biogasaufbereitung

Energie aus Biogas

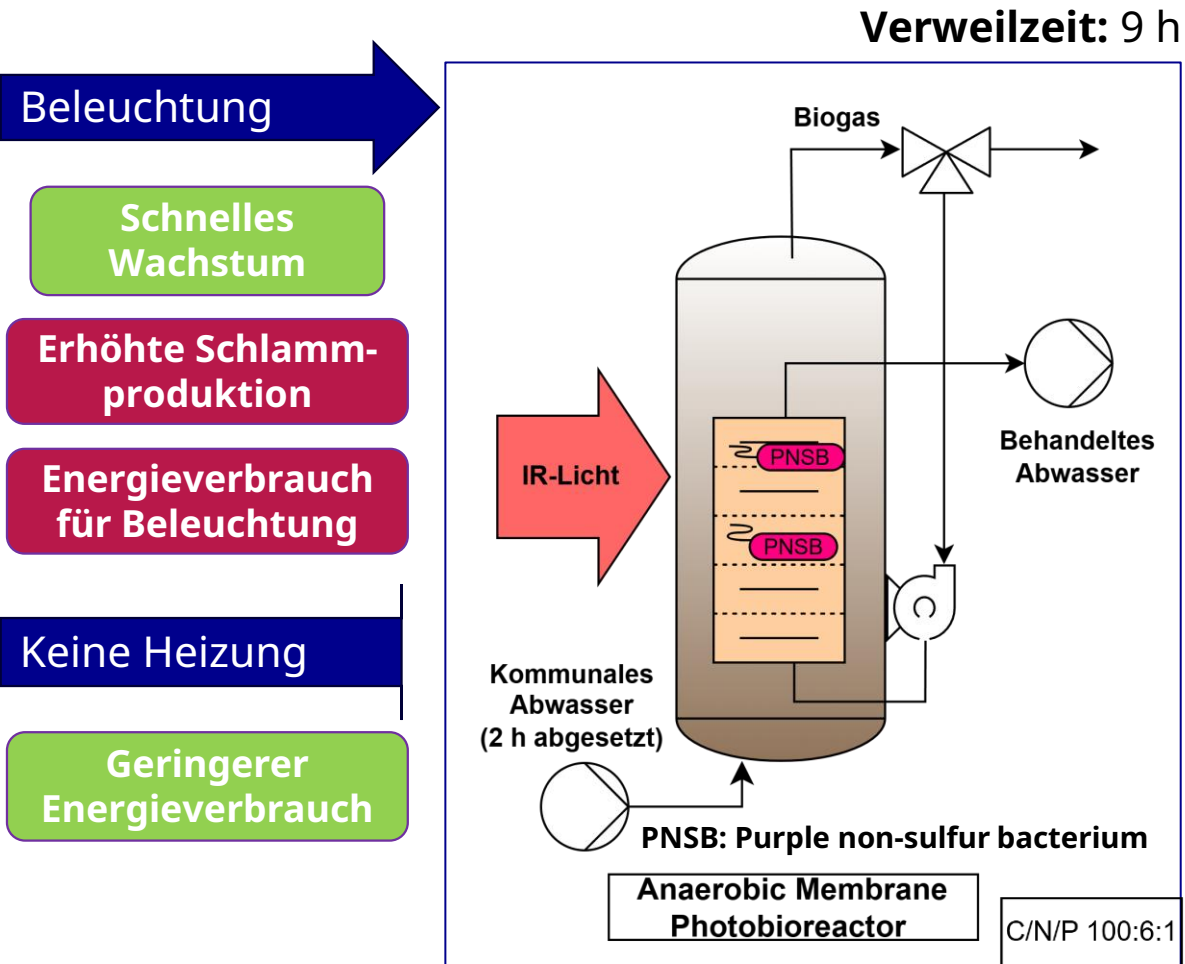
Energieverbrauch für Heizung

Aerobe Nachbehandlung

Unzureichende Nährstoff-Entfrachtung

- Biogas als Energieträger
 - Anaerobier wachsen langsam
 - N- und P-Abbau sehr gering
 - Temperaturen um 35°C nötig

Komplett anaerobe Behandlung bei 22°C Membran-Photobioreaktor



Quelle: Dalaei et al. (2019), eigene Abbildung.

CSB-Abbau zu CO_2 & CH_4

NH_4 -Abbau durch Wachstum

PO_4 -Abbau durch Wachstum

22 °C – 9 h HRT

Input

CSB 370 mg/L
TN 48 mg/L
TP 6,6 mg/L

+ 310 mg/L CSB

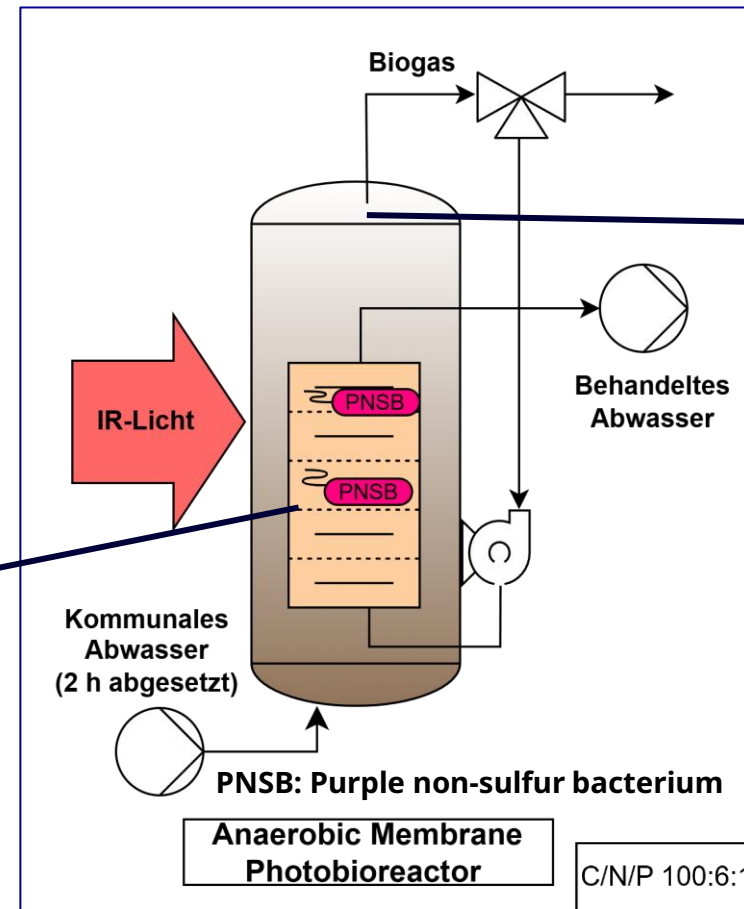
Output
CSB 46 mg/L
TN 29 mg/L
TP 1.3 mg/L

Output
CSB 46 mg/L
TN 5,9 mg/L
TP 0,6 mg/L

C/N >15:1 nötig

- CSB- und P-Grenzwerte erreicht
- Phototrophe Bakterien mit schnellem Wachstum
- N-Abbau CSB-Dosierung nötig

Forschungsfragen

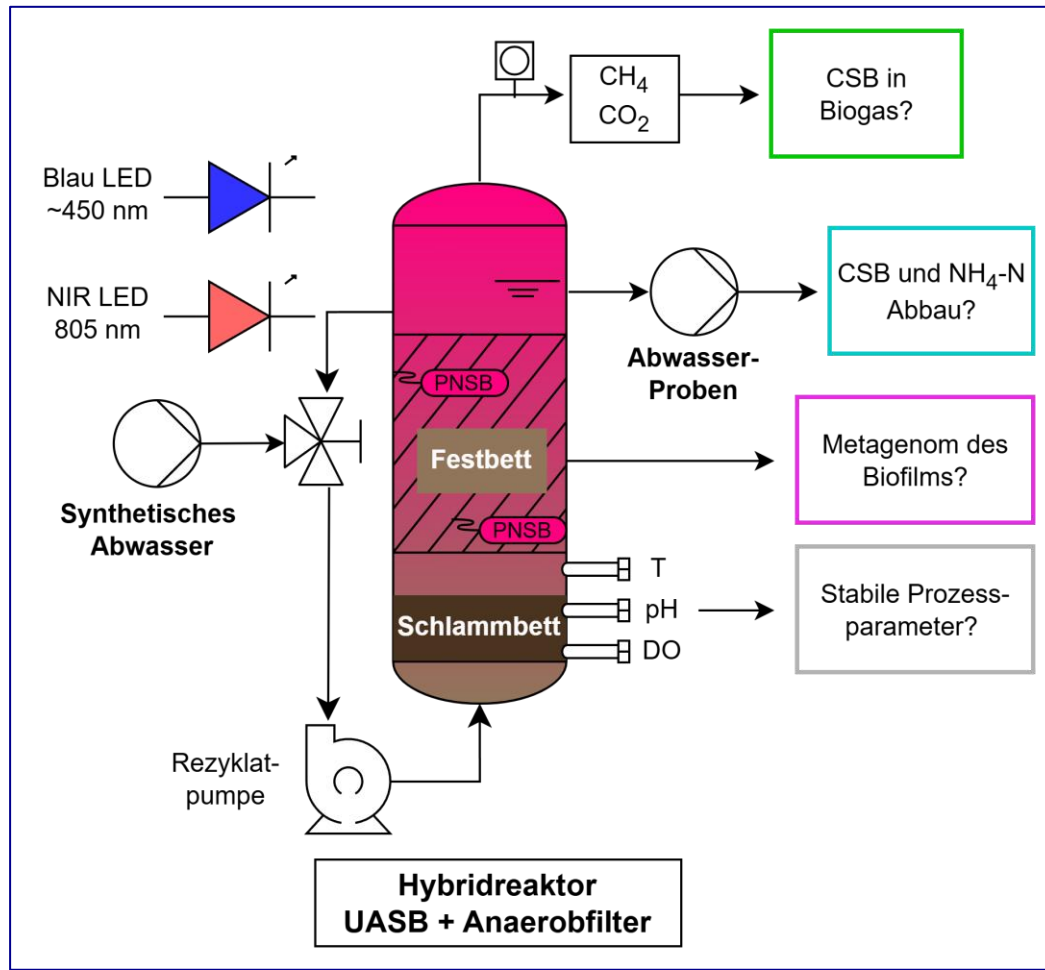


Welche Auswirkungen auf Biogas?

Wie ändert sich das Mikrobiom?

Quelle: Dalaei et al. (2019), eigene Abbildung.

Co-Vergärung mit *Rhodospseudomonas palustris* Hybridreaktor (UASB-Anaerobfilter)



Eigene Abbildung.

Anlaufphase (Tag 0 – 56)
Klärschlamm + Dunkelheit

Versuchsphase (Tag 56 – 89)
Inokulum (*R. palustris*) + LED-Beleuchtung

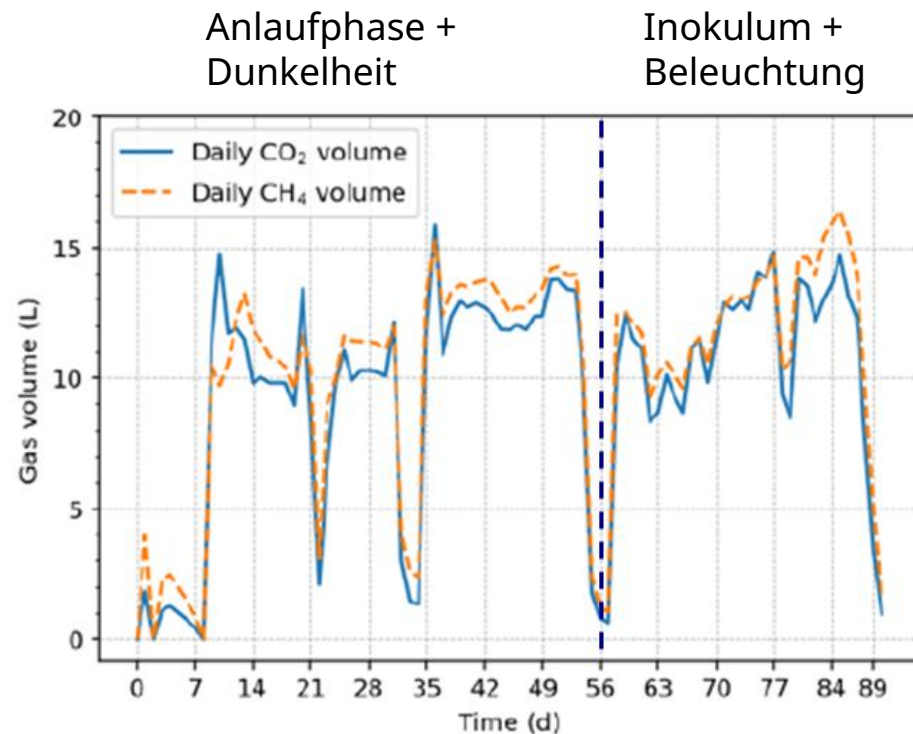
T 35 °C | HRT 11 d | C/N 12:1

B_r 2,0 g CSB / L·d | 60 mg $\text{NH}_4\text{-N}$ / L·d

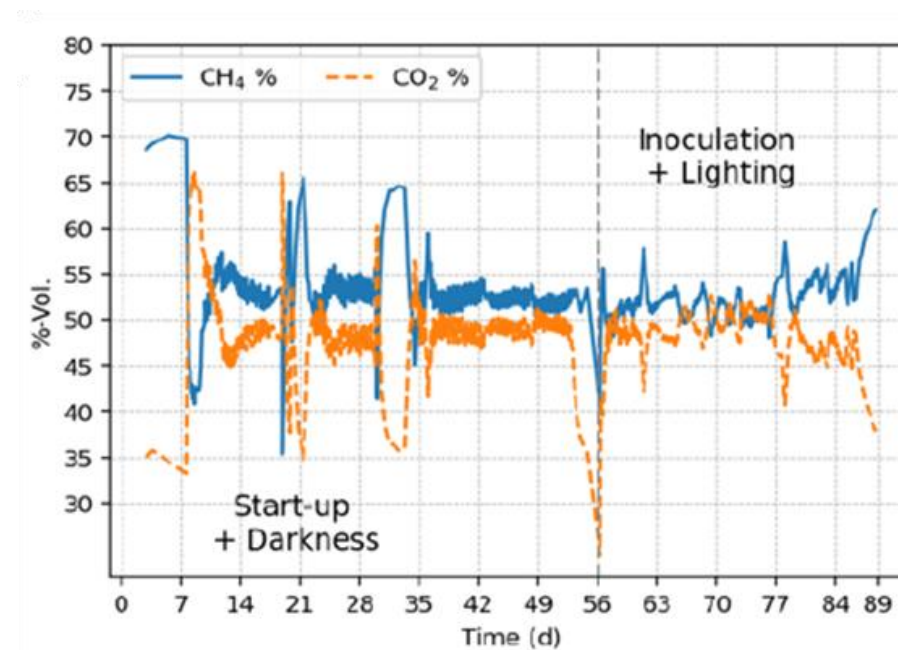
- Hohe HRT für vollständige CSB-Umsetzung
- Übertragung von Membran-Reaktor auf einfacheren Festbett-Reaktor
- Klärschlamm-Mikrobiom + *R. palustris*-Kultur

Biogasertrag und Zusammensetzung

- leicht geringerer Biogas-Ertrag nach Inokulation

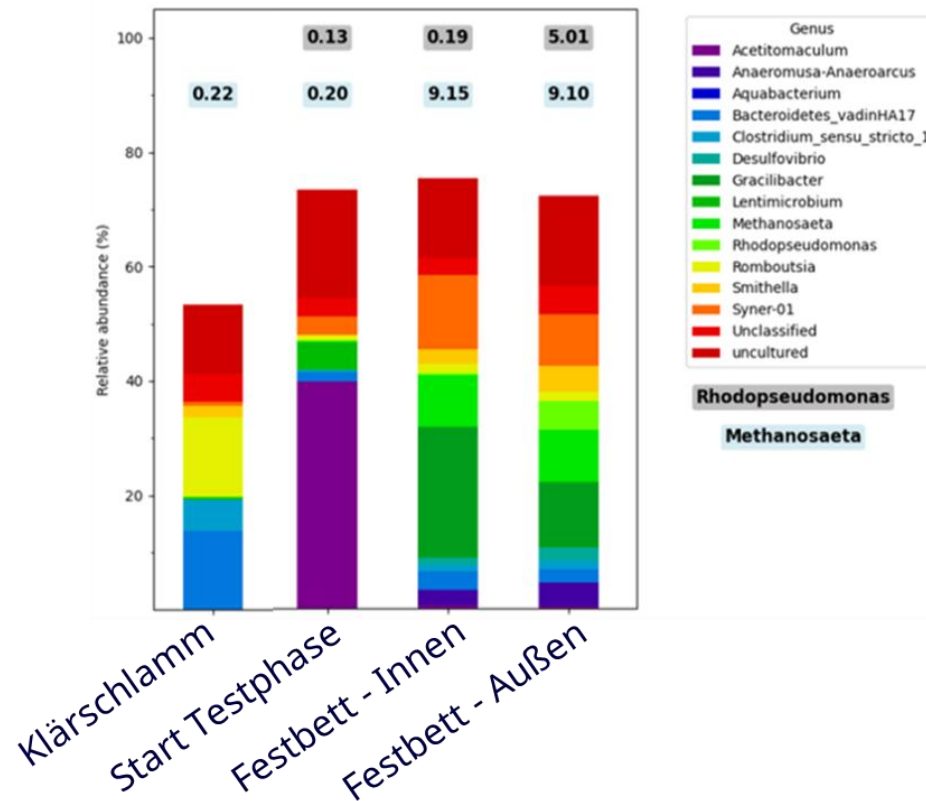


- CH₄-Anteil gleichbleibend hoch



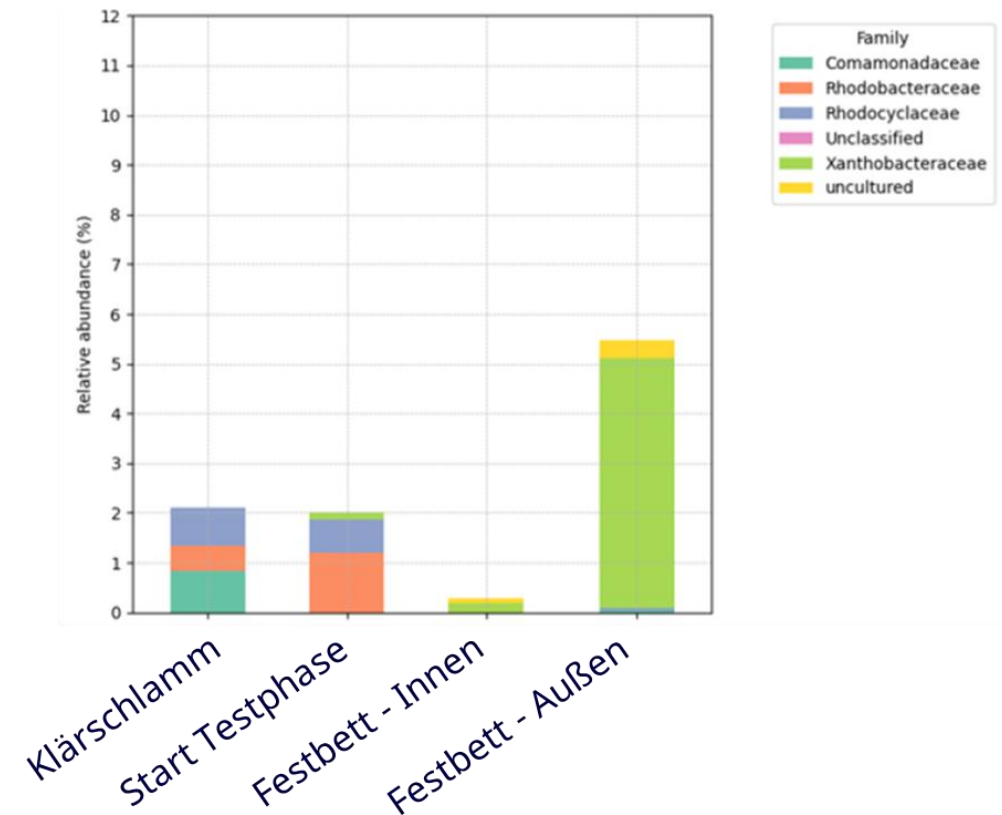
Zusammensetzung des Mikrobioms

15 häufigste Gattungen



- Anreicherung auf Festbett von Methanogenen und *R. palustris*

Phototrophe Bakterien



- *R. palustris* verdrängt andere phototrophe Bakterien

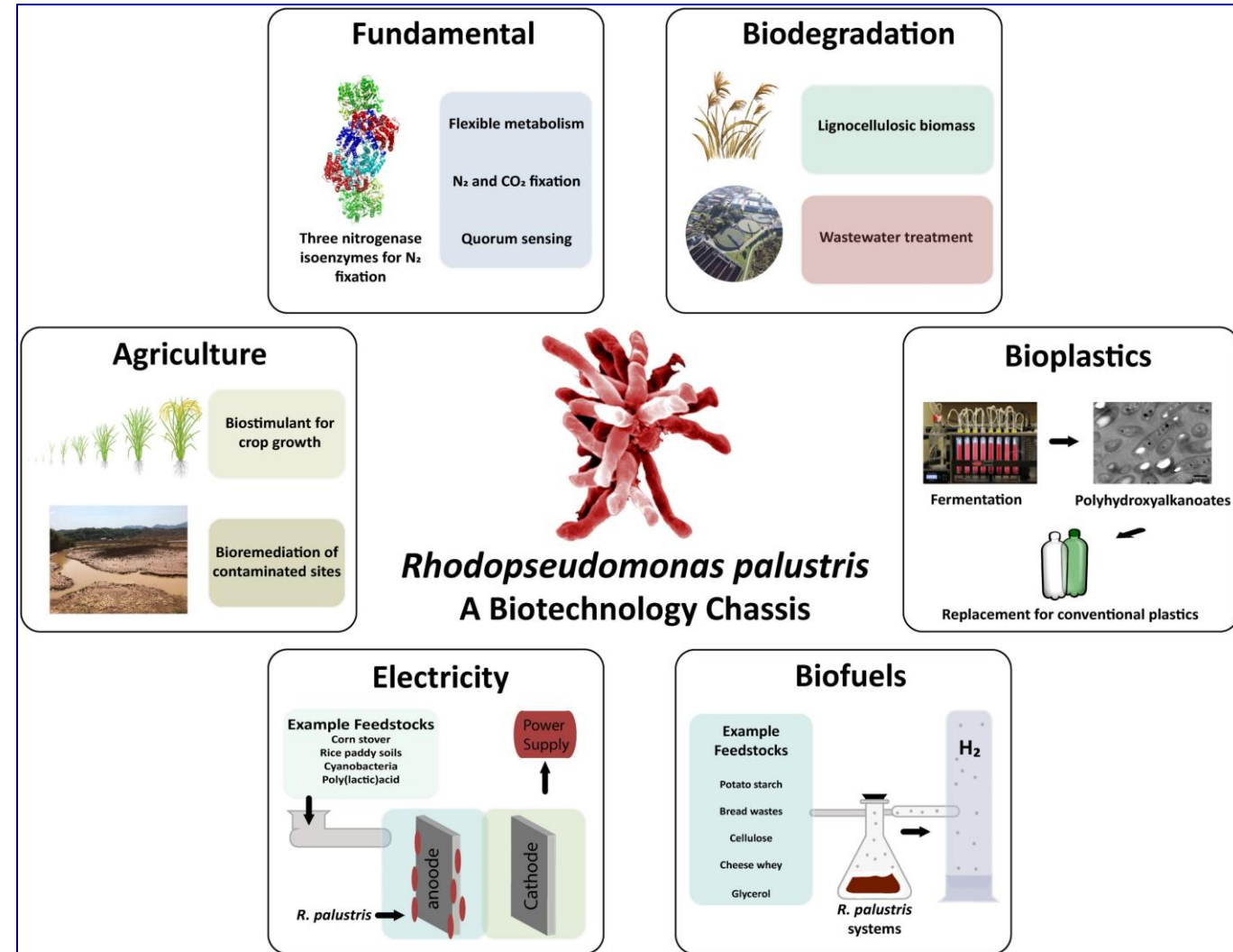
Zusammenfassung

Fazit

- *R. palustris* kultivierbar und robust
- Keine Konkurrenz mit Methanogenen beobachtet
- N-Entfrachtung minimal erhöht durch *R. palustris*
- Raumbelastungen zu hoch für Komplettbehandlung

Ausblick

- ▶ Geringe Raumbelastungen mit C/N > 15:1 untersuchen
- ▶ Biogasbildung bei niedrigeren Temperaturen (ca. 20 °C)
- ▶ Syntrophie zw. *R. palustris* und Methanogenen aufklären
- ▶ *R. palustris* für Abbau komplexer Xenobiotika und weitere Anwendungen



Bildquelle: Brown et al. (2022).

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**



Maik Siegel

Technische Universität Dresden / Institut für Abfall und Kreislaufwirtschaft
maik.siegel@tu-dresden.de

Literaturverzeichnis

- Brown B., Wilkins M., Saha, R. Rhodopseudomonas palustris: A biotechnology chassis, *Biotechnology Advances*, **2022**, 60, 108001.
- Dalaei, P.; Ho, D.; Nakhla, G.; Santoro, D. Low Temperature Nutrient Removal from Municipal Wastewater by Purple Phototrophic Bacteria (PPB). *Bioresource Technology* **2019**, 288,121566.
- Zieliński, M.; Kazimierowicz, J.; Dębowski, M. Advantages and Limitations of Anaerobic Wastewater Treatment—Technological Basics, Development Directions, and Technological Innovations. *Energies* **2023**, 16, 83.