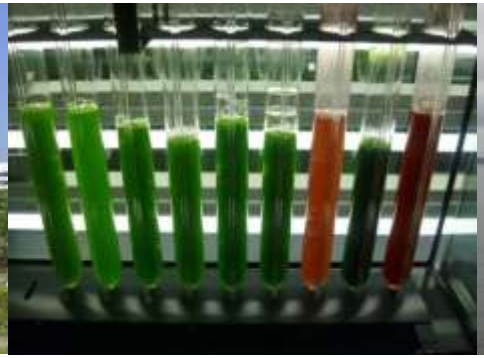
Mikroalgen-Aquakultur – Eine potentielle Nutzungsform für die Ostsee?

Prof. Dr. Rüdiger Schulz

Abt. Physiologie und Biotechnologie der pflanzlichen Zelle
Botanisches Institut und Botanischer Garten, CAU zu Kiel
KMS – Kiel Marine Science / KLS – Kiel Life Science

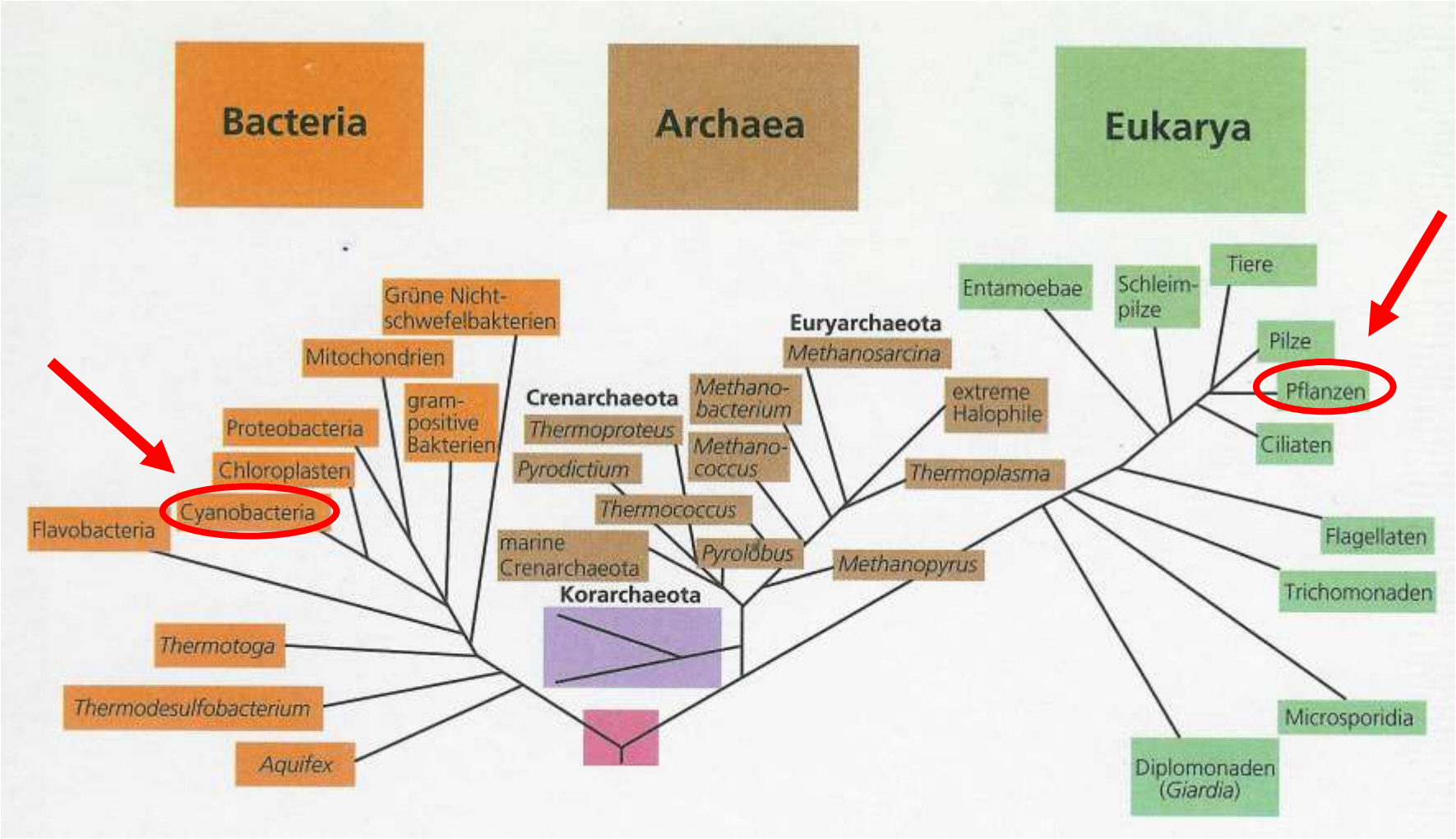


Werkstatt Wissenschaft Wirtschaft - „Praxis der Biomassenutzung“ - Kiel - 29.05.2017

Inhalte des Vortrags:

1. Mikroalgen, Biologie
2. Photobioreaktoren
3. Mikroalgenprodukte
4. Mikroalgen-Ernte
5. Algen-Biomasse – Offshore
6. Solarer Biowasserstoff

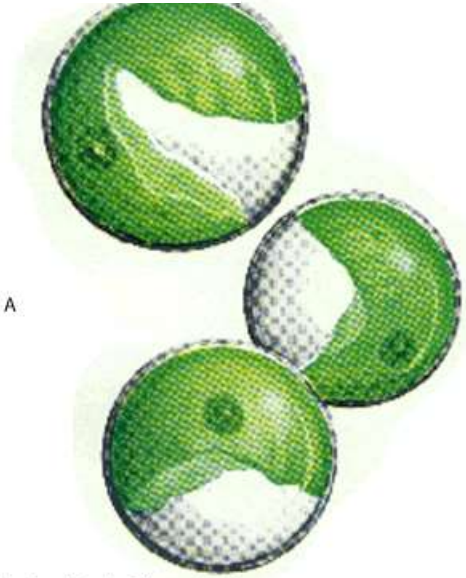
1. Mikroalgen, Biologie



Madigan et al. „Brock Mikrobiologie“ Spektrum

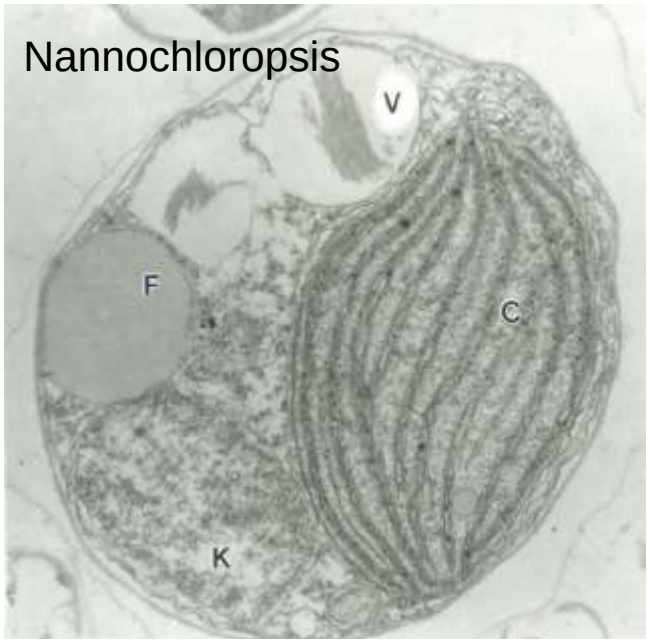
1. Mikroalgen, Biologie

Chlorella

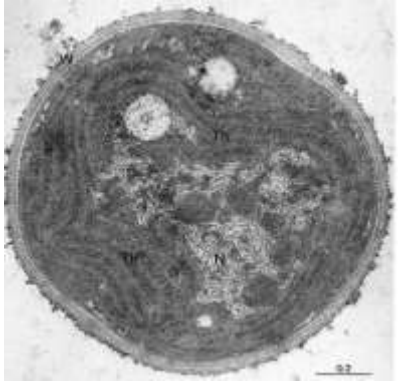


A after Mervin Palmer (1962)
B © National Institute for Environmental Studies, see http://www.nies.go.jp/biology/mcc/home.htm

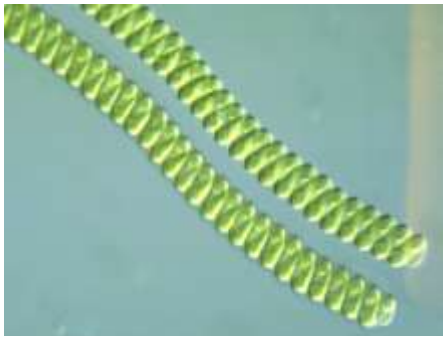
Nannochloropsis



http://idw-online.de/pages/de/image1951

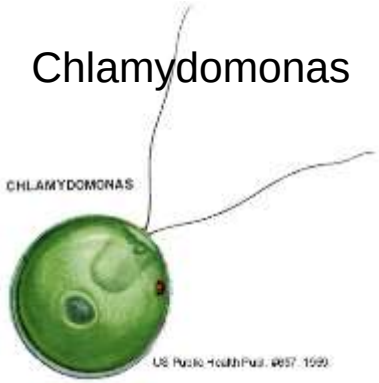


Synechocystis



Spirulina / Arthrospira

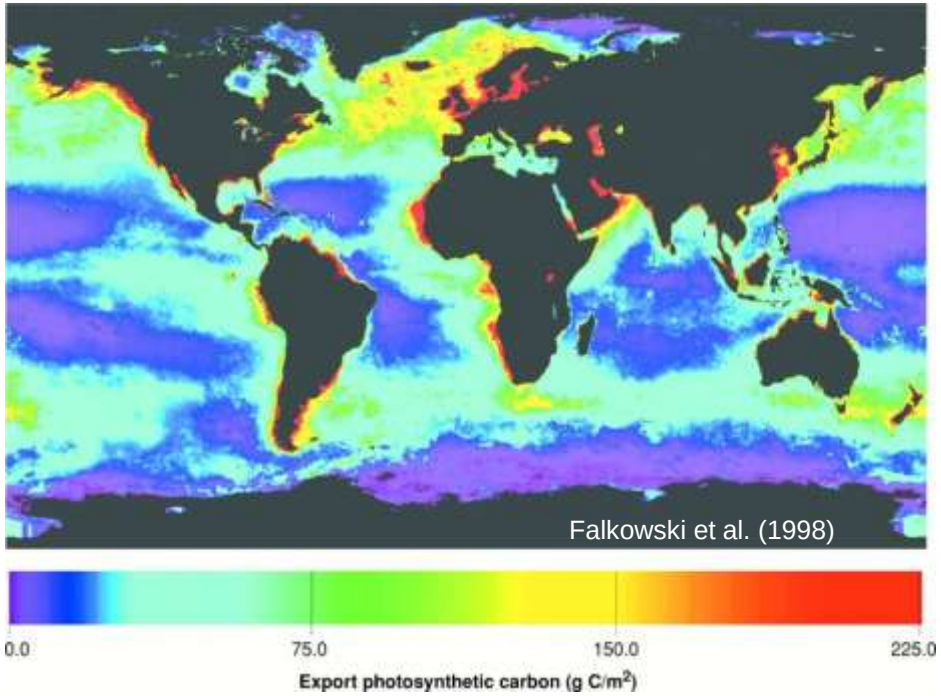
Chlamydomonas

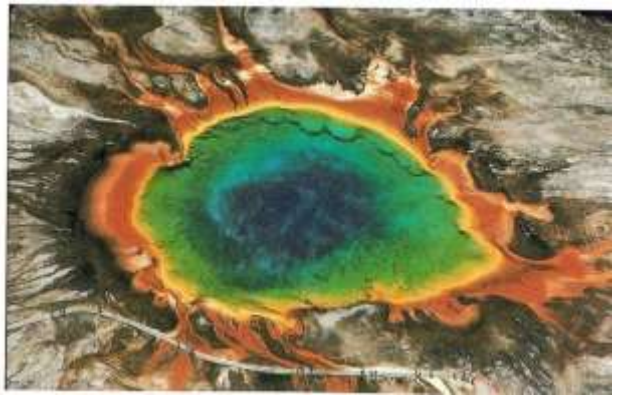


Kleinig and Sitte, „Zellbiologie“, Gustav Fischer

http://rydberg.biology.colostate.edu/Phytoremediation/2003/Boczon/Biological_Activity.html

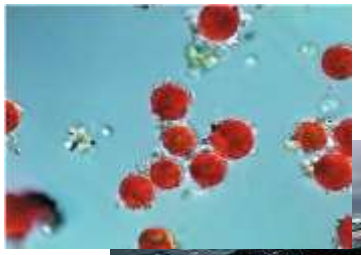
Vorkommen von Mikroalgen



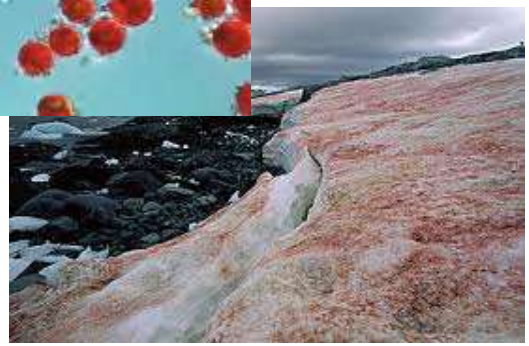


Cyanobakterien in heissen Quellen,
Yellow Stone National Park, Wyoming, USA

Raven et al. „Biologie der Pflanzen“ De Gruyter

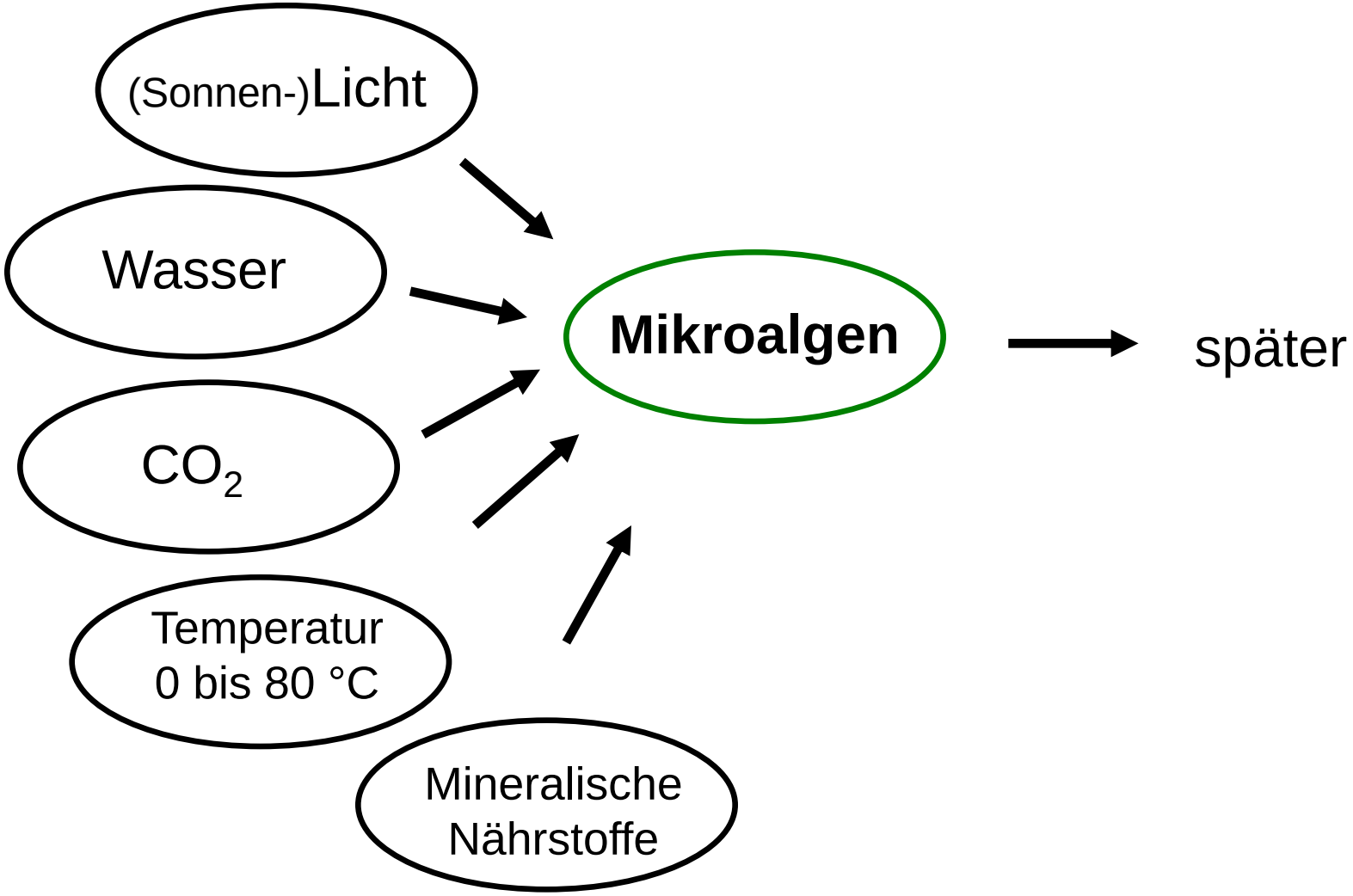


Schneealgen
Blutschnee
Kryophile = Kälte liebende Mikroalgen



arco-images.de

Wachstumsansprüche der Mikroalgen

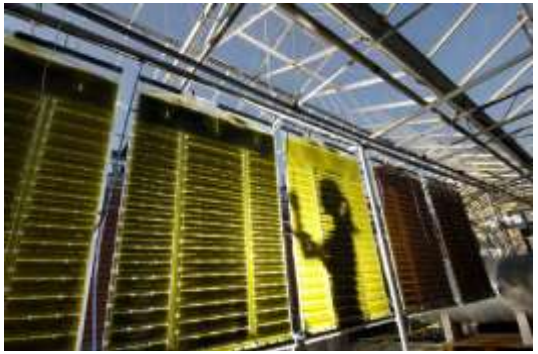


$$6\ CO_2 + 12\ H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 6\ H_2O$$

2. Photobioreaktoren

Cyanotech, Hawaii, USA

Novagreen,
Vechta-Langförden



Subitec,
Stuttgart

2. Photobioreaktoren / 3. Mikroalgenprodukte

IGV, Potsdam, Dr. Pulz

Bisantech, Bitterfeld-Leipzig

Algomed, Klötze

Gewächshäuser, 20 Module,

500 km Glasröhren, 600 m^3,

12.000 m^2, 15 bis 20 Personen,

60 - 100 t *Chlorella*-Biomasse/ha/a

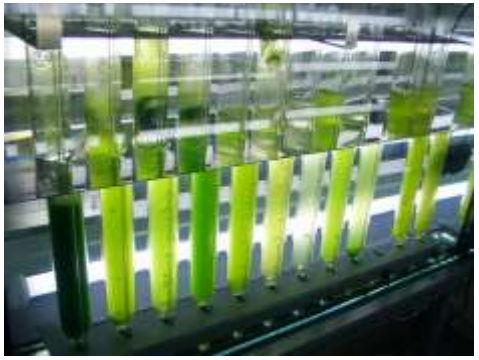
Bioprodukte Prof. Steinberg GmbH
Dr. Martin Ecke

Kultur der Mikroalgen
Bot. Inst. der CAU zu Kiel

Foliengewächshaus

Klimakammer

0,05 Liter



0,25 Liter

10-30 Liter

300 Liter

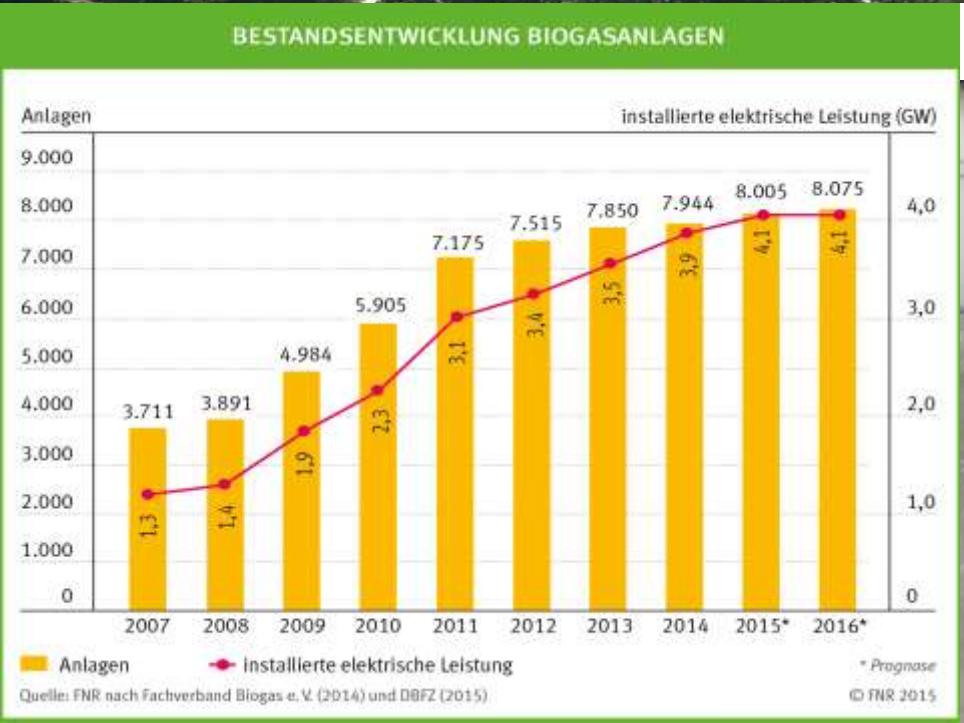
10 Liter

Glasgewächshaus

3000 Liter

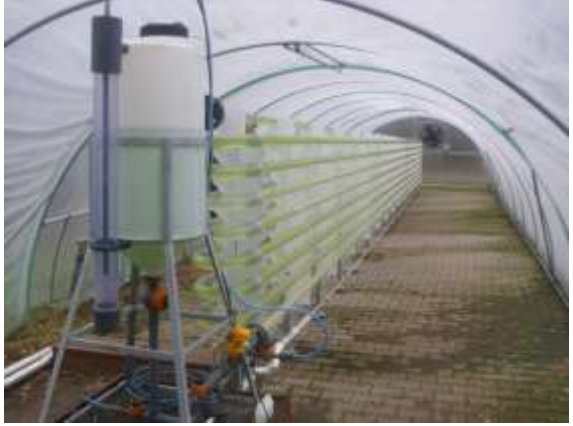
Das „Algenhaus“ der Firma SSC GmbH auf der Internationalen Bauausstellung in Hamburg-Wilhelmsburg 23.3.2013 – 3.11.2013

Synergie: Biogasanlagen / Mikroalgen-Produktion



Biogasertragstest mit Mikroalgenbiomasse

Mikroalgen an Biogasanlagen



(Sonnen-)Licht

Wasser

CO_2

Temperatur
0 bis 80 °C

Mineralische
Nährstoffe

Mikroalgen

Biomasse
50-100 t TG/ha/a

Energie
Biogas
Biodiesel
Bioethanol
Biowasser-
stoff

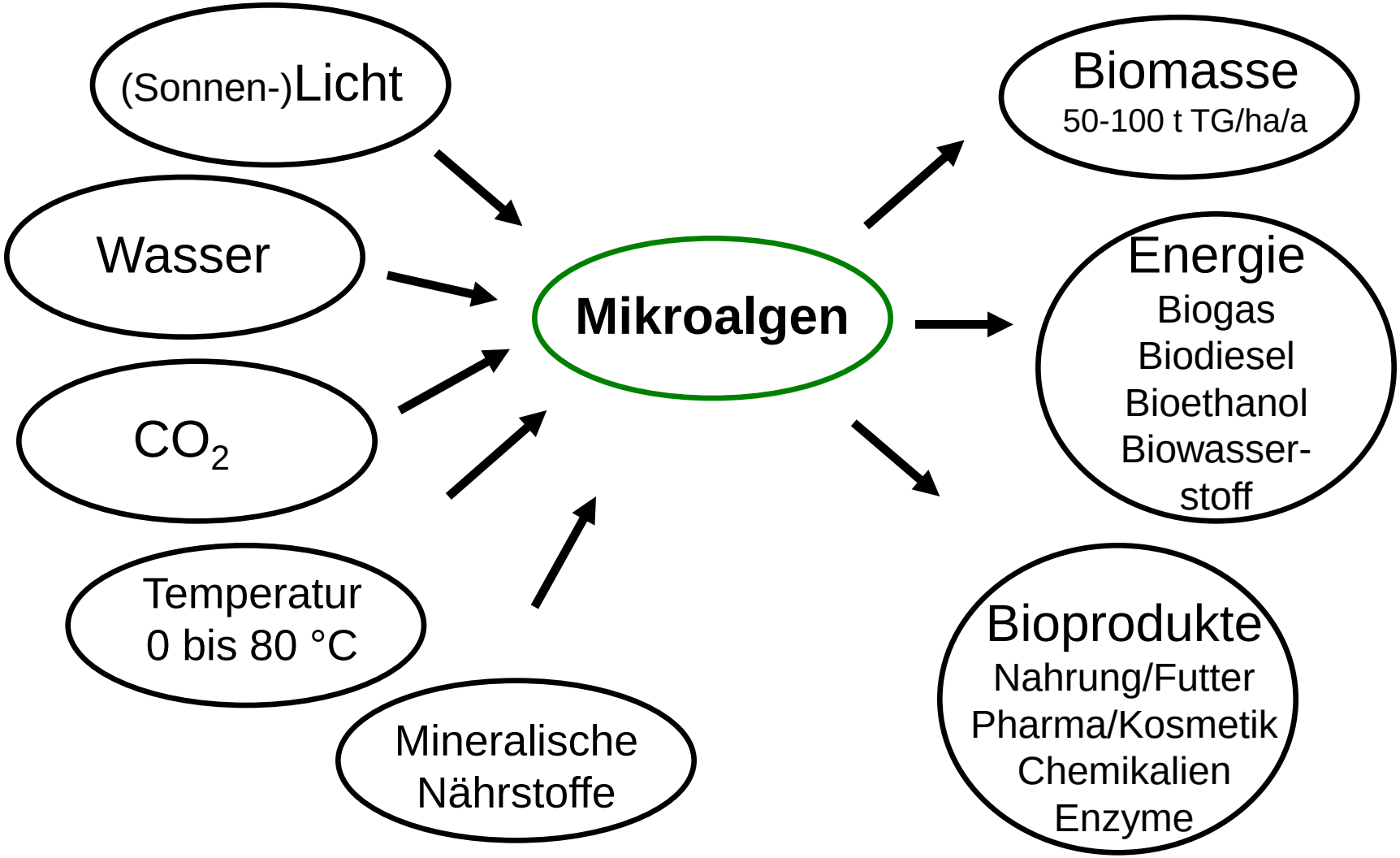
Bioprodukte
Nahrung/Futter
Pharma/Kosmetik
Chemikalien
Enzyme

Biogasanlage

$$6\ CO_2 + 12\ H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 6\ H_2O$$

3. Mikroalgenprodukte

Vergleich: Energiemais
in SH: ca. 20 t TG/ha/a



$$6\ CO_2 + 12\ H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 6\ H_2O$$

Screeningprogramm

Kompetenzzentrum Biomassenutzung

- **Wachstumsgeschwindigkeit / Biomasseproduktion der Mikroalgen**
- **Optimierung der Kulturbedingungen und Erntemethoden**

• **Farbstoffe, wie z.B. Carotinoide**	→	**Rosafarbe von Lachs**
• **Tocopherole (Vitamin E)**	→	**Lebensmitteln**
• **Pharmzeutische Produkte**	→	**Medikamente**
• **Fette und Öle**	→	**Biodiesel**
• **Fettsäuren**	→	**Lebensmittel**
• **„antifouling“ Wirkung**	→	**Unterwasseranstriche**
• **Wasserstoffproduktion**	→	**Biowasserstoff**
• **Biomasse / CO_2-Senke**	→	**Biogasanlagen**
• **Kryophile / Thermophile**	→	**Winter- / Sommer-Kultur**

Mikroalgen-Biotechnologie

Gegenwärtiger Stand, Herausforderungen, Ziele

DECHEMA
Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.

Trittsteine in Richtung einer Bioökonomie mit Mikroalgen

Mikroalgen-Biomasse zum „Geldverdienen“ noch (viel) zu teuer

Hier funktioniert das „Geldverdienen“ schon sehr gut

- Bioenergie
- Bulk-Chemikalien
- Futtermittel
- Aquakultur
- Menschliche Ernährung
- Feinchemikalien
- Pharmazeutische Wirkstoffe

Kleinere Preise, größere Mengen

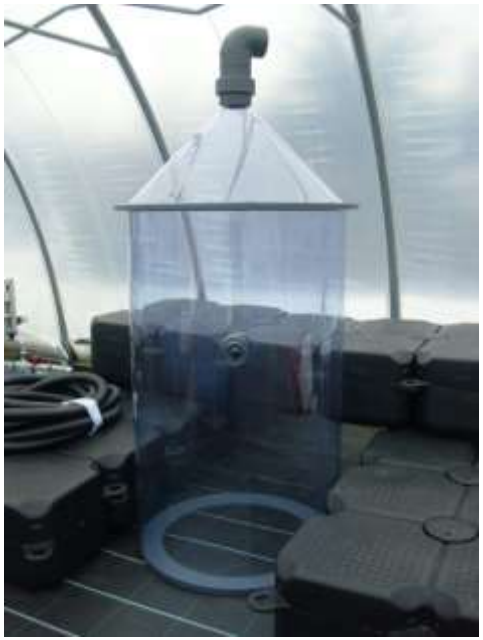
Größere Flächen, mehr Sonnenenergie

4. Abschäumer zur energieeffizienten Algenernte

Thilo
Kock

Verwendete Abschäumer der Firma Ratz

Berlin 400:
Süßwasser
10.000 – 25.000 l/h



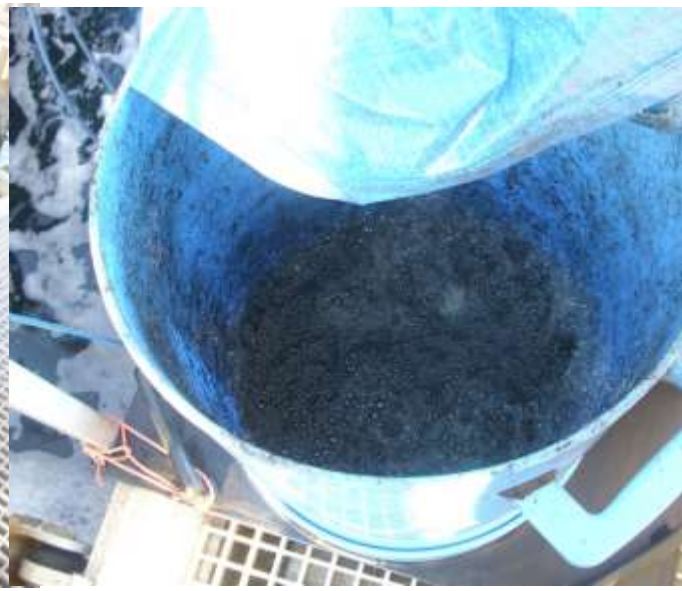
SWAT 160:
Süßwasser
1.500 – 5.000 l/h

Eigenentwurf:
Salzwasser
Höhe 1.80 m, ø 0,90 m

Neptun:
Salzwasser
10.000 – 25.000 l/h

GEOMAR Helmholtz-Zentrum
für Ozeanforschung Kiel

ratz – *Aqua & Polymer Technik*
Großabschäumer NEPTUN
max. 25.000 Liter Salzwasser / Std.



Thilo Kock
Paul Wieners
Thomas Walter
Finn-Ole Grünau
Dr. Opayi Mudimu

Warum Mikro- und Makroalgen und Cyanobakterien?

Vorteile: - Hohe Biomasse-Produktion (bis zu 100 t TG/ha/a)

- Interessante Inhaltsstoffe für Ernährung, Futter, Kosmetik, Pharmazie, Biotechnologie, Bioenergie…
- Keine Flächen-Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion
- Keine Notwendigkeit zur Verwendung von Süßwasser

Warum Mikro- und Makroalgen in „Offshore“ Kultur?

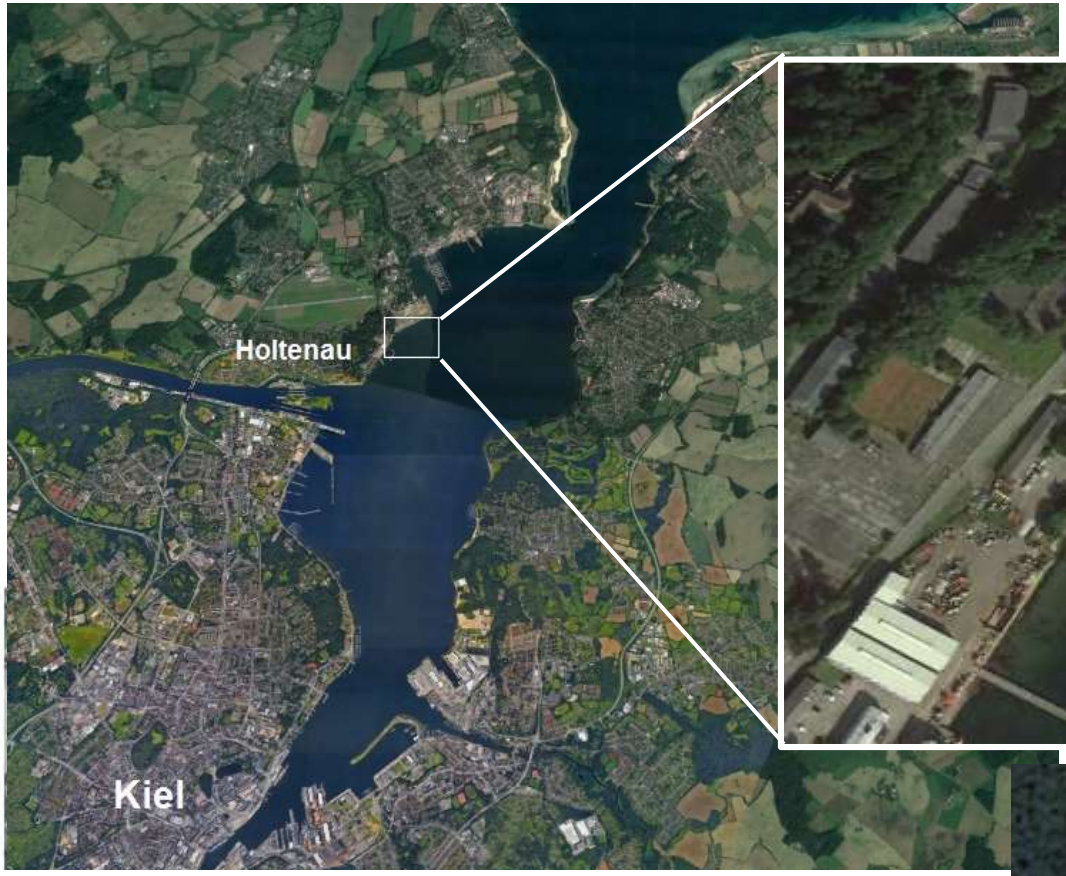
- Geringe Investitionskosten
- Produktionsflächen verfügbar
- Energie-effiziente Kultivierung
- Optimale Temperatur
- Optimale Beleuchtung
- Nährstoffe direkt verfügbar
- Durchmischungspotential

Aquakultur heimischer Makroalgen seit 2001
Ausgründung 2014 aus der Firma
Coastal Research & Management
(CRM) in Kiel Holtenau

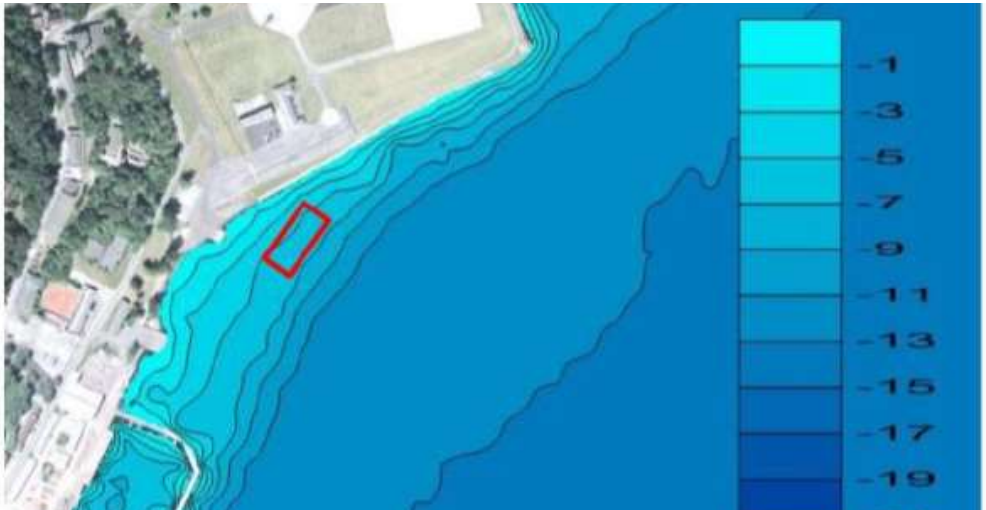
Kieler Meeresfarm

Laminaria saccharina + Mytilus edulis

Dr. Tim Stauffenberger

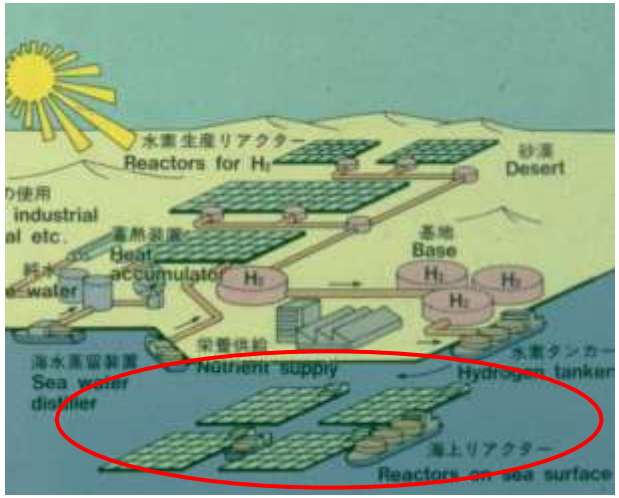

Holtenau
Kiel

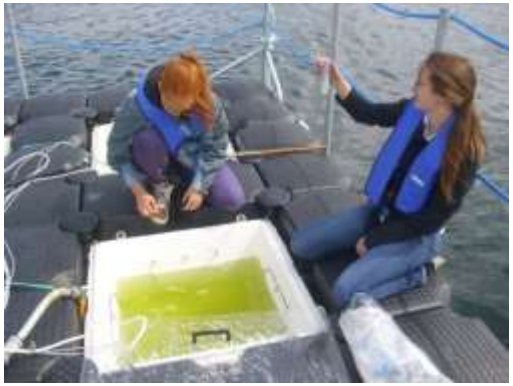
MFG5-Gelände
Slipstelle
Versuchsplattform


-1
-3
-5
-7
-9
-11
-13
-15
-17
-19

Google Earth

5. „Offshore“-Kultivierung von Mikroalgen



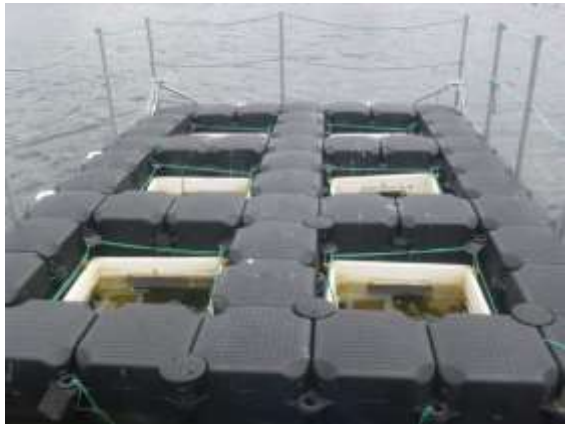


<u>Projektpartner:</u>

- Coastal Research & Management (CRM) - Kiel-Holtenau
- Kieler Meeresfarm UG – Kiel-Holtenau
- Sea & Sun Technology GmbH - Trappenkamp
- Botanisches Institut der CAU (AG Schulz) - Kiel

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit
Verkehr und Technologie
des Landes Schleswig-Holstein

5. „Offshore“-Kultivierung von Mikroalgen



Dr. Opayi Mudimu (Bot.)
Inga Koopmann (ehem. Bot.)
Tatjana Liese (Bot.)
Kevin Nack (Bot.)
Gai Fox (Bot.)

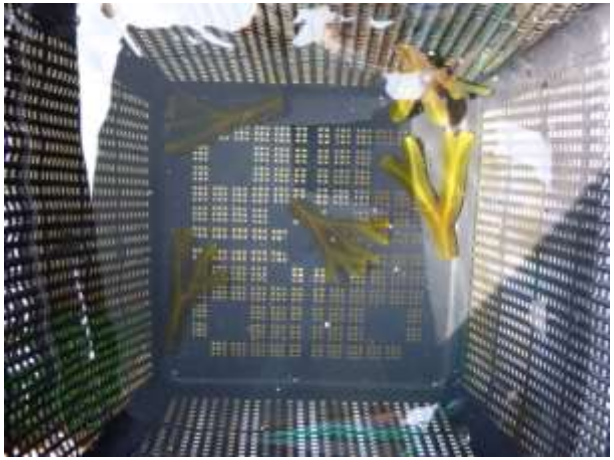
Dr. Karsten Pankratz (ehem. S&S)
Inga Koopmann (S&S)
Heinz Schelwat (S&S)
Dr. Peter Krost (CRM)
Dr. Tim Stauffenberger (Ki-Meeresfarm)

Kultivierung von *Fucus spec.* in Durchflussbecken

F. vesiculosus, F. serratus, (F. evanescens)

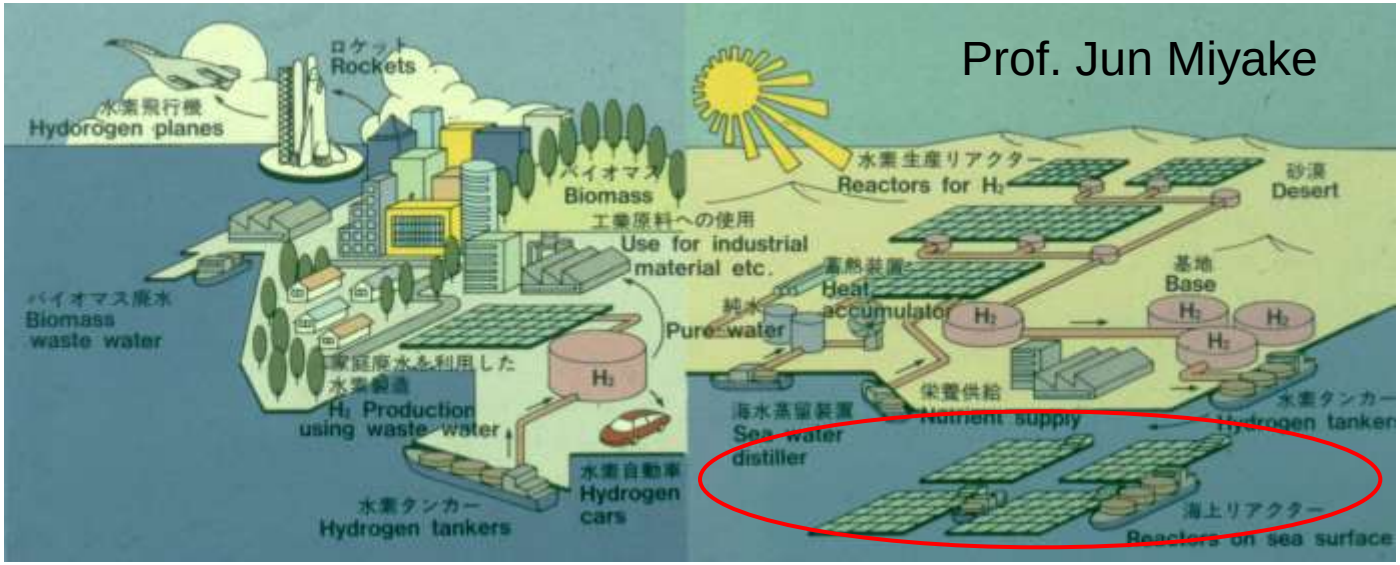
2. Preis

IDEEN WETT BEWERB 2016
SCHLESWIG-HOLSTEIN 2016



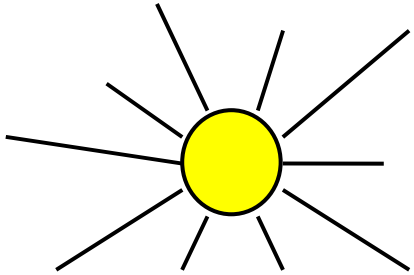
Rafael Meichßner (Bot.)
Jan Leupold (Bot.)
Dagobert Sachs (Bot.)
Dr. Peter Krost (CRM)

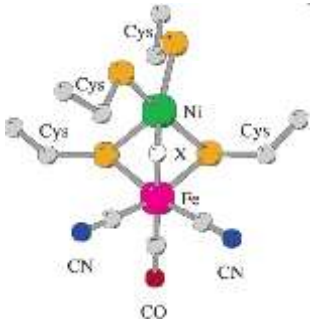
Japanischer Plan für eine Wasserstoff-Welt



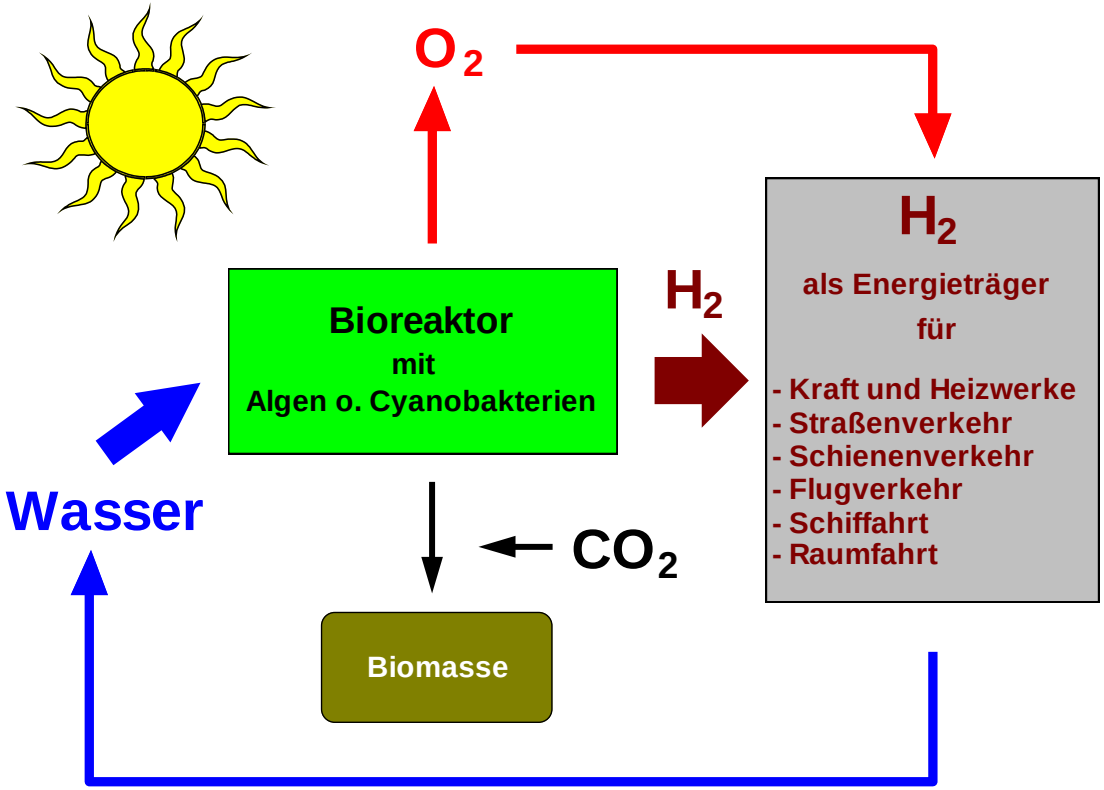
Kieler Mikroalgen-Offshore-Projekt

6. Solarer Biowasserstoff





$$2H_2O \xrightarrow{\text{Photosynthese}} O_2\uparrow + 4e^- + 4H^+ \xrightarrow{\text{Hydrogenase}} 2H_2\uparrow$$



Zukünftige Anforderungen:

- Marine algae/cyanobacteria
- Oxygen tolerant hydrogenase
- Very active hydrogenase
- Reduced antenna size
- Easy cultivation (axenic without sterilization)
- Reduced biomass production
- Low cost photobioreactor

Mikroalgen-Aquakultur

(Sonnen-)Licht

Wasser

CO_2

Temperatur
0 - 80 °C

Mineralische
Nährstoffe

Mikroalgen

Keine Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion „Tank oder Teller“

Vergleich: Energiemais in SH: ca. 20 t TG/ha/a

Biomasse
50-100 t TG/ha/a

beein-druck-end

Energie
Biogas
Biodiesel
Bioethanol
Biowasser-stoff

Noch zu teuer

Bioprodukte
Nahrung/Futter
Pharma/Kosmetik
Chemikalien
Enzyme

Hier kann man schon Geld verdienen

Biogas-anlagen

Produktion mit Salzwasser möglich

Gülle + Gärreste

2-3 Produkte pro Mikroalge

$$6\ CO_2 + 12\ H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 6\ H_2O$$

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Fragen !?

(Sonnen-)Licht

Wasser

CO_2

Temperatur
0 bis 80 °C

Mineralische
Nährstoffe

Mikroalgen

Biomasse
50-100 t TG/ha/a

Energie
Biogas
Biodiesel
Bioethanol
Biowasser-
stoff

Bioprodukte
Nahrung/Futter
Pharma/Kosmetik
Chemikalien
Enzyme

$$6\ CO_2 + 12\ H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 6\ H_2O$$