



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Wirtschaft,  
Bildung und Forschung WBF

**Agroscope**

# Nachhaltigkeitsbewertung der Algenproduktion als alternatives Futtermittel

**Mélanie Douziech**, Melf-Hinrich Ehlers, Alexandra Baumeyer  
Brahier, Mariluz Bagnoud, Gérard Gaillard

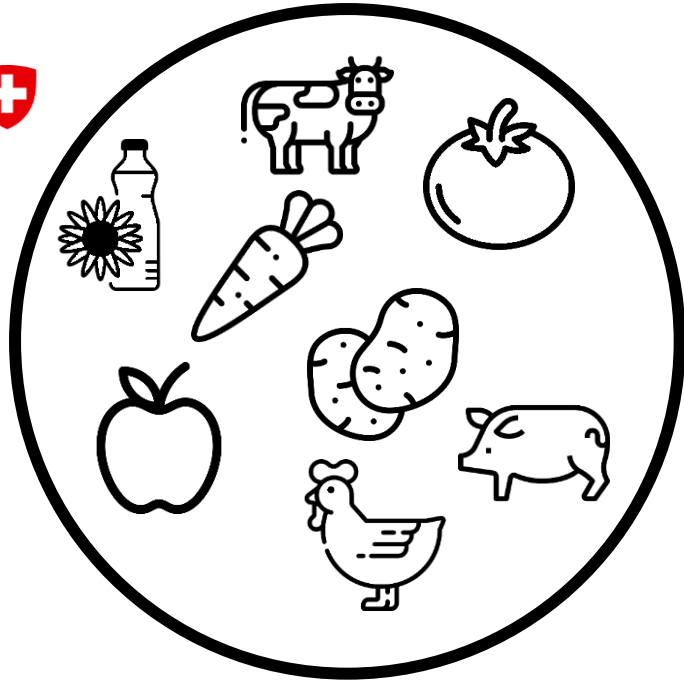
22.10.2024

[www.agroscope.ch](http://www.agroscope.ch) | gutes Essen, gesunde Umwelt

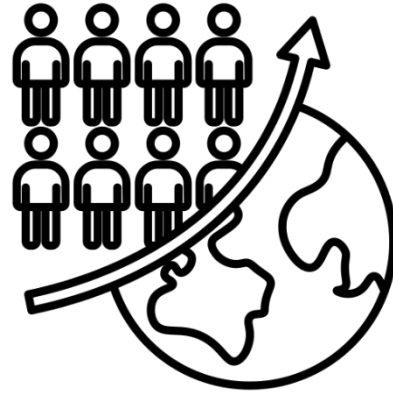


# Agenda

- Einleitung
- Methodologischer Rahmen für die Nachhaltigkeitsbewertung von neuen Technologien in der Landwirtschaft
- Mikroalgen als alternative Futtermittel
- Nachhaltigkeitsbewertung von Mikroalgen als alternative Futtermittel
- Schlussfolgerungen



+

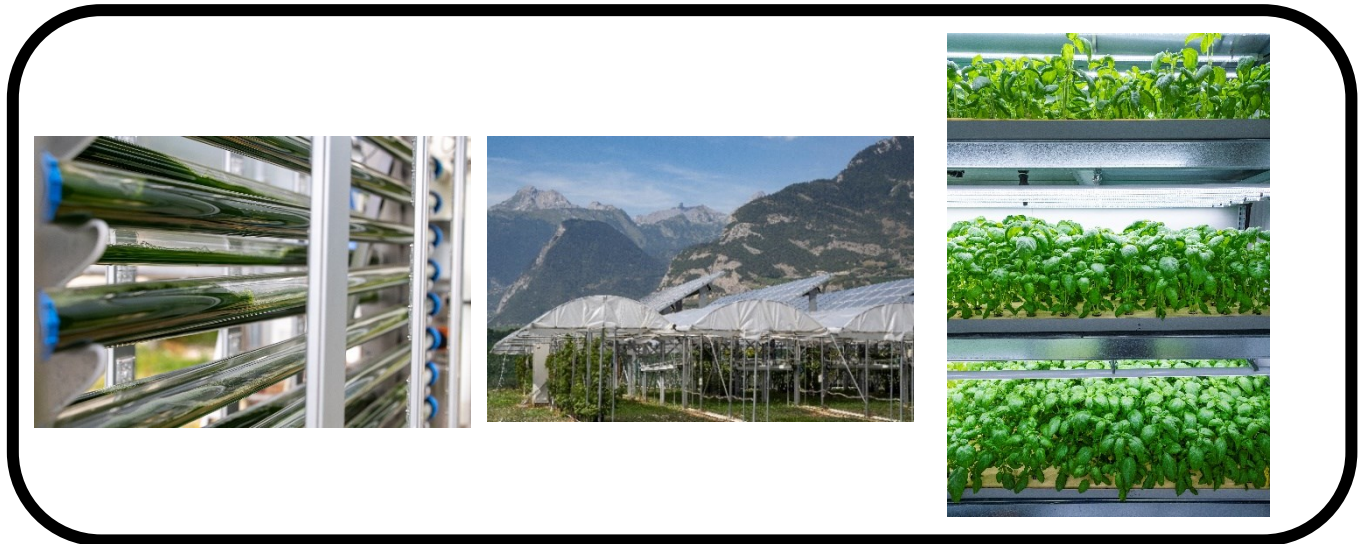


=

# Herausforderung

**Neue Technologien  
= Lösungen?**

**→ Methodologischer  
Rahmen**





# Methodologischer Rahmen zur Nachhaltigkeitsbewertung innovativer Technologien in der Landwirtschaft

gesamter Lebenszyklus

Perspektiven aller Anspruchsgruppen

alle Nachhaltigkeitsdimensionen

Soziale Akzeptabilität

Entwicklung der Technologien

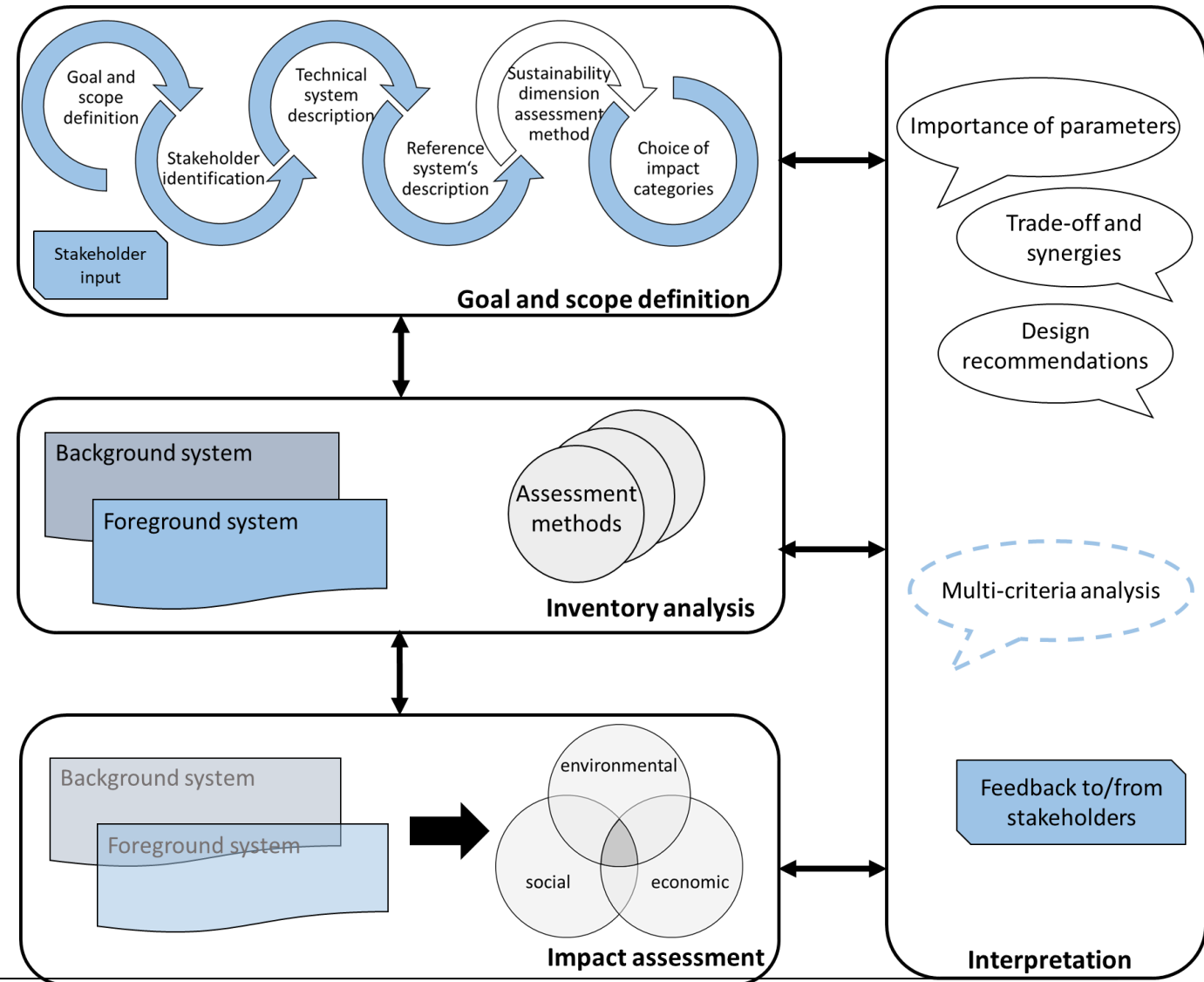
Multikriterienbewertung





# Methodologischer Rahmen

- Basierend auf Literatur
- 4 Schritte der Ökobilanzierung
- 3 Nachhaltigkeitsdimensionen
- Einbezug der Anspruchsgruppen
  
- Soziale Akzeptabilität
  - Zusammenhang zwischen sozialer «Erwünschtheit» und Einbezug der Anspruchsgruppen



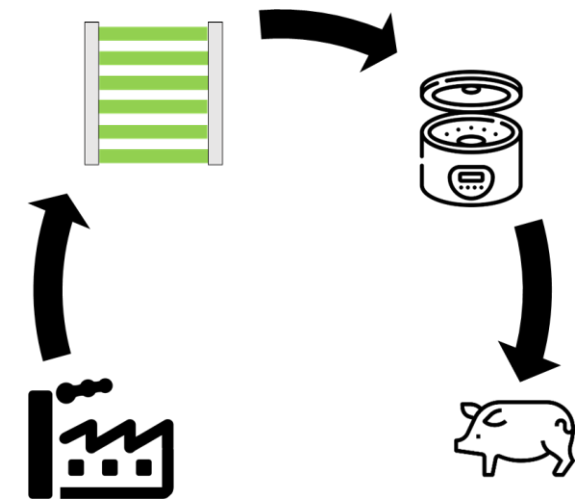


# Mikroalgen als alternative Futtermittel



- Mikroalgen haben unterschiedliche Anwendungen
  - Bioenergie
  - Alternative Futtermittel
    - wenig erforscht
    - Agroscope Forschungsgruppe Biotechnologie arbeitet auf diesem Gebiet
- Nachhaltigkeitsbewertung unter zwei Bedingungen
  - Nachhaltiges Produktionssystem garantieren
  - Eignung der Mikroalgen für die Schweinefütterung

→ Anwendung des methodologischen Rahmens

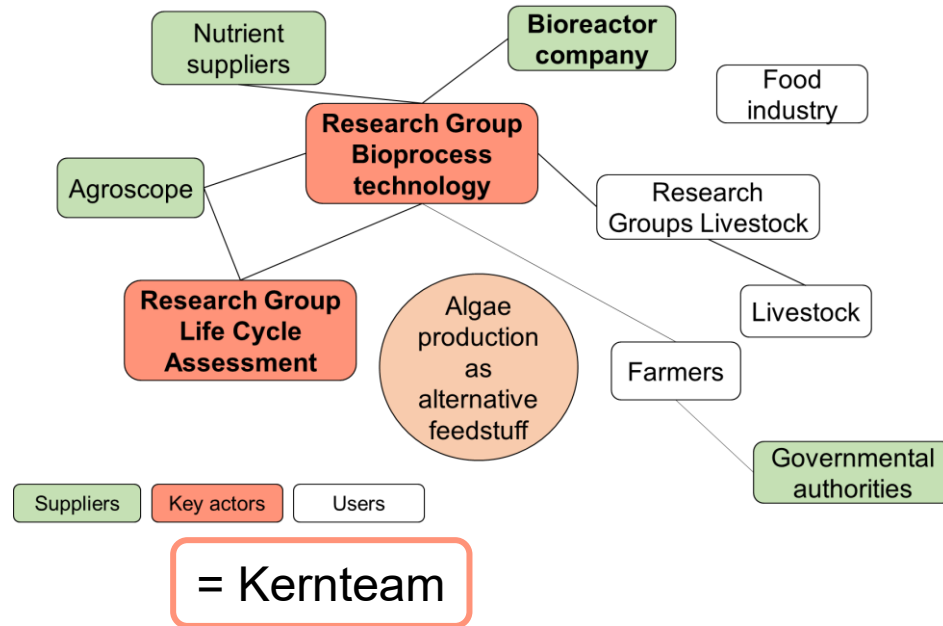




# Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens



- Charakteristiken des Reaktors identifizieren, die auf Laborebene zu einer besseren Nachhaltigkeit führen, auch im Hinblick auf einen Einsatz im grösseren Massstab
- 1kg Protein als funktionelle Einheit



- Schweizer Kontext
- Systemgrenzen: Bau, Betrieb und Wartung, Mikrofiltration, Lebensende
- Glass und PMMA\* Reaktoren
- Standardkonfiguration: CH Strommix, Reaktor auf künstlichem Boden, 20% rezykliertes Aluminium, flüssiges CO<sub>2</sub>
- 4 Szenarien:
  - S<sub>elec</sub>: Strom aus Solar, Wind, Wasser, Gas
  - S<sub>land</sub>: Reaktor auf Weidefläche
  - S<sub>alu</sub>: Veränderung des Anteils an rezykliertem Aluminium
  - S<sub>CO2</sub>: CO<sub>2</sub> als "avoided burden"



- Soja als Referenzsystem (Literatur)



# Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens: Wahl der Nachhaltigkeitsbewertungsmethode

- **Umwelt:** SALCA LCIA v2.0

- Klimawandel
- Nutzung (nicht-)erneuerbarer Ressourcen
- Wasserknappheit
- Eutrophierung von Süßwasser
- Terrestrische Ökotoxizität
- Flächennutzung

- **Ökonomie:** «Net Benefit/Nettonutzen» der Mikroalgenproduktion

$$NB = \sum B_i + \sum C_i$$

- Nutzen: Proteine, die im Laufe des Lebenszyklus produziert und verkauft werden
- Kosten: Kapitalkosten und Betriebskosten





# Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens: Wahl der Nachhaltigkeitsbewertungsmethode

- **Sozial:** vereinfachte soziale Lebenszyklusanalyse (SLCA) fokussiert auf das Vordergrundsystem - mit dem «reference scale approach» quantifiziert.
  - Anspruchsgruppen: Arbeiter und lokale Gemeinschaft
  - Wahl der Indikatoren

Anspruchsgruppen	Wirkungsunterkategorie	Indikator
Arbeiter	Gearbeitete Stunden	Geleistete Arbeitsstunden pro Woche
	Gerechte Bezahlung	Niedrigster Lohn im Vergleich zum Minimallohn im Sektor/Land
	Chancengleichheit	Verhältnis männliche/weibliche Angestellte
		Verhältnis männliches/weibliches Grundgehalt nach Kategorie
	Bildung	Beitrag zur persönlichen Entwicklung
Lokale Gemeinschaft	Lokale Anstellung	Prozent der Leute, die lokal beschäftigt sind
		Nachweis der lokalen Beschäftigungspräferenz
	Gesellschaftliches Engagement	Anzahl und Qualität der Austausche mit Anspruchsgruppen
		Vielfalt der Stakeholder, die mit dem Unternehmen interagieren



# Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens: Wahl der Nachhaltigkeitsbewertungsmethode

- **Sozial:** vereinfachte soziale Lebenszyklusanalyse (SLCA) fokussiert auf das VordergrundsysteM - mit dem «reference scale approach» quantifiziert.
  - Anspruchsgruppen: Arbeiter und lokale Gemeinschaft
    - Achtung: Anspruchsgruppen hier als Teil der SLCA
  - Wahl der Indikatoren
  - Referenzskalen definieren per Indikator<sup>1,2</sup> und Daten erheben
  - Unternehmen entlang Lebenszyklus identifizieren
    - Baufirmen für die Reaktoren
    - Betreiber der Reaktoren

Stufe	Beschreibung
A	Sehr gute Leistung
B	Zufriedenstellende Leistung
C	Unzureichende Leistung
D	Schlechte Leistung



# Sachbilanz

- Fragebögen für die Datenerhebung

## Ökonomie

Capital and operating costs				
Used in	Material	Price	Total CHF	Comments/Questions
Reactor	Reactor as a whole			What is exactly included?
Reactor	Lights			
Reactor	Sensors			
Reactor	Valves			
Reactor	Filters			
Reactor	Pumps			Pumps for the reactor and the microfiltration unit
Reactor	Microfiltration unit			
Operation	Electricity			For one year operation, including electricity for cooling, heating, mixing, aerating, lighting, microfiltration
Operation	CO2 input			For one year operation
Operation	Culture medium			For one year operation
Operation	Water			For one year operation
Operation	Replacement costs			Replacing equipment of reactor, potentially neglecting discounting
Operation	Interests costs			
Operation	Bleach			For one year operation

## Umwelt

System	Sub-System	Parameter Name	Description	Value used so far	Unit	Source	Comments/Questions
Construction	Reactor	Lifetime	Lifetime of the reactor before it is		12 years	Questionnaire / Discussions	
Construction	Reactor	Productive area	Area over which the reactor is spread		3.2 m2	Questionnaire v5	
Construction	Reactor	Electricity to fill the reactor	Amount of electricity used to fill in the reactor <i>Calculated based on volume of the reactor, power and flow of the circulating pump. Sense check?</i>		kWh		
Construction	Reactor	PMMA mass	Mass of PMMA used for the reactor		35613.6 g	Questionnaire v5	2.5m tube: 624 g, 1/4 "angle": 146 g (4 needed for one "scale"), vessels +caps+ other tubes counted as 10%
Construction	Reactor	Ligth transmission	Percentage of the light that goes through the material of the tubes		0.92	Discussion 26.03.2024	
Construction	Reactor	Photosynthetic efficiency	How much of the theoretical amount of biomass can one actually produce with the current reactor design		1	Assumption	Discussion 25.04: very difficult to estimate. Rather for sensitivity
	Reactor	Screw	Metal? Inox (acier)		14400 g	Questionnaire v5	16g / vis + écrou, 6/flach, 6 flanches/étage, + environ 18x6 autres flanches sur le systèmes (vessels et autres) Alexandra 11.04.24
Construction	Reactor	Aluminium mass	Mass of Aluminium used for the reactor, for the frame		30 kg		
Construction	Reactor	Lifetime of the support structure, heat exchanger, compressor, other electronics			20 years	Perez Lopez 2017	
Construction	Reactor	Lifetime of the tubes			10 years	Perez Lopez 2017, Olaiola Grewe 2020	
Construction	Reactor	Lifetime of the valves, filters, corners			10 years	Perez Lopez 2017	
Construction	Reactor	Radius of the pipes			2.5 cm	Questionnaire v2	
Construction	Reactor	Length of the pipes			2.5 m	Questionnaire v2	
Construction	Reactor	Thickness of PMMA in pipes			5 mm	Questionnaire v2	
Construction	Reactor	Number of pipes			22 -	Questionnaire v5	corrected
Construction	Reactor	Volume of the reactor			174 l	Questionnaire v5	
Construction	Peristaltic pump	Power	Power of the peristaltic pump used		10 W	Questionnaire v2	
Construction	Peristaltic pump	Number	Number of peristaltic pumps		3 -	Questionnaire v2	
Construction	Circulating pump	Power	Power of the circulating pump		40 W	Questionnaire v2	
Construction	Circulating pump	Flow	Flow pumped through the circulating pump		10 m3/h	Questionnaire v2	
Construction	Heat exchanger	Weight	Weight of the heat exchanger		0.85 kg	Questionnaire v5	
Construction	Heat exchanger	Material	Material used for the heat exchanger	chromium steel		Technical sheet on coil heat à demander / fiche technique	Added Switch parameter to include or not not considered
Construction	Heat exchanger	Material	Water bath metal				
Construction	Electronics	Mass of electronics	Regroups all the sensors and electronics		0.5 kg		

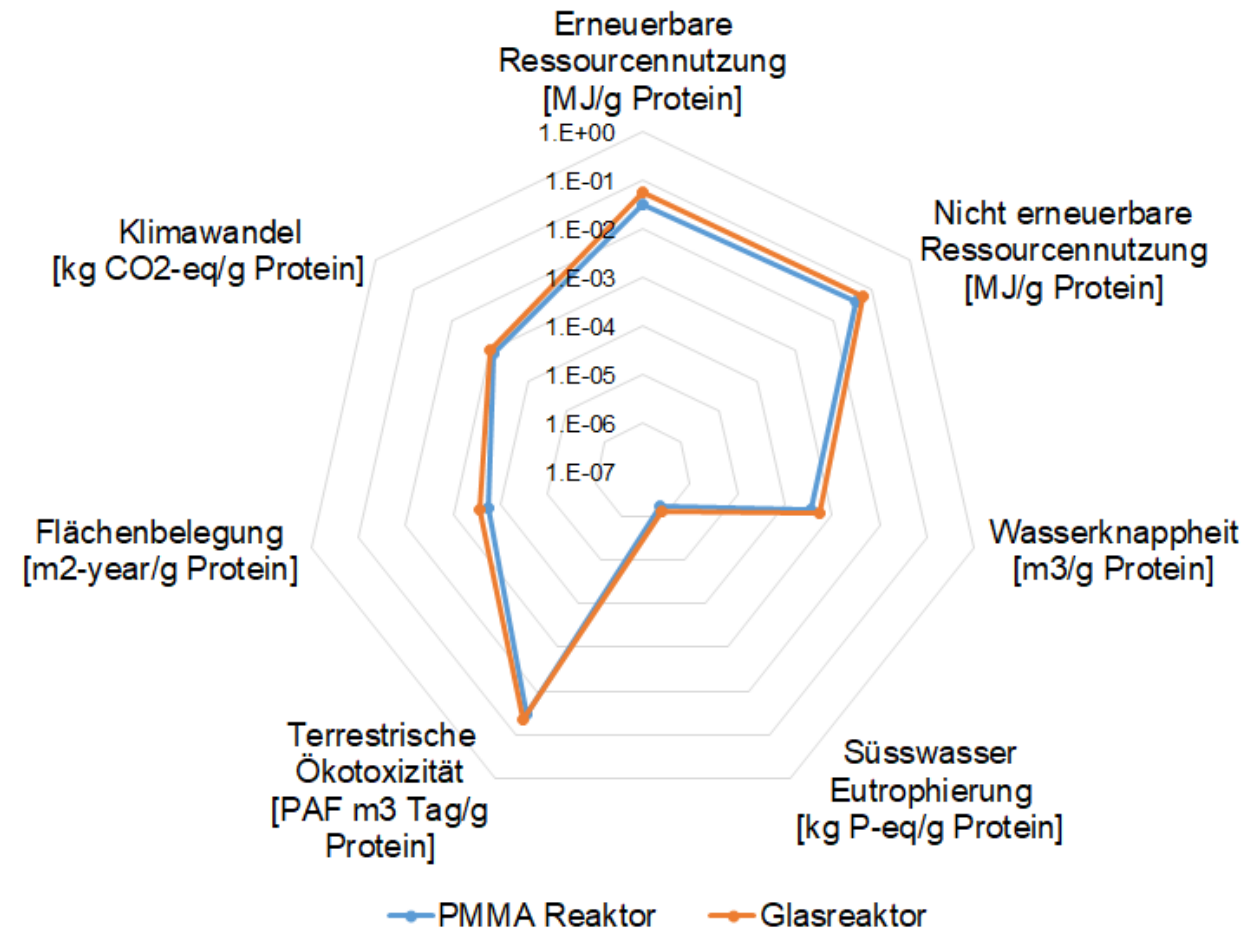
## Soziales

General details about the company			
	Value	Unit	Explanation/Details/Example
Activity of the company		-	e.g. "manufacturing of the PMMA photobioreactor"
Local hiring preferences in place?		-	yes or no
List of community stakeholder groups the company is engaging with		-	Local residents, local businesses, local farmers, local NGOs...
Number of stakeholder meeting		-	How many meetings were organized with different community stakeholder groups
Response/Reaction after stakeholder meeting		-	Which actions were taken after the stakeholder meetings? For example was the design adapted, or were further information organised?
Number of people involved that shift to a higher competence level/education level over the time of the project/manufacturing of reactor		-	
Information about the employees			
<i>Please copy the box if you need to provide information on more than 10 employees</i>			
	Employee 1		
	Working hours per week	h/week	
	Salary or salary class	CHF/year	
	Gender	M/F	
	Nationality	-	



# Wirkungsabschätzung Umwelt

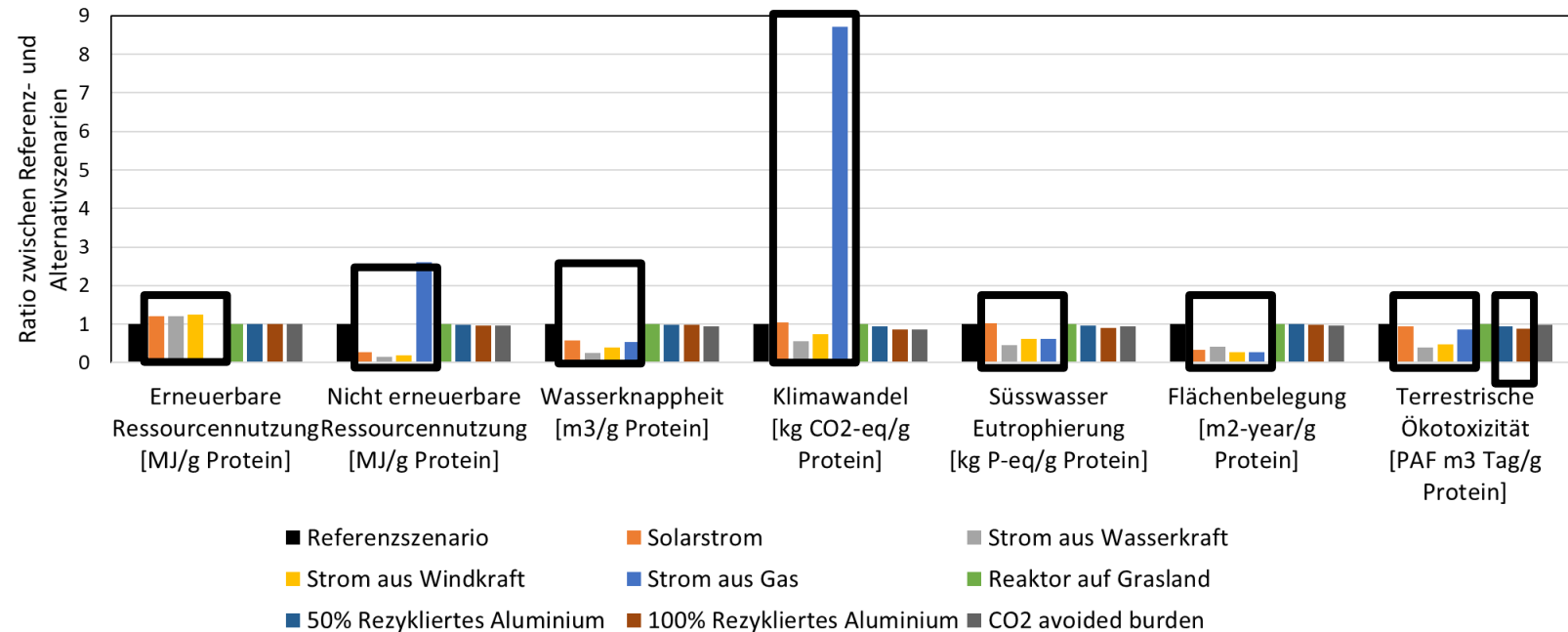
- Ähnliche Resultate für beide Reaktoren
  - Glasreaktor zwischen 8% und 41% höhere Umweltwirkungen
- Stromverbrauch Haupteinfluss auf Umweltwirkungen
  - Höher beim Glasreaktor (Beleuchtung)
- Sensoren
- Aluminiumrahmen





# Wirkungsabschätzung Umwelt – Szenarien (PMMA Reaktor)

- Strommix beeinflusst Umweltwirkungen am meisten
- Hoher Anteil an rezykliertem Aluminium reduziert die terrestrische Ökotoxizität
- Landnutzung und CO<sub>2</sub> als avoided burden: wenig Einfluss auf die hier gezeigten Umweltwirkungen





# Wirkungsabschätzung Soziales

- Für jedes Unternehmen, je nach Land, Wert A, B, C oder D per Indikator (9)

Anspruchsgruppen	Wirkungsunterkategorie	Indikator	Bauunternehmen Glassreaktor	Bauunternehmen PMMA Reaktor	Reaktorbetreiber
Arbeiter	Gearbeitete Stunden	Geleistete Arbeitsstunden pro Woche			
	Gerechte Bezahlung	Niedrigster Lohn ist fair			
	Bildung	Beitrag zur persönlichen Entwicklung			
	Chancengleichheit	Verhältnis männliche/weibliche Angestellte Verhältnis männliches/weibliches Grundgehalt nach Kategorie			
Lokale Gemeinschaft	Lokale Anstellung	Prozent der Leute, die lokal beschäftigt sind Nachweis der lokalen Beschäftigungspräferenz			
	Gesellschaftliches Engagement	Anzahl und Qualität der Austausche mit Interessensgruppen Vielfalt der Stakeholder, die mit dem Unternehmen interagieren			



# Wirkungsabschätzung Soziales

- Für jedes Unternehmen, je nach Land, Wert A, B, C oder D per Indikator (9)

Anspruchsgruppen	Wirkungsunterkategorie	Indikator	Bauunternehmen Glassreaktor	Bauunternehmen PMMA Reaktor	Reaktorbetreiber
Arbeiter	Gerechte Bezahlung	Alle Unternehmen respektieren die Anzahl gearbeiteter Stunden pro Woche	B	B	B
		Niedrigster Lohn ist fair	n.a.	A	A
		Beitrag zur persönlichen Entwicklung	n.a.	n.a.	B
		Verhältnis männliche/weibliche Angestellte	n.a.	D	n.a.
		Verhältnis männliches/weibliches Grundgehalt nach Kategorie	n.a.	B	n.a.
		Prozent der Leute, die lokal beschäftigt sind	n.a.	A	D
Lokale Gemeinschaft	Lokale Anstellung	Einzelne Unternehmen haben keine lokale Anstellungspräferenz	B	D	B
		Alle Unternehmen interagieren mit den Anspruchsgruppen	B	A	B
		Der Einbezug der Anspruchsgruppen könnte abwechslungsreicher sein	n.a.	B	B



# Wirkungsabschätzung

- Ökonomie
  - Kosten >> Nutzen
  - Achtung: Laborebene
- Vergleich mit Referenzsystem
  - Trade-offs zwischen Umweltwirkungen
  - Beitrag zur persönlichen Entwicklung besser bewertet bei Mikroalgen
  - Achtung: Unterschiedliche Reifegrade der Technologien, geographische Bedingungen, Indikatoren





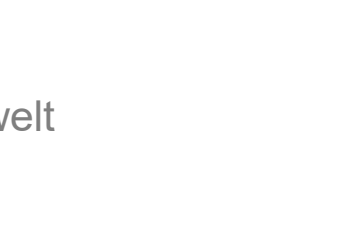
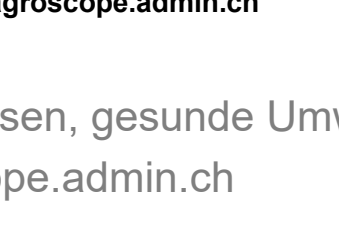
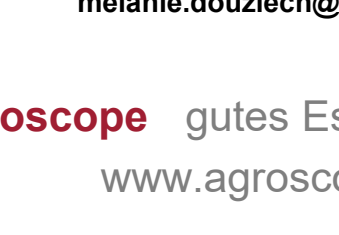
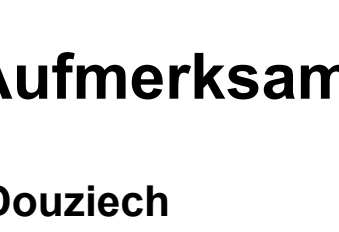
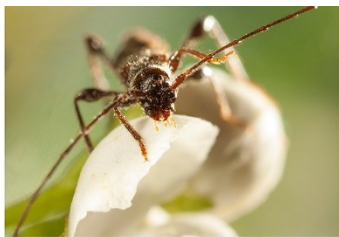
# Interpretation

- Beide Reaktoren weisen ähnliche Nachhaltigkeitsresultate auf
  - Stromverbrauch und Strommix beeinflussen die Umweltnachhaltigkeit am meisten
  - Soziale Nachhaltigkeit könnte durch die Diversifizierung der Austauschpartner verbessert werden
- Ökonomische Nachhaltigkeit uneindeutig
  - System nicht optimiert
- Soziale Nachhaltigkeit sehr systemabhängig
- Schwieriger Vergleich mit dem Referenzsystem
  - Unterschiedliche Systemgrenzen, Technologiereifegrade und geographische Rahmenbedingungen



# Schlussfolgerungen

- Methodologischer Rahmen für die Nachhaltigkeitsbewertung von neuen Technologien in der Landwirtschaft
  - Flexibel
  - Erfüllt mehrere Kriterien
  - Erfolgreich auf die Produktion von Mikroalgen als alternative Futtermittel auf Laborebene angewendet.
- Berücksichtigung des Entwicklungspotenzials der Technologien herausfordernd:
  - Vergleich mit ausgereiftem Referenzszenario
  - Szenarioanalyse
  - Einbezug der Anspruchsgruppen entlang des gesamten Lebenszyklusses
  - Prospektive soziale Nachhaltigkeitsanalyse



**Danke für Ihre Aufmerksamkeit**

**Mélanie Douziech**  
melanie.douziech@agroscope.admin.ch

**Agroscope** gutes Essen, gesunde Umwelt  
www.agroscope.admin.ch

