

# Mikroorganismen im Photobioreaktor- Ökosystem



**Ines Fritz**

BOKU, IFA-Tulln  
Konrad Lorenz Str. 20  
3430 Tulln



# Vorbemerkung

Die Grundlage für diesen Vortrag

- Die Projekte CO2USE & CO2USE+EPP  
zwei Projektteile zu je 3 Jahren Laufzeit  
Verwertung von CO<sub>2</sub> durch phototrophe MO



- Projektpartner (beide Teile)  
EVN (Koordinator); BOKU IFA-Tulln; TU Graz; Andritz Energy & Environment  
Subauftrag: Joanneum Research Graz; Algatech Trebon
- Förderung durch den FFG - Energieforschung



FFG

# Inhalt

- Phototrophe Mikroorganismen
  - interessante Spezies
  - wesentliche Unterschiede zu heterotrophen MO
- der Photobioreaktor als Habitat
  - Biozönosen mit Eigenleben
- Kultivierungsstrategien
  - Wege zum Ziel
- (Er)Lösung

# Phototrophe Mikroorganismen

die phototrophen Zweige des „tree of life“

- **Algen**

Eukaryoten • Chloroplastida • Chlorophyta & Carophyta - ...

- **Cyanobakterien**

Prokaryoten • Eubakterien • Gram- Bakterien • durch Gleiten bewegliche Bakterien • Cyanobakterien

- **selten (kurios)**

Schwefel- und Purpurbakterien; phototrophe Archaeen; Lebensgemeinschaften (Symbiosen, z.Bsp. Flechten)

- **wie viele Arten?**

ca. 72.500 Algenspezies erkannt, Wachstumsbedingungen für ca. 40 Spezies beschrieben, ca. 20 genutzt, ca. 3-4 effizient

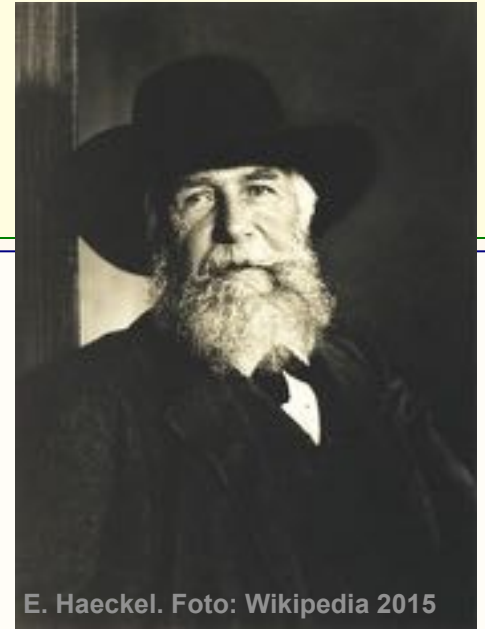
ca. 6.200 Cyanobakterien erkannt, wenige genau charakterisiert

# Photo- & heterotrophe MO

in der Biotechnologie

- **heterotrophe Kultivierung**  
eine Spezies, vorzugsweise steril oder autoselektiv  
definierte Generationszeit, definiertes Produkt  
Energie & Kohlenstoff (Substrat) anfangs im Überschuss
- **autotrophe Kultivierung**  
eine Spezies, steril (nur im geschlossenen PBR)  
Energie aus (Sonnen-)Licht, ev. CO<sub>2</sub>-Dosierung  
ungefähre (mittlere) Generationszeit  
ein definiertes Produkt (ev. mehrere Wertstoffe)
- **warum ist es so schwierig, phototroph steril zu produzieren?**

# Grundlagen der Ökologie



E. Haeckel. Foto: Wikipedia 2015

- Ökologie ist die Wissenschaft von den Beziehungen eines Organismus zur umgebenden Außenwelt  
Ernst Haeckel 1866
- Ökologie [...] Interaktionen, welche die Anwesenheit und Verteilung von Organismen bestimmen  
Krebs 1985, Lampert & Sommer 1994  
diese Sicht bedingt eine Begrenzung des Betrachtungsraumes → Biozönose im Habitat

# Terminologie

(die Kurzversion, Teil 1)

- **Biotop = Habitat**

ein Gebiet mit einheitlichen Umweltbedingungen, das sich als Lebensraum für eine Gemeinschaft von Organismen eignet

- **Biozönose**

Gemeinschaft von Lebewesen, die in einem Biotop interagieren und konkurrieren

- **Ökosystem**

Gesamtsystem aus Biozönose und nicht lebenden Bestandteilen (in einem Habitat)

- **somit ist ein Photobioreaktor als Ökosystem anzusprechen**



# Terminologie

(Teil 2: binäre Interaktionen)



- **Symbiose (Mutualismus)**

Langzeitbeziehung von Individuen verschiedener Spezies zum beiderseitigen Vorteil

- **Kommensalismus**

Vorteil eines ohne Vor- oder Nachteil des anderen Partners

- **Parasitismus & Prädation**

Vorteil eines auf Kosten des anderen Partners

- **Konkurrenz**

die Partner benötigen die selbe Ressource

- **Syntrophie**

eine Spezies wächst auf den Metaboliten einer anderen



# Ökologie offener PBR.en

Autoselektivität ist gegeben - oder nicht?

- einzige Energiequelle: (Sonnen-)Licht
- einzige Kohlenstoffquelle: CO<sub>2</sub>
- wo ist das Problem?



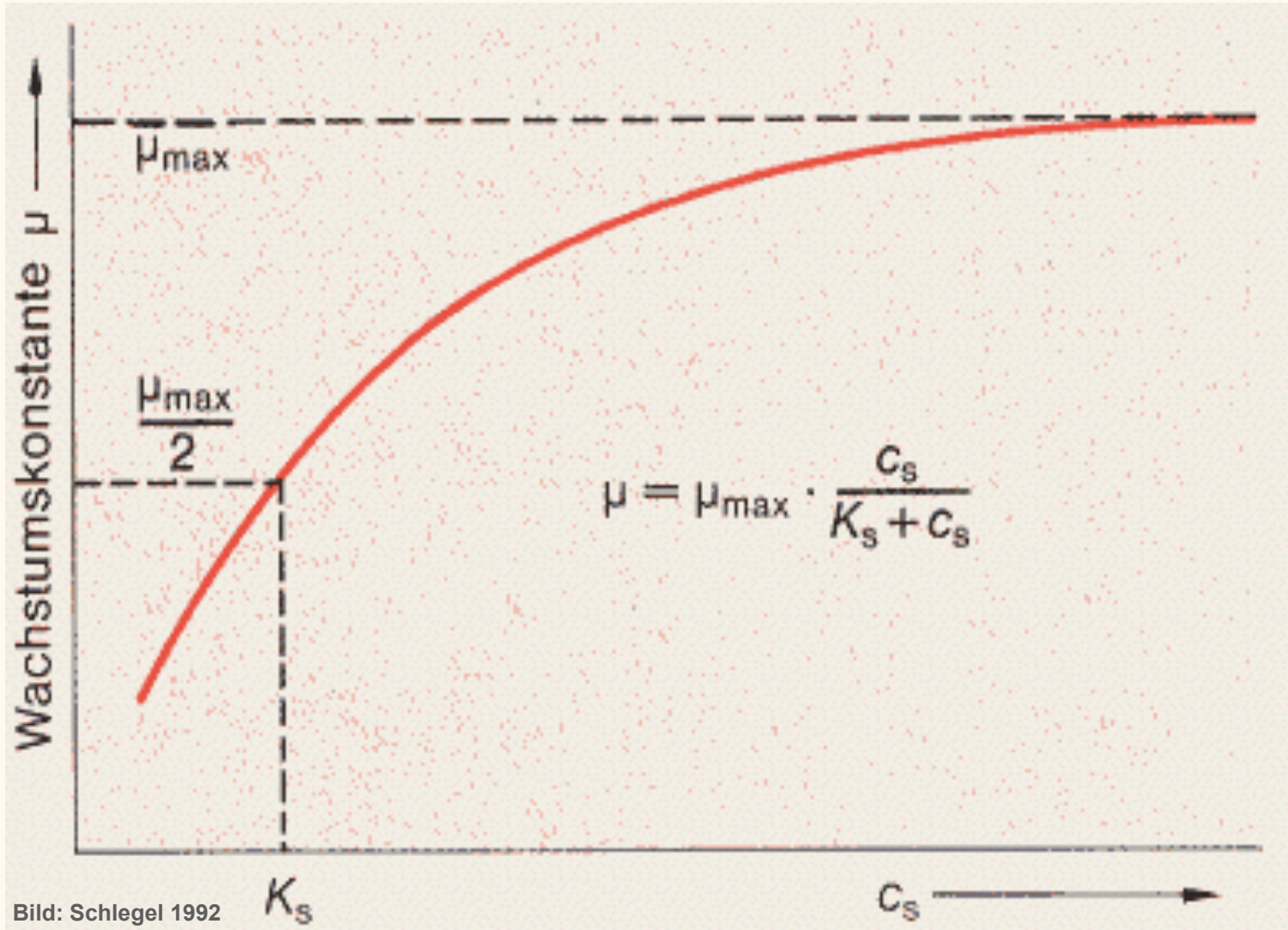
Foto: Ines Fritz 2017

# Zurück zur Frage

- Warum ist es so schwierig, phototroph steril zu produzieren?
- Im PBR treten alle Interaktionsmöglichkeiten auf!  
ev. sogar zugleich und mit mehreren Spezies
- heterotroph  
org.C (und DOC) über die Zeit rasch abnehmend
- photo-autotroph  
org.C (und DOC) über längere Zeit langsam zunehmend

# Ökologie offener PBR.en

kleiner Ausflug zur Monod-Kinetik



# Ökologie offener PBR.en

die Folgen der begrenzten Lebensdauer der Zellen

- Zellinhaltsstoffe sind begehrtes Substrat für (ubiquitär vorhandene) heterotrophe MO insbesondere Cytoplasma & Speicherstoffe
- extrazelluläre Substanzen Schleime der Cyanobakterien, Enzyme, Signalsubstanzen
- Endotoxine als evolutionäre Strategie? ihre Wirkung im Verdauungstrakt ist eher bekannt
- Synthese bioaktiver (Sekundär)Metaboliten gut bekannt von vielen Cyanobakterien - Wirkungen auf Begleitflora und Prädatoren sind weniger gut untersucht



# Bsp. Problem gelöst

*Spirulina* sp. in offenen Wannen



Production plant for  
*Spirulina*, about  $\frac{1}{2}$  km<sup>2</sup>  
surface

Foto: nutrex Hawaii 2015

# Produktion im PBR

## Strategien & Optionen

- axenischer Ansatz, steriler Betrieb
- autoselektive Rahmenbedingungen  
vor allem pH-Wert, Salinität und RedOx-Potential
- Einsatz von Hemmstoffen (Pestiziden)
- stabile Biozönose  
(im Produkt) nicht störende Begleitflora
- dominanter Produktions-MO  
axenische Vorkultur, „lokaler“ Organismus
- (weniger beliebte) Optionen  
andere Spezies (auch langsamer wachsende), „accelerated ecological selection“, Gentransfer

# Evolution im PBR

- jedes Habitat fördert dominante Spezies  
genauer: die unter den jeweils aktuellen Bedingungen optimal wachsenden Spezies → *steady state*
- Änderungen im Habitat  
Spezies mit (zuvor) leicht abweichenden Optima werden rasch dominant → Adaption (zum neuen *steady state*)  
Stress löst Änderungen im Metabolismus aus (z.Bsp. Schleimbildung) → zusätzliche Änderung des Habitats
- Überleben der Stärksten  
geringste Unterschiede in den Optima verändern die Biozönose meist in kurzer Zeit



# Beobachtungen

im Habitat IFA-PBR

- Synergien

Stamm wächst schlecht oder nicht, wenn axenisch

- Kommensalen

reiche Begleitflora, jedes Mal eine andere

Beispiel *Arthrospira sp.* →

- Konkurrenten

Start mit Cyanobakterien, Ende mit Grünalgen (*Chlorella sp.*)

- Räuber

vollständige Extinktion der Cyanobakterien „über nacht“



Foto: Ines Fritz 2018

# The Red Queen Theory

eine literarisch-ökologische Sichtweise

*Well, in our country, said Alice, still panting a little, you'd generally get to somewhere else — if you run very fast for a long time, as we've been doing.*

*A slow sort of country!* said the Queen. *Now, here, you see, it takes all the running you can do, to keep in the same place. If you want to get somewhere else, you must run at least twice as fast as that!*

Lewis Carroll (1960):  
The Garden of Live Flowers.



Bild: wordpress.com

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



**Ines Fritz**

BOKU - IFA-Tulln  
Konrad Lorenz Str. 20; 3430 Tulln  
[ines.fritz@boku.ac.at](mailto:ines.fritz@boku.ac.at)

