

Mikroalgen – Grenzen des Wachstums

Systemanalytische Betrachtungen zu Energieträgern aus Mikroalgen

Dipl.-Ing. Annika Weiss

Vortrag im Rahmen der 8. Ökobilanz-Werkstatt 4.9.- 6.9.2012

INSTITUT FÜR TECHNIKFOLGENABSCHÄTZUNG UND SYSTEMANALYSE (ITAS)

Energieträger aus Mikroalgen: Stand der Technik und Entwicklungspotential?

AQUAFUELS, Algae towards biofuels

EU project, **meta-analysis** of LCAs, including **expert consultation**

Final conference outcome, Imperial College of London, 06/2011⁽¹⁾:

- “The net energy ratio for biomass production is unattractive, or at best, marginal.”
- “The viability of **microalgae for biofuels requires a leap of faith and imagination.**”

versus

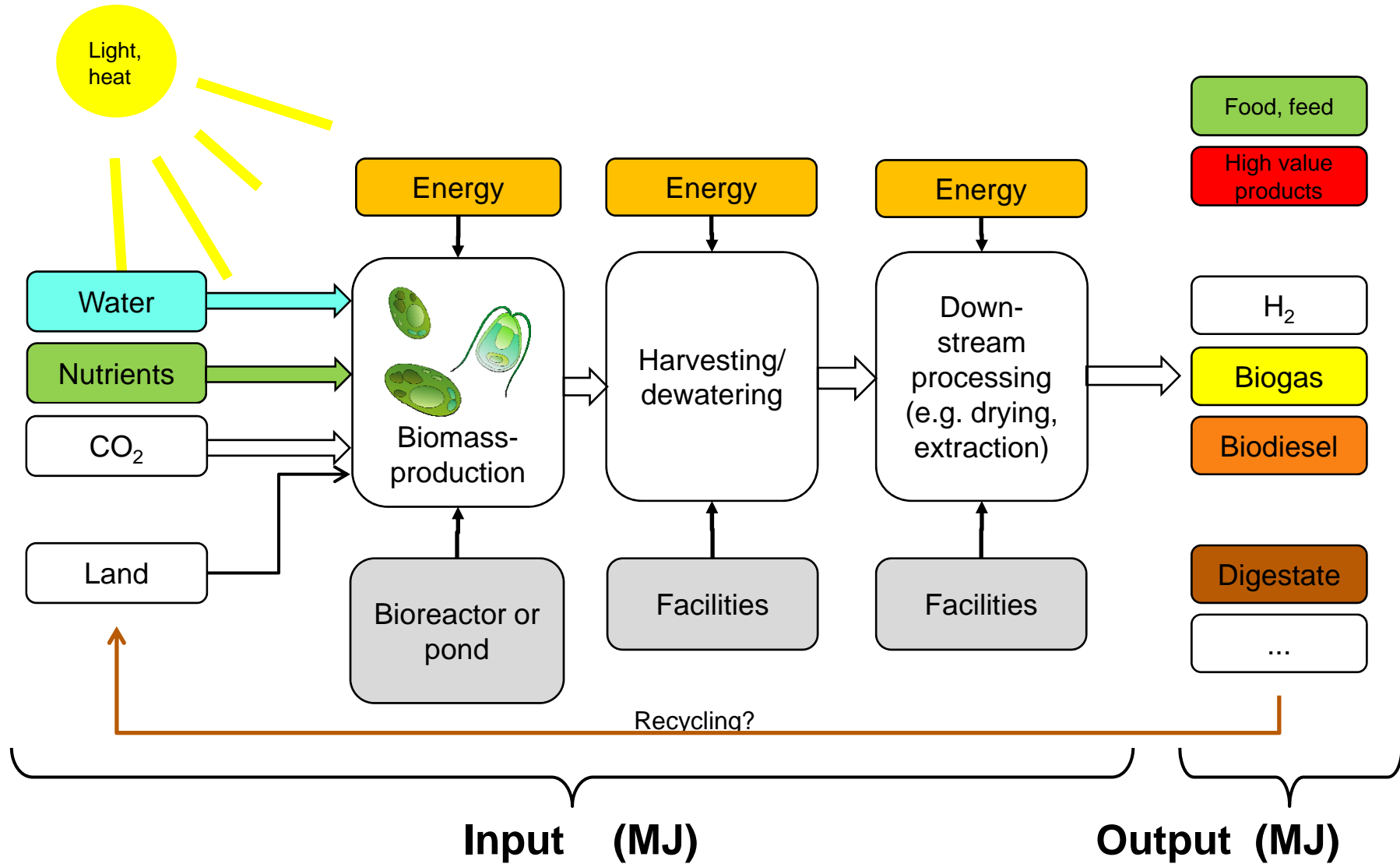
“...opportunities to develop this process **in a sustainable and economical way** within the **next 10 to 15 years.**” (2010, Science)⁽²⁾

→ Wie weit kann man Algenkultivierung zur Energiebereitstellung optimieren?

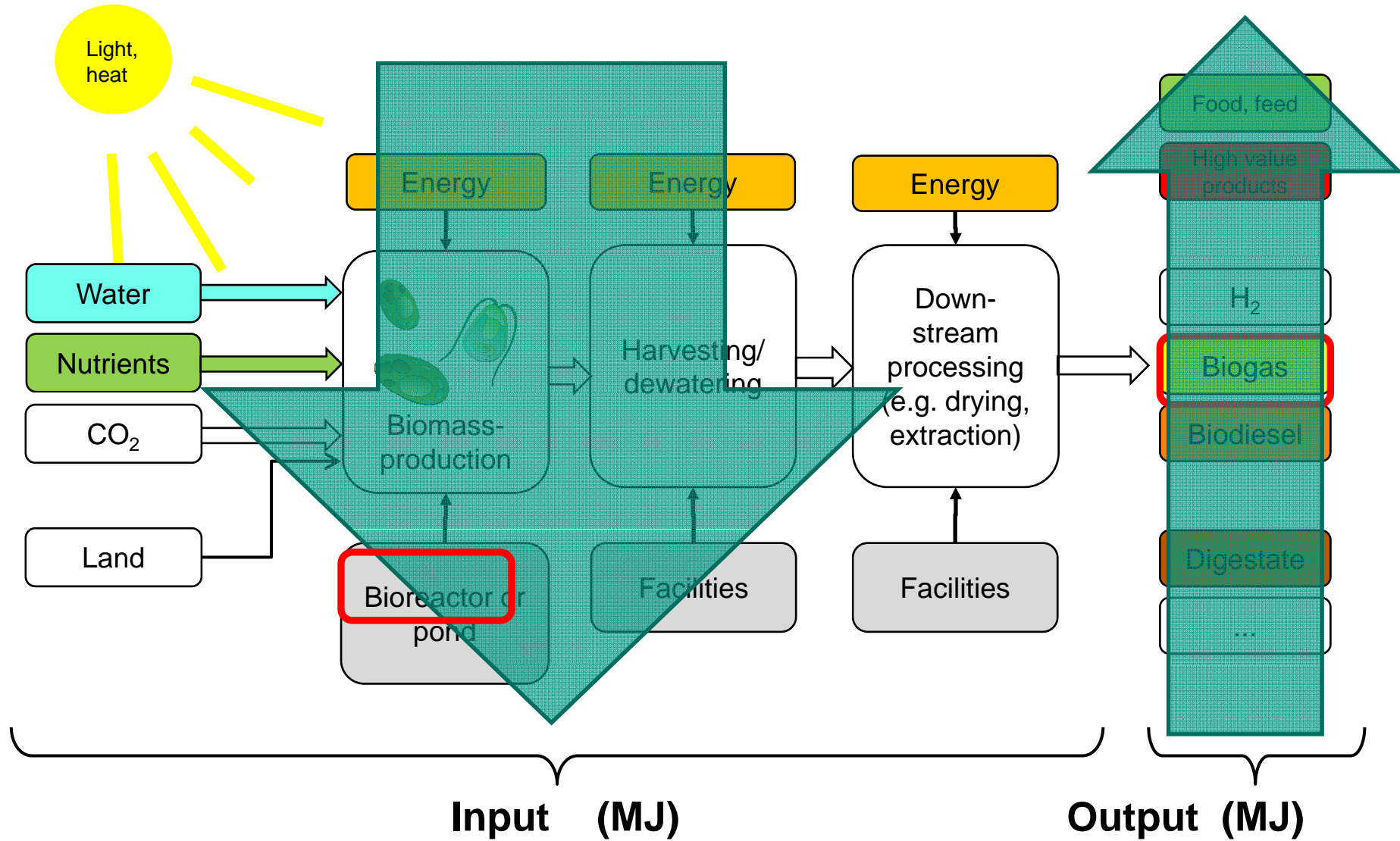
(1) http://www.aquafuels.eu/attachments/076_08%20-%20R.Slade%20-%20LCA,%20environmental%20&%20economic%20assessment.pdf

(2) Wijffels, R. H.; Barbosa, M. J. (2010): An Outlook on Microalgal Biofuels. In: Science, Jg. 329, H. 5993, S. 796–799.

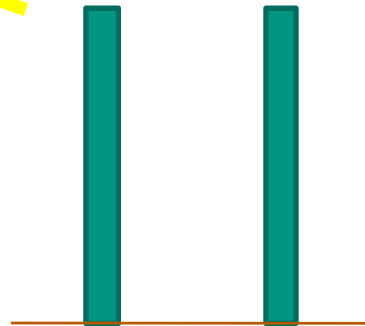
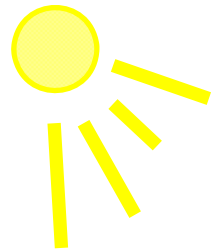
Model der Biomasseproduktion mit Mikroalgen



Model der Biomasseproduktion mit Mikroalgen



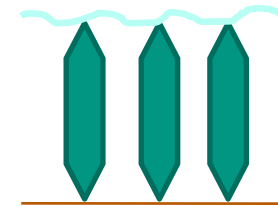
Photobioreaktor-Konzepte



Flat plate reaktor



“Schlauchreaktor” (NOV Agreeen)



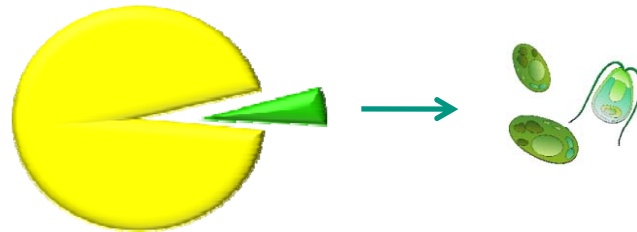
“Flat plate” unter Wasser (Solix)

(Schematische Darstellung versch. Reaktorkonzepte, jew. Seitenansicht)

- Optimierung: Möglichst viel Biomasse erzeugen in möglichst kurzer Zeit mit möglichst wenig Ressourcen (Energie, Wasser, Land, ...)
- Bessere Mischung → mehr Biomasse, aber auch mehr Energieeintrag
- Je größer die Oberfläche, desto höher der erwartete Ertrag (Posten 2012)

Berechnung des Ertrags

- Schätzungen für einen möglichen Ertrag:
Photoconversion efficiency (PCE) bei maximal **5%** (Tredici 2010, Walker 2009)



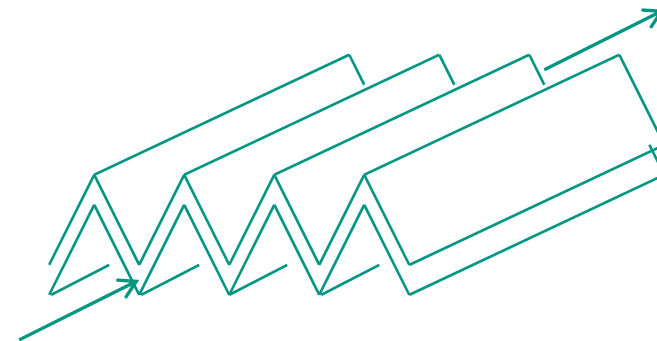
- Bsp in Europa:
 $1000 \text{ kWh/m}^2 / \text{y} * 5\% = 50 \text{ kWh/m}^2 / \text{y} = 180 \text{ MJ/m}^2 / \text{y}$
 Mit 20 MJ/ kg Algen
 → 90 t/ha/y Algentrockenmasse wenn die gesamte Jahres-Strahlung umgewandelt werden kann (ohne Verluste durch Kontamination etc.)
- Bei zu hoher Strahlung werden Algen geschädigt/zerstört, und/oder wachsen nicht mehr optimal
 → Energie- und Wasserverbrauch zum Kühlen steigt
 → In heißeren Ländern kann hohe PCE u.U. nicht aufrecht erhalten werden.

Untersuchter Bioreaktor (Beispiel)

Annahmen:

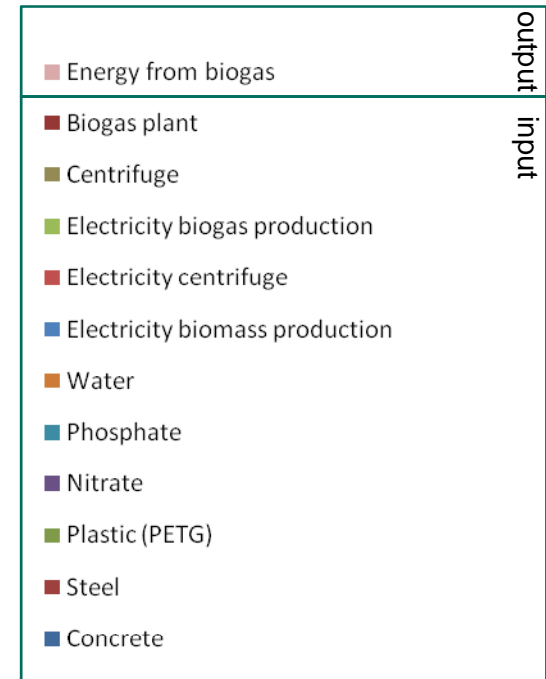
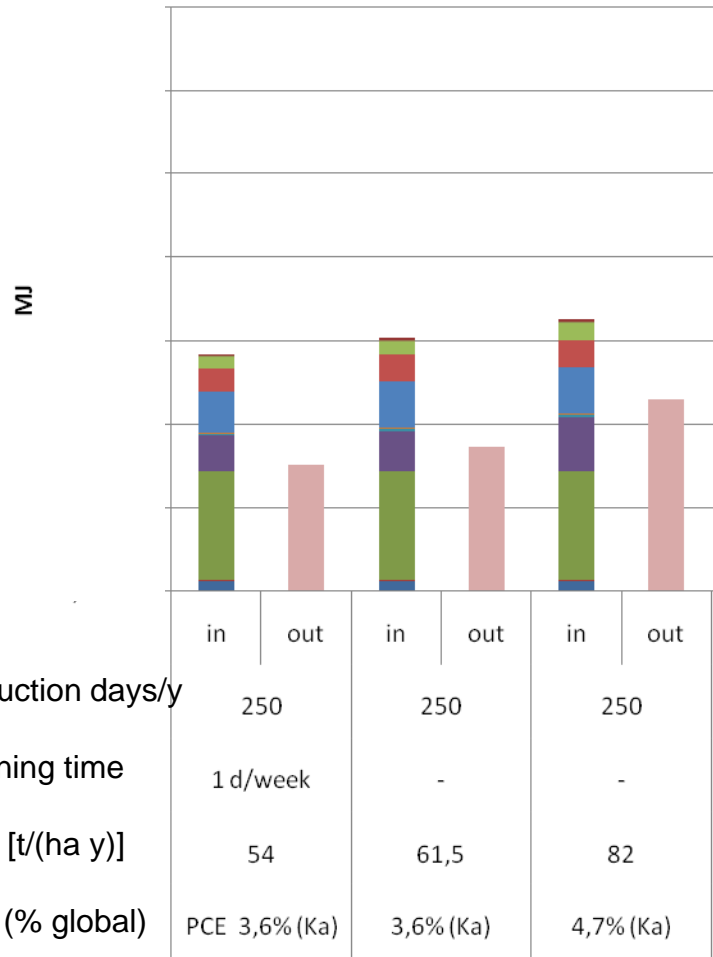
- Geringe Schichtdicke und große Oberfläche (→ Lichtverdünnung)
- 25 L/m²
- Membranbegasung + Umwälzung
- laminare Strömung
- → sehr geringe Mischenergie: 30 W/m³

- Material: 1 mm PET, 10 Jahre haltbar



Ref.: Patent EP 2 388 310 A1

Scenarios



Preliminary results

Ausblick und Diskussion

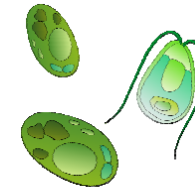
Modell

- Gutschriften für Gärrest und thermische Materialverwertung?
- Zusätzlicher Energiebedarf für:
CO₂ -Abscheidung, CO₂ -Bereitstellung (Distanz?), Kühlung?
- Werte für Flächenbelegung (PCE)?

Methodisch

- Unsicherheiten in LCA für noch nicht entwickelte Technologien?
- Verlässlichkeit von Literaturwerten (“Algaepolation”)?
- Verwendung von fossilem CO₂ für biofuels?

Mikroalgen zur Energiegewinnung



Vorteile Mikroalgen	Zu beachten
Hohe Wachstumsraten	Bis jetzt noch keine höheren Erträge als für Landpflanzen auf größeren Flächen und auf lange Sicht nachgewiesen (Pilotprojekte laufen). Nicht bei hohem Ölgehalt oder Produktion anderer komplexer Stoffe
Können mit Abwasser kultiviert werden	Ertrag sinkt vrsl. (Trübung, Kontamination,...)
Recyclen CO ₂ aus Abgasen	Potential wird dadurch limitiert (Verfügbare CO ₂ Quellen), CO ₂ Gesamtbilanz PBR bisher negativ (Weinberg et al 2012, Aquafuels project)
Gentechnisch veränderbar (z.B. an Temp. angepasst)	Noch hoher Forschungsbedarf, Gefahr der Kontamination? Stabilität von GMO?
Konkurrieren nicht mit Nahrungsmittelproduktion um fruchtbaren Boden	Konkurrenz um andere Ressourcen wie zB Düngemittel und Wasser (inkl. Kühlung/ Verdunstung)? Mikroalgen enthalten wertvolle Proteine, Fettsäuren u.A., → Einsatz als Nahrungsergänzungs- und Futtermittel? (andere Marktvolumina)

References

- Walker, (2009): Biofuels, facts, fantasy, and feasibility. In: Journal of applied phycology, Jg. 21, H. 5, S. 509–517.
- Tredici (2010): Photobiology of microalgae mass cultures: understanding the tools for the next green revolution. In: Biofuels, Jg. 1, H. 1, S. 143–162.
- Weinberg; Kaltschmitt; Wilhelm (2012): Analysis of greenhouse gas emissions from microalgae-based biofuels. In: Biomass Conversion and Biorefinery, Jg. 2, H. 2, S. 179–194
- Posten; Rosello-Sastre, (2012): Microalgae Reactors. In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA .
- Wijffels, Barbosa (2010): An Outlook on Microalgal Biofuels. In: Science, Jg. 329, H. 5993, S. 796–799.
- Williams; Laurens (2010): Microalgae as biodiesel & biomass feedstocks: Review & analysis of the biochemistry, energetics & economics. In: Energy & Environmental Science, Jg. 3, H. 5, S. 554–590.
- Patent EP 2 388 310 A1, KIT, Posten, 2011
- AQUAFUELS : http://www.aquafuels.eu/attachments/076_08%20-%20R.Slade%20-%20LCA,%20environmental%20&%20economic%20assessment.pdf