

# Wasserverfügbarkeit als Standortfaktor – Versorgung sichern durch Effizienz, Innovation und Planung



Dr. Stephan Ende, AWI Bremerhaven (Sektion Aquakulturforschung)

10.04.2024

Wasserverfügbarkeit als Thema am AWI

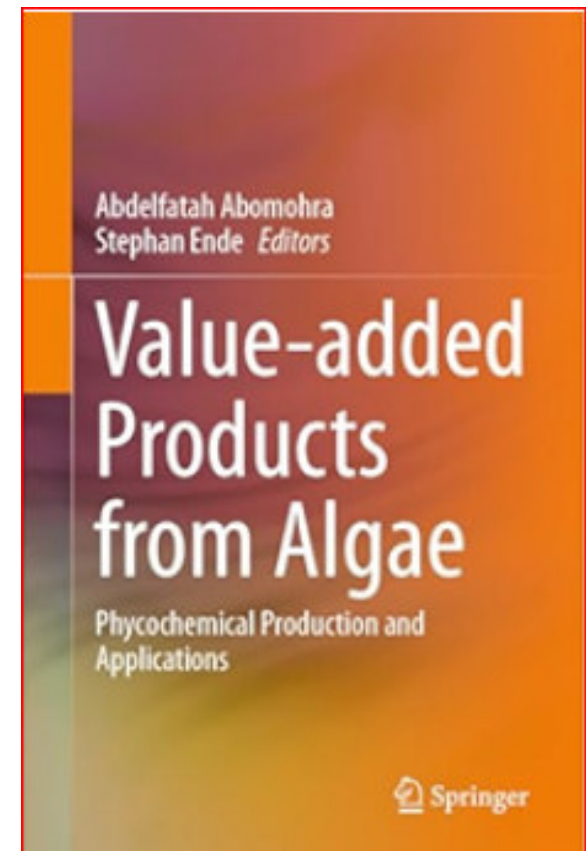
Sektion Aquakulturforschung

- Schwerpunkt Aquakultur – Produktion aquatischer Lebewesen (Pflanzen, Tiere)
  - Nachhaltige Futtermittel
  - Integrierte Nährstoffkreisläufe
  - Wasserverbrauch senken
  - Bio- Engineering / Anwendungsmöglichkeiten / biologische Lösungen z.B. durch Algen

10.04.2024

## Bio- Engineering / Anwendungsmöglichkeiten / biologische Lösungen z.B. durch Algen

- Wo helfen uns Algen?
  - Neue Baustoffe
  - Abbau von Schwermetallen und Salzen und Schadstoffen
  - Herstellung biologischer Inhaltsstoffe
  - Alternative Nahrungs- und Futtermittel
  - .....
  - .....
  - .....



Bio- Engineering / Anwendungsmöglichkeiten / biologische Lösungen z.B. durch Algen

Wo helfen Algen? Unser Standortfaktor und Wasserverfügbarkeit

- Verbesserung der Wasserverfügbarkeit durch Nutzbarmachung von Meerwasser und Brackwasser für Landwirtschaft und Wasserstoffproduktion
- Warum könnte das wichtig werden?
  - Zunehmende Versalzung
  - Zunehmender Süßwasserbedarf bei zunehmend begrenzter Verfügung, saisonal  
Trinkwasserknappheit für Mensch und Tier
  - Aufrechterhaltung der Landwirtschaft
  - Energietransformation auf Basis von H<sub>2</sub>O

10.04.2024

Brackwasser aus der Weser, Meerwasser aus der Nordsee ist kein direkt nutzbares Wasser

Brackwasser ca. 10g/L Salzgehalt

Salzwasser ca. 30g/L Salzgehalt

Toleranzbereiche

Pflanzen <3g/L Salzgehalt

Tiere <2g/L Salzgehalt

Trinkwasser/Mensch <1g/L Salzgehalt

➤ Also Entsalzung notwendig

- Weltweit existieren 19372 Entsalzungsanlagen (vor allem für die Produktion von Trinkwasser)
  - Problem ist der hohe Energieaufwand und die resultierende Umweltbelastung
  - Daten aus Antrag, 2,5-4,0 kWh/m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O und ca. 1,3L Salzlake pro Liter H<sub>2</sub>O
    - Menge an Salzlake kann man in Zahlen kaum noch ausdrücken

- Deckung Frischwasserbedarf für Kühe durch Salzeintrag in Grabensysteme und Grundwasser gefährdet
- Milch- Ertragsleistung bei Salzgehalten von 1,8g/L um 17 % niedriger im Vergleich zur Milchleistung von Kühen, die entsalztes Wasser (Umkehrosmose) trinken
- >1,8 g/L Salzgehalt bereits saisonal in vielen Gräben erreicht
- bedeutet beispielsweise für die Wesermarsch 55,9 Mio Liter weniger Milchproduktion pro Jahr 25 Mio € weniger Einnahmen
  - Gleiche Herausforderungen länderübergreifend entlang der Küstenregion
- Zusätzlich Druck für Landwirtschaft durch Emissionsreduktion, Landwirtschaft großer Emittent

## Wasserverfügbarkeit Wesermarsch

- Gibt es alternative Entsalzungsverfahren?
  - Ja, biologische Entsalzung
  - Forschung dazu seit 1990'ern
    - Bislang keine kommerzielle Anlage bekannt
    - Allerdings durch neue Verfahren in der Mikroalgenkultivierung (Volumen Biomasse Mikroalgen seit 1990 gestiegen), neue Grundlagenforschungsergebnisse erlebt auch die Anwendung von Mikroalgen als Bio- Ingenieuren einen erheblichen Aufschwung
      - Neben Entsalzung gibt es viele weitere Ansätze um die Eigenschaft von Mikroalgen Salze, Metalle und andere Stoffe zu akkumulieren
        - Abwasserreinigung, Schadstoffreduzierung in Deponie Sickerwasser, Integration in Landwirtschaft und intensive Fischproduktion zur Umwandlung von z.B. Phosphor, Ammonium und Nitrat in abtrennbare Biomasse, etc....
- Wie weit ist die Entwicklung in der mikroalgenbasierten Entsalzung von Brack- und Salzwasser, und welche Informationen fehlen noch, um dieses Verfahren zu kommerzialisieren?

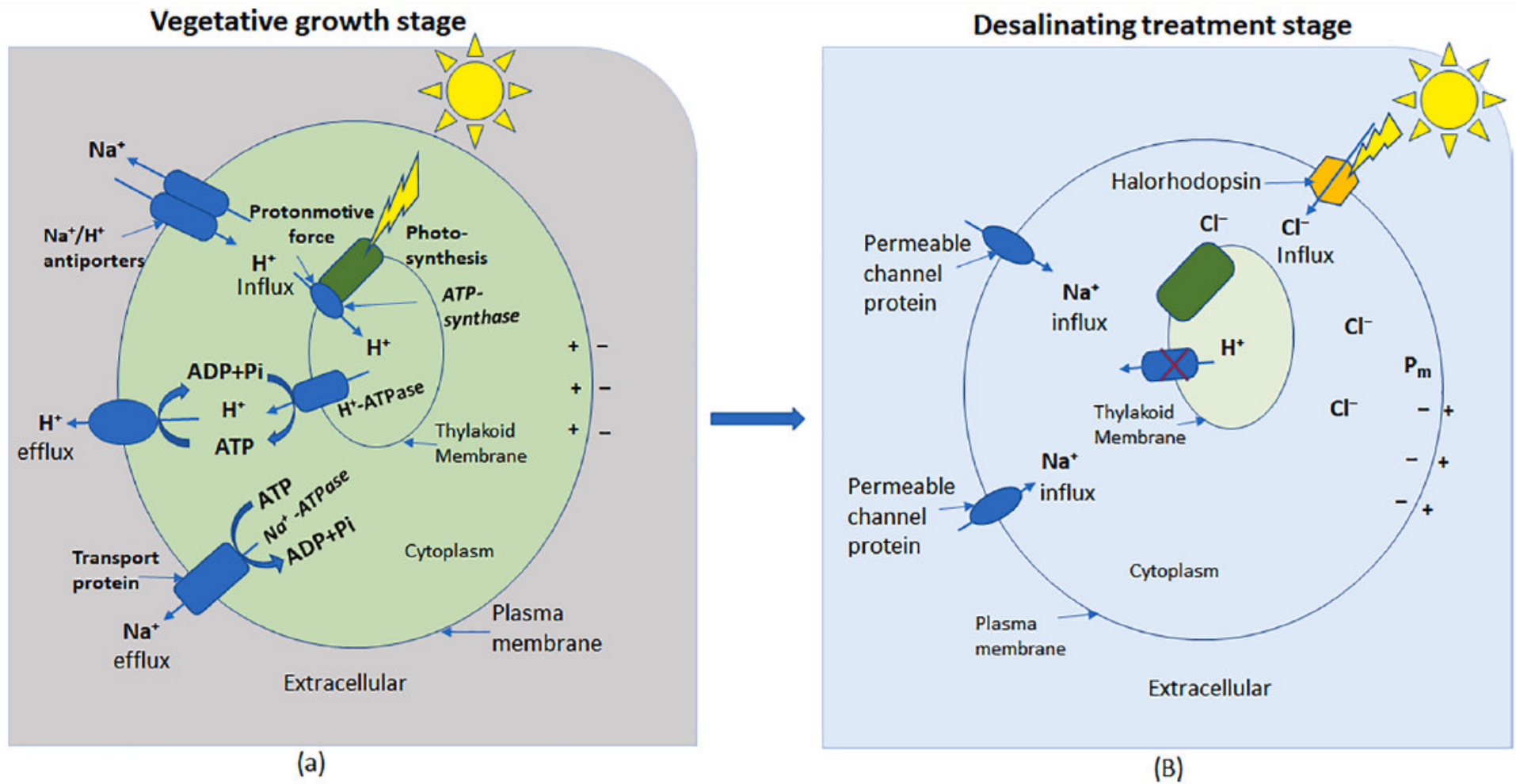


Fig. 2.  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  transportations at various phases of biodesalinating process in microalgae. (a) Growth phase (No  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  accumulation facilitate) (b) Desalinating phase ( $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  accumulation stage).



- Wie weit ist die Entwicklung in der mikroalgenbasierten Entsalzung von Brack- und Salzwasser, und welche Informationen fehlen noch, um dieses Verfahren zu kommerzialisieren?
- Rückblick Literatur Mikroalgenbasierte Entsalzung
- Was fehlt an Info's/ Datengrundlage?
  - Nachweis der Skalierbarkeit
    - Bedarf einfacher Systeme (vor allem in Norddeutschland bislang wenig untersucht, in China sind Mikroalgenfarmen so groß wie 200 Fussballfelder)
    - Neue flächensparende und energieeffiziente Lösungen für unsere Region sind notwendig
    - Optimierung der Entsalzungsleistung
      - Bisläng viele Arten getestet
  - Energieeffiziente Ernte, also Abtrennung der Biomasse vom entsalzten Wasser

- Wie weit ist die Entwicklung in der mikroalgenbasierten Entsalzung von Brack- und Salzwasser, und welche Informationen fehlen noch, um dieses Verfahren zu kommerzialisieren?
- Rückblick Literatur Mikroalgenbasierte Entsalzung
- Was fehlt an Info's/ Datengrundlage?
  - Nachweis der **Skalierbarkeit und Kontrollierbarkeit (System muss stabil laufen)**
    - Bedarf einfacher Systeme (vor allem in Norddeutschland bislang wenig untersucht, in China sind Mikroalgenfarmen so groß wie 200 Fussballfelder)
    - Neue flächensparende und energieeffiziente Lösungen für unsere Region sind notwendig
    - Optimierung der **Entsalzungsleistung**
      - Bislang viele Arten getestet
  - Energieeffiziente Ernte, also **Abtrennung** der Biomasse vom entsalzten Wasser
  - Biomasseertrag und Produktsicherheit (Biomasseertrag nach Literatur und eigenen Arbeiten so hoch wie mit optimierten Nährmedien)
    - Bislang wurden in Salzwasser fehlende Makronährstoffe (N-P-K) immer durch mineralische und/oder **nicht nachhaltige Rohstoffe** ergänzt (z.B. Haber Bosch, P aus Minen)

- Wir setzen genau an den fehlenden Info's an!
  - Nachweis der Skalierbarkeit und Kontrollierbarkeit (System muss stabil laufen)
  - Optimierung der Entsalzungsleistung
  - Energieeffiziente Ernte, also Abtrennung der Biomasse vom entsalzten Wasser
  - Optimierung des Salzwassers, fehlende Makronährstoffe (N-P-K)

- Wie machen wir das! Mit welchen Verfahren?
  - Nachweis der Skalierbarkeit und Kontrollierbarkeit (System muss stabil laufen)
  - Nutzung einfacher Agraranlagen (Silosysteme, minimaler Flächenbedarf da vertikal, kostengünstig in der Anschaffung, skalierbar)
    - Versuche mit energiearmen LED im Silo
  - Optimierung der Entsalzungsleistung
    - Entsalzungsleistung abhängig von Biomasse g/L, Lichtstress, Algenart
  - Energieeffiziente Ernte, also Abtrennung der Biomasse vom entsalzten Wasser
  - Aktuelle Tests mit Vibrations- Membranfiltrationsanlagen
    - Minimaler Energieaufwand, Partikel bis  $0,2\mu\text{m}$  trennbar, hohes Erntevolumen pro Stunde, Skalierbar (wird bereits kommerziell in Kläranlagen eingesetzt), Permeat (Ausgangssubstrat für Tier Tränkewasser und Umkehrosmose (Wasserstoff) sehr rein ( $<0,2\mu\text{m}$  Filtration))
  - Optimierung des Salzwassers, fehlende Makronährstoffe (N-P-K)
  - Lokale Herstellung von Ammonium, Kalium und Phosphor aus Rinderurin

## Wie weit waren wir vor den durch die Metropolregion geförderten Projekte?

### Relevante Veröffentlichungen

S.W. Ende, T. Schwenkler, Mafalda C. Almeida, Cynthia Couto, Kit W. Chew, Albert S. Beyer, Reham Ebaid, Stephan, Joachim Henjes. POTENTIAL OF BRINE- AND STRUVITE-BASED GROWTH MEDIA FOR SUSTAINABLE ARTHROSPIRA PLATENSIS CULTIVATION AND C-PHYCOCYANINE PRODUCTION. Wird im April 2024 bei Journal of applied Phycology eingereicht

Beyer, A., Meier, J., Jiménez-Muñoz, M., Meixner, R., Ende, S., Abomohra, A., Henjes, J. 2023. New microalgae media formulated with completely recycled phosphorus originating from agricultural sidestreams. Journal of Applied Phycology, 1-16.

- Wichtigstes Ergebnis
  - Rückgewinnung von Nährstoffen aus Kuh- Urin machbar
  - Kuh- Urin geeignet für Mikroalgen
    - Rückgewonnene Nährstoffe
  - Meerwasser geeignet für Mikroalgen als Nährstoff
    - gleichhohes Wachstum in Mikroalgen mit Salzlake und Phosphor aus Kuh- Urin gedüngt wurden wie in Mikroalgen mit synthetisch- mineralischem Nährmedium
    - Außerdem höhere Konzentration an wertgebendem Inhaltsstoff (Phycocyanin, blaues Pigment)
- Biomasseertrag Voraussetzung für hohe Entsalzungsleistung, und Wirtschaftlichkeit
  - Permeat (Wasser für Anwendung in Agrar- und Wasserstoff darf nicht viel kosten)

10.04.2024

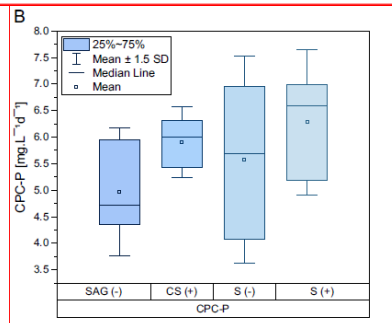
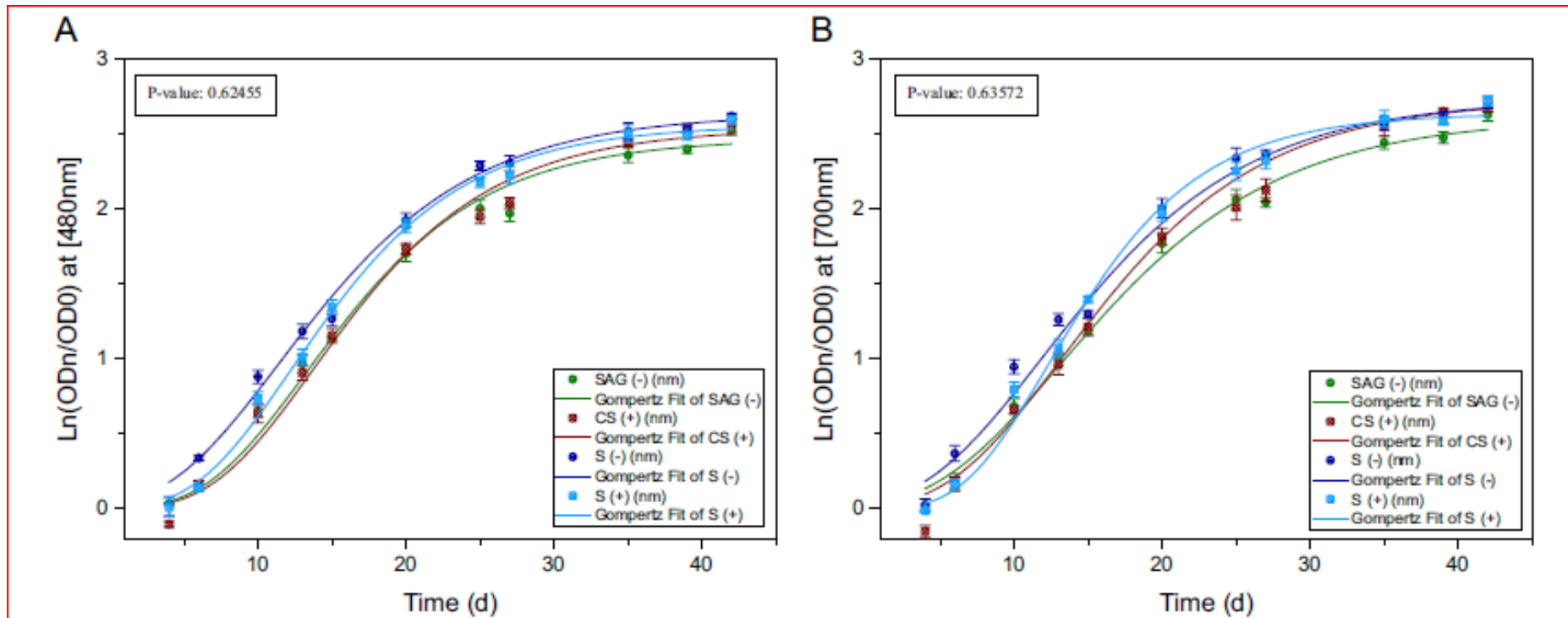
## Entwicklung einer mikroalgenbasierten biologischen Entsalzungsanlage – BioDesal –



Lokale Gewinnung von N-P-K aus landwirtschaftlichen Reststoffströmen

10.04.2024

## Potenzial für Nachhaltiges Nährmedium auf Basis von Kuh Urin

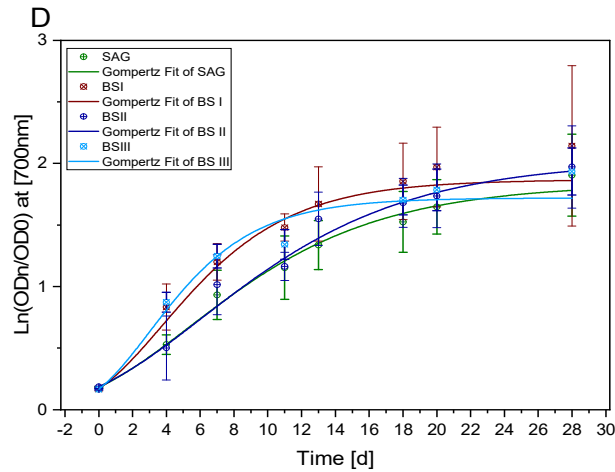
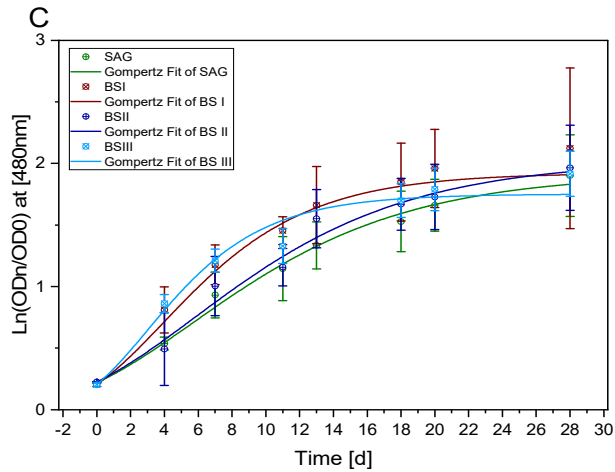
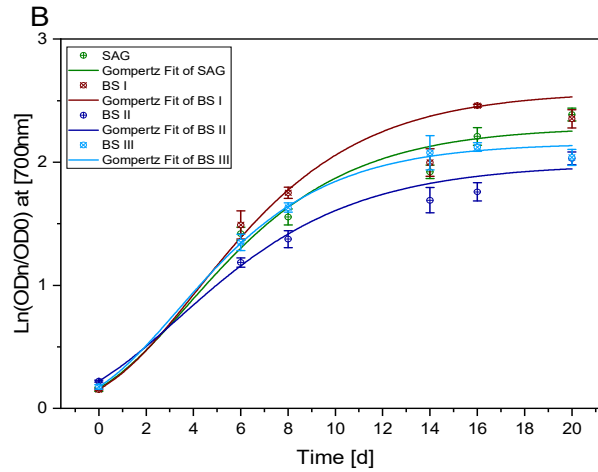
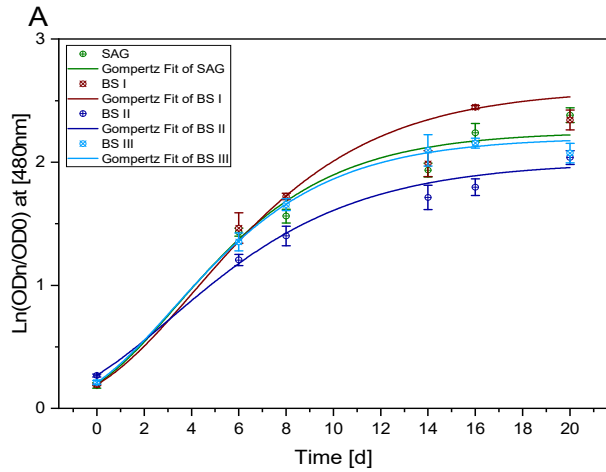


### Ergebnis

Spirulina wächst auf Kuh Urin recyceltem Phosphor genauso gut wie auf Standard Nähmedium, und, produziert zusätzlich ca. 20% mehr des wertgebenden Inhaltsstoffes Phycocyanin

10.04.2024

# Potenzial für Nachhaltiges Nährmedium auf Basis von Kuh Urin



Ergebnis  
Mikroalge zeigt gleiches  
Wachstum in dem auf Kuh Urin  
und Meerwasser basierendem  
Nährmedium wie das Wachstum in  
Algen mit konventionellem  
Nährmedium



# Projekte und Potenziale in der Region Wesermarsch

- 1 Entwicklung einer mikroalgenbasierten biologischen Entsalzungsanlage – BiolDesal –  
Gefördert durch Metropolregion Nordwest (Maßnahmenbeginn 01.07.2023)
- 2 Erzeugung von salzarmem Meerwasser für die grüne Wasserstoffindustrie – BDSALgreenH2  
Förderbescheid durch Metropolregion Nordwest erhalten (01.03.2024)

Wasserquelle

Wasserfiltration I

Entsalzung

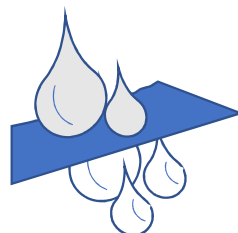
Wasserfiltration II

Produkte

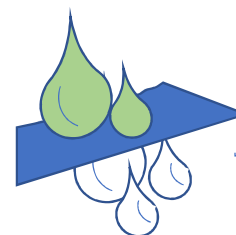
Brackwasser



Salzwasser



Zur Trennung von Plankton, Bakterien, etc... (0,2µm)



Abtrennung salzhaltiger Mikroalgen (0,2µm)

Biomasse/  
Extrakte

Permeat



# Verfahrensschritte zur biologischen Entsalzung von Brack- und Salzwasser



10.04.2024

## Entwicklung einer mikroalgenbasierten biologischen Entsalzungsanlage – BioDesal –

Upscaling in einfachen, flächensparenden und kostengünstigen Systemen möglich?

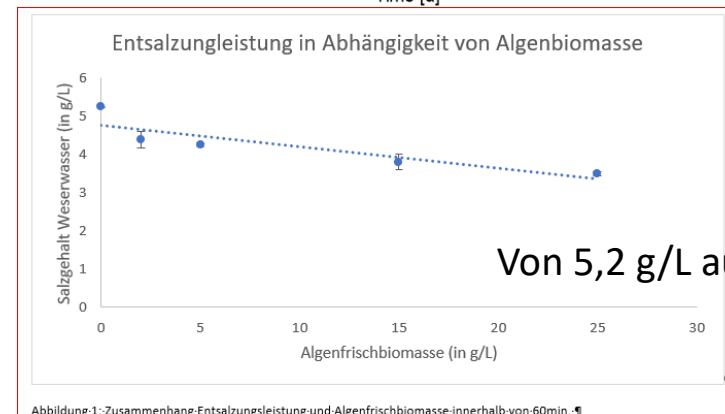
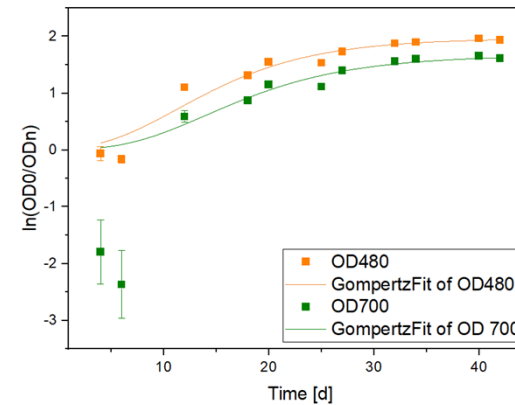
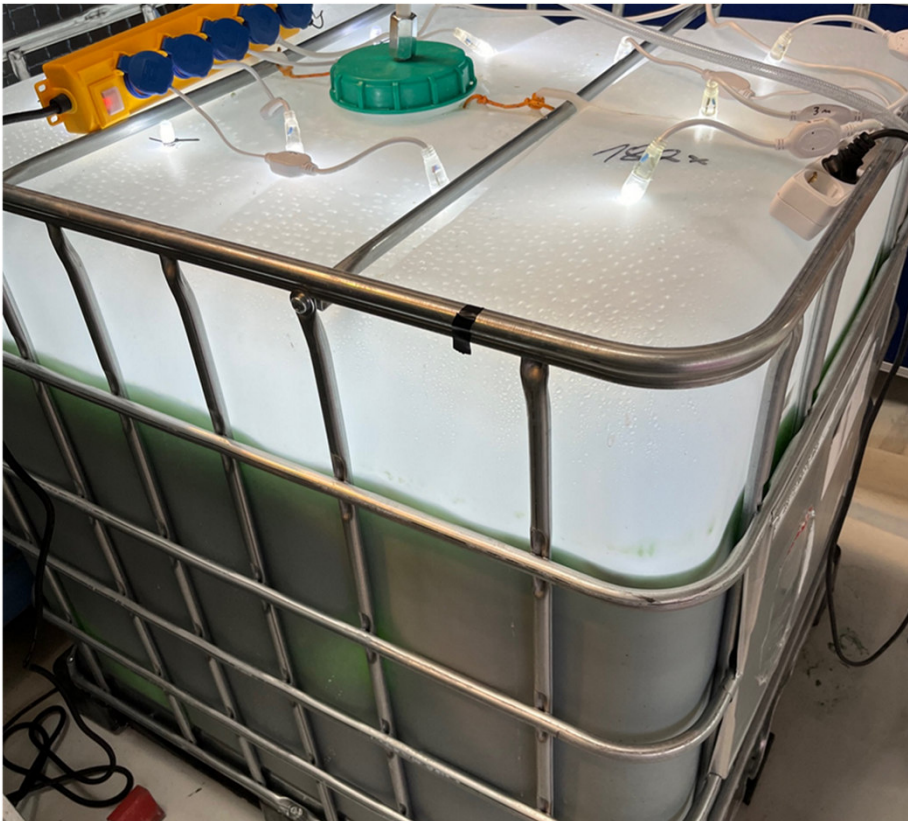


Abbildung 1: Zusammenhang Entsalzungsleistung und Algenfrischbiomasse innerhalb von 60min.

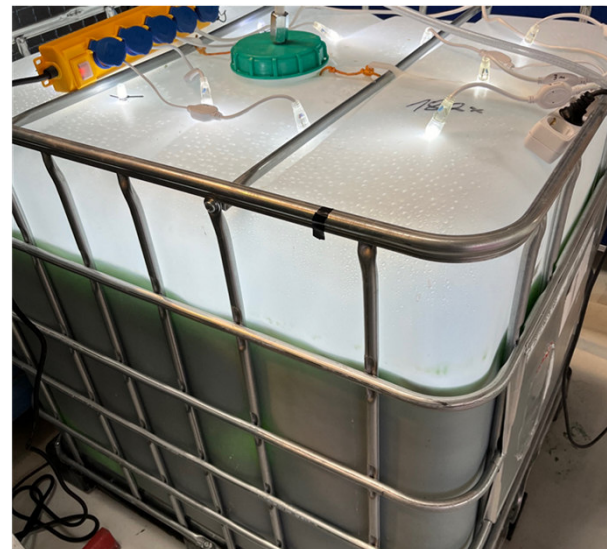
10.04.2024

## Entwicklung einer mikroalgenbasierten biologischen Entsalzungsanlage – BioDesal –

Skalierbarkeit möglich?



Wichtig ist die Lichtverteilung,  
Energiebedarf der Anlage  
Erste Ergebnisse Ende Mai 2024 erwartet



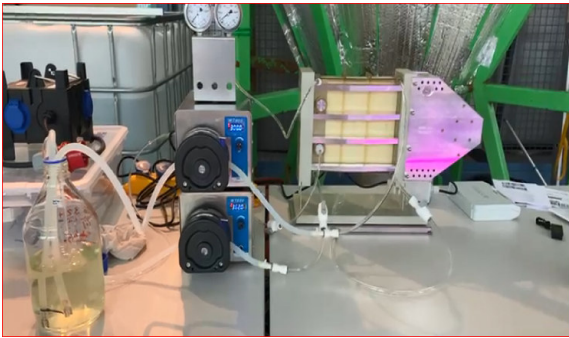
10.04.2024



## Entwicklung einer mikroalgenbasierten biologischen Entsalzungsanlage – BioDesal –

Einfache, skalierbare und kostengünstige Abtrennung der Algen möglich?

(Rechts) Ernte nach ca. 1 Stunde mit  
XXS Anlage (unten), ca. 50L Permeat  
(Tränkwasser oder vorentsalt für  
Wasserstoffproduktion)



10.04.2024

## Entwicklung einer mikroalgenbasierten biologischen Entsalzungsanlage – BioDesal –

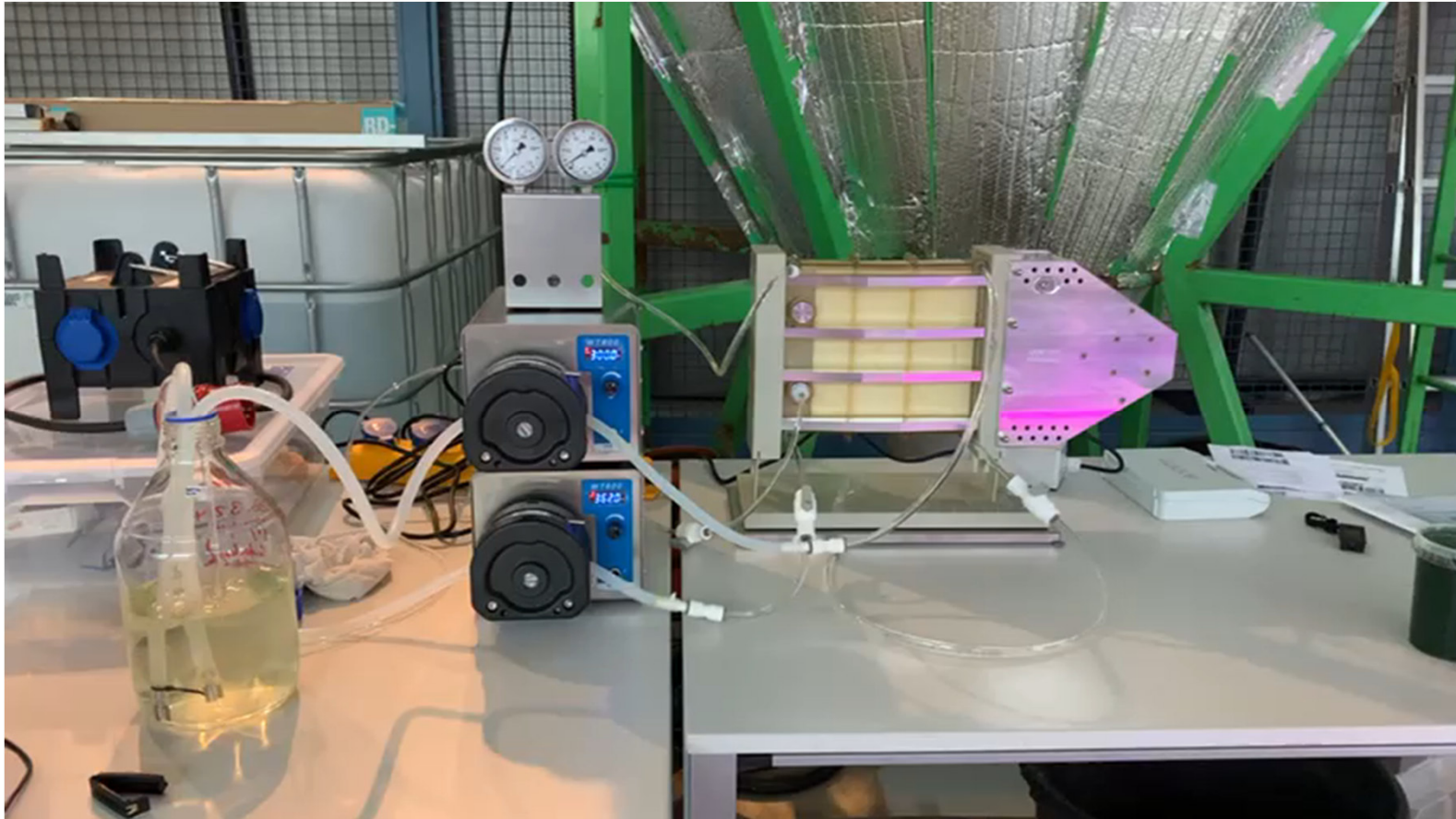
Einfache, skalierbare und kostengünstige Abtrennung der Algen möglich?



10.04.2024

## Entwicklung einer mikroalgenbasierten biologischen Entsalzungsanlage – BioDesal –

Einfache, skalierbare und kostengünstige Abtrennung der Algen möglich?



10.04.2024



## Ausblick

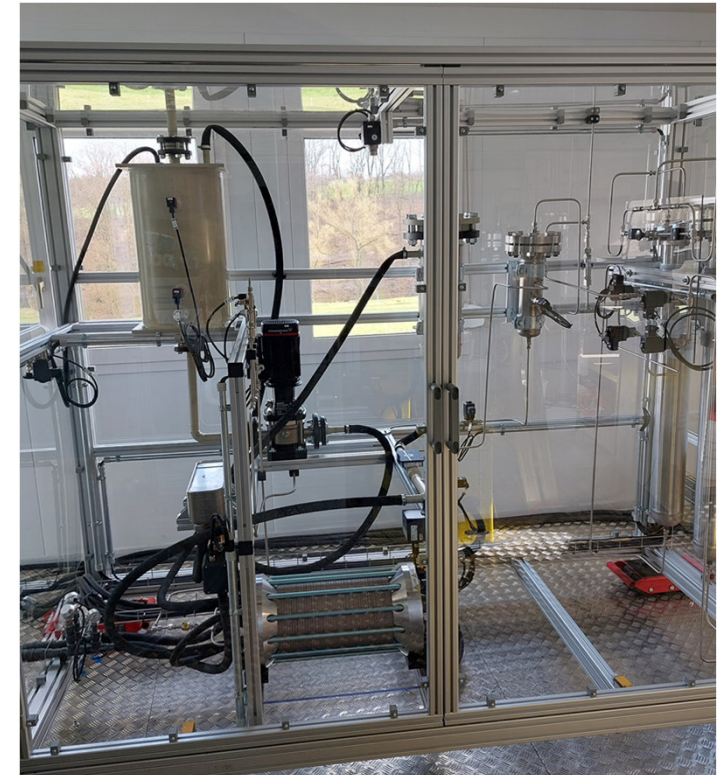
Zusammenarbeit mit dem Innovationszentrum Nordenham

Was ist geplant?

- Am Innovationszentrum geht in den kommenden Tagen eine Umkehrosmoseanlage mit Elektrolyseanlage zur versuchsweisen Herstellung von Wasserstoff aus Regenwasser in Betrieb

AWI Projekt stellt vorentsalztes Meer- und Brackwasser zur Verfügung

Hypothese ist, Energiekosten und Menge an Abfall Reduzieren sich durch die Vorentsalzung im Vergleich zur Entsalzung von unbehandeltem Meer- und Brackwasser



10.04.2024



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Stephan Ende  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter Forschungsgruppe, Aquakultur und Marine Bionik AWI  
Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung  
Am Handelshafen 12, Raum OA4  
27570 Bremerhaven, Germany  
[www.awi.de](http://www.awi.de)  
Mobil: +49 (0)162 8467190  
Email: [Stephan.Ende@awi.de](mailto:Stephan.Ende@awi.de)  
Web: [awi/aquakulturforschung.de](http://awi/aquakulturforschung.de)



Dr. Stephan Ende, AWI Bremerhaven (Sektion Aquakulturforschung)



10.04.2024