

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart Schlussbericht
3a. Titel des Berichts Umweltverträgliches Aquakulturdesign in Form einer schwimmenden Durchfluss – Kläranlage für den In-, Near-, und Offshore-Einsatz.	
3b. Titel der Publikation	
4a. Autoren des Berichts Prof. Dr. rer. nat. Bela H. Buck Dipl. Biol. Ralf Fisch	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30. September 2009
4b. Autoren der Publikation	6. Veröffentlichungsdatum geplant
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) in der Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) Am Handelshafen 12 27570 Bremerhaven	7. Form der Publikation -
13. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	9. Ber.Nr. Durchführende Institution -
	10. Förderkennzeichen 16IN0430
	11a. Seitenzahl Bericht 178
	11b. Seitenzahl Publikation -
	12. Literaturangaben 65
	14. Tabellen 22
	15. Abbildungen 59
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung Ziel des Projektes Aqualnno war es, die existenten Ideen einer Gewässer gestützten Kreislauf- und Durchfluss-anlage auszuarbeiten, um Umweltschäden zu reduzieren und die Produktion zu intensivieren. Die In-Pond-Aquakulturtechnologie mit Kotseparation und Nährstoffabbau sollte eine die Umwelt entlastende Alternative zu den bisher angewandten Methoden darstellen und der aktuellen Eutrophierung der Gewässer entgegen wirken. Das System sollte für beide Betriebsmodi verifiziert werden. Dazu wurden mit der Industrie Kombinationen von Sedimentation und Bioreaktion zur Wasseraufbereitung im Labor und Freiland erprobt. Die Biologische Bearbeitung wurde vom AWI realisiert. Sowohl biotische als auch abiotische Faktoren und Auswirkungen wurden unter verschiedenen Bedingungen in skalierten Modellen und Originalsystem untersucht. Mit den dort gesammelten Erfahrungen konnten Fehler eliminiert und definierbare Grenzen der Belastbarkeit entwickelt werden. Die daraus entstandene Konstruktion sollte den allgemeinen wirtschaftlichen Bedingungen und denen des Einsatzortes angepasst werden können. Allgemein wurde ein geringer Energieverbrauch konzipiert und durch das Abfischsystem ein einfaches Handling realisiert. Eine Modularität, welche die Weiterentwicklung für verschiedene Einsätze erleichtert, wurde erarbeitet. Ziel war auch die Möglichkeit unterschiedliche Kandidaten von juvenil bis adult innerhalb einer Plattform züchten zu können. Sowohl limnisch als auch marin wurden deshalb verschiedene Spezies und Größen kultiviert und untersucht. Dabei wurden sowohl tropische wie auch subtropische Temperaturbereiche berücksichtigt. Um im Projekt aufgetretene Biofoulingprobleme zu reduzieren wurden Bewuchsschäden dokumentiert und verschiedene Coatings auf ihren Wirkungsgrad gegenüber der Besiedlung und ihre Einflüsse auf das Filtersystem untersucht.	
19. Schlagwörter Aquakultur, Kreislauftechnologie, Umweltfreundliche Fischzucht, Nährstoffkreislauf, Filteranlagen, Biofouling	
20. Verlag	21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. Type of Report
3a. Report Title Environmental friendly aquaculture design in terms of a floating discharge sewage plant for being applied inshore and offshore	
3b. Title of Publication	
4a. Author(s) of the Report (Family Name, First Name(s)) Prof Dr. rer. nat. Bela H. Buck Dipl. Biol. Ralf Fisch	5. End of Project 30 th September 2009
4b. Author(s) of the Publication (Family Name, First Name(s))	6. Publication Date planned
	7. Form of Publication -
8. Performing Organization(s) (Name, Address) Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) in der Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) Am Handelshafen 12 27570 Bremerhaven	9. Originator's Report No. -
	10. Reference No. 16IN0430
	11a. No. of Pages Report 178
	11b. No. of Pages Publication -
13. Sponsoring Agency (Name, Address) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	12. No. of References 65
	14. No. of Tables 22
	15. No. of Figures 59
16. Supplementary Notes	
17. Presented at (Title, Place, Date)	
18. Abstract The aim of the project Aqualnno was to find a floating recirculating and flow-through aquaculture technique to reduce nutrient-based impacts on the ecosystem while at the same time increase production. The pond-in-pond system with a connected faeces separator and a nutrient recycling unit was designed to present an alternative to other ecosystem based constructions with an impact on the ecosystem. The constructed system was able to operate in both water flowing designs, recirculating and flow-through, respectively.	
19. Keywords aquaculture, recirculating technology, sustainable fish culture, nutrient recycling, filtering units, biofouling	
20. Publisher	21. Price

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart Schlussbericht
3a. Titel des Berichts Umweltverträgliches Aquakulturdesign in Form einer schwimmenden Durchfluss – Kläranlage für den In-, Near- und Offshore – Einsatz.	
3b. Titel der Publikation	
4a. Autoren des Berichts (Name, Vorname(n)) Prof. Dr.-Ing. habil. Mathias Paschen Dipl.-Ing. Monika Lerahn	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30. September 2009
4b. Autoren der Publikation (Name, Vorname(n))	6. Veröffentlichungsdatum geplant
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Universität Rostock Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik Lehrstuhl Meerestechnik Albert – Einstein – Straße 2 18059 Rostock	7. Form der Publikation
13. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	9. Ber.Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 16IN0432
	11a. Seitenzahl Bericht 21
	11b. Seitenzahl Publikation
	12. Literaturangaben 15
	14. Tabellen
	15. Abbildungen 14
16. Zusätzliche Angaben -	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) -	
18. Kurzfassung Im Rahmen des Verbundvorhabens AquaInno befasste sich der Lehrstuhl Meerestechnik der Universität Rostock sowohl mit speziellen Fragestellungen der Hydrostatik als auch mit auftretenden Phänomenen der Strömungs- und Hydrodynamik. Ausgangspunkt bildete die existierende Konstruktion eines Süßwasser - Freilandmodells der Firma Aquanova GmbH. Nach ersten hydrostatischen Berechnungen der Schwimm- und Schwimmkörper erfolgte die numerische Simulation mit den relevanten Belastungskriterien für die vorgesehenen Einsatzgebiete. Die wichtigsten Erkenntnisse aus der numerischen Simulation waren einmal die akut gegebene Gefahr des Sloshing (schwappende Flüssigkeit) und zum anderen, dass die Eigenfrequenz der Durchfluss – Kläranlage im Frequenzspektrum von Nord- und Ostsee liegt und die Anlage in Resonanz angeregt werden kann. Da dadurch die Fische gestresst bzw. signifikant verletzt werden könnten, liegt der Fokus der Einsatzmöglichkeiten im Bereich der Binnen- und Fließgewässer. Zusätzlich zu den geplanten Aufgaben erfolgte eine Abschätzung des thermischen Betriebsverhaltens der Anlage. Nach Änderung der Hauptparameter der Anlage und den gesicherten Erkenntnissen aus der numerischen Simulation wurde ein Modell bestehend aus zwei Fisch-Aufzuchtbecken und einem dazwischen liegenden Bio-Reaktor im Maßstab 1:6 konstruiert und aus Polyacryl gebaut. Die experimentellen Untersuchungen erfolgten im Schlepptank der Strömungshalle der Universität Rostock. Das Modell wurde mit definierten Geschwindigkeiten bei Seegang Null geschleppt und kritische Strömungsgeschwindigkeiten für unterschiedliche Belastungen ermittelt. Als Schlussfolgerung können zwei Konzepte abgeleitet werden. Das erste Konzept für die starre Struktur beruht auf der Minimierung der anregenden Kräfte und der Anlagenoptimierung durch konstruktive Maßnahmen. Die Grundkonfiguration macht eine starke Sondierung der Betriebs- und Einsatzmöglichkeiten notwendig. Der Vorteil dieses Konzeptes ist, dass bereits erprobte Technologien zum Beispiel der Filterung und Sedimentierung weitgehend Verwendung finden können. Das zweite Konzept beinhaltet die Verwendung einer Struktur mit flexiblen Wänden. Damit wird die Anregung zum Sloshing im Inneren der Kulturbedecken vermieden, da die Wellen relativ ungehindert durch die flexible Struktur hindurchwandern können.	
19. Schlagwörter Aquakultur, Fischzucht, schwimmende Strukturen, Sloshing, schwappende Flüssigkeit, Struktur-Fluid-Wechselwirkungen	
20. Verlag	21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. Type of Report
3a. Report Title Environmentally friendly aquaculture design in terms of a floating discharge sewage plant for being applied inshore and offshore	
3b. Title of Publication	
4a. Author(s) of the Report (Family Name, First Name(s)) Prof. Dr.-Ing. habil. Mathias Paschen Dipl.-Ing. Monika Lerahn	5. End of Project 30. September 2009
4b. Author(s) of the Publication (Family Name, First Name(s))	6. Publication Date being planned
	7. Form of Publication
8. Performing Organization(s) (Name, Address) Universität Rostock Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik Lehrstuhl Meerestechnik Albert – Einstein – Straße 2 18059 Rostock	9. Originator's Report No.
	10. Reference No. 16IN0432
	11a. No. of Pages Report 21
	11b. No. of Pages Publication
13. Sponsoring Agency (Name, Address) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	12. No. of References 15
	14. No. of Tables
	15. No. of Figures 14
16. Supplementary Notes	
17. Presented at (Title, Place, Date)	
18. Abstract In the context of the joint project AqualInno the Chair of Ocean Engineering at the Rostock University was concerned both with special questions of hydrostatics and with arising phenomena of flow and hydrodynamics. The given outdoor fresh water model constructed by the company Aquanova GmbH has formed the basis. After first hydrostatic computations of the floating position the numerical simulation with the relevant load criteria has been conducted for the intended operational areas. The most important findings from the numerical simulation were on the one hand the acutely given danger of sloshing (sloshing liquid) and on the other hand the fact that the resonant frequency of the discharge sewage plant is within the frequency spectrum of the North and the Baltic Sea and the plant can be excited in resonance. Since this might stress or even severely injure the fish, the possible applications are focussed on inland and flowing waters. In addition to the tasks planned the thermal operational behaviour of the plant has been assessed. After having changed the main parameters of the plant and according to solid results from the numerical simulation a model has been designed and built of polyacryl consisting of two fish farming basins with a bioreactor between them at a scale of 1:6. The experimental investigations have been performed in the towing tank of the Rostock University. The model has been towed at defined speeds in zero swell and critical flow rates have been determined for different loads. As conclusion two concepts can be derived. The first concept for the rigid structure is based on the minimization of the exciting forces and the plant optimization by constructional measures. The basic configuration requires a strong sounding of the operating and application type. The advantage of this concept is that technologies which had already been tested for filtering and sedimentation for example can be applied to a large extent. The second concept contains the application of a structure with flexible walls. Thus the excitation to sloshing is avoided inside the fish containers, since the waves can diffuse through the flexible structure relatively unrestricted.	
19. Keywords	
20. Publisher	21. Price



Projektabschlussbericht „Aqualnno“

Entwicklung eines umweltfreundlichen Aquakulturdesigns in Form einer schwimmenden Durchfluss-Kläranlage für den In-, Near- und Offshore-Einsatz – Aquakultur-Innovation

Forschungseinrichtungen:

AWI (Buck, Fisch)
Universität Rostock (Paschen)
Hochschule Bremerhaven (Zielinski)
IMARE (Baum)

Firmen:

Peehs – die Kunststoffwerkstatt (Peehs, Steinhausen)
Optimare Sensorsysteme AG (Cembella)
Sasol Wax GmbH (Schömenauer)
GMA mbH (Schulz)
KVT-Klävertec GmbH (Köster)
Fischerei Müritz-Plau GmbH (Paetsch)
Aquanova GmbH (Hautz)

Inhaltsangabe

1. Vorwort und Hinführung zum Thema	7
1.0 Hinführung zum Thema	7
1.1 Problematik	7
1.2 Stand der Technik	8
1.3 Innovation und Lösungsansatz	9
2.0 Projektziele	10
3.0 Referenzen	12
2. Projektvorhaben, Ergebnisse und Diskussionen	15
A Projektpartner AWI, Peehs, Fischerei Müritz-Plau, Sasol, Klävertec	15
1.0 Einleitung	15
2.0 Material & Methoden	16
2.1 Anlagen und Standort	17
2.1.1 AWI	17
AWI-Hauptkreislauf	17
Separierbare SD-Kreisläufe	19
SP-Kreisläufe	20
2.1.2 Werkstatt-Modelle (Tests und Messe-Modelle)	22
2.1.3 Müritz	22
Süßwasserkulturteich	22
Anlagen Design	23
Kulturbecken	23
Ponton	24
Bioreaktoren	24
Technische Basis	25
2.1.4 Jade	25
Konstruktion der Versuchsaufbauten	25
Strömungs- und Temperaturmessung	26
2.2 Untersuchungsparameter	27
2.2.1 Abiotische Parameter	27
Temperatur	27
Filtersubstrate	27
Durchflussraten	27
Kreislaufzeiten	27
Partikelseparation	28
Abschäumung	29
Ozon	29
2.2.2 Biotische Parameter	29
Spezies	29
Futter & Futtermittel	29
Biofouling (Bewuchsschutz, Benetzbarkeit, Schutzfaktor, Verträglichkeit)	30
2.3 Messmethoden	31
2.3.1 Digitale Messungen	31
2.3.2 Trübungsmessungen	31
2.3.3 Chemisch-Photometrische Messungen	31
2.3.4 Durchflussanalytik	32
2.3.5 C/N-Verhältnisse	32
2.3.6 Chlorophyllanalysen	32
2.3.7 Planktonmessungen	32
2.3.8 Bewuchsbestimmungen	33
2.3.9 Bildanalyse	33
2.3.10 Sonstige Verfahren	33
2.4 Auswertung und Software	33
3.0 Ergebnisse	34
3.1 Anlagen und Standorte	34

3.1.1 AWI	34
AWI-Hauptkreisläufe	34
SD-Kreisläufe	34
SP-Kreisläufe	44
3.1.2 Werkstatt-Modelle	47
Die Funktionsmodelle	48
Die Freilandversuchsanlage in der Müritz	48
3.1.3 Müritz	49
Die Untersuchungsparameter	49
Das Chlorophyll	49
3.1.2 Das Kreislaufsystem	50
Der Biofilter	50
3.3 Bewuchshemmung	54
3.3.1 Vorversuchsreihe mit PE-HDTP	54
3.3.2 Variationsreihen mit PE-HDTP, PVC und PolyAmid	57
Gewichts- und Volumina-Verhältnisse	57
4.0 Diskussion	57
4.1 Parameter	57
4.2 AWI	57
4.3 Kunststoff-Werkstatt	59
4.4 Müritz	61
4.5 Jade	62
5.0 Technologietransfer und Öffentlichkeitsarbeit	63
6.0 Ausblick	64
7.0 Referenzen	65
8.0 Anlagen	66
 B	 145
Projektpartner Universität Rostock	145
1.0 Einleitung	145
2.0 Strömungsanalyse	146
3.0 Hydrostatische und hydrodynamische Bewegungsanalyse	146
3.1. Hydrostatische Untersuchungen	146
3.2. Hydrodynamische Bewegungsanalyse	146
4.0 Sloshing-Analyse	147
5.0 Experimentelle Analyse zum Bewegungsverhalten	149
5.1. Modell	149
5.2. Versuchsanlage	151
5.3. Versuchsparameter und Versuchsdurchführung	151
5.4. Auswertung	154
6.0 Abschätzung der erforderlichen Wärmemenge	156
7.0 Zusammenfassung und Ausblick	157
8.0 Referenzen	159
9.0 Anlagen	159
 C	 167
Projektpartner GMA	167
1.0 Rechtliche Grundlagen für die Genehmigung von Aquakulturanlagen	167
1.1 Umweltverträglichkeitsprüfung	167
1.2 Genehmigung nach Wasserrecht	167
1.3 Genehmigung nach Naturschutzrecht	168
1.4 Genehmigung nach Fischereirecht	169
1.5 Genehmigung nach Schifffahrtsrecht	169
1.6 Genehmigung nach Baurecht	169
1.7 Raumordnerische Belange	170
1.8 Fischseuchenverordnung	170
2.0 Risikoanalyse zur Berücksichtigung beim Versicherungsschutz von Aquakulturanlagen	171

D	Projektpartner Hochschule Bremerhaven und Optimare 001	173
3.	Gesamtdiskussion	175
4.	Danksagung	177

1. Vorwort und Hinführung zum Thema

Die Aquakultur weltweit gehört zu den am schnellsten wachsenden Sektoren der Lebensmittel-Industrie. Die Gründe dafür sind vielfältig. Eine Globalisierung des Marktes führte zu einer Entwicklung von einfach strukturierten Kleinbetrieben zu hoch technisierten und komplexen Großbetrieben (Smith 2000; Staniford 2002). Parallel dazu führten die stagnierende Fischerei und gleichzeitig steigende Nachfrage an Fischprodukten zu einem wachsenden Markt für die Produkte aus der Aquakultur (De Silva 2001; Tacon & Forster 2001). Somit wurden die Grundlagen für die Intensivierung der Technologien vorgegeben, die teilweise im natürlichen Ökosystem zu Umweltbelastungen führen konnten.

Mit dem Verbundvorhaben „AqualInno: Umweltverträgliches Aquakulturdiseign in Form einer schwimmenden Durchfluss-Kläranlage für den In-, Near- und Offshore- Einsatz“ wurde dem schnell wachsenden Bedarf an Fisch und Meerestieren Rechnung getragen und gleichzeitig zukunftsweisende Prämissen bei der theoretisch fundierten und praktisch machbaren Lösung gesetzt.

1.0 Hinführung zum Thema

Die Versorgung der Menschen mit aquatischen Produkten verschiebt sich zunehmend vom Fang zur Kultur von Biomasse. Dies führt in vielen Gewässern zur Eutrophierung aufgrund der organischen Produktionsrückstände aus der Aquakultur und somit auch zu deren Image-Verlust. Die marine Form dieser Bewirtschaftung die sog. Marikultur ermöglicht eine weitere Ausdehnung der kontrollierten Produktion von Organismen besonders in den Küstengebieten und wird vor allem durch Netzgehege realisiert, welche mehrere vor allem ökologische Probleme mit sich führen.

Mit der Entwicklung einer selbstschwimmenden ökologisch vertretbaren Durchflussklär- bzw. Kreislaufanlage soll eine umweltschonende Alternative zu den traditionellen Netzgehegen geschaffen und eine Erweiterung der Offshore-Aquakultur ermöglicht werden. Das System ist in seiner Grundidee eine in sich geschlossene Anlage mit zusätzlichen Innovationen in Bezug auf Systemsicherheit, Arbeits-Intensität, Krankheitsverhütung sowie Modularität und wird vorzugsweise pneumatisch betrieben.

Das Konstruktions-Konzept ist geplant mit einer Filter-Technik, welche in der ersten Stufe, in Form eines Sedimenters, die anfallenden festen Partikel in dafür vorgesehenen Bereichen separiert und bis zur Verwertung sammelt. Es folgt eine zweite Stufe, in Form eines Bioreaktors, in der eine Nitrifikation und Denitrifikation die gelösten Schadstoffe eliminiert. Ein spezielles Sensoriksystem kontrolliert dabei ständig die Wasserqualität innerhalb und außerhalb der Anlage und ermöglicht so eine prozessbegleitende Umwelt- und Produktionskontrolle.

Die Futter-Ausnutzung wird systembedingt nahezu 100%ig. Ein integriertes praxisorientiertes Kipp-System vereinfacht Abfisch-Vorgang und Wartung, schont dabei sowohl das Personal als auch die Kulturen, wirkt somit vorbeugend gegen Rücken-Beschwerden der arbeitenden Fisch-Wirte und gegen Ektoparasiten in den Kulturen. Das Zufluss-Wasser ist je nach Modell in Temperatur und Qualität manipulierbar. Die Anlage kann aufgrund der effizienten Handhabung auch in Regionen mit höherem Lohnniveau eingesetzt werden. Darüber hinaus ist der Energiebedarf gering. Zur Energieversorgung können die Hydrodynamik der Umgebung oder andere Innovationen genutzt werden.

1.1 Problematik

Die Dokumentation und die Statistiken der FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations) verdeutlichen, dass sich seit 1949 die weltweite Versorgungssituation der Menschen mit aquatischen Produkten wie Fischen, Krustentieren, Mollusken und Wasserpflanzen kontinuierlich verbessert hat (Uthoff, 1999). Die ständig steigende Nachfrage nach Fischprodukten sowie die effizientere Befischung der Meere führten in Folge zu einer Gefährdung der Bestände (FAO, 1997). Die

Fischereiwirtschaft hat im Bereich Fischfang die Produktionsgrenze erreicht. Eine Steigerung ist einerseits aufgrund der ausgebeuteten Fischbestände und andererseits wegen der ausgereiften Modernisierung der Fangflotte nicht mehr möglich. Mit Fischfang allein kann somit die Versorgung der stetig steigenden Weltbevölkerung und ihr Bedarf nicht mehr gewährleistet werden.

Mit Hilfe moderner Produktion von aquatischen Organismen, unter kontrollierten bzw. teilkontrollierten Bedingungen, der sog. Aquakultur und durch eine geringe Steigerung der Binnenfischerei wird die Stagnation im Bereich der Seeanlandung ausgeglichen (Uthoff, 1999). Der Anteil der Aquakultur an der Versorgung mit aquatischen Produkten ist bei jährlichen Steigerungsraten von 8-15 % inzwischen auf ca. 30% gestiegen (FAO, 2003). Sie ist somit der global am schnellsten wachsende Sektor der Lebensmittelindustrie (Staniford, 2002). Die Versorgung mit aquatischen Produkten verschiebt sich damit immer mehr vom Fang zur Kultur (Tacon, 1996).

Während für die globale Ernährung die Bedeutung der Aquakultur in Binnengewässern hoch ist, ist dies bei der marinen Aquakultur (Marikultur) nur eingeschränkt gültig (Uthoff, 1999). Grund hierfür ist, dass die Marikultur mit einer Vielzahl von Arten vertreten ist, die vor allem extensiv bewirtschaftet werden.

Dabei stellen die Fische nur ca. 10 % der marinen Produktion dar im Gegensatz zur Seefischerei, welche einen Frischfischanteil von ca. 80 % beinhaltet (FAO, 2003). Zudem produziert die Marikultur überwiegend hochwertige Konsumwaren auf hohem Preisniveau und deckt damit bisher nicht den Bedarf an Massennahrungsmitteln (Uthoff, 1999). In den Produktionsländern führt die Intensivierung oft nur zu einer Devisenbeschaffung, löst aber nicht die Protein-Unterversorgung, da sämtliche Produktion exportiert wird.

Außerdem verursacht die steigende Kultivierung von Fischen in Netzkäfigen schwerwiegende Umweltprobleme in den Gewässern. Die Massenhaltung von Lachs, dem sog. „Hähnchen des Meeres“ entspricht kaum noch dem *Code of conduct for responsible fisheries* (FAO, 1995). Man sucht daher nach geeigneten Alternativen.

1.2 Stand der Technik

Aquakultur wird mittlerweile sowohl landgestützt sowie im Freiwasser betrieben. Bei der Kultur von Biomasse im Freiwasser werden traditionell Netzgehege wie z.B. DE 197 20 028 A1 eingesetzt. Durch die Netzwände werden die Zuchtarten mit Frischwasser versorgt und Kot, Schwebstoffe, sowie Futterrückstände an die Umwelt abgegeben. Dabei kommt es zunehmend zu ökologischen Problemen verschiedenster Art. Gravierende Überlastungen der Gewässer mit organischen und chemischen Abfallstoffen sowie austretenden Futterresten führen vielerorts zur Eutrophierung und Sauerstoffverarmung der Ökosysteme (EC, 2002c; Weber, 2003). Marikultur hat sich damit zu einem der führenden Verschmutzer der Küstengewässer entwickelt. Als Krebs der Küste bezeichnet (Tudela, 2002) beträgt die Ablaufbelastung durch Fischzucht in Gehegen in manchen Ländern mehr als das doppelte der Bevölkerung selbst (Mac Garvin, M. WWF Scotland, 2000).

Um die Netze vor Biofouling zu schützen werden Imprägnierungsmittel eingesetzt, sog. Bewuchshemmer (z.B. Tributylin oder Fungizide). Die Rückstände solcher Mittel wirken teilweise hormonell oder weisen hohe Schwermetallkonzentrationen auf (WBGU, 2001; Hering, 1999). Eine Gefährdung der Umwelt, der Zuchttiere und des Menschen selbst sind die Folge. Ähnliche Probleme ergeben sich durch die Medikation kranker Fische. Nicht nur die Chemikalien können sich dabei auf die Umwelt negativ auswirken. Die Parasiten selbst bedrohen in noch nicht völlig geklärtem Umfang die Wildbestände (Hering, 1999) Und eine Quarantäne ist nicht möglich.

Nicht selten sind die Netze beschädigt, so dass beispielsweise nicht einheimische oder genetisch manipulierte Arten entweichen (Gausen & Moen, 1991). Die Auskreuzung von allochthonen Zuchtformen kann dabei zu einem drastischen Verlust der populationsgenetischen Integrität von Wildpopulationen führen (Schliewen *et al.*, 2001). Im Extremfall kann die Introgression von Fremdgenen in die natürlichen Populationen zum Verlust deren Populationsmerkmalen führen (Hallermann & Kaputinski, 1993; Dunham, 1999; Youngson *et al.*, 2001; BfN, 2002).

Zu dem wirtschaftlichen Schaden kommen so ökologische, kaum kalkulierbare Langzeitriskien hinzu. Schlagworte wie Trojanische Pferde der Genetik (BBC News, 1999) führen somit zu schweren Schäden des Ansehens der Aquakultur, die dadurch in den letzten Jahren bei der Bevölkerung und regionalen Umweltverbänden in Misskredit gebracht wurde.

Aufgrund der vorgenannten Belastungen sind daher Netzkäfige zur Intensivkultur vieler Orts nicht mehr gestattet (Helcom recommendation 15/3 & 20/1, 1994/99; WHG, 2002; LWG; UVP, 2001; BnatSchG, 2002) bzw. müssen, falls vorhanden, in den nächsten Jahren durch noch nicht entwickelte Alternativen ersetzt werden. Diese müssen den aktuellen Bedürfnissen von Wirtschaft und Umweltvorsorge genügen. Umgekehrt entsprechen Temperatur, Strömung und Wasserqualität innerhalb der Gehege dem umgebenden Wasserkörper, so dass nur in diesem Milieu heimische Arten gehalten werden können. Es lässt sich nur mit erheblichem Aufwand eine Gewässerverbesserung erzielen. Äußere Verschmutzungen wie beispielsweise der gewollte oder ungewollte Ölverlust bei Tankschiffen oder giftige Algenblüten wirken negativ auf die ungeschützten kultivierten Individuen (Gerlach, 1996).

Wegen der hohen Arbeitsintensität und geringer Auflagen wird die bereits existierende Verlagerung der Aquakultur in Länder mit niedrigem Lohnniveau sowie mangelnder Umweltgesetzgebung wie z. B. Taiwan und China (EU Fischerei Jahrbuch 2003) zusätzlich verstärkt. Zum Abzufischen sind meistens mehrere Arbeitskräfte notwendig. Lohnkosten werden so zu einem depressiven Faktor. Der Abfischvorgang an sich ist ein belastender Vorgang für Mensch und Kulturorganismus. Die Fische enthalten durch Stress bedingt erhöhte Kortisolspiegel (Barton *et al.*, 1987; Pund, 1997), wenn nicht gesonderte Maßnahmen zur Stressreduktion ausgeführt werden. Das Arbeiten in Kleinbetrieben mit der Netzeschermethode kann der menschlichen Wirbelsäule (eigene Erfahrung bei AQUANOVA GmbH) schaden.

Die Lösungsversuche, die bisher in Forschungsprojekten untersucht wurden, bieten keinerlei All-in-one-Lösungen, sondern lediglich Nachbesserungen oder wenig innovative Neuansätze. Allenfalls auf Land gestützte Kreislaufanlagen wie die DE 41 03 402 C1 und ähnliche können zwar die Umweltproblematiken erfassen, bedeuten jedoch durch höhere Anschaffungs-, Grundbesitz- und Immobilienkosten wirtschaftliche Nachteile (Baer, 2003). Dies trifft insbesondere für Klein- und Mittelständische Unternehmen zu.

Das Nachrüsten von Netzgehegen mit Trichtern (Wedekind, 1998, 1999) zum Auffangen der Futterreste und schwerer Kotbestandteile kann den Eintrag von Stickstoff in die Umwelt nicht völlig eindämmen und verhindert nach wie vor nicht den Verlust von Individuen und behindern ferner nicht das Austreten leichterer Sedimente. Außerdem schützen sie nicht im Falle eines Worst-Case-Szenarios und können die Qualität des inneren Wasser-Körpers nicht verbessern. Auch bieten sie keinerlei Arbeitserleichterung.

Die bisherigen Modelle der Teich-in-Teichanlagen (Parker, 1988; Masser & Lazur, 1997; Gottschalk *et al.*, 2004) sind zwar im Gegensatz zu Netzkäfigen geschlossen, taugen jedoch nur für ruhige Gewässer. Zudem müssen sie aufwendig im Gewässer verankert werden. Die Kulturfische werden mittels Pumpen mit dem umgebenden Teichwasser versorgt. Das anfallende Kot- und Futtersediment gelangt jedoch im Anschluss zum größten Teil ins Freiwasser. Vorkehrungen zum Abbau gelöster Produktionsreste existieren nicht. Somit sind die Anlagen nach wie vor nicht für die Umwelt verträglich, sondern missbrauchen lediglich die Biologie der Umgebung als Filteranlage und verschärfen damit die aktuelle Problematik im Bereich der Ökologie.

1.3 Innovation und Lösungsansatz

Der Kooperationspartner Aquanova GmbH ist in der Anlagenkonstruktion sowie der Fischveredlung tätig. Die Firma betreibt im Pilot-Modell eine zum Patent gemeldete Low-Tech-Kreislaufanlage mit einer Produktionskapazität von derzeit 30 t (10 t je Kreislauf) und vertreibt verschiedene eigenentwickelte Kreislauf- sowie Hälterungsanlagen im Bereich der Süßwasseraquakultur.

Bei der Suche nach umweltentlastenden Technologien ist es dem Konstrukteur von Aquanova Jürgen Hautz zusammen mit dem Bioniker Ralf Fisch (bisher Universität des Saarlandes) gelungen, das Konzept einer neuen handhabungs-freundlichen Aquakulturanlage zu schaffen. Eine erste Patentmeldung ist bereits erfolgt (angemeldet unter der Nr.: DE 10 2005 039271.7). Mit dieser Innovation kann man auf verschiedenen Gewässertypen wirtschaftlich eine schonende Produktion verschiedenster Wasserlebewesen betreiben. Der geplante Installations- und Betriebsaufwand ist gering. Die Anlagenidee lässt sich an verschiedene Einsatzbereiche anpassen und ist sowohl für Kulturindividuen (Kormoranschut etc.) als auch für die Umwelt sicher. Die Zuchtparameter sind zumindest in der bisherigen Innovationsphase manipulierbar. Die Idee der Anlage zeichnet sich durch Flexibilität, Umweltverträglichkeit und Reduktion belastender Arbeiten aus. Die Multifunktionalität des Lösungsansatzes ermöglicht eine modulare Nutzung für unterschiedliche Kandidaten. Sowohl pelagische Fischarten als auch Plattfische können durch den Einsatz verschieden konstruierter Kulturbehälter innerhalb einer Plattform kultiviert werden. Außerdem enthält das Konzept Lösungsansätze für den Abfischvorgang und Quarantainemaßnahmen.

Bei der Entwicklung handelt es sich um eine schwimmfähige Durchfluss-Kläranlage, die sog. **MPÖF** für **m**ultifunktionale **p**neumatische **ö**kologische **F**ischzuchtanlage. Sie kann modular angepasst und in ein Gewässer eingesetzt werden, ähnlich einem Netzgehege. Die Kosten einer solchen Anlage sollen zwischen denen eines Netzgeheges und denen einer landgestützten Kreislaufanlage liegen.

Das System ist in sich geschlossen und soll vorzugsweise pneumatisch betrieben werden. Durch die Konstruktion der Filtertechnik wird der anfallende Kot sowie weitere Feststoffe in den dafür vorgesehenen Bereichen separiert und bis zur Verwertung gesammelt. Es existieren weitere Pläne für die Eliminierung der gelösten Stoffe mit Hilfe eines Moduls für die Nitrifikation und Denitrifikation. Dadurch ergibt sich möglicherweise ein biologischer Abbau der gesamten Abwasserfracht. Somit wäre Aquakultur ohne Gewässerbeeinträchtigung möglich. Da ein geschlossener Behälterboden vorhanden ist, geht voraussichtlich kein Futter verloren und somit ist die Futterausnutzung nahezu 100%. Die Gewässerböden im Bereich der Anlagen bleiben dadurch intakt. Das Restwasser der Abfischung könnte separiert werden. Ein integriertes, an der Praxis orientiertes, Kippsystem soll den Abfischvorgang vereinfachen. Dies schont das Personal und die Kulturen. Pelagische Fische erleiden weniger Stress und Karpfenartige geringeren Schuppenverlust, was wiederum den im Vormarsch befindlichen Ektoparasiten entgegenwirkt. Das Zuflusswasser ist zumindest im Laborversuch je nach Erweiterung in Temperatur und Qualität manipulierbar. Eine „Auf Dock“ Stellung des Systems könnte die Wartung erleichtern. Vereinfachte Labormodelle und das erste vereinfachte Freilandmodell ohne Bioreaktor mit ca. 800 Liter Fassungsvermögen für den Einsatz im Teichbereich sind bereits vorhanden und im Testeinsatz. Erste Auswertung der Laborversuche zeigen positive Ergebnisse zur Lösung der o. g. Problematik, wenn gleich die Parameter noch unklar sind. Das System bedarf der Weiterentwicklung vor allem im Bereich der wirtschaftlichen Fertigung, Betriebssicherheit, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Umweltüberwachung sowie der Filtertechnik. Für die Transportproblematik existieren erste Pläne. Die Innovation zielte bisher nur in den Süßwasserbereich und findet in bewegter Wassersäule ihre Grenzen. Die Anwendung in Salzwasser wurde bisher nicht bedacht, so dass Probleme wie Biofouling oder Korrosion noch unbearbeitet sind. Prototypen in Anwendergröße von mind. 15.000 Litern Kulturwasser, hydrodynamische Belastungsversuche, eine Systemsteuerung und realistische Versuche im Bereich der Ökologie stehen noch aus.

2.0 Projektziele

Ziel dieses Projektes ist es die existente Grundidee auszuarbeiten, durch die Erprobung eines Süßwasserprototypen und der damit verbundene Weiterentwicklung einen M-MPÖF, also eine marine Anlage mit Near- und Offshore-Tauglichkeit, zu erschaffen, und somit wesentlich größere Ressourcen für die Nahrungsmittelgewinnung zu erschließen. Die noch seeuntaugliche Konstruktion muss dazu den hydrodynamischen Bedingungen der bewegten Wassersäule und dem Wellenklima der deutschen Küsten in Form sowie Stabilität angepasst werden. Ozeanographische Bedingungen aus ande-

ren Küstenzonen gehen in die Planung mit ein, damit das zu entwickelnde Produkt auch im Ausland marktwirtschaftliche Potentiale haben kann.

Angestrebt wird, für diese neuartigen Systeme die notwendigen Entwurfswerkzeuge zu erarbeiten, welche gleichzeitig als notwendige Nachweise für eine Zulassung durch einschlägige Klassifikationsgesellschaften (z.B. Germanischer Lloyd) erforderlich sind.

Mindestens zwei Seewasserprototypen sollten erstellt werden und praktisch zum Einsatz kommen. Der Versuchsbetrieb in verschiedenen Härtegraden (ohne Strömung bis starke Strömung, Wellenklima), unterschiedlichem marinen Milieu (hochsalin bis brackisch) und mit diversen Kulturkandidaten (pelagische Fische, demersale Fische, High-Value-Products) soll Aufschluss über notwendige Anpassung der grundsätzlichen Baumerkmale geben. Grenzen und wirtschaftliche Machbarkeit der Neuentwicklung müssen ausgelotet werden.

Die Umsetzung einer Süßwasseranlage soll der vor allem in Ostdeutschland bedrängten Fischwirtschaft (Jennerich *et al.*, 1995; Jansen, 1998; Erlass Umweltministerium MVP 1998; Backhaus *et al.*, 2002) neuen Innovationsschub bieten. Eine Marikulturanlage mit Kotseparation muss eine umweltentlastende Alternative zu den bisher angewandten Netzgehegen darstellen und der aktuellen Eutrophierung der Küstengewässer entgegen wirken. Durch die Kombination von Sedimenter und Bioreaktor könnten sowohl feste als auch gelöste Stoffe abgebaut und so Austräge verringert werden. Die Filter- und Entsorgungssysteme sollen soweit wie möglich erweitert, dem Seewasser angepasst und statistisch erfasst werden. Damit stehen dem Anwender neue ökologische Bewirtschaftungs-Systeme zur Verfügung und durch die Dokumentation den Umweltämtern abgesicherte Daten für notwendige Genehmigungsverfahren. Durch abgestimmte Systematik von Futter zu Filter durch ein Vorsorgemanagement soll der umweltschonende Wirkungsgrad der Anlage weiter gesteigert werden. Die resultierende Entlastung der Umwelt wird auch eine Verbesserung des Images der Marikultur nach sich ziehen.

Das integrierte Zufluss- und Filtersystem bietet nach entsprechender Weiterentwicklung und Ausstattung mit modifiziertem Monitoring im Worst-Case-Szenario (unkontrollierte oder rasche Kontamination/Verschmutzung der umgebenden Wassersäule, Havarien) auch die Chance, als Mononieren-System die Anlage zeitweise unabhängig vom Umgebungswasser zu versorgen und kann dadurch einen schnellen und wirksamen Schutz der Kulturen verschaffen. Auch im Falle von Epidemien kann somit leichter eine Quarantäne bzw. Isolation der Bestände erfolgen. Damit würden auch die Wildbestände geschützt. Diese Art der Freiwasser-Marikultur ist möglicherweise besser versicherbar und damit durch attraktivere Beiträge auch interessant für die deutsche Versicherungs-Wirtschaft.

Ein Monitoringsystem wird im Rahmen des Projektes speziell auf die Anlage und die damit verbundenen Märkte hin entwickelt. Dabei wird innerhalb und außerhalb der Anlage der Zustand des aquatischen Ökosystems im Hinblick auf die Parameter wie z.B. POC, TOC, TSP, Nitrat, Nitrit und Phosphat erfasst. Ergänzend

werden die hydrodynamischen Bedingungen (Temperatur, Salzgehalt, Strömungen, Wellen) gemessen, sowie ggf. toxische Umwelteinflüsse, wie z.B. Ölverschmutzungen, überwacht. Die gemessenen Parameter werden autonom vor Ort verarbeitet und in die Anlagensteuerung eingespeist. Gleichzeitig findet eine Übertragung der Informationen via GSM oder Iridium-Verbindung an eine Landstation statt, um eine ortsunabhängige Fernüberwachung des Systemzustandes zu ermöglichen.

Durch die Trennung des Systems in Kultur- und Schwimmeinheiten ergibt sich eine Modularität, welche die Weiterentwicklung für verschiedene Einsatzgebiete erleichtern soll, da verschiedenen Bautypen ausgetauscht und verändert werden können. Ziel ist damit auch die Möglichkeit unterschiedliche Kandidaten seien es Plattfische oder pelagische Fische und unterschiedliche Abwuchsphasen von juvenil bis adult innerhalb einer Plattform züchten zu können. Dies erhöht die Flexibilität der Fischzuchtbetriebe am Markt.

Die als Arbeitsplattform dienende Schwimmeinheit sollte zudem mit innovativen Erweiterungen für eine solare und/oder hydrodynamische Energieversorgung der Anlage genutzt werden und zusätzlich Parallelsysteme für die Sicherung der Wasserversorgung für die Kulturen beherbergen. Die Anlage an sich kann zu-nächst für einen geringen Energieverbrauch konzipiert werden, da sowohl für den Durchflussbetrieb als auch den Kipp-Mechanismus nur geringe Drücke erforderlich sein werden. Letzterer wurde in Vorversuchen durch statische Ausblastanks realisiert und soll während des Projektes

als flexibles aufblasbares Modul umkonstruiert werden um Gewichts- und Biofoulingprobleme zu reduzieren. Durch einige Änderungen in der Strömungsdynamik wird das System mobil. Systembedingte Arbeitserleichterungen müssen untersucht und ausgebaut werden. Veröffentlichungen, weitere Patente, ein marktfähiges Produkt und die Aufnahme in den Stand der Technik werden angestrebt.

3.0 Referenzen

- Backhaus T, Mettling W (2002) Leitfaden für die weitere Entwicklung einer tier- und umweltgerechten Aquakultur in Mecklenburg-Vorpommern. Minister für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern.
- Baer J (2003) Warmwasser-Kreislaufanlagen zur Speisefischproduktion in Baden-Württemberg: Eine wirtschaftliche Alternative zur herkömmlichen Tierproduktion? Fischereiforschungsstelle des Landes Baden-Württemberg, Langenargen. In Landinfo 8/03, 19-22.
- Barton BA, Schreck CB, Barton LD (1987) Effects of chronic cortisol administration and daily acute stress on growth, physiological conditions, and stress responses in juvenile rainbow trout. Dis. Aquat. Org. 2, 173 - 185.
- BBC NEWS (1999) 'Trojan gene' could wipe out fish. Sci/Tech: Wednesday, 1 December, 1999, 19:04 GMT. <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/545504.stm>
- BfN (2002) Daten zur Natur 2002. Bundesamt für Naturschutz, LV Druck im Landwirtschaftsverlag GmbH Münster. 284.
- BNatSchG (2002) Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz) vom 25. März 2002 (BGBl I S.1193). § 5 Abs. 4-6; § 18 Abs. 2.
- DE 41 03 402 C1
- DE 197 20 028 A1
- DE 10 2005 039271.7
- Dunham R (1999) Utilization of transgenic fish in developing countries: potential benefits and risks. Journal of the World Aquaculture Society, 30 (1), 1-11.
- Erlass Umweltministerium Mecklenburg-Vorpommern (1998): Netzgehege-Produktion von Fischen in den Küstengewässern Mecklenburg-Vorpommerns.
- Europaen commission (2002c) A strategy for the sustainable development of European aquaculture. Communication from the Commission to the Council and European Parliament, 19th September. http://europa.eu.int/comm/fisheries/doc_et_publ/factsheets/legal_texts/docscom/en/com_02_511_en.pdf
- Europäische Kommission (2003) Fischerei Jahrbuch 2003. Eurostat, Themenkreis 5, Landwirtschaft und Fischerei, Brüssel.
- FAO (1995) Code of conduct for responsible fisheries. Rome.
- FAO (1997) The state of World fisheries and aquaculture 1996. Rome.
- FAO (2003) FISHSTAT Plus – Version 2.3. <http://www.fao.org/fi/statist/fisoft/fishplus.asp>.
- Gausen D, Moen V (1991) Large escapes of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) into Norwegian rivers threaten natural populations. Can. J. Fish Aquat. Sci., 48, 352-357.
- Gottschalk T, Füllner G, Pfeifer M (2004) Erste Ergebnisse der Aufzucht von Streifenbarschhybriden in einem "In-Teich-Kreislaufsystem". Nürnberg: Fischer & Teichwirt, JG. 55/4, 623-625.
- Gerlach S (1996) Saubere Nordsee zum Leben: Was Sie über die Verschmutzung der Nordsee wissen sollten. Schriftenreihe der Schutzgemeinschaft Deutsche Nordseeküste e.V. Varel. <http://www.sdn-web.de/Saubere%20Nordsee/SaubNORD.pdf>
- Hallermann EM, Kapuscinsky AR (1993) Potential impacts of transgenic and genetically manipulated fish on natural populations: addressing the uncertainties through field testing. In: Genetics conservation of salmonid fishes. Cloud JG & Thorgaard GH (eds.) Plenum Press, New York and London, pp. 93-112.
- Helcom recommendation 15/3 (1994) Measures aimed at the reduction of discharges from marine fish farming. Helsinki Commission, Finland.

- Helcom recommendation 20/1 (1999) Measures aimed at the reduction of discharges from fresh water fish farming. Helsinki Commission, Finland.
- Hering G (1999) Die Auswirkung von mariner Fischmast in Netzkäfigen auf Meeresorganismen und marine Lebensgemeinschaften. Eine Literaturstudie. Bundesamt für Naturschutz, Bonn, 172 .
- Jansen W (1998) Untersuchungen über potentielle Wirkung von Fischzuchtanlagen (Netzgehegeanlagen) in Binnen- und Küstengewässern. Forschungsbericht der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MVP, Institut für Fischerei. Nr.: 32/07/95/98.
- Jennerich HJ, Jansen W, Schildauer B, Schulz S (1995) Die Fischerei in Mecklenburg-Vorpommern. Fischer & Teichwirt 7, S. 254 – 258.
- Lazur A, Masser MP (1997) In-pond raceway. Southern Regional Aquaculture Center SRAC-publication 170.
- Mac Garvin M (2000) Scotland's secret - aquaculture, nutrient pollution eutrophication and toxic blooms. WWF Scotland, Aberfeldy. <http://www.wwf-uk.org/filelibrary/pdf/secret.pdf>
- LWG (aktuelle) Landeswassergesetze. In der jeweils gültigen Fassung.
- Klinkhardt M (2005) Durchdachtes Design reduziert Energiekosten. The fish publishing house, Fischmagazin 10/05, 98-101.
- Parker N (1988) Floating raceway system can expand production of striped bass. Washington, D. C.: Research information bulletin U. S. Fish and Wildlife Service, 85-88.
- Pund RP (1997) Anwendung hämatologischer Untersuchungsmethoden für Fischblut und Beeinflussung des Blutbildes von Bachforellen (*Salmo trutta* f. *fario*) durch Haltungs- und Umwelteinflüsse sowie Endogene Faktoren. Dissertation, Berlin 1997. Journal - Nr. 2051.
- Schliewen U, Englbrecht C, Rassmann K, Miller M, Klein L, Tautz D (2001) Veränderung der genetischen Vielfalt: Molekulare und populationsökologische Charakterisierung autochthoner und durch Besatz beeinflusster Salmonidenpopulationen in Bayern. UBA-Text 48/01. Bundesumweltamt Berlin, 206.
- Staniford D (2002) Sea cage fish farming: an evaluation of environmental and public health aspects. Brussels: European Parliament's Committee on Fisheries public hearing on "Aquaculture in the European Union: Present Situation and Future Prospects", 1st October 2002.
- Tacon AGJ (1996) Global trends in aquaculture and aquafeed production. In International milling directory 1996, p. 90-108. Rickmansworth, UK, Turret Group, PLC.
- Tudela, S (2002) Tuna farming: grab, cage, fatten, sell - tuna farming in the Mediterranean raising issues of common property resources and plundering of a stock. Samudra July, 9-17. http://icsf.net/jsp/samudra/english/issue_32/art2.pdf
- Uthoff D (1999) Seefischerei und marine Aquakultur – Wandel und Trends in der Nutzung des Nahrungspotentials der Meere. Gotha: Justus Perthes Verlag. Petermanns Geographische Mitteilungen Band 143, 58 – 73.
- UVPG (2001) Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. September 2001 (BGBl I S.2351).
- WBGU (2001) Welt im Wandel: Neue Strukturen globaler Umweltpolitik. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung für Globale Umweltveränderungen, Berlin, Springer.
- Weber ML (2003) What price farmed fish: a review of environmental and social costs of farming carnivorous fish. SeaWeb Aquaculture Clearinghouse. <http://www.AquacultureClearinghouse.org>
- Wedekind H (1998) Möglichkeiten zur Reduzierung der Umweltbelastung durch Fischzuchtanlagen. Merkblatt des Institutes für Binnenfischerei für Verwaltung und Praxis Nr. 3.
- Wedekind H, Schoppe P, Markl, H (1999) Reduzierung der Umweltbelastung durch Fischzucht in Netzgehegen. Nürnberg: Fischer & Teichwirt, JG 50/5, 185-188.
- WHG (2002) Wasserhaushaltsgesetz. In Fassung der Bekanntmachung vom 19. August 2002 (BGBl I S. 3245). § 25a-d; § 21 Abs. 1; § 7a Abs. 1; § 6 Abs.1.
- Youngson AF, Dosdat A, Saoglia M, Jordan WC (2001) Genetic interactions between marine finfish species in European aquaculture and wild conspecifics. J. Appl. Ichthyol. 17. 152-162.

2. Projektvorhaben, Ergebnisse und Diskussionen

A Projektpartner AWI, Peehs, Fischerei Müritz-Plau, Sasol, Klävertec

1.0 Einleitung

Das Projekt Aqualnno forciert die Aquakultur im Freiwasser. Dort werden traditionell bisher Netzgehege eingesetzt. Durch die Netzwände werden die Zuchtarten mit Frischwasser versorgt und Kot, Schwebstoffe, sowie Futterrückstände an die Umwelt abgegeben. Dieses konnte zu Überlastungen des umliegenden Ökosystems mit organischen und chemischen Abfallstoffen sowie nicht genutzten Futterresten führen, darauf folgend mit einer Eutrophierung und der Sauerstoffverarmung des Ökosystems (Pinstrup-Andersen et al. 1997; Islam 2005). Marikultur hat sich damit zu einem der führenden Verschmutzer der Küstengewässer entwickelt, beträgt doch die Ablaufbelastung durch Fischzucht in Gehegen in manchen Ländern mehr als das doppelte der Bevölkerung selbst (MacAlister & Partners 1999; MacGarvin 2000).

Extremer noch sind die Entwicklungen in Asien, wo die Aquakultur prozentual wesentlich größere Kapazitäten an der Bruttoinlandproduktion erreicht als in Europa (FAO 2006). Dort werden neben Käfigsystemen riesige Teichsysteme genutzt. Sie führen durch ihren hohen Besatz zu vielerlei Schäden. Durch überhöhte Nährstofffracht (Beveridge 1984; Alonso-Rodriguez & Paez-Osuna 2003), oder durch die Kreuzung von Escapes mit dem Wildbestand mit dem damit verbundenen Verlust der populationsgenetischen Integrität (Hallermann & Kapuscinsky 1995; Staniford 2002), sowie durch die Medikation kranker Fische (EC 2004; Medina et al. 2004), oder durch den Kontakt mit neuen Parasiten (Pendleton et al. 2005; Ayub et al. 2008), die in noch nicht völlig geklärtem Umfang die Wildbestände bedrohen, kann das umliegende Ökosystem beeinträchtigt werden..

Zusätzlich führt das Biofouling an den Netzgehegen, den Schwimmkörpern und anderen Bauelementen zum Funktions- und Wertverlust sowie zu einem reduzierten Wasserdurchfluss, was gelegentlich zu einem verminderten Sauerstoffgehalt für die im Käfig lebenden Organismen führen kann. Die Netzgehege und Käfige, wie auch andere Anlagen und Schiffskörper, müssen aufwendig und regelmäßig gereinigt werden (Beveridge 2004). Der biologische Bewuchs stellt damit ein enormes, die Ökonomie begrenzendes Problem dar und muss vor dem Einsatz der Anlage einberechnet werden. Ohne wirksame Schutzstrategie ist auf Dauer keine Anlage wirtschaftlich zu betreiben. Angewandt werden dabei konstruktive Lösungen, hydrodynamische Ansätze, Manipulationsmöglichkeiten der auf den Oberflächen existierenden Nanostrukturen und das Aufbringen von Coatings, welche wiederum unterschieden werden in chemische oder physikalische Beschichtungen. Um Netzgehege vor Biofouling zu schützen, werden bisher vor allem chemische, meist Kupfer enthaltende Imprägnierungsmittel (Braithwaite et al. 2006) eingesetzt oder organische Biozide wie bspw. Furanone, Tributylzinn oder Fungizide (de Nys et al. 2006). Diese wirken toxisch auf die siedelnden Organismen vor allem durch den Eingriff in deren Stoffwechsel oder signalisieren anschwimmenden larvalen Organismen ein chemisch ungeeignetes Substrat. Physikalische Methoden, wie der Einsatz von auf Silikon basierenden Coatings, sind neu, durch Mehrschichtverfahren aufwendig und müssen für den Einsatz an einer Anlage genauer spezifiziert werden (Kawamata et al. 2006; Sepcic & Turk 2006). Der Abrieb der Beschichtung gelangt ins Gewässer. Es gibt jedoch auch alternative Strategien (Baum et al. 2001). Gleich welche Technologie zum Zuge kommt, es waren Wechselwirkungen auf Tiere und Anlagen zu erwarten.

Ziel des Projektes Aqualnno mit den am Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung (AWI) stattfindenden biologischen Fragestellungen war es, die existenten Ideen einer Gewässer gestützten Kreislauf- und Durchflussanlage auszuarbeiten, um die bereits genannten möglichen Um-

weltschäden zu reduzieren. Eine Aquakulturanlage mit Kotseparation und Nährstoffabbau sollte eine die Umwelt entlastende Alternative zu den bisher angewandten Netzgehegen darstellen und der aktuellen Eutrophierung der Gewässer entgegenwirken. In Zusammenarbeit (zu Projektbeginn) mit dem Unternehmen AquaNova GmbH und DFW sowie in der Weiterentwicklung mit den Unternehmen KVT-Klävertec GmbH und Peehs Kunststoffwerkstatt sollten Kombinationen von Sedimentation und Bioreaktion zur Wasseraufbereitung erstellt werden. Damit könnten dem Anwender neue ökologische Bewirtschaftungssysteme und durch deren Dokumentation den Umweltämtern abgesicherte Daten für notwendige Verfahren zur Verfügung stehen. Durch die Erprobung eines Süßwasserprototyps bei den Müritzfischern und den dort gesammelten Erfahrungen sollten Fehler eliminiert und eine marine Anlage mit Nearshore-Tauglichkeit sowie definierbaren Grenzen der potentiellen Belastbarkeit entwickelt werden. Die daraus entstehende Konstruktion könnte dazu den allgemeinen wirtschaftlichen Bedingungen und den Gegebenheiten am Einsatzort angepasst werden. Ein zukünftiges Produkt sollte auch im Ausland marktwirtschaftliche Potentiale haben. Für diese neuartigen Systeme sollten an der Universität Rostock die notwendigen Entwurfswerkzeuge erarbeitet werden, welche gleichzeitig als Nachweise für eine Zulassung durch einschlägige Klassifikationsgesellschaften (z.B. Germanischer Lloyd) erforderlich sind. Die Genehmigungsfähigkeit und Richtlinien zur UVP sollten von der GMA mbH bearbeitet werden.

Ein Monitoringsystem im Rahmen des Projektes sollte in Zusammenarbeit von der Firma Optimare GmbH und der Hochschule Bremerhaven speziell auf die Anlage und die damit verbundenen Märkte hin entwickelt werden. Die gemessenen Parameter sollten autonom vor Ort verarbeitet und in die Anlagensteuerung eingespeist werden, da gleichzeitig eine Übertragung der Informationen via GSM stattfinden. Allgemein sollte ein geringer Energieverbrauch konzipiert und durch das Abfischsystem ein einfaches Handling realisiert werden.

Eine größte, mögliche Modularität, welche die Weiterentwicklung für verschiedene Einsätze erleichtert, sollte mit allen Partnern erarbeitet werden. Ziel war damit auch die Möglichkeit unterschiedliche Kandidaten, seien es Garnelen oder pelagische Fische und unterschiedliche Abwachsphasen von juvenil bis adult innerhalb einer Plattform züchten zu können. Dieses würde die Flexibilität der Fischzuchtbetriebe am Markt erhöhen.

Um die Biofoulingprobleme zu reduzieren sollte ein nachhaltiges und wirtschaftliches Biofouling-Management gemeinsam mit der Sasol GmbH entwickelt und umweltschonende Coatings untersucht werden.

2.0 Material & Methoden

Die im Projekt *AqualInno* am AWI genutzten Methoden umfassten einerseits Laborexperimente als Vor- und Begleituntersuchung, andererseits Feldversuche mit Materialproben und einem möglichen Prototypen. Indoor wurden vereinfachte sowie skalierte Modelle eingesetzt, im Freiland dagegen Versuchsanlagen in möglicher Anwendergröße und Proben möglicher Originalbaustoffe. Um das Ziel der Entwicklung eines schwimmenden Durchfluss- und Kreislaufsystems zu erreichen, wurden weiterhin zusammen mit den Industriepartnern kurze, praktische Versuche in den Werks- und Produktionsstätten durchgeführt. Schwerpunkte mussten insgesamt auf die Themenfelder praktische sowie Labor gestützte Aquakultur und Biofouling sowie dessen Prävention gelegt werden. Es ergaben sich dadurch Arbeits-Standorte am Institut in Bremerhaven, in den Aquakulturanlagen der Müritzfischer bei Waren, in der Werkstatt der Firma Peehs Kunststoffe, in den Laboren der Sasol Wax GmbH und im Außenbereich des Jadebusens. Als weitere Arbeitspakete wurden die Optimierung der Filtersystematik, Manipulationsmöglichkeiten, Systemsicherheit und der Abfischmechanismus fachlich begleitet. Die Forschungstätigkeiten des AWI zur Entwicklung der schwimmenden abgeschlossenen Fischzuchtanlage umfassten dabei folgende Methoden:

- In Laborversuchen wurden die zu Grunde liegenden Parameter in vereinfachten und skalierten Modellen von Teich-in-Teich Systemen mit dem Besatz von Wolfsbarschen (*Dicentrarchus labrax*) innerhalb der SD-Kreislaufanlagen¹ bei 15 °C untersucht. Dieser wissenschaftliche Aufbau war während der gesamten Projektzeit Basis für die begleitenden Maßnahmen und die notwendigen Verträglichkeitsuntersuchungen der verschiedenen Antifoulingbeschichtungen und ihrer biologischen sowie technischen Einflüsse. Ein konventionelles Durchflusssystem wurde als zweite Referenz geführt, um Vergleiche zu ermöglichen.
- In Temperaturkonstanträumen wurden praktische Experimente mit Speisegarnelen (*Litopenaeus vannamei*) in skalierten Originalmodellen bei 28°C durchgeführt, gestützt auf ein SP-Kreislaufsystem².
- Studien mit einer 15 m² Anlage zur Mast wurden mit europäischen Welsen (*Silurus glanis*) in einem Süßwasserteich durchgeführt, um die Effizienz der Partikel- und Biofilter im Originalmaßstab zu testen.
- Im Bereich der Jade wurden verschiedene Versuchsreihen mit Bewuchs hemmenden Beschichtungen auf aquakultur-relevanten Baumaterialien ausgeführt.
- In Abhängigkeit der Zielrichtungen wurden verschiedene Parameter in der Wassersäule wie Sauerstoff, pH, Salinität, Chlorophyll, BSB, CSB, CN, TSS, Ammonia, Nitrit, Nitrat, Gesamt-Stickstoff sowie Phosphat kontrolliert.
- Zum besseren Verständnis des Bewuchses durch Fremdorganismen sowie zum Erfassen der Zusammenhänge zwischen Teich und Anlage wurden im Freiland Chlorophyll und Planktonproben entnommen.

2.1 Anlagen und Standort

2.1.1 AWI

Die unterschiedlichen Kreislaufanlagensysteme des AWI in Bremerhaven waren die Basis für die Studien von Systemdesign, Nährstoffen, Haltungsbedingungen und Bewuchsvermeidung. In Laboren mit konstanten Temperaturen wurden verschiedene Modelle, Arten und Betriebsbedingungen untersucht. Dazu mussten verschiedene Versuchsaufbauten und Modellsysteme entworfen, gefertigt und betrieben werden.

AWI-Hauptkreislauf

Alle Arbeiten konnten - wenn nötig - durch eines der Hauptkreislaufsysteme unterstützt und die Versuchsbecken betrieben werden. Es beinhaltete eine Kombination von Technologien (Abb.: 5.B.1) mit unterschiedlichen Temperaturen und jeweils vollständiger Wasseraufbereitung. Durch wöchentlichen Support mit frischem Seewasser, entnommen durch das AWI-Forschungsschiff *Uthörn* im Seegebiet bei Helgoland, wurde zusätzlich die Wasserqualität stabilisiert (Tab.: 2.1). Die Haltung der Versuchstiere erfolgte in den an die Versuchsbedingungen angepassten Kulturtanks verschiedener Größenordnung zwischen 20L und 2000L. Es wurden hierzu Kalträume (15°C) und Warmräume (28°C) genutzt.

¹ SD-Kreislauf: Hierbei handelt es sich um eine Kreislaufanlage, die separierbar aufgebaut ist. Die Testanlagen befinden sich schwimmend in einem Tanksystem. Der umschließende Wasserkörper wird durch eine konventionelle Wasseraufbereitung gereinigt.

² SP-Kreislauf: Selbstgebaute Kreislaufanlage mit konventioneller Wasseraufbereitung.

Tabelle 2.1: Die Tabelle zeigt die in dem Basiskreislauf gemessenen Werte. Um stabile Versuchs- und Haltungsbedingungen zu gewährleisten, wurden bestimmte Schlüsselparameter des Gesamtsystems während der Experimente bei Bedarf kontrolliert. Das Reservoir wurde in den angegebenen Qualitäten als Austauschwasser der untergeordneten Systeme genutzt. Um die Kreislaufidee zu erhalten, geschah dieses nur in geringem Maße bei der Sedimententnahme oder im großen Umfang zur Vorbereitung und Synchronisierung von Versuchsreihen.

Parametertabelle Hauptkreislauf		
Parameter	Einheit	Durchschnittswerte
Salinität	[g/L]	33 ± 1
Temperatur	[°C]	15 ± 1
Sauerstoffsättigung	%	90 ± 10
pH	Zahl	$8 \pm 0,2$
Redoxpotential	[mV/L]	> 180
Ammonia	[mg/L]	$< 0,04$
Nitrit	[mg/L]	$< 0,01$
Nitrat	[mg/L]	< 15



Abbildung 2.1: Die abgebildeten Systeme (a, links) beinhalten als Kulturbereich je drei Haltungsbecken und zur Wasseraufbereitung je einen Wirbelstromseparator für die Erstsedimentation, einen Eiweißabschäumer mit Ozonisation zur Entfernung von Feinstpartikeln sowie langkettiger Moleküle und einen Bioreaktor zur biologischen Oxidation der gelösten Nährstoffe. Die Versuchstanks mit je 170L Inhalt und sollten für die Modelle das umgebende Gewässer darstellen. Der abgebildete (b, rechts) Rundtank mit vereinfachter Wasseraufbereitung diente als Referenz- und Haltungstank.

Durchflussreferenz

Ein Tanksystem des Hauptkreislaufs mit 2000L Kulturvolumen (Tab.: 2.2) wurde als Referenz und Vorhaltebecken für Austauschtiere betrieben (Abb.: 2.1 b). Die Besatzdichte war im Gegensatz zu den eigentlichen Versuchstanks mit 5 kg/m^3 bewusst niedrig angesetzt. Das Becken war am Haupt-Kreislaufsystem im Durchflussmodus an den AWI-Großanlagen angeschlossen und wurde zusätzlich mit einem Sandfilter ausgerüstet, welchen die Wassersäule bei rückgespültem Filtermaterial ca. 4-mal pro Stunde durchfloss.

Tabelle 2.2: Dargestellt sind die Volumina des Referenzsystems, der SD-Kreisläufe und des SP-Systems im mittleren Wasserstand ohne Verdrängung durch den Besatz und die Versuchsmodelle.

Volumen Referenzsystem			
Bereich	Volumen [m³]	Anzahl	Gesamtvolumen [m³]
Kulturtank rund	2,00	1	2,00
Wöchentlicher Support	0,02	1	0,02
Sandfilter	0,10	1	0,10
Gesamtreferenzsystem	2,12	1	2,12
Volumen SD-Kreisläufe			
Bereich	Volumen [m³]	Anzahl	Gesamtvolumen [m³]
Kulturtanks rechteckig	0,17	3	0,51
Wöchentlicher Support	0,02	1	0,02
Hydrozyklon	0,08	1	0,08
Bioreaktor	0,06	1	0,06
Abschäumer	0,02	1	0,02
Gesamtversuchssysteme	0,69	2	1,38
Volumen SP-Kreislauf			
Bereich	Volumen [m³]	Anzahl	Gesamtvolumen [m³]
Kulturtanks rechteckig	0,25	3	0,75
Aquarien	0,02	4	0,08
Wöchentlicher Support	0,02	1	0,02
Bioreaktoren	0,07	4	0,28
Abschäumer	0,06	1	0,06
Sedimentationskammern	0,14	2	0,28
Gesamtversuchssystem	1,47	1	1,47

Separierbare SD-Kreisläufe

In einer 15°C-Partition des Hauptkreislaufes wurden zwei SD-Kreislaufanlagen abgetrennt vom Hauptsystem betrieben (Abb.: 2.1 a). Dieses sollte die Messung von Nährstoffen für die Darstellung von Gleichgewichten bzw. Bilanzen ohne Außeneinflüsse ermöglichen. Ihre Volumina (Tab.: 2.2) bildeten die Basis für vereinfachte Modelle, welche unter gleichen oder modifizierten Bedingungen betrieben und untersucht wurden. Sie bildeten auch die Grundlage für die Beschichtungsuntersuchungen.

Bau der vereinfachten Labormodelle

In den Werkstätten des ehemaligen Projektpartners DFW wurden von AWI-Mitarbeitern 6 vereinfachte Pond-In-Pond Labormodelle gefertigt. Die Arbeiten begrenzten sich auf das Schneiden der PE-Plattenmaterialien, das Schleifen und Hobeln der Fasen und das Zusammenschweißen der Becken.

Das vereinfachte schwimmende Kreislauf- und Durchflusssystem

Zur Durchführung von Untersuchungen der Grundparameter und zu Langzeitversuchen wurden vereinfachte Modelle aus schwarzem PE-HDTP eingesetzt und im Laufe der Versuchsreihen optimiert (Abb.: 2.2 a, b; Tab.: 2.4). Sie bestanden aus (Tab.: 2.3) je einem Kultur-, Sedimentations- und Bioreaktionsbereich und wurden mit Wolfsbarschen besetzt. Die Kulturbereiche waren zur Stressreduktion zu zwei Dritteln mit schwarzem PE abgedeckt, der Rest wurde mit PE-Gittern geschützt. Die Proben konnten als Mischwasser direkt oder über die Rohrverbindungen zwischen den Bereichen als reales Abflusswasser entnommen werden.

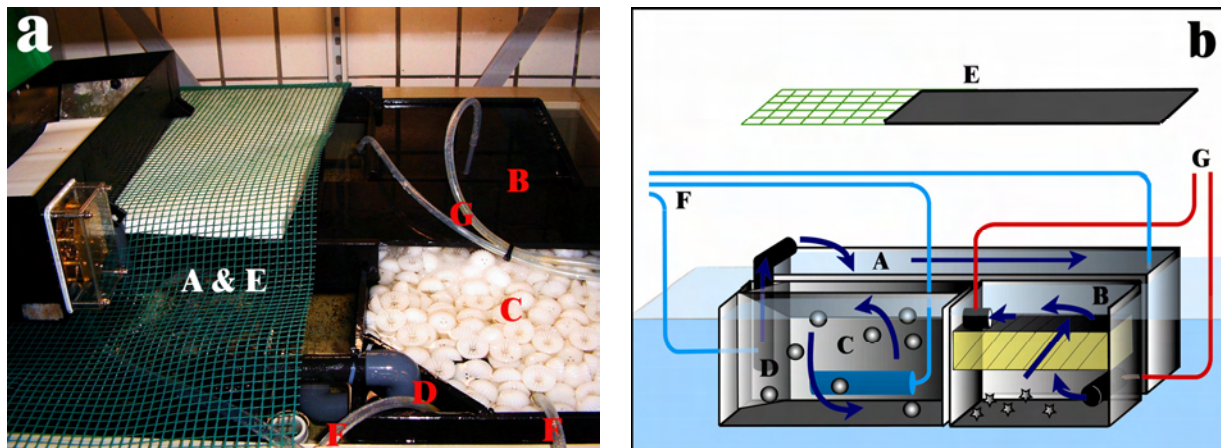


Abbildung 2.2 a-b: Bei den vereinfachten Basismodellen wurden Kulturbereich (A) und Filterbereiche (B, C) parallel installiert, um kommunizierende Röhren zwischen den Modulen auf das Minimum zu reduzieren. Das Wasser floss über eine kurze Verbindung vom Kulturtankende (A) direkt in die Sedimentationsstufe (B), wo Partikel abgestreift werden sollten. Dieses erfolgte durch ein die Oberflächen vergrößernden FAP-PP-Lamellenfilter der Firma 2H mit einer lichten Röhrenweite von 27 mm. Das sich am Behälterboden ansammelnde Sediment konnte leicht mit einer 25 mm Röhre durch das Sedimentationspaket entnommen und untersucht werden. Weiter wurde das Wasser direkt über einen kurzen Stutzen in den Bioreaktor überführt wo es mit Hilfe der dort vorhandenen, auf den Füllkörpern siedelnden Bakterien weiter aufbereitet wurde. Mit Hilfe eines in der Mischkammer (D) installierten Airlifts wurde das Wasser in den Fischbehälter zurück geführt. Die Mischkammer (D) konnte über zwei mit Sieben geschützte Krümmer mit Filter- oder Außenwasser versorgt werden. Dabei waren stufenlose Kreislauf- und Durchflussregelungen möglich. Die Pressluftbereitstellung (F) wurde für den Airlift und die in Bioreaktor sowie im Kulturbereich installierten Ausströmer aus Sicherheitsgründen durch getrennte Leitungen realisiert. Um zusätzlich Proben entnehmen zu können waren die kurzen kommunizierenden Röhren mit Absaugschläuchen (G) ausgerüstet. Ein nachträglich im Bioreaktor angebrachtes Prallschild sollte die Bewegung der Substrate verbessern. Im Außenbereich eingehängte PE-Probeträger (hier nicht abgebildet) zwischen den Modulen wurden während der Verträglichkeitsuntersuchungen als Untergrund für die Beschichtungen genutzt.

Das vereinfachte System zur Verträglichkeitsprüfung von Beschichtungen

Dem o. g. vereinfachten System (Abb.: 2.2 a, b) wurde nach Abschluss der Langzeitversuche differenzierte Bewuchshemmer zugesetzt. Dabei wurden in die Bereiche der Teichsimulation jeweils 15 cm x 15 cm große PE-HDTP Platten eingehängt, welche einseitig mit der zu untersuchenden Beschichtung bestrichen wurden. Die Materialmenge dieser Schicht von ca. 5g pro Becken wurde durch die Fläche/Volumenumrechnung eines 15 m²-Systems ermittelt, welches an seiner Außenhülle zur strategischen Bewuchsabwehr vollständig benetzt sein musste.

Als Betriebsmodus wurden 1:1 Austauschraten eingesetzt, um sowohl Kontamination des Außenbereich und Innenbereich untersuchen zu können. Dazu wurden bestimmte Parameter stellvertretend (Tab.:2.11) in den Einzelbereichen gemessen.

SP-Kreisläufe

Als drittes Kreislaufsystem wurde eine Anlage eingesetzt, in der skalierte Originalmodelle der ersten Versuchsanlagen bei 28°C auf Schwachstellen erforscht wurden. Das System war die Basis für die Simulation von drei Salzwasserteichen und beinhaltete zusätzlich vier Vergleichsaquarien zur Beobachtung der Tiere. Die Wasseraufbereitung (Tab.: 2.2) bestand aus einem Sedimentationsbecken ohne Zusatzoberflächen, vier in Folge geschalteten Bioreaktorpartitionen, einem Eiweißabschäumer ohne Ozonisation, einer Mischkammer (Nachsedimentation) und einer UV-Unterstützung zur Sterilisation.

Bau der skalierten Labormodelle

Der Bau der skalierten Modelle wurde von AWI-Mitarbeitern in den Werkstätten des AWI vollzogen, wobei höhere Ansprüche an gleich gestaltete Tätigkeiten gestellt wurden. Die Abdeckungen und Röhrensysteme wurden hier jedoch aus klarem Acrylglas und grauem PVC mittels Klebtechniken erstellt.

Skaliertes Modellsystem der Originalanlage

Um mögliche Konstruktionsfehler zu entdecken wurden je drei Modelle einer bereits fortgeschrittenen Entwicklungsphase des Systems aus PE-HDTP erstellt (Abb.: 2.3 a, b). Hier kam erstmalig das System mit integrierter Sedimentationseinheit und externer zentraler Bioreaktion zum Einsatz (Tab.: 2.3; 2.4). Als Besatz wurden Garnelen (Tab.: 7) gewählt. Die Skalierung betrug gegenüber der Müritz-Außenanlage 1:50. Als Baumaterial wurden 5mm PE-HDTP Platten genutzt. Die Einheit war mit einer Kippwelle ausgerüstet zur Simulation der Abfischtechnik und zur Erhaltung der Winkelsysteme.

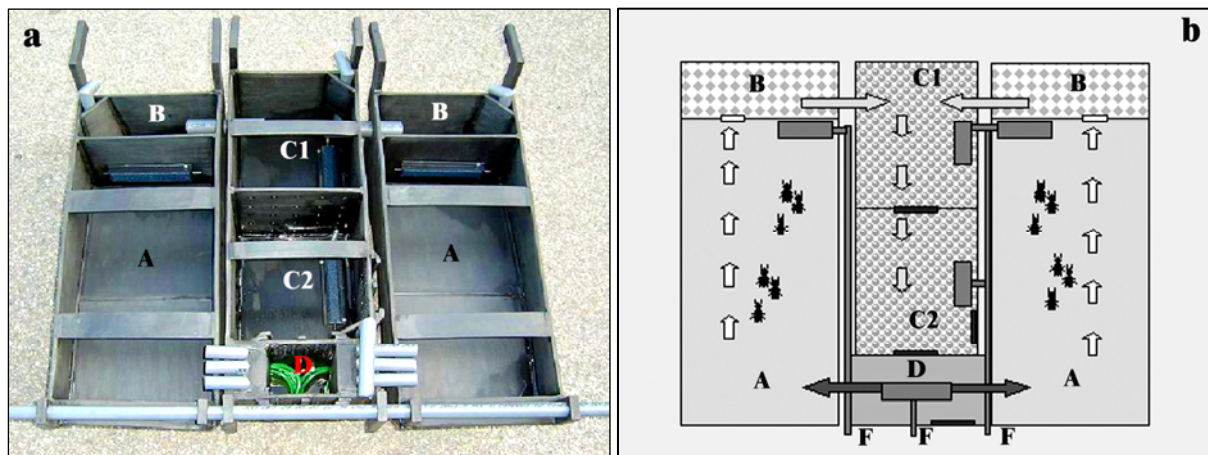


Abbildung 2.3 a, b: Die skalierten Modellen der weiter entwickelten Anlage umfassten ebenfalls die Bereiche Kultur (A), Partikelfilter (B), hier mit dem H2 FAP-PP 12mm Lamellensystem, Bioreaktion (C) und Mischkammer (D) sowie die Druckluftbereitstellung (F). Die Airlifts bestanden aus je drei Röhren mit Druckluftbeaufschlagung durch Keramikausströmer. Das Sediment aus den Partikelfiltern konnte über separate Airlifts entfernt werden.

Tabelle 2.3: Dargestellt sind die rohen Volumina der Labormodelle und ihrer Komponenten abzüglich der Inneninstallationen wie Sedimentabzug und Pressluftunterstützung.

Volumen Basismodell			
Bereich	Volumen [m³]	Anzahl	Gesamtvolumen [m³]
Kulturtank	0,066	1	0,065
Sedimentationsstufe	0,022	1	0,022
Bioreaktor	0,036	1	0,035
Gesamtmodell vereinfacht	0,124	6	0,124 x 6
Volumen skaliertes Modell			
Bereich	Volumen [m³]	Anzahl	Gesamtvolumen [m³]
Kulturtanks	0,009	2	0,019
Sedimentationsstufe	0,003	2	0,007
Bioreaktor	0,020	1	0,020
Mischkammer	0,002	1	0,002
Gesamtmodelle skaliert	0,035	3	0,048 x 3

Tabelle 2.4: Im Gegensatz zu Tab 2.3 sind hier die biologisch aktiven Oberflächen und realen Volumina der untersuchten Modelle in Abhängigkeit der entsprechenden Filtersubstrate ausgeführt. Sie bildeten die Berechnungsgrundlagen für die Massengleichgewichte und die daraus resultierenden biologische Abbauvorgänge.

Korrigierte Volumen und Oberflächen der Versuche mit vereinfachten Basis-Modellen im SD-System ohne / mit Filtersubstraten			
Korrekturdefinitionen	VH ₂ O [m ³]	Anzahl	A BioGesamt [m ²]
Basis-Modelle Pond-In-Pond incl. Filtersubstraten	0,121	3	10,345
SD-Kreislauf incl. Filtersubstrate abzgl. Modelle	0,281	1	20,506
Gesamtsystem real incl. aller Filtersubstrate	0,644	1	51,541
Korrigierte Volumen und Oberflächen der Versuche mit skalierten Modellen im SP-System ohne / mit Filtersubstraten			
Korrekturdefinitionen	VH ₂ O [m ³]	Anzahl	A BioGesamt [m ²]
Skalierte Modelle Pond-In-Pond incl. Filtersubstraten	0,047	3	13,790
SP-Kreislauf incl. Filtersubstrate abzgl. Modelle	1,289	1	83,920
Gesamtsystem real incl. aller Filtersubstrate	1,336	1	125,290

2.1.2 Werkstatt-Modelle (Tests und Messe-Modelle)

Bau der skalierten funktionellen Präsentationsmodelle

Zur Weiterentwicklung des Systems, zu mechanischen Kleinversuchen und zur Präsentation auf den Messen Fish international, Hannover-Messe und Slow fish sowie für kurze TV-Reportagen wurden skalierte (Abb.: 2.9) Funktionsmodelle erstellt. Sie dienten auch dem Innovationsschub und der geordneten Erstellung einer finanziellen Hochrechnung. Die aktuellste Version lässt durch ein Doppelschwandsystem eine Wärmetauschkfunktion für Abwärmeüberschüsse zu.

Einfache Hydromechanik

Beim Bau von Versuchsmodellen mussten gelegentlich vereinfachte Tests für die Schwimmfähigkeit der Anlage unternommen werden. Dieses geschah vorwiegend in den Räumlichkeiten der Kunststoffwerkstatt, wo Versuche zum Austarieren des Systems, der Festlegung von Auftriebskräften und der Erprobung der Praxisfähigkeit durchgeführt wurden.

2.1.3 Müritzt

Süßwasserkulturteich

Ein Teil der Freilandversuche fand in einem ca. 50 Jahre alten 24 ha großen Teich zur Karpfen und Störproduktion in der Nähe von Waren an der Müritzt (53° 30' N, 12° 41' E) statt (Abb.: 2.4 a-b). Die Teichtiefe während der Kulturperiode betrug 100-200 cm, die Wasseraustauschrate durch Einspeisungen aus dem Müritzt-Bolte-Kanal schwankte zwischen null und einigen hundert Kubikmetern am Tag in Abhängigkeit von Wetterschwankungen. Der Teich wurde im Juli 2007 mit ca. 3000 Sibirischen Stören (*Aspenser berii*), Stückgewicht im Mittel 3kg, und 4000 Karpfen (*Cyprinus carpio*), Stückgewicht im Mittel 0,5 kg, besetzt. Letztere sollten das in seiner Population stark zugenommene Zooplankton dezimieren. Das Gewässer wurde teils durch die Müritzfischer, teils durch das AWI überwacht. Aufgrund massiven Wachstums von Fadenalgen mussten ca. 1000 Störe nach nur 3 Monaten vorzeitig abgefischt werden. Die restlichen Tiere einschließlich der Karpfen mussten im Mai 2008 abgefischt werden. Der Teich wurde dazu über 14 Tage entwässert. Es folgte eine außerplanmäßige Trocknung des Teichgrundes über 4 Wochen.

Bau der Anlage

Die Erstellung der Freilandanlage erfolgte in den Werkstätten der DFW weitgehend ohne die AWI-Mitarbeit, jedoch basierend auf den AWI Erkenntnissen. Spätere Umbauten wurden von AWI-Mitarbeitern und dem neuen Partner Peehs-Kunststoffe ausgeführt.

Probenräger

Zusammen mit der Firma Peehs wurden Probenräger für Bewuchshemmer geplant und erstellt. Es handelte sich dabei um einfachere aber zeitaufwendige Tätigkeiten die vor allem vom Projektpartner ausgeführt wurden.

Anlagen Design

Im Mai 2007 wurde der Teich mit einem schwimmenden Kreislaufsystem aus PE-HDTP ausgerüstet (Abb.: 2.4 a-b). Es bestand aus einem Schwimmponton, den integrierten Bioreaktoren und dem Kulturmodul mit der integrierten Sedimentationsstufe. Aufgrund der Wasserstandsveränderung im Teich (Trockenzeit oder Regen) sind hier freilandbedingt 10% Abweichung einbezogen worden.

Kulturbecken

Bei dem Kulturbecken handelte es sich um einen Container großen PE-HDTP Behälter mit Kulturbereich, Sedimentbereich und Sedimentationsbereich. An seinem vorderen Ende befanden sich die Einlaufrohre zur Wasserversorgung, die Kippwelle und ein Auftriebskörper zur Stabilisierung des Lagerungssystems. Ein aufblasbarer Balg zum Anheben des Moduls befand sich unter der Sedimentkammer (Tab.: 2.6).

Die Tanktiefe (nutzbares Volumen ohne Rand) stieg von 1,2 m nach 1,8 m an, um dann über ein Durchgangssieb in den unteren Teil des Partikelfilters zu gelangen. Der Sedimentabfluss wurde durch Bodenwinkel und Strömung unterstützt. Letztere wurde hervorgerufen durch die Einläufe und eine Ausströmerkerze oberhalb des Abflusses. Die Strömung verlief anschließend oberhalb der Sedimentkammer durch die Lamellenfilter der Sedimentation und sollte dort Partikel ablagern. Oberhalb der Lamellenblöcke befanden sich die durch Siebaufsätze geschützten Ausstromöffnungen des Partikelfilters. Sie mündeten in eine flexible Verrohrung, welche in die am Ponton befestigten Bioreaktoren führten.



Abbildung 2.4 a, b: Der Mühlenteich (a, links) der Fischerei Müritz-Plau diente als Basis für die Außenanlage. Diese wurde im Bereich des Mönchs installiert, um ungehindert Zugang zum System sicherzustellen und die Energieversorgung durch die Supportstation zu gewährleisten. Mit ca. 2-2,5 m ist es der Bereich mit maximaler Tiefe. Darunter befand sich eine teils 1m dicke Schlammschicht. Parallel wurde ein Netzgehege installiert, um möglicherweise Vergleiche zur Netzgehegehaltung zu erfahren. Bedingt durch die dramatischen Algenblüten mussten die Netze nach nur 6 Wochen Versuchslauf entfernt werden. Auf die Anlage hatten die Algen keine negative Auswirkung. Während der Systemmontage (b, rechts) war der Teich unbesetzt und wies nur geringe Trübung jedoch hohen Zooplanktondichte auf.

Tabelle 2.6: Im Gegensatz zu den Labormodellen sind beim Outdoor-System nur Innenflächen und Innenvolumina von Relevanz. Der Außenbereich bei der gegebenen Teichgröße kann in Relation zum System als Unendlich betrachtet werden. Trotzdem gilt der Teich als das größte Anlagenmodul da für wirtschaftliche Anwendungen höhere Kapazitäten notwendig sind.

Volumen der Outdoor-Versuchsanlage im Mühlenteich bei Boek (Müritz)			
Bereich	Bau-Volumen [m ³]	Anzahl	Gesamtvolumen real [m ³]
Kulturtank	16,60	1	14,60
Sedimentationsstufe	5,05	1	4,80
Bioreaktor	2,15	2	3,80
Gesamtanlage	25,95	1	23,2
Korrigierte Volumen und Oberflächen der Versuche mit der Outdoor-Versuchsanlage			
Korrekturdefinitionen	VH ₂ O [m ³]	Anzahl	A BioGesamt [m ²]
Partikelfilter incl. Substraten und Verrohrung	4,50	1	262,00
Biofilter incl. Substraten und Mischkammer	1,60	2	518,00
Gesamtsystem real incl. aller Filtersubstrate	22	1	810,00

Ponton

Gestützt wurde das Gesamtsystem durch einen Schwimmponton aus teils flutbaren PE-Doppelrohren, welche über PE-Streben und Laufgitter miteinander verbunden wurden. Am vorderen Ende des Pontons befanden sich zwei Gegenlager mit einer Kippwelle aus PE und ST 37. Über diese war der Kulturcontainer mit dem Ponton beweglich verbunden. In Kombination mit dem durch Pressluft beaufschlagten Gummibalg unter dem hinteren Ende des Kulturcontainers musste dieser jederzeit kipp- und abfischbar sein. Das überschüssige Wasser konnte entweder über die Bioreaktoren oder durch zwei mit Sieben ausgerüstete Schotten nach außen abgegeben werden. Diese Konstruktion wurde im Laufe des Projektes ebenfalls weiter entwickelt.

Bioreaktoren

Parallel neben dem Kulturbereich wurden an den Ponton zwei Bioreaktoren installiert (Abb.: 2.5; Tab.: 2.5). Das Abwasser aus dem Partikelfilter sollte hier aufbereitet und über ein Pumpsystem dem Kulturbereich rückgeführt werden. Durch ein System aus Überläufen und Schotten wurde das Wasserniveau reguliert. Das System konnte so als Durchflussanlage arbeiten und gefiltertes Wasser in den Teich abgeben oder als geschlossener Kreislauf das eigene Brauchwasser aufbereiten. Zur Wasserbewegung und Sauerstoffanreicherung dienten mehrere gegenseitig angebrachte Ausströmerkerzen, welche im Laufe der Projektzeit auf den doppelten Satz aufgestockt werden mussten um eine Strömungsumkehr zu ermöglichen. Der Wassertransport wurde über zwei Linn-Rohrpumpen und zwei Mammutpumpen betrieben.

Es wurden zwei Bauweisen der jeweils dreigeteilten Bioreaktoren angebracht. Ein System sollte völlig oxidierend arbeiten und die Nitrifikation ausführen. Daher waren in diesem beide Wirbelbettkammern mit Druckluft versorgt. Am Boden der Filter befand sich jeweils eine Möglichkeit des Schlammabzugs, um abgestorbenes Bakterienmaterial zu entfernen. Die Filterkammern wurden zu Beginn mit je 500L Biofiltersubstrat PE-BC 19 von H2 bestückt. Die Menge wurde aus Gründen des extremen Bewuchses nach 4 Wochen auf 300L reduziert. Der zweite Filter sollte zu einem Teil oxidieren, war jedoch auch mit einer zu Denitrifikation geeigneten Kammer ausgerüstet, welche im Laufe des Betriebs ebenfalls zur Nitrifikationskammer umgestaltet wurde. Die am Modul-Ende befindliche Mischkammer war jeweils mit Pumpsystemen und Schotten ausgestattet. Die Bioreaktoren waren vollständig mit PE-Platten abgedeckt und begehbare. Die zuführende Verrohrung lag zur Frostvermeidung ca. 20 cm unter der Wasseroberfläche.

Technische Basis

Neben dem Teichmönch wurden zwei Thompson-Membranpumpen mit Abdeckung mit einer Leistung von $15\text{m}^3/\text{h}$ und $10\text{m}^3/\text{h}$ bei 1 bar Gegendruck angebracht. 10m^3 sollten zur Airliftleistung und 15m^3 zur Ausströmerleistung genutzt werden. Die Ausströmer waren sowohl in den Bioreaktoren als auch im Kulturbecken angebracht. Die Leitungskreuzung sollte die Sicherheit bei Ausfall eines Systems verbessern. Als Ausströmer dienten Silikon- bzw. Gummi bespannte kerzenförmige Belüfter, welche in der Abwassertechnik üblich sind. Als weitere Sicherung sollte eine Gasflasche mit technischem Sauerstoff dienen, welches bei Stromausfall durch ein unter Spannungsabfall selbst öffnendes Ventil Gas an einen Notausströmer im Kulturbereich solange abgibt, bis weitere Notmaßnahmen ergriffen werden können. Die Supportbasis war direkt an einen elektrischen Sicherungsschrank für Normal- und Drehstrom angeschlossen, welcher an einem Betonsockel eines Fütterungsturms befestigt war und auch bei den Messungen im Zeltlabor als Basis diente. Zur Versorgung der Tiere mit Pellets wurde ein Selbstfütterer mit 30L Vorratsbehälter eingesetzt. Die gesamte Anlage war durch entsprechende Maßnahmen gegen Diebstahl und Vandalismus geschützt.

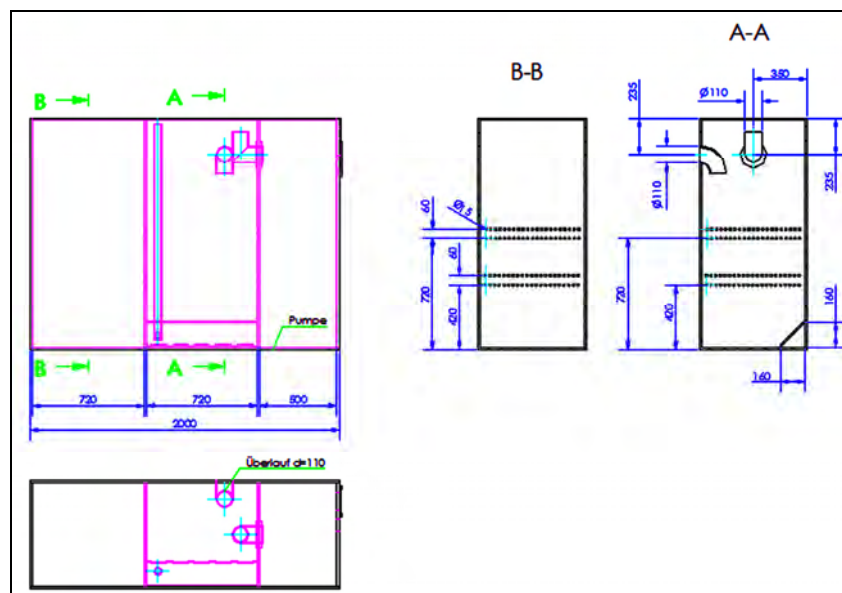


Abbildung 2.5: Das Grundmodul der Bioreaktoren war aerob und anaerob modifizierbar. Die Verbindung zwischen den Reaktorkammern erfolgte entweder über Lochreihen oder ein gelochtes Rohr. Die Niveauregelung konnte mit den abgebildeten Abwasserkrümmern bewerkstelligt werden. Sie wurden im Laufe des Projekts aufgrund von Biofoulingproblemen durch größere Schotten ersetzt oder unterstützt. Diese Biofouling-Problematik war bereits sehr stark im Süßwasser vertreten worauf zusätzliche Versuche zur Vorbereitung einer marinen Anlage nötig waren.

2.1.4 Jade

Da die Anlage sowohl für den limnischen Einsatz als auch für marine Kultur konzipiert wurde, mussten in einem für die Aquakultur relevanten Gewässer Untersuchungen durchgeführt werden (Abb.: 2.6 a). Aufgrund der Bewuchserwartung wurde dazu der Jadebusen ausgewählt. Das Gebiet ist gekennzeichnet durch eine Wassersäule mit starkem Tidenhub, starker Strömung und hoher Sedimentfracht. Die Wassertiefe vor Ort bei Ebbe betrug ca. 6m, die Wasserparameter wurden jeweils zwei Stunden vor Hochwasser ermittelt. Die Proben wurden an den Anlagen der Niedersachsenbrücken bzw. NWO-Brücke (Kohle- und Öllösung) mit Tauen befestigt.

Konstruktion der Versuchsaufbauten

Während der Untersuchungen kamen verschiedene Trägersysteme für Beschichtungen zum Einsatz (Tab.: 2.6; Abb.: 2.6 b, 2.7 a, b). Im Zeitraum 2007/2008 wurden PE-Rohrträger senkrecht ausgelagert

und ergaben mit den daran angebrachten PE-Plattenträgern einen parallelen bis diagonalen Strömungsverlauf. In 2009 wurden diese Systeme horizontal eingesetzt, sodass die Anströmrichtung konstant parallel verlief. Zusätzlich wurden PE-Platten und Polyamid-Netze mit frontaler Anströmung untersucht. Die Proben befanden sich in 0,5-4m Tiefe.

Strömungs- und Temperaturmessung

Die Strömungsgeschwindigkeit und Temperaturregimes wurden mit einer Doppler-Sonde erfasst. Das Instrument konnte über Monatsintervalle betrieben und ausgewertet werden. Es wurden Daten zu den Tiden, Wasserständen, Strömungen und Temperaturverläufen im 10-Minutentakt erfasst.



Abbildung 2.6: Im Bereich der Jade (a) wurden an den Niedersachsenbrücken für Kohle (A) und Öl (B) Proben zur Untersuchung von Antifouling Coatings (b) ausgelagert. Das abgebildete senkrechte System wurde vorwiegend in Vorversuchen 2007/2008 genutzt und verblieb 12 Monate im Wasser. Dabei wurden beschichtete Plattenträger auf ein PE-Rohr drehbar aufgesetzt und mit PE-Abstandhaltern fixiert. Ein Gewicht hielt das System unter der Wasseroberfläche, über Taue, Wirbel und Karabiner wurden die Proberacks mit den Brücken verbunden. Die Platten wurden monatlich nach Gewichtszunahme, Volumenänderung und Spezies ausgewertet.

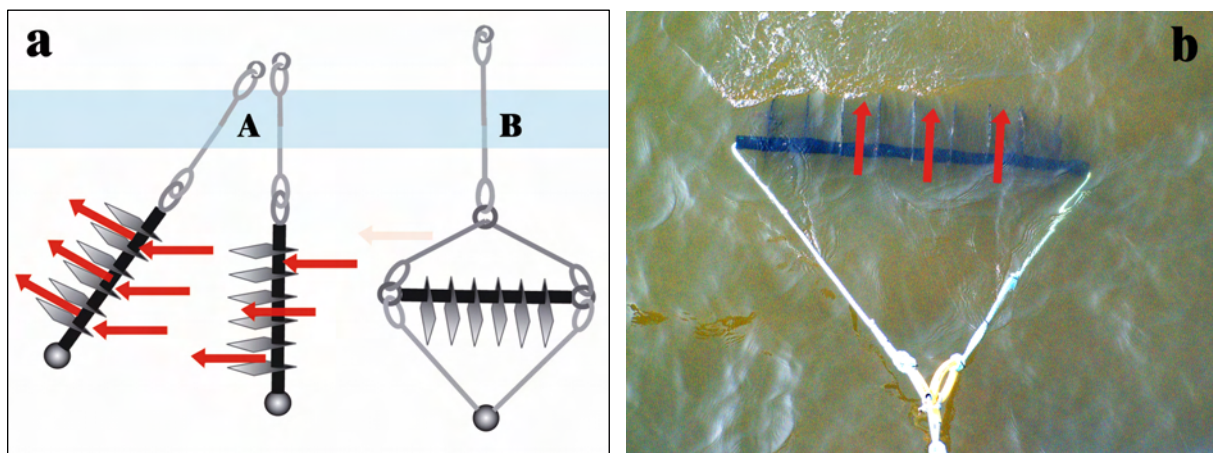


Abbildung 2.7: (a) Durch den herrschenden Strömungsdruck ergab sich bei den senkrechten Trägersystemen (A) eine Schräglage mit einer daraus resultierenden, nicht definierten Anströmrichtung aus parallelen und frontalen Kräften. Daraufhin wurden waagerechte Systeme (B, b) eingesetzt, welche sich in die Strömung ausrichteten und damit weiter parallele Umströmung ergaben. Die Außenplatten wurden als Prallbleche betrachtet und gingen nicht in die Auswertung ein. Die PE-Plattenträger wurden über einen Stahlstab gegen Rotation, um die Trägerachse gesichert. Auch hier wurden zwischen den Platten Abstandhalter gesetzt. Zum Vergleich wurden auch PVC-Platten untersucht.

Tabelle 2.6: Verschiedene Systeme mussten als Träger für Beschichtungen oder als Rohmaterial auf die Resistenz bezüglich gefährdender Bewuchsorganismen untersucht werden. Wichtig war dabei auch die Anströmrichtung und Strömungsgeschwindigkeit, da diese besondere Einflüsse auf ungiftige physikalische Schutzmechanismen haben. Bei den Netzproben wurde zusätzlich photographisch ausgewertet. Diese Probenetze waren über Stahlbaumatten gespannt und wurden mit Kabelbindern gesichert.

Trägersysteme für Antifoulings		
System	Material	Strömungsverlauf
Senkrechte Plattenträgersysteme	PE-HDTP, PVC	parallel bis diagonal
Waagerechte Plattenträgersysteme	PE-HDTP, PVC	kontinuierlich parallel da selbstfixierend
Einfachplattensysteme	PE-HDTP	frontal bis diagonal
Netzträger	Polyamid / ST37	frontal

2.2 Untersuchungsparameter

2.2.1 Abiotische Parameter

Temperatur

Zur Feststellung des Temperatureinflusses wurden Versuchsreihen bei 15 °C und 28°C mit entsprechend angepassten Organismen durchgeführt. Damit sollten temperaturabhängige Parameter näher bestimmt und optimale Reinigungsintervalle festgestellt werden. Die Freilandtemperaturen mussten als gegeben betrachtet werden und wurden im Rahmen der Probenahmen dokumentiert.

Filtersubstrate

Es wurden verschiedene Substrate (Tab.: 2.9) in Sedimentations- und Biofiltern eingesetzt und untersucht. Vor- und Nachteile sollten dabei herausgestellt werden, um dem System später die für örtliche Gegebenheiten optimierten Kombinationen beizufügen. Die ausgeführten Versuche sollten die Größenordnungen, die Verweilzeiten, die hydraulische Oberflächenlast, die Abbauraten und mögliche Nebeneffekte (wie das Verwachsen oder die notwendige Bewegungsenergie) im Bioreaktor aufzeigen.

Durchflussraten

Um die Anlagenparameter in ihrer Varianz zu erfassen wurden verschiedene Durchflussmengen im System und die sich dadurch einstellenden Verweilzeiten sowie hydraulischen Oberflächenlasten untersucht. Im Laborbereich wurden in den vereinfachten Versuchen drei- und sechsfache Durchflussgeschwindigkeiten gewählt. Erstere gilt in Bezug auf die HOB als unterkritisch ($8,73 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$), die zweite Variante als kritisch ($17,46 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$). Neben der Sedimentation wurden dabei auch biologische Abbauraten und deren Abhängigkeit vom Durchfluss untersucht.

Kreislaufzeiten

Ebenfalls untersucht im Sinne der Umweltverträglichkeit wurden verschiedene Kreislaufzeiten des Austauschs mit der umgebenden Wassersäule. Dieses war notwendig, um eine Beurteilung des Umwelteinflusses und der möglichen Wirtschaftlichkeit als Basis für weitere Forschung zu ermöglichen. Die Möglichkeit, den Teich als biologischen Puffer zu benutzen, sollte dadurch zumindest erste Beachtung finden. Die Innen- und Außenparameter wurden direkt verglichen. In den darauf folgenden Versuchen zum Bewuchsschutz wurde grundsätzlich Austauschraten zwischen innerer und äußerer Wassersäule von 1:1 eingesetzt. Damit wurde ein gezielter Kontakt des Filters mit den Inhaltsstoffen der Coatings sichergestellt. Gleiche Kontaminationsmengen in allen untersuchten Kombinationen sollten vergleichbare Ergebnisse gewährleisten.

Tabelle 2.8: Gezeigt sind die Phasen der einfachen Laborversuche und ihre Hauptparameter. In den Reaktoren wurden verschiedene Substrate (Tab.: 2.9) und Abbauraten, in den Partikelfiltern wurden Durchflussraten verglichen. Die ausgeführten Variationsversuche dienten der Definition des gesamten Systems mit dem simulierten Außengewässer. Die mit * gekennzeichneten Messungen waren Stichproben kontrollierender Art.

Abfolge der vereinfachten Laborversuche im 15°Kreislauf des AWI													
Wert/Monat		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
NH ₄		*	*	*	*	NH ₄	NH ₄	NH ₄	NH ₄	*	*	*	*
NO ₂		*	*	*	*	NO ₂	NO ₂	NO ₂	NO ₂	*	*	*	*
NO ₃		*	*	*	*	NO ₃	NO ₃	NO ₃	NO ₃	*	*	*	*
pH		pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	*	*	*	*
O ₂		O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	*	*	*	*
N/P-Gesamt										N/P	N/P	N/P	N/P
CSB/BSB						*	*	*	*	*	*	*	*
C/N						C/N	C/N	C/N	C/N	C/N	C/N	C/N	C/N
Gewicht						C	C		C		C		C
Besatz						WB	WB	WB	WB	WB	WB	WB	WB
Versuchsreihen	Skimmer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Einlauf	on	K1,2	K1,2	K1,2	K1,2								
Einlauf	out												
Bioreaktor	on					K1,2	K1,2	K1,2	K1,2				
Bioreaktor	out												
Sedimentation	on					K1,2	K1,2	K1,2	K1,2				
Sedimentation	out												
Variation	on												
Variation	out									K1,2	K1,2	K1,2	K1,2

Tabelle 2.9: Die Substrate zum Besatz des Bewegtbettfilters sollten auch auf ihr PreisLeistungsverhältnisse und die Beweglichkeit untersucht werden. Allgemein sollte Praxis mit den unterschiedlichen Größenordnungen gewonnen werden, um den Arbeitsaufwand der Reinigung oder Kontrollnotwendigkeiten in der späteren Anwendung zu reduzieren. Dieses gilt vor allem für die Sedimentabscheider, da die Röhrensystem möglicherweise bewachsen und die auftretenden Durchflussverengungen sich negativ auswirken können. Die Angaben beziehen sich auf die biologisch (bzw. sedimentierend) aktiven Flächen.

Filtersubstrate während der Projektzeit			
Bautyp	Oberfläche [m ² /m ³]	Größen Ø (mm)	Qualifikation
Klaervertec-Picobells	450	30	Nitrifikation, Denitrifikation
H2-BC 19	450	19	Nitrifikation, Denitrifikation
SD BC 11	835	11	Nitrifikation, Denitrifikation
H2-PP-FAP 27	125 (31,25)	27	Fettabscheidung, Sedimentation
H2-PP-FAP 19	150 (37,50)	19	Fettabscheidung, Sedimentation

Partikelseparation

Während des Betriebes wurden vom Sedimentationsfilter Partikel abgestreift, welche sich im darunterliegenden Behälter sammeln. Diese mussten regelmäßig abgepumpt werden, um das System im

Gleichgewicht zu halten. Dieses wurde in unterschiedlichen Zeitabständen durchgeführt, um ideale Abpumpintervalle zu definieren. Mit Sieben (MW 60µm, 100µm) wurden die unterschiedliche Partikelgrößen getrennt, um Aufschluss über die Effizienz der Sedimentation zu erhalten. Zur Ermittlung des Trockengewichtes und der C-N-Verhältnisse wurden die Faeces gefriergetrocknet, ausgewogen, gemahlen und analysiert. Die Ergebnisse zeigten sowohl die zurückgehaltenen Stoffmengen als auch die Verhältnisse von Sedimentierbarkeit bzw. Löslichkeit der vorhandenen Nährstoffe.

Abschäumung

Die Effektivität der Anlage wird durch die Benutzung des Eiweiß- und Kleinstpartikel- Abschäumers beeinflusst. Umgekehrt haben z.B. Fette oder andere Stoffgruppen Einfluss auf die Effizienz eines Abschäumers. Daher wurden einige Versuche mit und einige Versuche ohne Abschäumung durchgeführt. Im Dauerbetrieb wurde darauf verzichtet, um eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den Kreisläufen zu erhalten.

Ozon

Während landgestützte Anlagen zur Sterilisation häufig mit Ozonierung arbeiten, wurde im Projekt weitgehend auf den Einsatz von Ozon während den Versuchsläufen verzichtet, um verfälschende Einflüsse auf das System oder die Messtechnik zu vermeiden. Ozon kam daher nur vereinzelt zum Gebrauch, um Störeffekte, beispielsweise durch vorangegangene Stromausfälle, schnellstmöglich zu reduzieren.

2.2.2 Biotische Parameter

Spezies

In und um die Versuchs-Anlagen wurden verschiedene Arten kultiviert oder zu Darstellungszwecken gehältert (Tab.: 2.7). Damit sollten zum einen die Filtersysteme Belastungstests erfahren, zum anderen eine mögliche Bandbreite für Kulturarten definiert werden. Zudem sollten Praxiserfahrungen gesammelt werden.

Tabelle 2.7: Es mussten verschiedene Arten aus sehr verschiedenen Bereichen eingesetzt, um vor allem praktische Designverbesserungen zu erlangen. Die Besatzdichten schwankten dabei zwischen 1 kg/m³ und 50kg/m³

Versuchsspezies während der Projektzeit			
Art	Salinität, Temperatur	Größen	Ziel
<i>Silurus glanis</i>	0-5ppm, 4-28°C	300-600g	Belastungstests, Praxis
<i>Cardina cantonensis</i>	0-5ppm, 18-28°C	1-2g	Praxis, Präsentation
<i>Litopenaeus vannamei</i>	10-40ppm, 25-32°C	25-35g	Belastungstests, Praxis
<i>Palaemon elegans</i>	15-50ppm, 18-28°C	1-2g	Praxis, Präsentation
<i>Dicentrarchus labrax</i>	15-35ppm, 5-25°C	75-500g	Belastungstest, Wachstum, Praxis

Futter & Futterraten

Innerhalb des Systems wurden verschiedene Futtermittelarten (Tab.: 2.10) eingesetzt, um so die daraus resultierende Filterlast des Systems und die Einflüsse auf die Parameter und die Partikelseparation zu erfassen. Bei den Versuchen mit Garnelen wurden dabei vor allem die Unterschiede zwischen Nass- und Trockenfutter ermittelt

Tabelle 2.10: Die angegebenen Futtermittel waren grundsätzlich für karnivore Arten bestimmt und damit hoch im Fett- und Proteingehalt.

Chemische Analyse der Futtertypen während der Projektzeit			
Name	Typ	Energie [kcal/kg]	Fett : Protein : Kohlehydrate [%]
Crevetec Grow Up 2	Tauchpellets 2x4	3650	9 : 35 : 36
DAN-EX 1754	Tauchpellets 4x6	5211	17 : 54 : 12
ALCO Forellenfutter	Schwimmpellets 4x6	5087	14 : 41 : 11
<i>Arinicola marina</i>	Lebend/Nassfutter	5255 in Trocken	Keine Angaben

Ebenfalls zur Determinierung der Belastungsfälle des Filtersystems wurden verschiedene Futterraten zwischen 1% und 3% des Besatzgewichtes angewandt und miteinander verglichen. Dabei wurden jedoch keine stufenlos steigende Futtermengen sondern stufenweise Steigerungsraten zur besseren Auswertung genutzt.

Biofouling (Bewuchsschutz, Benetzbarkeit, Schutzfaktor, Verträglichkeit)

Sowohl im Freiland als auch im Labor wurden verschiedene Bewuchshemmer eingesetzt (Tab.: 2.11) und ihre Wirkung auf das Gesamtsystem untersucht. Die Stoffe wurden auf die Träger mittels Farbrolle in definierter Menge aufgetragen. Netzproben wurden getaucht und die Gewichte ermittelt. Dabei wurden verschiedene Träger mit unterschiedlichen Beschichtungen versehen.

Tabelle 2.11 zeigt die im Labor verwendeten Substanzen im Laufe von 12 Monaten und das zugehörige Monitoring sowie die Versuchsmodi in den Kreisläufen mit und ohne Abschäumer. Im Freiland wurden zusätzlich Vaseline 546, Eldons Netrex AF und eine rheologische Reihe des IMARE getestet. Die Versuchsfische wurden regelmäßig gewogen und vermessen.

Versuchsabfolge der Laborversuche zur Verträglichkeitsprüfung der Antifoulings im 15°C-Kreislaufsystem des AWI													
Wert/Monat		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
NH ₄		NH ₄	NH ₄	NH ₄	NH ₄		NH ₄	NH ₄	NH ₄	NH ₄	NH ₄	NH ₄	NH ₄
NO ₂		NO ₂	NO ₂	NO ₂	NO ₂		NO ₂	NO ₂	NO ₂	NO ₂	NO ₂	NO ₂	NO ₂
NO ₃							NO ₃	NO ₃	NO ₃	NO ₃	NO ₃	NO ₃	NO ₃
O ₂		O ₂	O ₂	O ₂	O ₂		O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂
FTW											FTW	FTW	
C/N												C/N	
Gewicht		C			C				C	C		C	C
Betrieb		KL	KL	KL	KL	KL	KL	KL	KL	KL	KL	KL	KL
Material	Skimmer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PE-HDTP	On	K1	K1			K1	K1	K1					
PE-HDTP	out			K1	K1								
ST AFT+Cu	On					K2	K2	K2					
ST AFT+Cu	out								K2	K2	K2	K2	K2
ST 15578	On												
ST 15578	out												K1
HW 732	On								K1	K1			
HW 732	out										K1	K1	
V 746	On	K2	K2										
V 746	out			K2	K2								

Zuerst geprüft wurden beim Auftrag der Beschichtungen ihre Benetzungsfähigkeiten auf die Aquakultur relevanten Oberflächen und die Trocknungszeiten im Außenbereich sowie im Labor, um die praktische Anwendung abschätzen zu können.

Bei den Auslagerungen wurden vor allem auf die Präventionsfähigkeiten und die Abriebfestigkeit der Schutzsysteme auf die Probe gestellt. Die Möglichkeit auf ein Bewuchsmanagement durch wiederholende selbstreinigende Effekte auf den PE-Oberflächen spielte dabei eine wesentliche Rolle. Bereits die photographische Auswertung zeigte hier Ergebnisse.

Die Probenträger in den Laborversuchen wurden über die gesamte Versuchszeit in den Einzelbecken belassen und die Veränderungen der Wasserparameter gemessen. Durch Überwachung der unterschiedlichen Parameter sollte die Verträglichkeit der Mittel beim Einsatz im Anlagenbereich untersucht werden.

2.3 Messmethoden

2.3.1 Digitale Messungen

Zur Messung des Sauerstoffs, der Salinität, des Leitwertes, des Luftdrucks und des pH wurden die jeweiligen Intelli-Sonden der Firma Hach-Lange zusammen mit dem Basishandheld HQ 40d Multi eingesetzt. Das Gerät verfügt über eine automatisierte Korrektur- und Statistikeinstellung, die erst dann einen Wert ausgibt, wenn eine statistische Sicherheit besteht. Die Sonden wurden gemäß Anleitung gewartet und kalibriert.

2.3.2 Trübungsmessungen

Zur vereinfachten Messung der Partikelfracht wurde ein Dopplersensor in Kombination mit einem Wandler und einem Voltmeter benutzt. Aus der Spannungsumrechnung ergaben sich die entsprechenden Trübungswerte in FTW. Aufgrund der Messempfindlichkeit und des Schwingverhaltens bei der Messung müssen entsprechend mehr Werte entnommen werden. Die Methode arbeitet auf Grundlage der Reflektion von Wellen durch Partikel und wird auch in der o. g. Freiwassersonde zur Strömungsmessung eingesetzt.

2.3.3 Chemisch-Photometrische Messungen

Gelöste Nährstoffe und Belastungsparameter wurden mit entsprechendem Küvetten- und Pulvertests der Firma Hach-Lange vollzogen. Das Photometer DR 2800 verfügt über einen Wellenlängenbereich von 340-900nm und ist in der Lage, die Maßeinheiten als Konzentration, Extinktion oder %-Transmission auszugeben. Es wurden 10 verschiedene Tests ausgeführt (Tab.: 2.12) und außerdem Chlorophyllproben untersucht.

Tabelle 2.12: Aufgeführt sind die während des Projektes angewandten Chemisch-photometrischen Analysen des DR 2800. Einige Test mussten zusätzlich durch eine Chlorideliminierung LCW 925 mit Silberchloridfällung sowie Plausibilitätstests mit Verdünnungsreihen unterstützt werden. In einigen Fällen wurden weitere Analyse-Möglichkeiten und Testvarianten zur Überprüfung der Methoden genutzt, da vor allem im marinen Bereich durch die Matrix der Wasserzusammensetzung Fehlerquellen zu erwarten waren.

Im Projekt notwendige Parametertests des DR 2800		
Parameter	Typ	Methode
NH ₄	Küvettest, PP-Test-8155	Salicylat zu 5-Aminosalicylat
NO ₂	PP-Test-8507	Dissoziation mit Sulfanilsäure
NO ₃	PP-Test-8039	Cadmium-Reduktion
N-Gesamt	Küvettest-LCK-138 Laton	Aufschluss mit Peroxodisulfat
BSB5	Küvettest-LCK-554/555	Sauerstoffverbrauch mit Allylthioharnstoff-Hemmung
CSB	Küvettest LCK-414	Schwefelsaure Kaliumdichromat-Färbung
PO ₄ -P	PP-Test-8048	Phosphormolybdatkomplex reagiert mit Ascorbinsäure
P-Gesamt	PP-Test-8190	Saurer Persulfat Aufschluss
TC, TIC, TOC	Küvettest LCK-380	C-Oxidation

2.3.4 Durchflussanalytik

Um weitere Vergleichswerte und eine allgemeine Messsicherheit zu erlangen, wurden Messungen zur Überprüfung der Stickstoff- und Phosphatgehalte parallel mit einem automatischen Durchflussanalyser unternommen.

2.3.5 C/N-Verhältnisse

Zur Untersuchung des Systemdesigns und Outputs wurden POC- und PON-Messungen vorgenommen. Dabei wurden entweder durch Druckfiltration erzeugte Filtratproben auf GFK-Filtern mit Sauerstoffspülung verbrannt oder die im Alpha-1-4-System gefriergetrockneten und anschließend homogenisierten Sedimente fein gewogen und in Zinnhülsen bei 1029°C unter Heliumschutz verglüht. Zuvor wurden die Carbonate mit 0,1N HCl eliminiert, um Fehlmessungen zu vermeiden. Zum Vergleich wurden auch carbonat-haltige Proben untersucht.

2.3.6 Chlorophyllanalysen

Ebenfalls als Bewertungskriterien wurden die Gewässerproben aus der Mützig und der Jade einer Chlorophyllanalyse unterzogen. Hierzu mussten erst Wasserproben mit GFK-Filtern filtriert werden. Dann wurden die Pigmente durch das unpolare Lösungsmittel Aceton extrahiert und anschließend nach dem Ultraschallbad, der Inkubation und der Zentrifuge die Konzentrationen der Chlorophylle und Carotinoide bestimmt. Gemessen wurde im Photometer bei 663nm, 647nm, 630nm, 510nm, 480nm und 750 nm.

2.3.7 Planktonmessungen

Während der Feldversuche an der Jade waren Planktonuntersuchungen hinsichtlich der Larvenpopulationen von Miesmuscheln und Seepocken notwendig, um ein Befallsbild der Probenplatten und deren Coatings bewerten zu können. Dazu wurden jeweils 50 l Jadewasser zwei Stunden vor Stauwasser entnommen und über eine Sieb-Maschenweite von 60µm filtriert und zusammen mit 50 ml Formol 4% gepuffert abgefüllt. Im Labor wurden die Proben vom Formol befreit und unter dem Binokular die gesuchten Larven und einige stellvertretenden Algenzellen ausgezählt (Abb.: 2.8, a, b).

2.3.8 Bewuchsbestimmungen

Die auf den Biofoulingproben angesiedelten Organismen wurden nach Arten getrennt bestimmt, ausgemessen, gewogen und ausgezählt, um einen möglichst vollständigen Überblick der Foulinggefährdung zu erhalten. Die 10 häufigsten Arten wurden ausgewertet und die Ergebnisse diskutiert. Von besonderem Interesse waren dabei Spezies mit Schalen und Panzerung, da diese das Anlagen-gewicht und den Auftrieb verändern können.

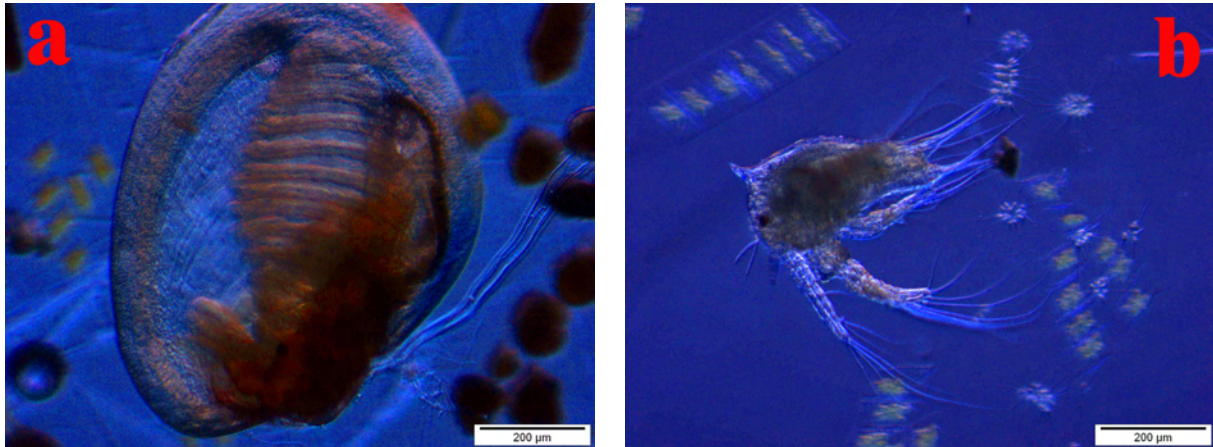


Abbildung 2.8: Über einer gerasterten Petrischale wurden die Larven der Miesmuscheln (a) und die Larven der Seepocken (b) ausgezählt.

2.3.9 Bildanalyse

Eine weitere Bewertung des Bewuchses erfolgte durch die Bildauswertung der verschiedenen Proben-träger. Die Methode wurde vor allem bei den Netzproben genutzt, um möglichst einfach und digitalisierbar die reale Durchflussfläche nach der Besiedlung zu ermitteln.

2.3.10 Sonstige Verfahren

Während des Projektes wurden verschiedene Fisch-, Haushalts- und Feinwaagen benutzt. Auch wurden stichprobenhaft Lichtmikroskope, Binokulare und das Rasterelektronenmikroskop genutzt.

2.4 Auswertung und Software

Zur Erstellung von Zeichnungen und Bildbearbeitung wurden verschiedene Programme wie *AutoCAD*, *Adobe CS2* und *Alibre Design* genutzt. Neben *MS-Office* als Textverarbeitungsprogramm wurde *Statistica* für die statische Auswertung genutzt. Die im Projekt notwendige Literaturrecherche wurde mittels *Endnote* verwaltet.

3.0 Ergebnisse

3.1 Anlagen und Standorte

3.1.1 AWI

Die vorliegenden Ergebnisse am AWI haben ihre Schwerpunkte in den Bereichen der Wasserparameter, die stellvertretend sind für die Betrachtung unterschiedlicher Phänomene. Verschiedene Aussagen in den Laboren lassen sich über den Input durch die erfassten Wasserwerte treffen.

AWI-Hauptkreislauf

Alle am AWI durchgeführten Versuche wurden mit der Unterstützung des Basiskreislaufes durchgeführt. Das vom Basiskreislauf gespeiste 2000L Referenzvolumen mit den in Tab.: 2.2 aufgeführten Parametern zeigte aufgrund der mit 5kg/m^3 niedrig angesetzten Belastung kaum Werteveränderungen. Es ergaben sich weder Krankheits- noch Todesfälle. Damit war eine Beeinflussung der Ergebnisse durch die Beschaffungsquellen des Besatzes auszuschließen. Das Wachstum der Tiere war bis zu einer Größenordnung von 200g/Stück nahezu identisch dem Wachstum (0,23) in den vereinfachten Modellversuchen.

SD-Kreisläufe

Die Startreihen mit vereinfachten Modellen fanden im Hauptkreislauf Kaltraum 1 bei einem Temperaturbereich von $15\text{--}19^\circ\text{C}$ unter den o. g. Versuchsaufbauten „Vereinfachte Modelle in den SD-Kreisläufen“ statt. Die gewählte Durchflussrate war 3-fach (6-fach), was eine Hydraulische Oberflächenlast der Sedimentationsstufe von $8,73\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ ($17,46\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$) und des Bioreaktors von $0,73\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ ($1,46\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$) bedeutete. Damit war eine fast 100%ige Sedimentation der Partikel über $60\text{ }\mu\text{m}$ ($100\text{ }\mu\text{m}$) zu erwarten. Als Austauschraten zwischen „Gewässer“ und „Pond-In-Pond-Kreislauf“ wurden in der Startphase 50% Raten pro Durchfluss ausgeführt und eine Fütterung der Bakterien mit Ammoniumchlorid sichergestellt. Nach 4 Monaten Einlaufphase wurden 89 Wolfsbarsche nach Gewicht auf sechs Kultureinheiten verteilt. Das durchschnittliche Startgewicht betrug $101,46\text{g}$ bei einer Körperlänge von $20,65\text{cm}$. Die Futterrationen wurden im Laufe verschiedene Versuchsfolgen auf 5, 10, 15, 30 und 45g/d festgelegt, was bei dem durch das Wachstum steigenden Besatzgewicht einer Rate von 3-1% entsprach. Gefüttert wurde mit den o. g. Dana Feed Tauchpellets. Der Probenahme erfolgte im 1- und 3-Tagerythmus und war identisch mit dem Intervall des Wasserwechsel. Jede Sedimentprobe bedeutete einen Wasserwechsel von 10 L je System. Die Partikel wurden mit einem Sieb der Porenweite $63\text{ }\mu\text{m}$ getrennt und es wurden Filterproben entnommen. Die täglich gemessene Salinität schwankte zwischen 31 und 36ppm. In der Startphase wurde mit, später ohne Eiweißabschäumung untersucht.

Parameter der Funktionsversuche im vereinfachten Modell: Es wurden zwei Typen von Grundparametern dokumentiert. Es handelte sich dabei um die abiotischen Parameter mit den umfassenden chemischen sowie physikalischen Faktoren und um die biotischen Parameter in denen die Spezies und spezifischen Futterraten beschrieben werden. Vor allem die abiotischen Parameter haben in der Einlaufphase der Systeme starke Schwankungen erfahren und sich dann auf bestimmte Niveaus eingependelt. Biotische Faktoren waren in den Laborversuchen zumeist vorgegeben.

Abiotische Ergebnisse:

a) Physikalisch-chemische Werte (Sauerstoff, pH, Temperatur und Salinität)

Als wichtigster abiotischer Parameter stellte sich der Sauerstoffgehalt bei $15\text{--}20^\circ\text{C}$ bereits in der Startphase bei nahezu 100% ein und schwankte nur bei außerordentlichen Umständen wie z.B. einem Stromausfall und einem Handlingfehler im Bereich der Wasserzufuhr. Er blieb auch während der Besatzzeit und den Folgeversuchen bis zum Umbau des Gesamtsystems stabil. Der pH-

Wert dagegen fiel in den ersten 4 Wochen kontinuierlich von 8,02 bis auf 6,52, pendelte sich jedoch im Laufe der Variationsversuche mit regelmäßiger Entnahme von Wasser (5 Wochentage mit jeweils 7,5% Wasservolumen des Modellsystems) aus dem Sedimentsumpf um 7,5 ein. Durch Verdunstung stieg die Salinität teilweise auf 36 ppm an, wurde im Versuchsverlauf jedoch durch Zugabe von Süßwasser ausgeglichen.

b) Gelöste Nährstoffe (NH₄, NO₂ und NO₃)

In der Einlaufphase erreichten bei einer Fütterung von 5 g/d die Ammoniumkonzentrationen Maxima bis zu 10 mg/L, die Nitritkonzentrationen bis zu 1 mg/L. Nach ca. 6 Monaten und einer Steigerung der Futterlast auf 30 g/d, waren die Parameter nur noch 3 Stunden nach Fütterung mit der benutzten Methode nachweisbar. Die Konzentration der gelösten Nährstoffe deutete langfristig auf die Auslastung des Biofilters bei einer Futterlast von 45 g/d hin.

c) Substrate (H2-BC-19 und Picobells)

In Abhängigkeit von Futter, Besatz, Kreislaufführung und Systemdesign ergaben sich zwischen den untersuchten Substraten in Relativierung ihrer Oberfläche keine signifikanten Unterschiede. Die H2 wie die Klaevertec Biofiltersubstrate waren gleichermaßen geeignet, letztere neigten geringer zur Konglomeratbildung und benötigten damit geringere Bewegungsenergien im Fließbett bzw. reduzierte Pressluftleistung der Pumpen.

d) Ergebnisse der C-N-Analysen

Zuerst wurde das Futter auf seinen C-N-Gehalt untersucht. Es ergab ein C-N-Verhältnis von $5,37 \pm 0,3$ mit einem N-Gehalt von $8,4 \pm 0,3\%$ und einem C-Gehalt von $45,1 \pm 1,8\%$. Ähnliche C-N-Verhältnisse wurden in den sedimentierten Faeces in den ersten 24 Stunden nach der Ausscheidung festgestellt.

e) Ergebnisse der C und N Analysen (Abb.: 3.1 bis 3.4)

Sie stehen stellvertretend für die Partikellast der Systeme und somit für die Effizienz der Partikel-separation. In den vereinfachten Modellsystemen wurden bei 3-facher Durchflussrate (AR 3-fach) im 50% Kreislaufbetrieb (RAS 50%, Abb.: 3.1.a-c) zum simulierten „Gewässer“ bei einer Futterrate von 1% (FQ1) eine stabile Partikellast der Tagesabläufe festgestellt. Kurz vor der Fütterung (vF) ergaben sich C-Werte im „Gewässer“ um $900 \mu\text{g/L}$, welche nach der Fütterung bis auf $1000 \mu\text{g/L}$ anstiegen, jedoch innerhalb 24h (19h_{nF}, 24h_{nF}) wieder auf oder unter die Eingangswerte abfielen. In den Kulturkammern der schwimmenden vereinfachten Kreislaufanlagen wurden im Vergleichszeitraum Werte von $900 \mu\text{g/L}$ steigend über $1600 \mu\text{g/L}$ gemessen, ebenfalls mit einer Reduktion zum Eingangswert oder darunter. Die Werte nach den Sedimentation unterliefen in allen Messungen die „Gewässerwerte“. In den zu 100% geschlossenen Kreisläufen (RAS 100%, Abb.:3.1.d-e) ergaben sich stärkere Differenzen zwischen den Einzelbereichen, vor allem zwischen „Gewässer“ und Fischbecken. Die Partikellast nach Sedimentation lag nach 24h auf „Gewässer“-Niveau. Insgesamt jedoch pendelten sich die Werte bei 1% Futterquotient in den abgeschlossenen Systemen höher ein als in den austauschenden Reihen, welche zudem geringer Schwankungen aufwiesen und damit auf einen Puffereffekt zwischen „Gewässer“ und „Anlagensystem“ hindeuten. Die Partikelmengen bei 2% Futterquotient (FQ2) waren bis auf Ausnahmen in den „Gewässern“ am geringsten. Im Ablauf der Fischbecken waren dort wie auch bei 1% Futterquote allgemein die höchsten Werte zu finden und nach den Sedimentationsbecken ergaben sich auch hier Verringerungen von 10 bis 30%, in Ausnahmefällen auch unterhalb den „Gewässerwerten“. Die Unterschiede zwischen 50% und 100% Kreislaufführung verhielten sich bei 1-2% Futterquotient nahezu identisch. Die gemessenen N-Werte verliefen im Faktor 0,2 parallel.

f) Optimierungsmaßnahmen und Parameteränderungen

Durch Einbau eines Prallblechs im Bioreaktor und Mischung der Substrate H2/Klaevertec 1:1 reduzierte sich die Konglomeratbildung der Reaktorsubstrate und es stabilisierten sich die gemessenen Nährstoffkonzentrationen.

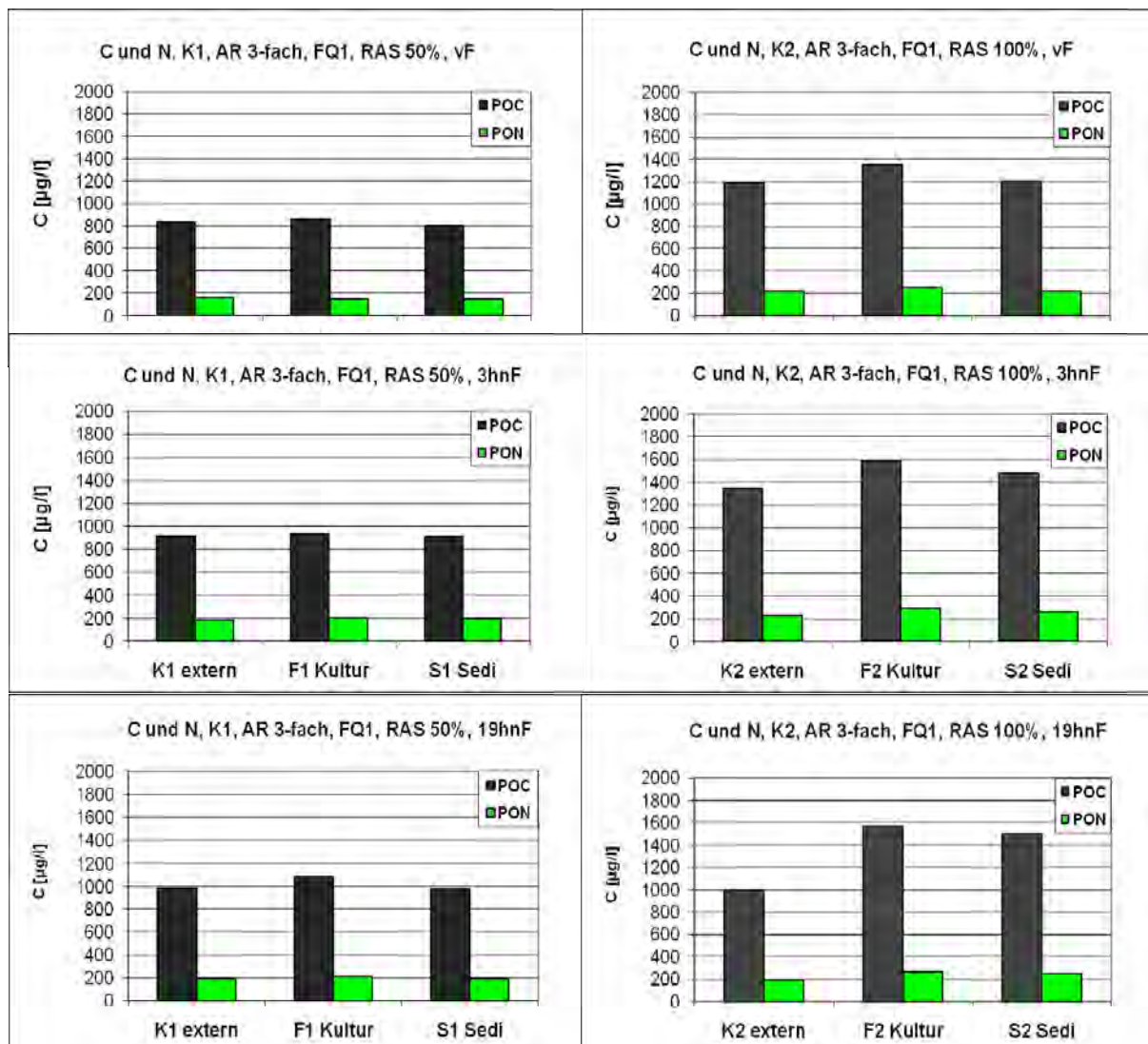


Abbildung 3.1: K1 (a, b, c links) stellt ein halbgeschlossenes System, K2 (d, e, f rechts) ein völlig abgeschlossenes System dar. In einer standardisierten Messreihe mit 3-fachem Durchfluss- und einfacher Futterrate über 24h zeigte sich 3h nach Fütterung ein typisches Belastungsbild der C- und N- Gehalte, welches sich im 100% Kreislauf eindeutiger darstellt als im 50% System. Die „Gewässerbelastungswerte“ waren bei 1% (und bei hier nicht abgebildeten 2%) Futterquotient gleich. Im 50% geöffneten Modus wirkte das Gewässer in Kombination mit dem Filter als Puffer. Belastungsspitzen wurden schnell eliminiert, die Gesamtbelastung über die Zeit reduziert, teilweise unter „Gewässer“-Niveau.

Bei Vergleichen mit Futterraten von 3% wurden die Ergebnisse differenzierter. Bei geschlossenem Kreislauf zeigten sich eindeutige Differenzen zwischen Innen- und Außenbereich, die bei einem Betrieb im 50% RAS-Modus durch die Verdünnungseffekte beider Wassersäulen ausgeglichen wurden (Abb.: 3.2) und eine „Gewässer“-Belastung darstellten. Auch bei 100% Kreislaufführung ergab sich eine erhöhte Totallast im „Gewässerbereich“, meist durch nicht gefressenes Futter, welches durch die Bewegung der Tiere nach „außen“ gelangte. In beiden Reihen reduzierten sich die Lasten nach 24 Stunden durch Sedimentation.

Einfluss auf die C- und N-Werte zeigte die Häufigkeit der Sedimentbeckenentleerung (Abb.: 3.3). Die Partikellast stieg im Totalwert, wenn die Fütterungs- und Reinigungsintervalle nicht in Relation standen. Die Funktion des Moduls Sedimentationsfilter wurde durch fehlende Reinigung nachhaltig gestört. Andererseits waren die Partikellastwerte direkt nach der Reinigung höher als vor her. Negativ

auf die Partikelseparation wirkte sich auch Erhöhung der Durchflussgeschwindigkeit von 3 auf 6-fach aus.

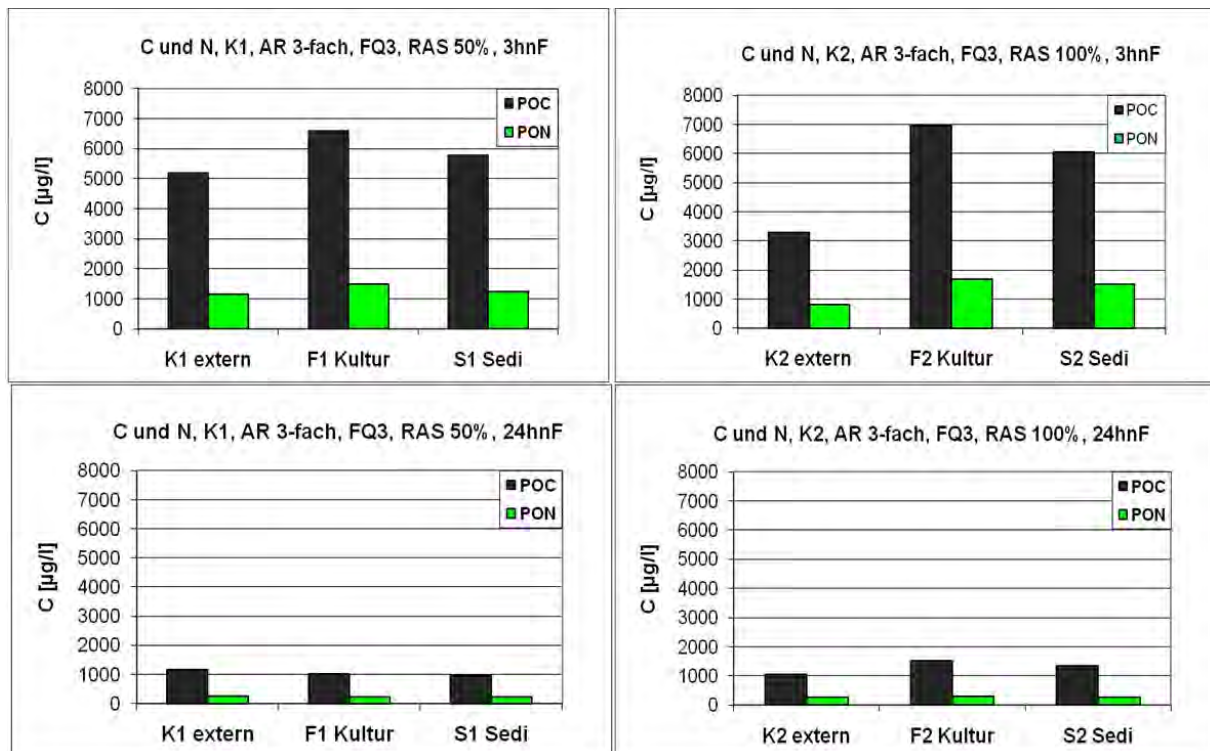


Abbildung 3.2: Bei Futterquotienten von 3% und mehr ergaben sich erstmals reale Belastungswerte aller Bereiche und Systeme vor allem durch nicht verwertetes Futter. Die Partikelmengen wurden im offenen System (links, a, b) und geschlossenen System (rechts, c, d) nach 24 h in allen Bereichen reduziert. In Verbindung von Anlage und „Gewässer“ ergab sich der Maximalwert im Außenbereich, bei Abschluss im Kulturbereich.

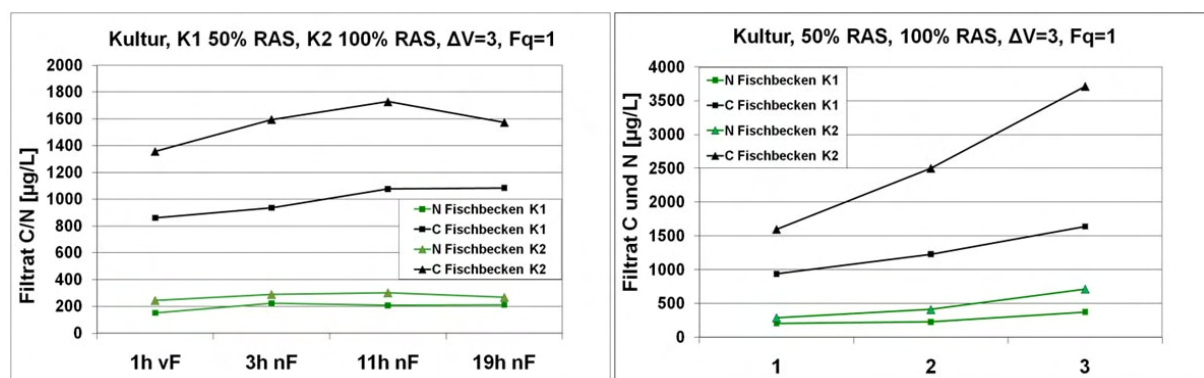


Abbildung 3.3: Sowohl mit 100% als auch 50% Kreislaufführung zeigt sich (links, a) eine eindeutige Entlastung der inneren Wassersäule in Abhängigkeit vom Abstand zur letzten Fütterung. Bei einem 24h Entleerungsrhythmus der Sedimentfallen bleiben die C- und N- Belastungen bei 1% Futterquotient über die Zeit stabil. Im Gegensatz dazu ergibt sich bei fehlender Entleerung (rechts, b) bereits nach einem Tag eine Steigerung der Belastung. Im abgeschlossenen System steigt die C- und N-Partikellast proportional zur Dauer der letzten Sediment-Entleerung kontinuierlich an, im halb geöffneten erfolgt dagegen eine Pufferung durch das umgebende „Gewässer“. Bei täglicher Leerung kann damit bei 15-20°C das Gesamtniveau erhalten werden.

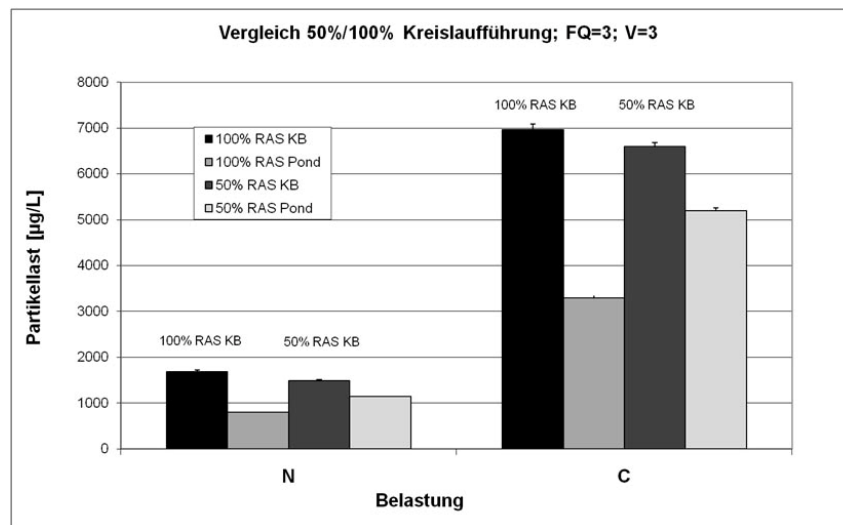


Abbildung 3.4: Dargestellt sind im Vergleich die 100% zu 50% RAS-Modi und ihre Auswirkung auf den inneren Bereich, hier das Kulturbecken (KB) und den äußeren Bereich bzw. die „Gewässersimulation“ (Pond) bei einem Futterquotient (FQ) von 3%.

Wachstumsergebnisse: In der Einlaufphase von 4 Wochen stieg das Gewicht der Tiere auf 108,07g mit 21,28 cm an. Damit ergab sich eine spezifische Wachstumsrate von 0,23. Diese blieb bis zum Start der Versuchsreihen mit den Bewuchsminderern bestehen.

Parameter der Funktionsversuche mit Bewuchsschutzmitteln: Die Versuchsreihen fanden in den gleichen Aufbauten wie die Startmessungen, die Stabilisierungsphase und die o. g. C-N-Analysen statt, jedoch nach Isolation und Umbaumaßnahmen im Gesamtsystem, nun bei einem Temperaturbereich von 13-16°C. Die Durchflussrate wurde auf 3-fach festgelegt. Als Kreislauftrate wurde eine 50% Rate pro Durchfluss eingestellt, was eine genügende Kontamination der Bioreaktoren durch die im „Gewässerbereich“ angebrachten Beschichtungen darstellte. Die Futterrationen wurden bis auf wenige Ausnahmen auf 20g/d festgelegt, was bei dem durch das Wachstum steigenden Besatzgewicht einer Rate von 2-1% entspricht. Die Besatzdichte stieg trotz Entnahme von vor wachsenden Einzeltieren im gesamten Versuchszeitraum im Mittel von 18,7 bis 23,7 kg/m³. Gefüttert wurde mit den o. g. ALCO Schwimmpellets ca. 3, 24 oder 48 Stunden vor der Probenahme. Aufgrund des Alters des Besatzes von ca. 3 Jahren und der relativen Größe der Tiere (100g+) zum Beckenvolumen (65L) war ein gemäßigtes Wachstum zu erwarten. Die Salinität schwankte zwischen 30 und 35ppm. Es wurde mit und ohne Eiweißabschäumung untersucht.

Abiotische Ergebnisse:

a) Physikalisch-chemische Werte (Sauerstoff, pH, Temperatur, Salinität und Trübung)

Es konnten in diesen Versuchen keine signifikanten Unterschiede der Sauerstoffgehalte (Tab.: 3.1; 3.2) zwischen den in Tabelle 2.10 genannten Versuchsreihen mit allen Beschichtungssystemen festgestellt werden. Lediglich bei Außerbetriebnahme der Abschäumer kam es in den entsprechenden Gesamtsystemen zu einer im Fehlerbereich der Messtechnik liegenden Abnahme der Sauerstoffkonzentrationen. Die pH-Werte stellten sich stabil zwischen 7 und 8 ein mit Tendenz abfallend wenn auf Sedimententnahme und somit kleine Wasserwechsel verzichtet wurde. Kurzfristige Schwankungen des Redoxpotential konnten nicht signifikant bestätigt werden. Eine Ausnahme bildeten dagegen die Trübungswerte (Abb.: 3.5) und C und N-Analysen (Abb.: 3.6) bei einer Formulierung welche Kupfer beinhaltete (ST AFT+Cu). Nach Abschalten der Abschäumer stieg die Trübung des kupferhaltigen Systems etwa um das 10-fache höher als die der kupferfreien Versuchsreihen. Die Trübung erfolgte über mehrere Wochen. Stichproben der

C-N-Partikellast ergaben einen Anstieg der Vergleichswerte um etwas das Doppelte. Um keine Trübung durch Verwirbelung zu provozieren wurden bei diesen Messreihen Mindestwartezeiten zur letzten Sedimentleerung von 4, 24, 25 oder 48 Stunden eingehalten.

Tabelle 3.1: Die Verhältnisse der Sauerstoffgehalte drei Stunden nach der Fütterung in den einzelnen Modulen zueinander betrug bei allen ausgeführten Messreihen etwa 1. Damit konnten alle Bereiche einen Sauerstoffgehalt von 90-100% aufweisen, was bei den gemessenen Temperaturen (13-16°C) 9-11 mg/L bedeutete. Somit lagen keinerlei den Sauerstoff bedingte Beschränkungen in der Fischatmung (min. 5,5mg/L) oder des NH₄-Abbau (min. 7 mg/L) vor.

Verhältnisse der O ₂ -Konzentrationen in den Messbereichen mit und ohne Abschäumerbetrieb					
Probe	Abschäumer	Messbereich			Sauerstoffgehalt 90-100%
		Extern	Fischbecken	Bioreaktor	
PE-HDTP	on & off	1,0	1,0	1,0	ja
ST AFT+Cu	on & off	1,0	1,0	1,0	ja
HW 732	on & off	1,0	1,0	1,0	ja
M 746	on & off	1,0	1,0	1,0	ja
ST 15578	on & off	1,0	1,0	1,0	ja

Tabelle 3.2: Im Verlauf des Abschäumer freien Betriebes stellten sich bei einer Versuchsreihe mit kupfer-haltigen Bioziden besondere Trübungsverhältnisse ein. Die Trübung gemessen im Ablauf des Partikelfilters war bei voller Funktion der Sedimentationseinheit niedriger zu erwarten als im Kultur- oder Außenbereich. Systeme mit Biozid freien Wachsbeschichtungen wie HW 732 wiesen wie beschichtungsfreie Versuchsreihen eine eindeutige Reduktion der Trübung auf. Die Systeme mit Kupferkontamination zeigen dagegen ein gestörtes Verhältnis der Trübungswerte.

Verhältnisse der FTW-Konzentrationen in den einzelnen Messbereichen ohne Abschäumerbetrieb					
Probe	Abschäumer	Messbereich			Sedimentation arbeitet
		Extern	Fischbecken	Partikelfilter	
ST AFT+Cu	off	1,0	1,0	0,9	gestört
HW 732	off	1,0	1,0	0,6	ja

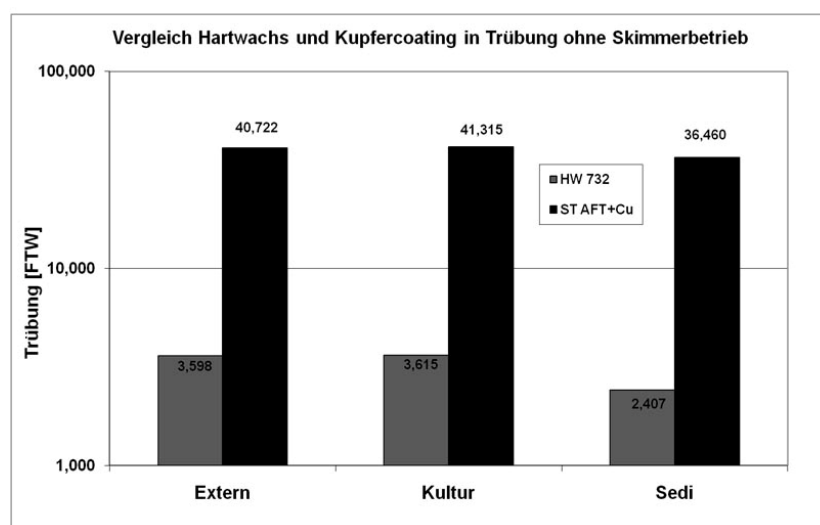


Abbildung 3.5: Nach Abschalten des Abschäumers entwickelte sich im System mit kupferhaltigen Coatings eine milchige, gelbliche Trübung, ohne dass sich die Sauerstoffwerte signifikant veränderten.

Tabelle 3.3: Bei Messereihen mit zeitabhängiger C und N-Analyse des Kulturwassers nach der Fütterung sind über 3, 24 und 48 Stunden Verringerungen der Belastungen zu erwarten. In den Referenzbecken (PE-HDTP *) völlig ohne Zusatz wurde 3 bzw. 24 Stunden nach der Fütterung gemessen, die mit Coatings ausgerüsteten Systeme nach 3 bzw. 48 Stunden. Während in einem Biozid freiem System die Totalwerte 3 Stunden nach der Fütterung, bei Bereinigung der Futterverhältnisse, nahezu identisch zur Referenz waren, stieg die Partikellast im Kupfer enthaltenen System auf mehr als das 10-fache an. Aufgrund des reinen Stichprobencharakters waren diese Messreihen nur als Bestätigung für die vorgenannten Trübungswerte notwendig.

Verhältnisse N und C-Partikellast ohne Abschäumerbetrieb im Gesamtsystem						
Probe	Abschäumer	Messabstand Fütterung				Sedimentation arbeitet
		N 3h nF	N 48h nF	C 3h nF	C 48h nF	
PE-HDTP *	off	1,0	0,9 *	1,0	0,9 *	ja (Referenz)
ST AFT+Cu	off	13,5	6,9	11,6	6,3	gestört
HW 732	off	1,1	0,3	1,9	0,4	ja

b) Gelöste Nährstoffe (NH₄, NO₂ und NO₃)

Hier waren deutliche Änderungen festzustellen bei den NH₄-Werten (Tab.: 3.4; Abb.: 3.7, 9) welche die erste Stufe des Nährstoffabbau und damit der Bakterienaktivität zeigten. Während bei den Referenz-Reihen ohne Beschichtungen der NH₄ Wert in den Fischbecken am höchsten war und über den Bioreaktor zum „Gewässerbereich“ abfiel ergaben sich für die ST-Reihen (AFT+Cu, 15578) Störungen der Verhältnisse in der Bioreaktion. Die zu erwartenden Verläufe fanden dort nicht oder nur reduziert statt. Erst über den Verlauf von 24 Stunden gab es eine Annäherung zu den übrigen Werten.

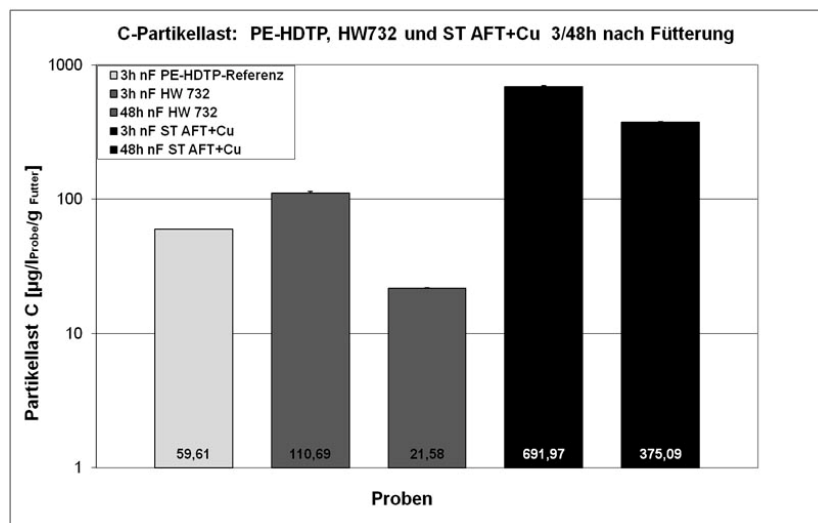


Abbildung 3.6: Die C-Analyse ergab in Beschichtungs- und Biozid freien Versuchen kaum Unterschiede in der Partikellast. Im System mit Kupfereinsatz ergaben die Stichproben dagegen starke Differenzen. Da die physikalische Sedimentation normalerweise nicht durch Coatings beeinflusst wird sind biologische Ursachen zu erwarten. Die N-Partikellast stellte sich in gleicher Weise dar, verringert um den Faktor 0,2.

Tabelle 3.4: Dargestellt sind die relativen Verläufe von Außenbereich (Referenzwert), Fischbecken und Bioreaktion bei ein- und ausgeschaltetem Abschäumer. Fällt der Wert vom Fischbecken zum Bioreaktor bedeutet dies eine Oxidation von NH_4 zu NO_2 und stellt damit eine biologische Reaktion dar. Je geringer die Differenz, desto geringer die Funktion. Ähnlich ist die Situation für die Funktion des Abschäumers (Skimmer). Je höher die Differenz zwischen Extern (Abschäumerintegration) und Fischbecken, desto besser arbeitet das Modul.

Verhältnisse der NH_4 -Konzentrationen in den Messbereichen (3h nF) mit und ohne Skimmer						
Probe	Skimmer	Messbereich			Skimmer arbeitet	Bioreaktor arbeitet
		Extern	Fischbecken	Bioreaktor		
PE-HDTP	on	1,0	1,4	1,2	ja	ja
PE-HDTP	off	1,0	1,1	0,8	nein	ja
ST AFT+Cu	on	1,0	1,6	1,5	ja	gehemmt
ST AFT+Cu	off	1,0	1,1	1,0	nein	gehemmt
HW 732	on	1,0	1,9	1,4	ja	ja
HW 732	off	1,0	1,0	0,8	nein	ja
M 746	on	1,0	1,0	0,8	gehemmt	ja
M 746	off	1,0	1,0	0,7	nein	ja
ST 15578	on	n. f.	n. f.	n. f.	n. f.	n. f.
ST 15578	off	1,0	1,1	1,0	nein	gehemmt

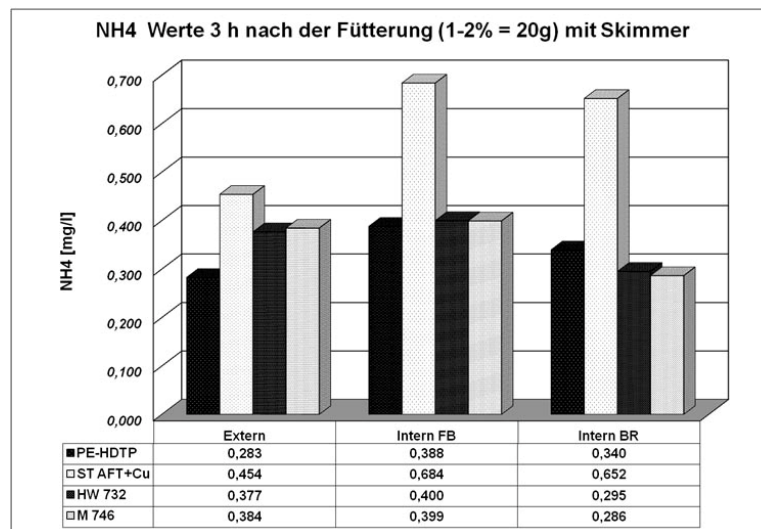


Abbildung 3.7: Die Ammoniumgehalte drei Stunden nach Fütterung zeigten eindeutig einen negativen Einfluss des kupferhaltigen Antifoulings trotz Skimmerbetrieb (Abschäumer). Es entsteht eine Differenz durch Störung der Bioreaktion welche durch biozide Zusätze verlangsamt wurde.

Die M 746-Reihe dagegen wies Störungen im Abschäumerbetrieb auf (hier als Skimmer bezeichnet). Während bei den Messungen 3 Stunden nach der Fütterung die NH_4 -Werte wesentlich geringer als bei den Kupfermitteln, jedoch höher als bei den an Biozid freien Vergleichsreihen lagen, stellte sich nach 24 Stunden die Situation in der Form dar, dass die Vaseline den höchsten Belastungsgrad aufwies (Abb.: 3.7-9). Bei einem Vergleich der Totalwerte mit und ohne Abschäumerbetrieb zeigten die Vaseline-Reihen keinen signifikanten Unterschied. Somit hat der Abschäumer in Kombination mit M746 seine Wirkung zumindest reduziert. Die Versuchsreihen ohne Eiweißabschäumung zeigten ohnehin deutlichere Differenzen zwischen den einzelnen Beschichtungsversuchen als Reihen mit

dieser Unterstützung. Ein weiteres Antifouling ohne Kupfer aber mit hemmenden Zusätzen (ST 15578 = ST BT-Cu) führte ebenfalls zu Störungen des Ammoniumabbaus (Abb.: 3.9).

Die Messwerte der Nitritmessung zeigten bei allen Reihen einen langfristigen Abfall von ca. 0,3 mg/L bis zur Messgrenze der gewählten Methode von 0,003 mg/L, gleich ob mit oder ohne Skimmereinsatz. Die Kupfer-Reihe zeigten dabei im Startbereich der Versuche die niedrigsten Anfangswerte.

Die Nitratgehalte stiegen bei allen Reihen mehr oder weniger kontinuierlich von ca. 10 bis auf 300 mg an und wiesen ihre Höchstwerte mit Skimmereinsatz bei der Vaseline auf.

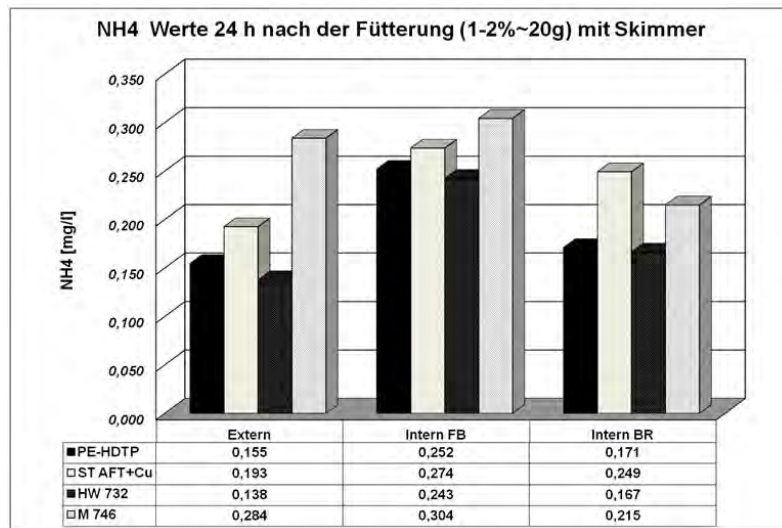


Abbildung 3.8: Nach 24 Stunden wurde das Ammonium über die Bioreaktionen und oder die Abschäumerfunktion abgebaut mit Anomalien bei der auf Vaseline basierenden Beschichtung und Reduktion der NH₄-Werte im Kupfer enthaltenden System.

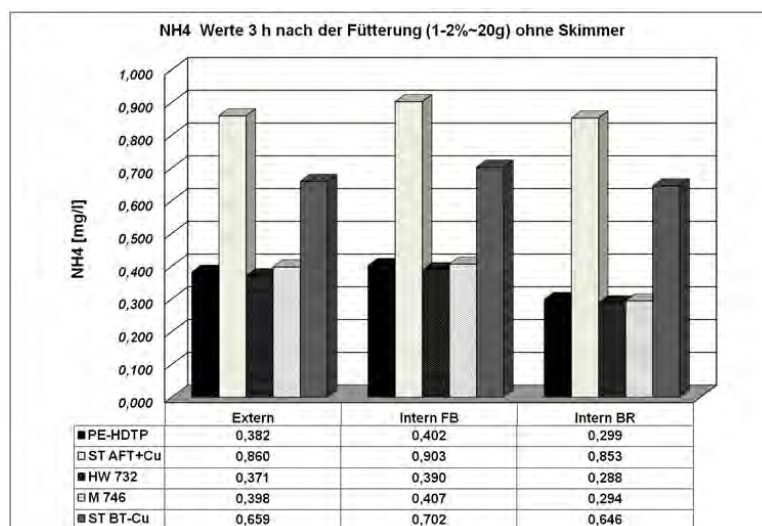


Abbildung 3.9: Dargestellt sind die Differenzen bei allen Versuchsläufen ohne Abschäumerunterstützung drei Stunden nach der Fütterung.

Weitere Wachstumsergebnisse (Tab.: 3.5; Abb.: 3.10.-11.a, b): Es wurden verschiedene Wachstumsraten ermittelt, die jedoch aufgrund des Alters der Tiere immer nur in parallelen Reihen volle Aussagekraft besitzen. Gleiches Wachstum, teils identisch mit den Werten aus den Vorversuchen, zeigten die Reihen PE-HDTP, M 746 und HW 732. Sie waren somit ungestört, jedoch dem Alter und den Größenverhältnissen angepasst. Die ST AFT+Cu Reihe dagegen wies vor allem im Skimmer freien Betrieb Störungen auf, welche sich im Verlauf der Versuche weiter ausprägten und einen Abfall von 0,23 auf 0,03 aufwiesen. Ursachen und Begründungen sind zu diskutieren. Möglicherweise verstärkten steigende Trübungswerte die Wachstumsdepression.

Tabelle 3.5: Da ein Teil der Versuche parallel und andere Versuche Zeit versetzt erfolgten, mussten die Wachstumsraten zueinander ins Verhältnis gesetzt werden. Als Referenz wurden dazu die Vorversuche und PE-HDTP Reihen gesetzt. Beide Reihen wiesen zueinander identische Raten auf.

Verhältnisse der spezifischen Wachstumsraten								
	+SK		+SK		+SK		+SK	
Material	PE-HDTP	PE-HDTP	ST AFT+Cu	ST AFT+Cu	HW 732	HW 732	M 746	M 746
PE-HDTP SK	1 : 1		3 : 1				1 : 1	
PE-HDTP		1 : 1						1 : 1
ST AFT+Cu SK	1 : 3							
ST AFT+Cu AF					1 : 3	1* : 5		
HW 732 SK				3 : 1				
HW 732				5 : 1*				
M 746 SK	1 : 1							
M 746		1 : 1						

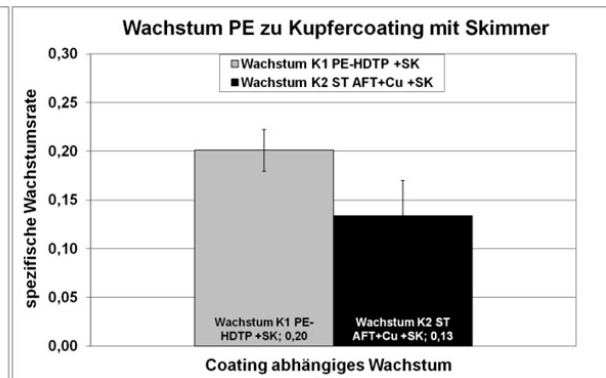
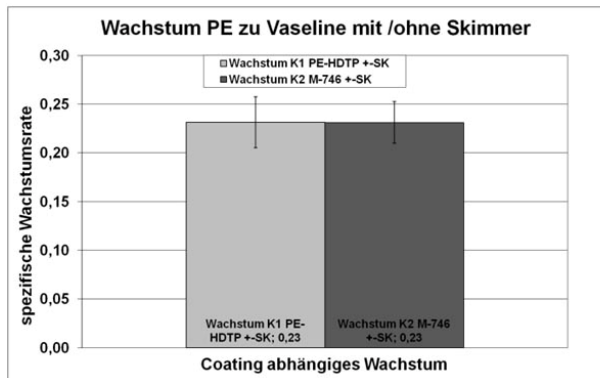


Abbildung 3.10: Das spezifische Wachstum von 0,23 (a, links) stellte wie bereits in den Einlaufversuchen und den darauf folgenden Versuchsreihen bei unbeschichteten Systemen und Vaseline mit und ohne Abschäumerbetrieb ein. Das Wachstum im Kupfer enthaltenden System dagegen (b, rechts) fiel mit Skimmerunterstützung um ca. ein Drittel geringer aus als das der unbeschichteten Referenzversuche. Ähnlich der Bioreaktion erfolgte eine Verringerung der Geschwindigkeit der biologischen Vorgänge.

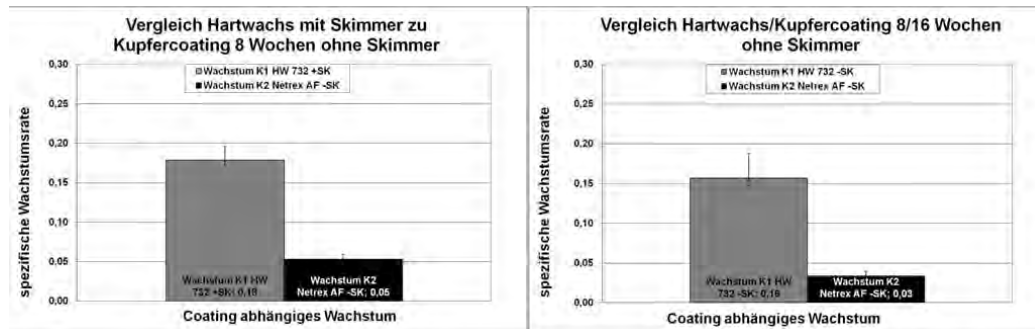


Abbildung 3.11: Nach längerem Versuchslauf reduzierte sich das Wachstum im Kupfer enthaltenden System noch weiter, sodass selbst nach Abschalten der Abschäumung im Hartwachsversuch die Differenzen weiter stiegen.

SP-Kreisläufe

Parameter in den skalierten Labormodellen: Die Modellbecken besetzt mit je 5 Garnelen mit einem durchschnittlichen Gewicht von 29,85g und eine Länge von 164 mm wurden mit 5-facher Durchflussgeschwindigkeit betrieben. Über einen Zeitraum von 20 Tagen wurden die Garnelen mit unterschiedlichen Futtermitteln gefüttert, dem o. g. Crevetec Grow Up 2 und *Arinicola marina* ausgenüchert und bei -80°C gefrosten. Die Futterrate mit Trockenfutter betrug 5 % der Biomasse der Garnelen. Auf der Basis eines gleichen Energiegehaltes (verdaubare Energie) wurde die entsprechende Menge an Nassfutter berechnet mit dem Verhältnis TF/NF von 1,44. Das Futter wurde auf drei Gaben verteilt. Exuvien wurden entnommen und dokumentiert.

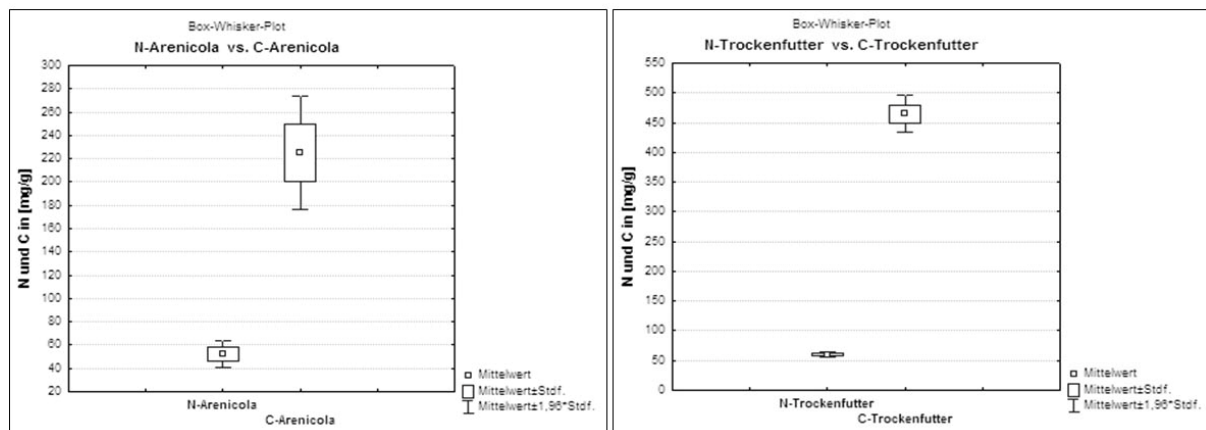


Abbildung 3.12: Die Futtertypen mussten zum besseren Verständnis der daraus resultierenden Nährstofffracht einer C-N-Analyse unterzogen werden. Pro Gramm Trockenfutter wurden 59,64 mg Stickstoff (N) und 464,23 mg Kohlenstoff (C) nachgewiesen. Das Verhältnis dieser Stoffe beträgt C/N = 7,79. Ein Gramm Nassfutter enthielt 52,43 mg N und 225,19 mg C. Das Verhältnis der Stoffe lag hier bei C/N = 4,31.

Abiotische Parameter der physikalisch-chemischen Ergebnisse der Einlaufphase (Abb.: 3.13a): In der Einlaufphase wurde das skalierte System über zwei Wochen in einen sich im Betrieb befindlichen SP-Kreislauf ein gekoppelt und mit Ammoniumchlorid gefüttert bis sich für die Tiere vertretbare digitale und chemische Parameter einstellten. Nach wenigen Tagen mit reduzierter Fütterung wurden die Versuchsgarnelen (*Litopenaeus vannamei*) eingesetzt und erst reduziert mit Trockenfutter ernährt bis die Belastungswerte weiter gefallen waren.

a) Grundparameter Sauerstoff, pH, Temperatur und Salinität (Tab.: 3.6; 3.7)

Die sich nach der Einlaufphase eingependelten Werte sind in den folgenden Tabellen enthalten. Es ergaben sich keine O₂-Beschränkungen. Kritische Schwankungen mit Mortalität ergaben sich vor allem während einiger Störungen im Elektrizitätssystem, welche starke Sauerstoff, Temperatur und Nährstoffschwankungen auslösten und zur Versuchswiederholung führten. Während der Versuche wurden die "Kunstteiche" vom SP-Kreislauf getrennt.

Tabelle 3.6: Dargestellt sind die Parameter des mit Trockenfutter belasteten Systems in der Dauerphase. Sauerstoff, pH, Temperatur und Salinität verhielten sich stabil bei der Versuchswiederholung.

Digitalwerte in dem mit Trockenfutter betriebenen System					
Parameter	O ₂ [mg/l]	O ₂ [%]	pH	T [°C]	Salinität
Kulturbereich	6,85	88,58	8,01	28,1	16,9
Partikelfilter	6,57	84,96	7,97	28,2	16,9
Mischkammer	7,26	93,86	8,06	28,2	16,9
Bioreaktor	7,13	92,07	8,05	28,2	16,9

Tabelle 3.7: Die Digitalwerte des mit Nassfutter belasteten Systems unterschieden sich nur im Bereich des pH-Wertes. Dieser Wert führte durch seine Erhöhung zu einer stärkeren Giftwirkung des Ammoniums durch die Dissoziation in Ammoniak. Trotzdem war die Sterblichkeitsraten im Trockenfuttersystem um ca. 15% höher.

Nassfuttersystem					
Parameter	O ₂ [mg/l]	O ₂ [%]	pH	T [°C]	Salinität
Hälterungsbecken	6,87	88,77	8,42	28,3	16,7
Sedimenter	5,77	74,57	8,32	28,2	16,7
Mischkammer	7,31	94,6	8,44	28,3	16,7
Bioreaktor	7,16	92,79	8,46	28,4	16,7

b) Gelöste Nährstoffe und Belastungsparameter

Wie bei den digitalen Werten kam es bei den gelösten Nährstoffen nach ca. 2 Wochen zu stabilen Verhältnissen (Abb.: 3.13; 3.14).

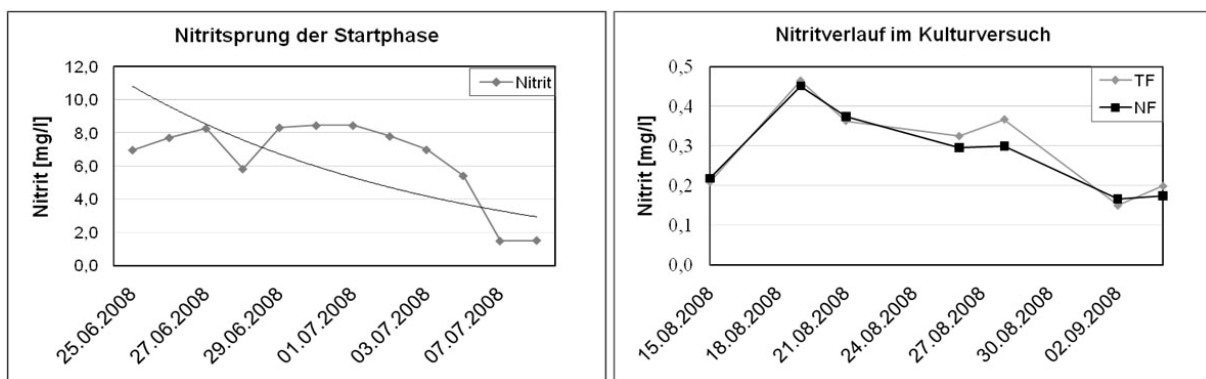


Abbildung 3.13: Nach zwei Wochen Einlaufphase hatte sich das Niveau des giftigen Nitrit von 10 auf 0,8mg/l eingependelt (links). In den darauf folgenden Versuchen wurden die Maximalwerte 3 Stunden nach der Fütterung dokumentiert (rechts).

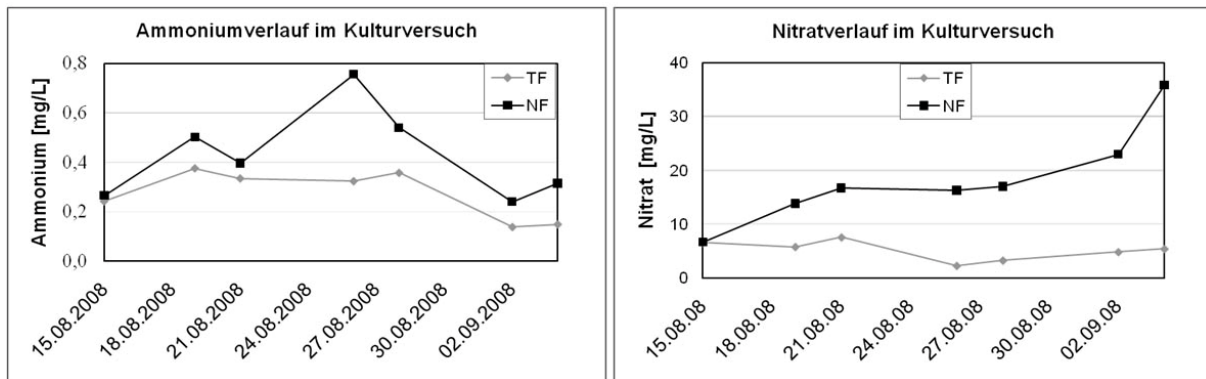


Abbildung 3.14: Das sich einstellende Ergebnis der Ammoniumwerte (links) lief in seinen Schwankungen parallel zu den Nitritwerten, jedoch waren die Ammoniumbelastungen der Nassfutterbereiche mit höheren Peaks versehen als die mit Trockenfutter beschickten Kreisläufe. In den Versuchen wurden die Maximalwerte 3 Stunden nach der Fütterung dokumentiert. Die Werte überschritten an einem Tag die kritische Marke von 0,6 mg/l NH_4 . Das anfallende Nitrat zeigte bei der Fütterung mit Nassfutter in etwa den vorher berechneten Verlauf, nicht jedoch in den Systemen mit Trockenfutterfütterung.

Bei den Messungen stellten sich zwischen Ammonium und CSB-Werten umgekehrte Verläufe dar (Abb.: 3.14 links; 3.15). Während der CSB-Wert bei Trockenfuttersystemen höher als im Vergleichssystem für Nassfutter lag, betrug das Ammonium Maximum bei 0,8 mg/L für Nassfutter und nur 0,5 mg/L bei Trockenfutter. Durch den parallel erhöhten pH-Wert erhöhte sich damit weiter die Gefährdung einer Ammoniakvergiftung, welche jedoch nicht eintrat. Alle Werte stiegen während des Verlaufs kontinuierlich bei täglichem Sedimentabzug, was eine zu geringe Auslegung des Bioreaktors oder ungenügende Partikelentfernung vermuten ließ.

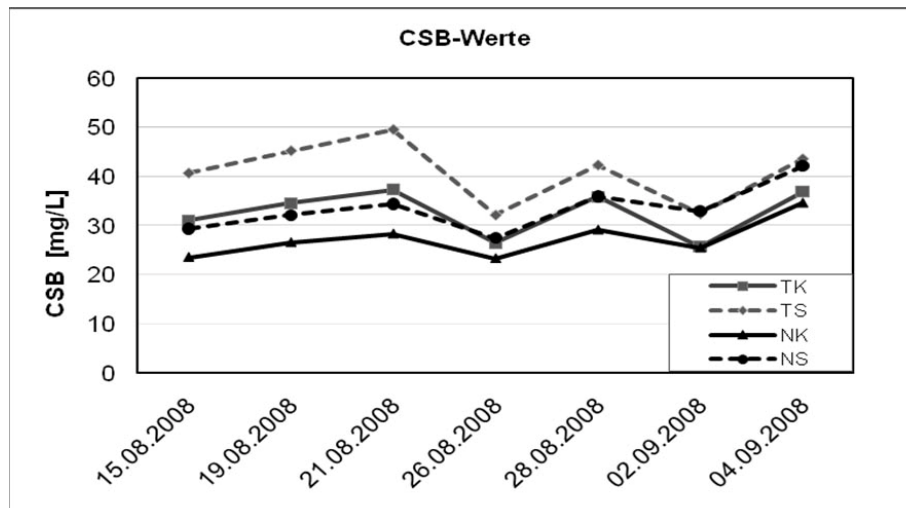


Abbildung 3.15: Abgebildet sind die CSB-Verläufe der zu vergleichenden Systeme mit ähnlichen Tendenzen wie die der Ammoniummessungen. Die dauerhaft leichte Steigung der Werte und ihre Reduktion nach zusätzlicher Reinigung der Partikelfilter deutet auf Designmängel in der technischen Ausführung hin. In den Sedimenten wurden viele Exuvientile festgestellt, die durch die Absaugvorrichtung ungenügend entfernt wurden. Dort fanden sich die Maximalwerte von CSB und BSB.

Jedoch bei zwei Vollreinigungen der Sedimenter ergaben sich starke Konzentrations-Rückgänge. Dabei wurde festgestellt, dass große Sedimentmengen vorher nicht erfasst wurden und in der Sedimentationskammer biochemisch umgesetzt wurden. Das entfernte Sediment entsprach den Partikelmengen mehrerer Tage. Es enthielt vielfach Bestandteile der Exuvien, welches sich verhakten und den Sedimentabzug behinderten. Im Gesamtverlauf kam es zu einer Angleichung der zu anfangs unterschiedlichen Belastungslevel. Die Kulturbereiche der Systeme wiesen die geringsten, die Sedimentationsbereiche die höchsten Belastungswerte auf.

c) Partikelfracht

In den Messreihen zur Partikelbelastung des Systems wurde die Effizienz der integrierten Sedimentationsstufe nachgewiesen. Die Partikelfracht zwischen Kulturbereich und Bioreaktion wurde dabei durch den FAP-19-Röhrensedimenter durchschnittlich um 30% im Trockenfuttersystem und 15 % im Nassfuttersystem reduziert, wobei letztere Fütterungsart grundsätzlich geringere Gesamtwerte aufwies wie das Vergleichssystem mit Trockenfüttergabe. Damit erhöht sich die Relevanz der Sedimentation für die mit Trockenfutter beschickten Systeme.

Tabelle 3.8: Die Partikelwerte des mit Nassfutter belasteten Systems unterschieden sich durch deutlich geringere Belastungen vom parallel geführten Trockenfuttersystem, im Gegensatz zu den gemessenen gelösten Nährstoffen, die tendenziell im Nassfuttersystem erhöht waren. Die Auslaufwerte des Nassfuttersedimenters hatten dabei nahezu identische Größenordnungen wie die Einlaufwerte des Gesamtsystems (in Phasen mit Systemkopplung an den SP-Kreislauf).

Bereich	Kultur	Kultur	Filter	Filter
System	N [$\mu\text{g/l}$]	C [$\mu\text{g/l}$]	N [$\mu\text{g/l}$]	C [$\mu\text{g/l}$]
Trockenfutter (Kunstfutter)	304,14	1548,77	193,92	1119,51
Nassfutter (Naturfutter)	74,41	388,44	65,67	343,93

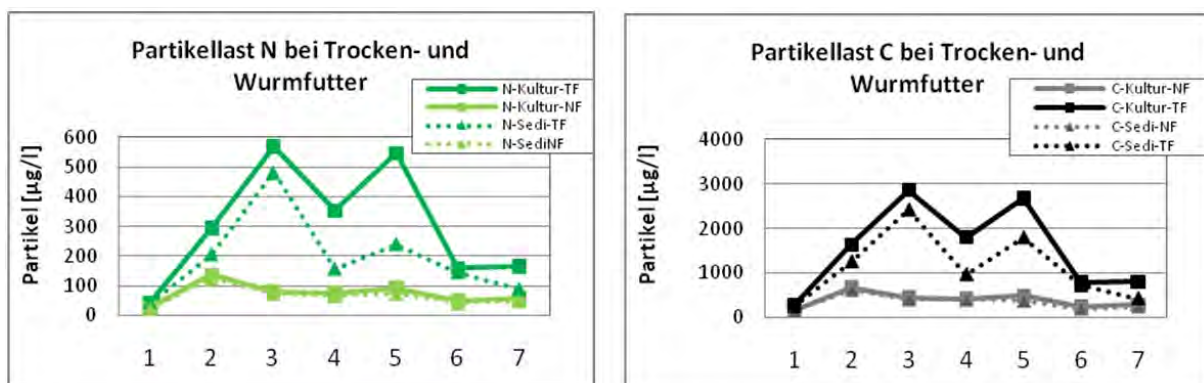


Abbildung 3.16: Abgebildet sind die N-Verläufe (links) und C-Verläufe (rechts) der zu vergleichenden Systeme 3 Stunden nach Fütterung mit ähnlichen Tendenzen wie die der CSB- und Ammoniummessungen. Auch in diesen Messreihen waren die Reinigungen der Sedimentationsstufen direkt erkennbar. Die Fehlerabweichungen der Messreihen betrugen dabei 12% im Maximum, wobei die nach der Sedimentation erfassten Werte niemals höher als die Werte direkt nach der Kultureinheit waren. Eine Reduktion der Partikelfracht war stets gegeben. Im Gegensatz zu den Modellsystemen des Kaltkreislaufes und auch des 15m³-Müritzmmodells funktionierte der klein skalierte Sedimenter bereits eine Stunde nach Sedimententfernung vollständig. Damit sind kurze Reinigungsintervalle der skalierten Systemkombinationen sinnvoll. Auch war die hydraulische Oberflächenbelastung mit 15m³/m²/Tag und mehr eindeutig höher als in den Kaltwassersystemen, wurde jedoch durch die geringere Wasserdichte ausgeglichen.

3.1.2 Werkstatt-Modelle

Im Laufe der Bau- und Konstruktionszeiten wurden parallel zu den wissenschaftlichen Versuchen praktische Konstruktionsversuche unternommen und Optimierungsmöglichkeiten abgeleitet.

Die Funktionsmodelle

Unter Berücksichtigung der Laborversuche mit den vereinfachten und skalierten Modellen, sowie den Abschätzungen der Projektpartner wurden Funktionsmodelle entwickelt, gebaut und auf ihre Funktion getestet. Das in Abb.: 3.17 a dargestellte System soll durch einen vertikal und flexibel orientierten Auftrieb dämpfend auf die Wellenbewegung einwirken, der Gesamtmaterialeinsatz wurde zugunsten der Produktionseinheiten verschoben und das Doppelwandsystem Abb.: 3.17. b kann sowohl als Wärmetauscher als auch Hebemechanismus genutzt werden. Die konstruktiven Merkmale wurden in einem Patent zusammengefasst.

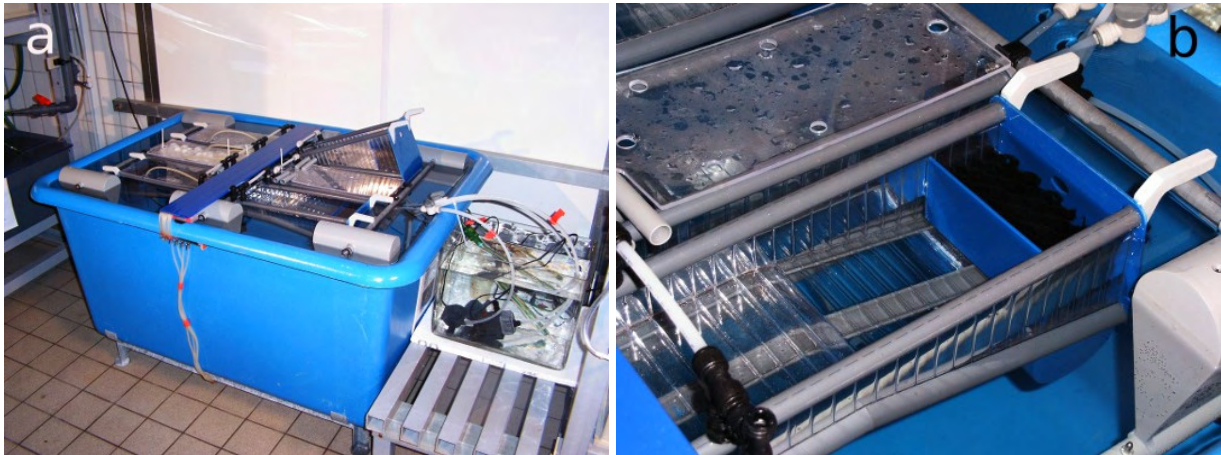


Abbildung 3.17: Das auf den Messen Fish-International, Hannover Messe und Slow-Fisch ausgestellte Funktionsmodell beinhaltet sowohl die Optimierung der Versuchsanlagen, als auch die gewonnenen Daten und neuen Ideen. Es ist Ergebnis und Outlook für eine Abwärme nutzende, mit der umliegenden Wassersäule kommunizierende, integrierten Anlagentechnologie. Rechts abgebildet eine Kultureinheit mit Doppelwand (klar) und Wärme führender Verrohrung (grau).

Die Freilandversuchsanlage

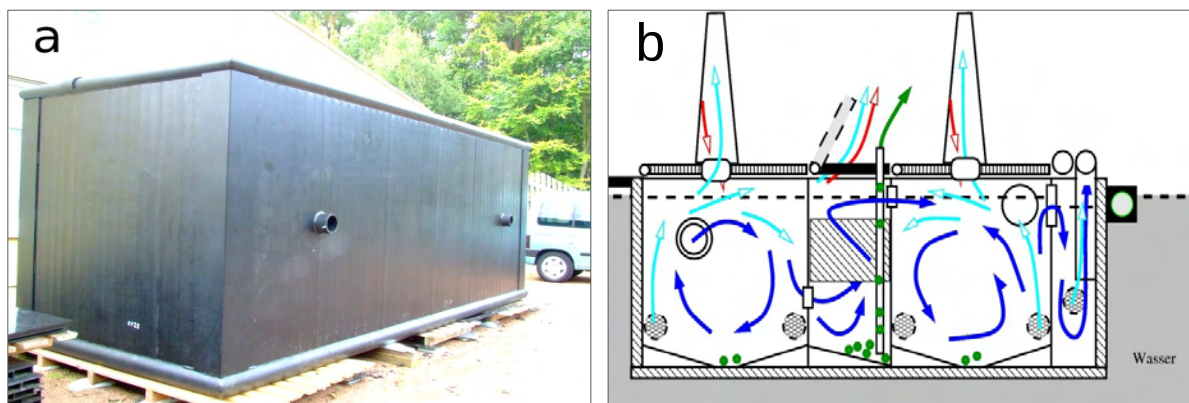


Abbildung 3.18: Aus den funktionellen Anforderungen (rechts) entstand im Konstruktionsverlauf im Fertigungsexperiment das erste Modell des benötigten Bioreaktors.

3.1.3 Müritz

Die Untersuchungsparameter

Abiotische Ergebnisse der Digitalwerte: Die im Wochenrhythmus erfassten Parameter des Teichwassers Sauerstoff, Temperatur und pH sind für die Kulturperiode 2007 teilweise in Abbildung 3.16 a dargestellt. Die Messungen erfolgten am frühen Nachmittag. Temperatur und Sauerstoff verhielten sich dabei nahezu umgekehrt proportional. Dabei fielen in zwei Hitzeperioden die Sauerstoffgehalte an Einzelereignissen in den kritischen Bereich unter 5 mg/l, was in Kombination mit einer Fadenalgenblüte zu einem beginnenden Fischsterben im Teich führte, welches nur durch den Einsatz von Paddelrad-Belüftern und einer Teilabfischung eingedämmt werden konnte. Die gemessenen pH-Werte schwankten dabei bedingt durch die von Algen verursachten Sauerstoffschwankungen und deren Nitratabbauraten im Tageslauf zwischen pH 7 in den frühen Morgenstunden sowie pH 9,5 und vereinzelt auch mehr zum späten Nachmittag. Die gemessenen täglichen Sauerstoffzyklen im Mittel von Juli und August finden sich in Abbildung 3.16 b. Innerhalb dieses Bereichs musste die Anlage arbeiten.

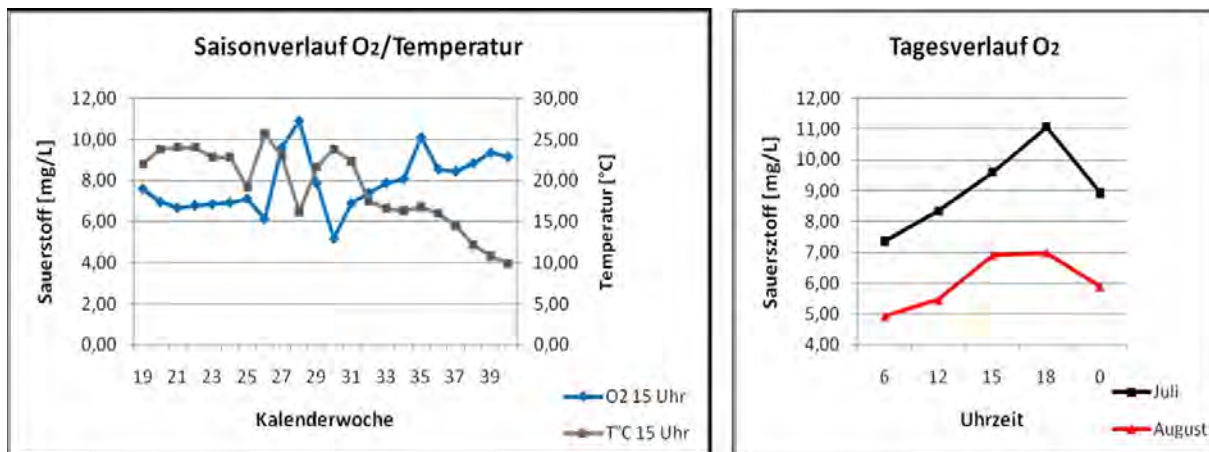


Abbildung 3.19: Dargestellt sind links (a) der Jahreslauf des Teichs mit Sauerstoffgehalt und Temperatur gegen 15 Uhr nachmittags sowie rechts (b) die Tagesläufe des Sauerstoffgehaltes in Juli und August von 6 bis 0 Uhr. Sauerstoff und Temperatur verhielten sich im Jahreslauf (a) dabei zumeist umgekehrt. Lediglich in der 35. KW wurden durch einen erhöhten Teichzufluss die Sauerstoffgehalte zusätzlich angehoben. Auf Hitzewellen reagierte der Teich mit Sauerstoffabfällen. Im Tageslauf (b) des Juli erfolgten gegen 18 Uhr mehrfache kritische Übersättigungen, an Einzelereignissen mit bis zu 150%, im August wurden dagegen in den frühen Morgenstunden zu niedrige Werte im Grenzfall mit 3,5 mg/l gegen 4 Uhr morgens festgestellt.

Chlorophyll: Aufgrund des starken Vorkommens von Zooplankton zu Beginn der Kulturperiode ergab sich ein Rückgang des Phytoplanktons. Dieses war messbar an den reduzierten Extinktionswerten der in der Wassersäule enthaltenen Chlorophyllen. Die Werte reduzierten sich ab Juli bis September von über 850 auf unter 210 bei 663 nm parallel zu einem starken Wachstum der Fadenalgen. Diese waren für die o.g. Sauerstoff- und pH-Schwankungen verantwortlich. Sie konnten erst mit Besatz durch Karpfen als Prädator des Zooplanktons und Eintrübungsmaßnahmen im letzten Teil der Kulturperiode langsam reduziert werden und zehrten dabei in Einzelereignissen stark Sauerstoff.

Nährstoffe

Die im Teich gemessenen Nährstoffkonzentrationen schwankten während der Saison bedingt durch verschiedene Eingriffe und Fütterung im tolerierbaren Bereich. Lediglich die Ammoniumgehalte waren, wenn auch kurzfristig bedingt durch die pH-Werterhöhung in kritischen Bereichen.

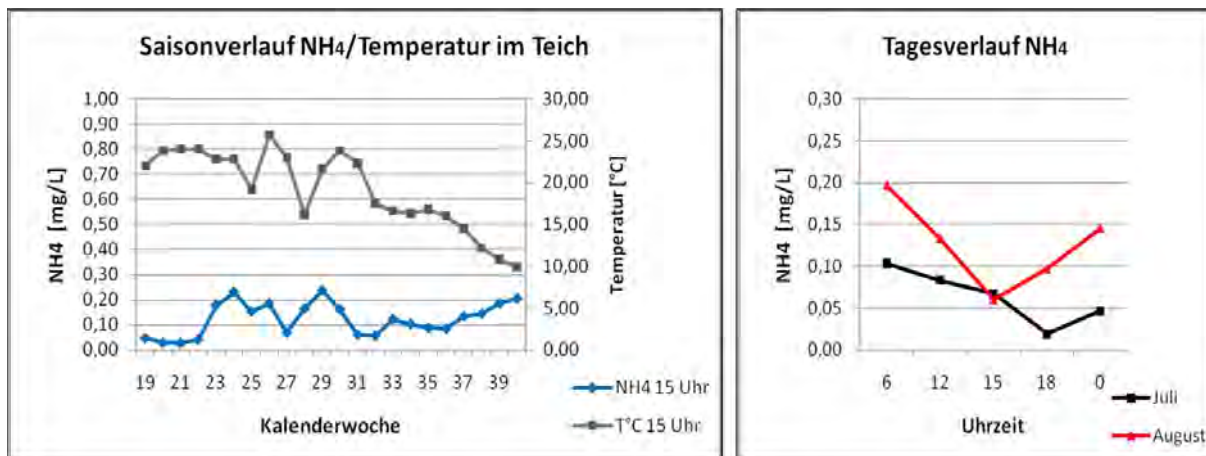


Abbildung 3.20: Dargestellt sind links (a) der Jahreslauf des Teichs mit Ammoniumgehalt und Temperatur gegen 15 Uhr nachmittags sowie rechts (b) die Tagesläufe des in Juli und August von 6 bis 0 Uhr. Vor allem in der Besatzzeit und der folgenden Fadenalgenblüte ergaben sich starke Schwankungen mit Extremen von 0,25mg/L bei pH 9,5. Dieses geschah vor allem im Zeitraum des August. Gegen Saisonende ergab sich eine kontinuierliche NH₄-Steigerung im Ablaufbereich des Teiches, in dem die Anlage fixiert war.

C-N: Die CN-Verhältnisse der Partikel der Wassersäule zeigten durch die aktuellen Planktontypen bedingte Schwankungen die im Rahmen der unten folgenden Partikelmessungen mit dokumentiert sind.

3.2.2 Das Kreislaufsystem

Der Biofilter

Die Parameter des inneren Kreislaufes wiesen im Verlauf des Experimentes starke Veränderungen auf, bedingt durch Einfahren des Biofilter und Optimierung der Systemeinstellungen. Die Biofilter wurden dabei über drei Wochen besiedelt über eine Austauschrate zum Umgebungswasser von 0,5 von 1 je Durchflusszyklus. Dieser betrug je nach Pumpenfunktion das 1-2 fache des Kulturkörpervolumens. Der Besatz erfolgte dabei zwischen der zweiten und dritten Betriebswoche. Es folgten drei Wochen mit einer Austauschrate von 0,25. Am Ende dieser Periode stellte sich die erwartete Ammoniumsteigerung ein, kurzfristig gefolgt durch den Nitritsprung. Darauf wurde mit einer Erhöhung der Austauschrate auf 0,75 reagiert. Nach weiteren 3 Wochen im Abklingen der Nährstoffextrema wurde die Austauschrate für 3 Wochen wieder auf 0,25 herabgesetzt. Drei Wochen später erfolgte ein Betrieb mit einer Austauschrate unter 0,1, wobei eine zusätzliche Belüftung der Bioreaktionen installiert wurde, um den Wasserstrom einmal wöchentlich umzukehren und damit Biofoulingprobleme der Filtersubstrate zu vermeiden. Damit konnten die Filter internen Störungen auf Dauer eingedämmt werden.

Diese Einstellung wurde für die Betriebsdauer bis April 2008 auch in der Frostperiode eingehalten. In der gegen Ende Oktober beginnenden fütterungsfreien Zeit verliefen die Ammonia- und Nitritwerte unterhalb des Messbereichs.

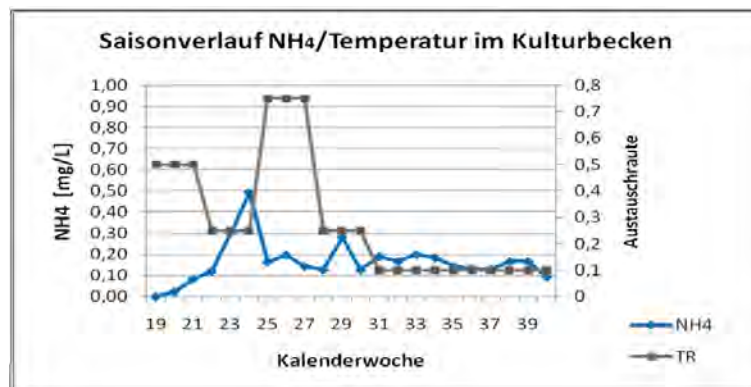


Abbildung 3.21: Der dargestellte Verlauf des NH₄-Pegels gegen 15 Uhr zeigte seine erwartete Steigerung, welche die Funktion der Ammonifikation einläutet, in der dritten Woche nach Besatztermin. Durch dreiwöchige Erhöhung der Austauschräte wurde der Effekt gepuffert. Nach sechs Wochen normalisierten sich NH₄- und NO₂-Werte.

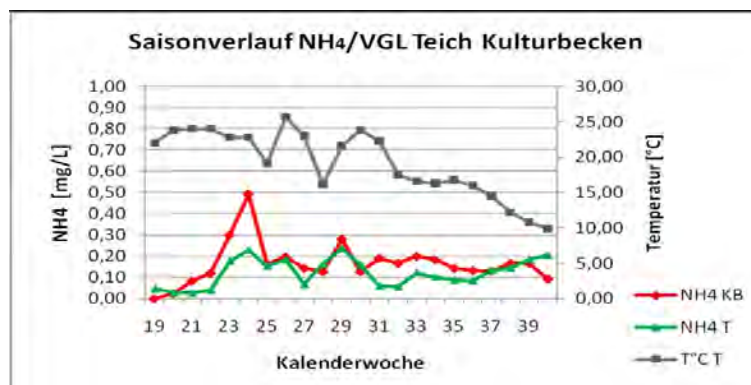


Abbildung 3.22: Der dargestellte Vergleich des NH₄-Pegels gegen 15 Uhr in Kulturbecken (KB) und Teich (T) erhöhte Raten in der 23-29 Kalenderwoche. Beide Systeme wurden zeitgleich besetzt und zugefüttert. Da die gemessenen Teichwerte im Strömungsverlauf vor dem Anlagenein- und Anlagenausfluss lagen konnten zwar die Anlagenproben vom Teich, jedoch nicht die Teichproben von der Anlage beeinflusst sein. Bei Einstellung der Fütterung ergab sich eine geringer NH₄-Konzentration im Anlagensystem wie im umgebenden Teichwasser.

Partikelfilter: Wie in den Labormodellen erwies sich die Partikelfiltration via H₂-RöhrenSedimenter im aufwärts skalierten Maß bei Temperaturen von 10-26°C und einer Futterlast von 1-3% der Kulturbiomasse als funktional. Die im Voraus berechnete Hydraulische Oberflächenlast von unter 10m³/m²/Tag bei Temperaturen unter 20°C erwies sich als stabile Grundlage. Die Absaugung des Klärschlammes und die Kotkammer, welche aus Normierungsgründen relativ flach gebaut wurden zeigten dagegen Fehlfunktionen auf, sodass beim Entleeren häufig unzureichend Sediment entnommen werden konnte. Außerdem wurde in der dem Licht zugeneigten Seite starkes Algenwachstum in den Sedimentationsröhren festgestellt. Als weiteres Problem erwiesen sich verschiedene Schnecken- und Muschelarten die in der Sedimentationskammer siedelten und gelegentlich zum Verstopfen der Abflüsse führten. Ein Austausch der Abflusssiebe stellte die Funktionalität wieder her. Auch das abfließende kommunizierende Röhrensystem war von der biologischen Besiedlung betroffen und wurde deshalb in den Durchstromflächen vergrößert. Insgesamt bildete die Sedimentationsstufe des Outdoor-Systems im Gegensatz zu Indoor-Systemen eine eigene Biozönose mit artenreichem Spektrum welches einer eigenen Untersuchung bedurfte.

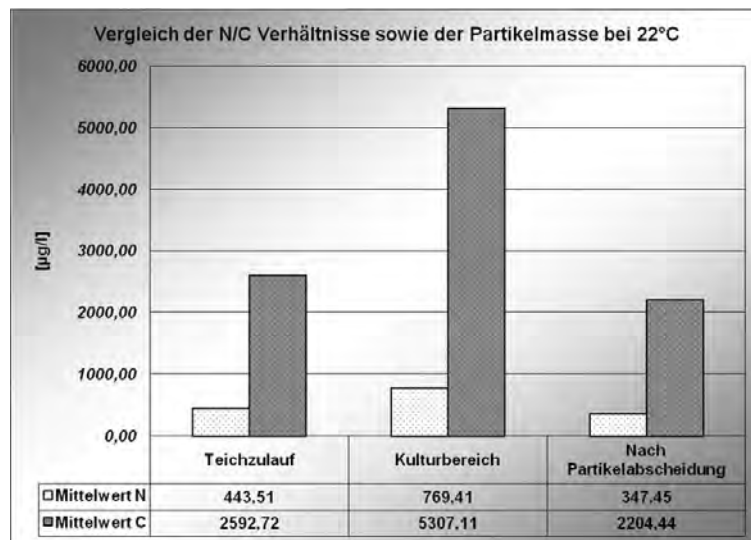


Abbildung 3.23: Abgebildet sind die N- und C-Partikellast im Teich, dem Kulturbereich und nach der Sedimentation, hier bei Futterlasten größer 1,5%, 2-facher Durchström-Geschwindigkeit der Kultureinheit und 22°C. Wie bereits bei den Laborsystemen war eine Funktionalität der Sedimentationsstufen direkt erkennbar. Die Fehlerabweichungen der Messreihen betrugen dabei je nach Temperatur weniger als 2-10% im Maximum, wobei die nach der Sedimentation erfassten Werte auch hier im Normalbetrieb niemals höher als die Werte direkt nach der Kultureinheit waren. Eine Reduktion der Partikelfracht war damit stets gegeben, die Ausgangswerte unterliefen teils die Eingangs- und Teichwerte.

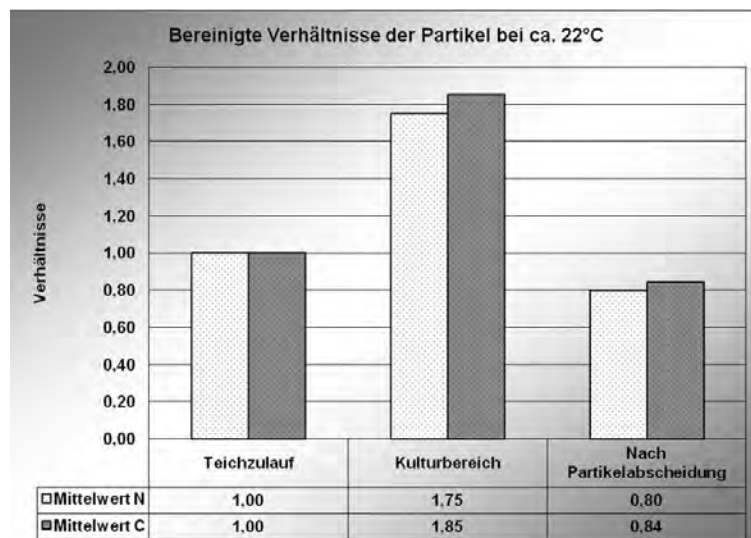


Abbildung 3.24: Zur vereinfachten Bewertung sind hier die N- und C-Partikellast unter vorgenannten Bedingungen in Bezug auf das einlaufende Medium relativiert. Damit zeigt sich eine Steigerung der Partikelmengen von 75-85% in der Kultureinheit gegenüber dem Zulauf und eine Abstreifrate des Partikelfilters von bis zu 100% der zugesetzten Lasten bzw. eine Halbierung der Gesamtlast.

Bei allen Eingriffen in das Sedimentationssystem traten anschließend Zeiten mit verringerter Filterfunktion und erhöhter Fischaktivität auf. Dabei erholte sich das System bei Temperaturen unter 10°C im Verlauf eines Tages, bei Temperaturen über 20 °C im Verlauf von 6-12 Stunden. Die Werte waren dabei mit Fehlern bis zu 20% behaftet. Da bei den Untersuchungen unterschiedliche Witterungen und Aktivitäten um die Anlage herrschten, besteht dort möglicherweise eine Reihe weiterer Zusammenhänge.

Tabelle 3.9: Auf Reinigung und Sedimentabsaugung reagierten die Parameter teils mit Vervielfachung der Werte. Die Partikellast des Systems bei 15 °C , 2-facher Durchström-Rate der Kulturen und 1% Futterrate der Gesamtbiomasse zeigten eine Stunde nach dem Eingriff einen um das Sechsfache höheren Belastungsgrad im Bereich der Kulturen und eine Verdopplung nach dem Partikelfilter.

Bereich	nach Kultur	nach Filter
System	[µg/l]	[µg/l]
Normalbetrieb N	401,72	258,56
Normalbetrieb C	2462,67	1635,41
1 h nach Reinigung N	990,99	409,27
1 h nach Reinigung C	6876,27	2680,47

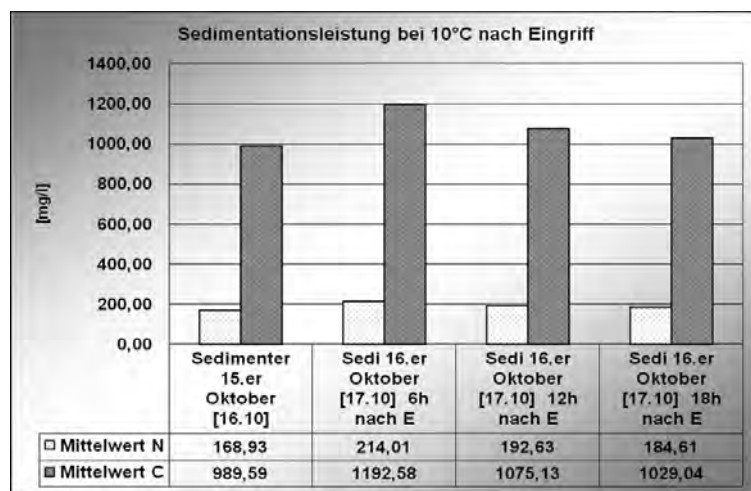


Abbildung 3.25: Bei Temperaturen unter 10°C und Futterlasten geringer als 0,5% verlief die Einstellung bis zur vollen Filterleistung nach Absaugen der Faeces über 24h. Die Werte waren dabei mit Fehlern unter 10% behaftet. Die Tiere verhielten sich nur leicht erregt, jedoch über längere Zeiträume.

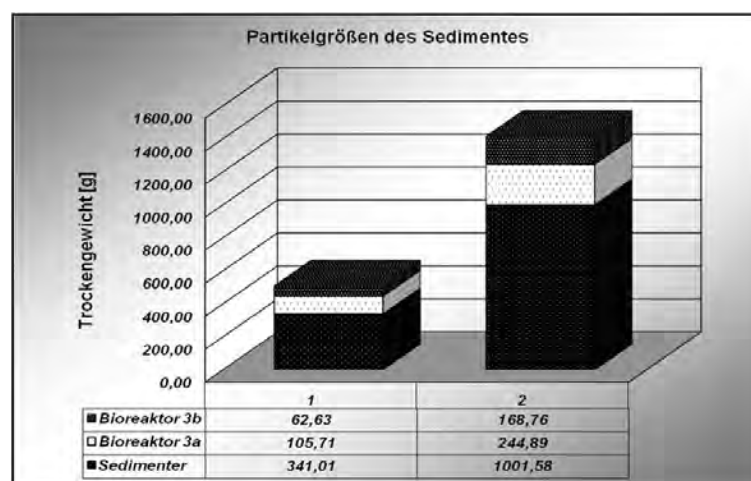


Abbildung 3.26: Bei Temperaturen von 22 °C aus der Lösung gesiebte Faeces von Partikel- und Biofilter wiesen zu ca. 2/3 in der Trockenmenge Größen von unter 60µm auf (2).

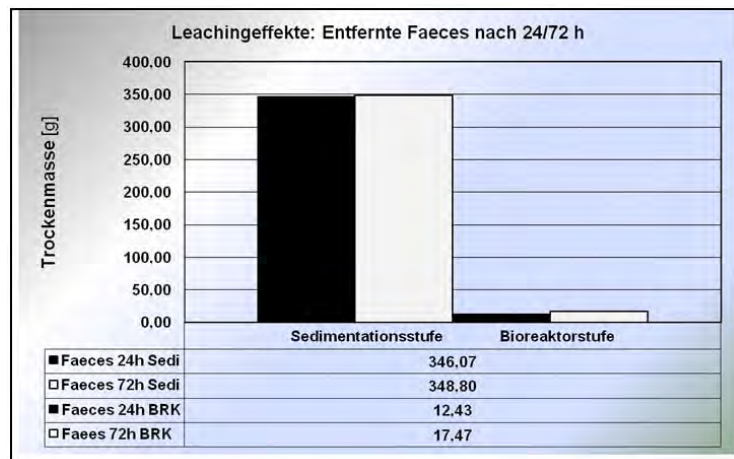


Abbildung 3.27: Während einer folgenden Reihe ebenfalls bei Temperaturen 22 °C wurden nach fortlaufender Fütterung nach einer Wartezeit von drei Tagen nahezu die gleichen Sedimentmengen mit Partikelgrößen größer als 60µm aus der Kotkammer und dem Bioreaktorsumpf entfernt wie nach 24 Stunden.

Verschiedene Messungen zu Zeitintervallen und Partikelgrößen der Kotschlämme ergaben, dass vor allem bei Temperaturen höher 20°C die Partikelteilchen in ihrer Größe abnahmen in Dimensionen unter 60µm sowie in Lösung gingen, woraufhin die Bioreaktoren stärker belastet wurden und die entfernbare Partikellast trotz Verdreifachung der Zeiten stagnierte.

Die Pufferwirkung des Teiches:

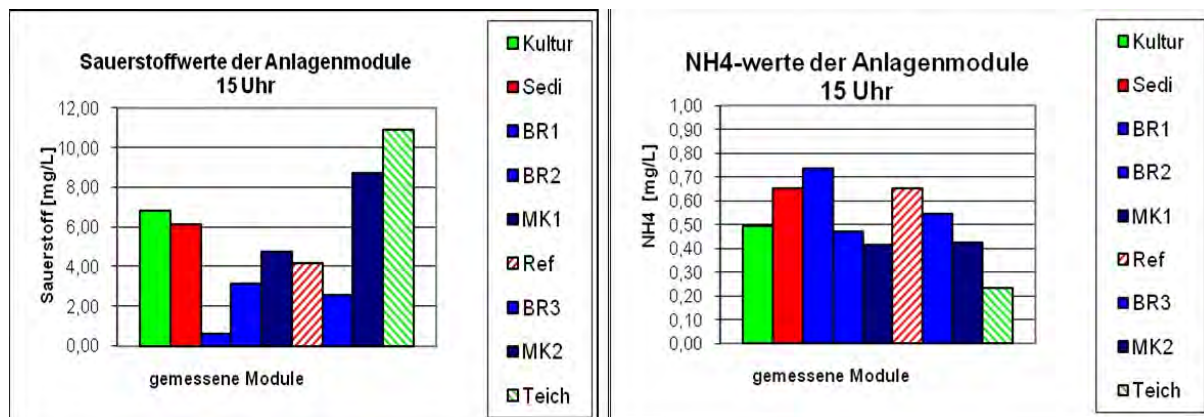


Abbildung 3.28: Links dargestellt sind extreme Verläufe bei Temperaturen über 26°C, mit Biofouling belasteten Bioreaktoren und einer Fadenalgenblüte im Teich. Durch die Mischkammer konnte dabei ein tolerierbares Milieu im Kulturtank aufrecht erhalten werden. Ebenso bei Extremen des Ammonium (rechts) oder des nicht abgebildeten Nitritsprung. Gezeigt sind Parameterläufe im Gesamtsystem.

3.3 Bewuchshemmung

3.3.1 Vorversuchsreihe mit PE-HDTP

Strömung: Der Verlauf der Strömung war in 2007-2009 bidirektional, wobei für das abfließende Wasser in Nord-Nord-West (NNW) Richtung Geschwindigkeiten von 142cm/s erreicht. Das auflaufende Wasser war hingegen stets etwas langsamer und erreicht bei Süd-Süd-Ost (SSO) gerichteter Strö-

mung, Spitzenwerte von knapp 130 cm/s. An den zeitlichen Verläufen der Strömung lässt sich der Tidenzyklus erkennen mit knapp vier Stauwasserzeiten am Tag. Nach diesen kurzen Ruhephasen dauert es in etwa zwei Stunden, bis die Strömungsgeschwindigkeit maximal ist, und dann etwa weitere vier Stunden bis die Tide erneut kippt. Auch die Temperatur an der Niedersachsenbrücke folgt einem Tagesrhythmus mit Schwankungen von bis zu 1°C, der in seinem Trend dem der Geschwindigkeit folgt. Der Überblick über die gesamten Messzyklen zeigte einen zwei Wochen Rhythmus.

Gewichts- und Volumina-Verhältnisse: Die im 2 Wochenrhythmus ermittelten Gewichte, Volumina und Dichten weisen auf drei Haupt-Bewuchsphasen hin, die durch das aufgetragene Coating reduziert oder verschleppt wurden. Dieses physikalische Schutzmaßnahme ermöglicht somit geringere Belastung der Kunststoffoberflächen.

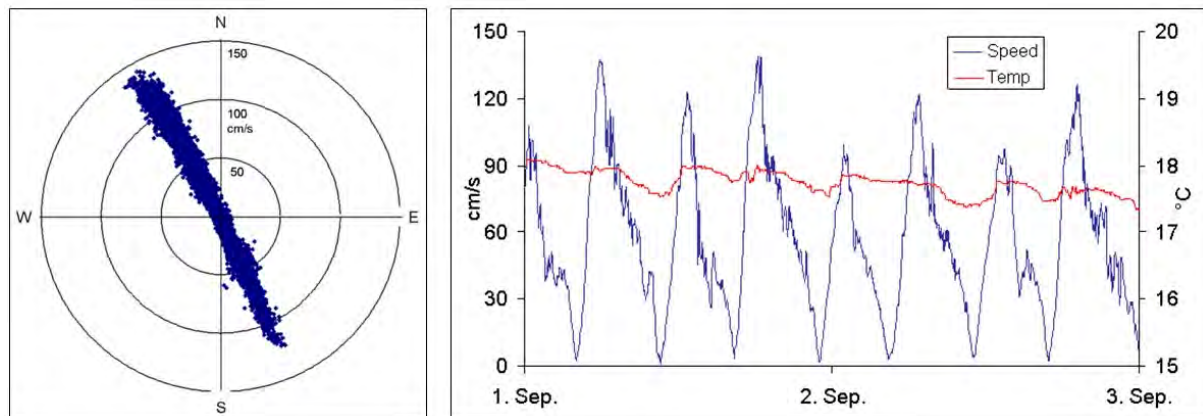


Abbildung 3.29: Mit einer auf dem Dopplereffekt beruhenden Messsonde wurden der Betrag und die Richtung der Strömung in 2007 an der Niedersachsenbrücke für Kohleverladung und 2009 an der Niedersachsenbrücke für Ölverladung registriert (a, links). Sie verlief bidirektional, wobei das Wasser nach NNW abfließt und in SSO Richtung aufläuft. Die Entfernung zum Ursprung gibt die Geschwindigkeit wieder. Rechts dargestellt (b) sind die Strömungsgeschwindigkeit und Temperatur im zeitlichen Verlauf. Die gemessene Strömungsgeschwindigkeit (blau) kehrt in ähnlichen täglichen Intervallen wieder, die Wassertemperatur (rot) steht im jahreszeitlichen Verlauf.

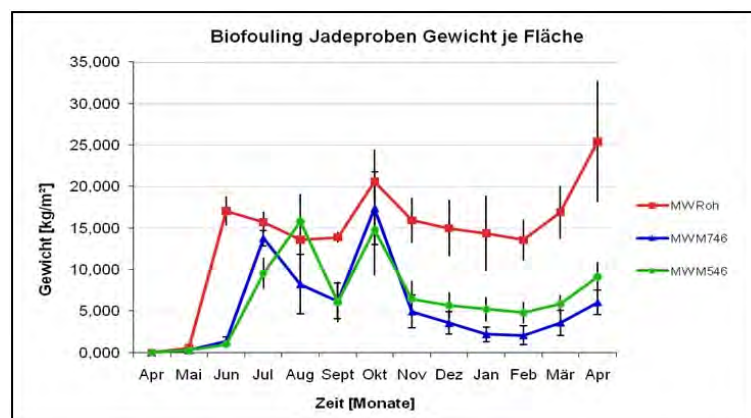


Abbildung 3.30: In einer 12-monatigen Versuchsreihe mit rohem und beschichtetem PE-HDTP, welches als Baumaterial für das Anlagensystem forciert wird ergaben sich Massen von bis zu 25 kg/m² Organismen. Die Besiedlung erfolgte in drei Wellen. Im Juni-Juli siedelten vor allem Hydrozoen (*Tubularia larynx*) die durch ihre niedrige Dichte, vergleichbar der des Wassers keine Probleme darstellten. Im Oktober jedoch erfolgten starke Bewüchse durch Seepocken (*Balanus spec.*), zum Jahresende das Auswachsen von Miesmuscheln (*Mytilus edulis*). Vor allem das Anwachsen der beschalteten Organismen steigerten die Gesamtdichte des Systems, was für die Anlagenkonstruktion besonderen Aufwand bedeutet. Mit Vaseline-Derivaten behandelte Oberflächen (grün, blau) zeigten eindeutig geringere Gewichtsbelastungen.

Qualitativer Bewuchs: Die Art des Besiedelns mit Organismen konnte in drei Phasen durch drei Leitarten definiert werden:

- Im Frühjahr wurden die Probeplatten vor allem mit Hydrozoen bewachsen was im Zeitraum Juni/Juli ein Belastungsmaxima bedeutete. Auf den geschützten Platten wurden dabei in Schlechtwetterphasen oder bei Höchstgeschwindigkeit der Gezeiten Polster mit Organismen durch die Strömung abgelöst, was zu verstärkten Varianzen der Messungen führte, jedoch eine im Gebiet installierte Anlage entlasten könnte.
- Im Sommer wurde auf allen Proben ein verstärktes Wachstum von Balaniden festgestellt, was parallel zum Anwachsen von Gewicht und Volumen auch die Dichteverhältnisse negativ beeinflusste und zu einer höheren Dichte, somit Belastung des Gesamtsystems führte. Auf den mit den physikalischen Coatings geschützten Oberflächen stellte sich dabei eine verfrühte Ablösung der Organismen ein, sodass mit dem ersten Herbststurm die Gewichte dieser Proben um teilweise 80% reduziert wurden.
- Im Verlaufe des Herbstes erfolgte während der Ablösung der Balaniden ein verstärktes Auswachsen der Miesmuscheln, die sich jedoch auf den beschichteten Systemen über die Wintermonate bis auf wenige Exemplare vollständig vom Substrat lösten. Im Frühjahr kam es auf allen Systemen zu einer erneuten Besiedlung mit Hydrozoen und Balaniden.

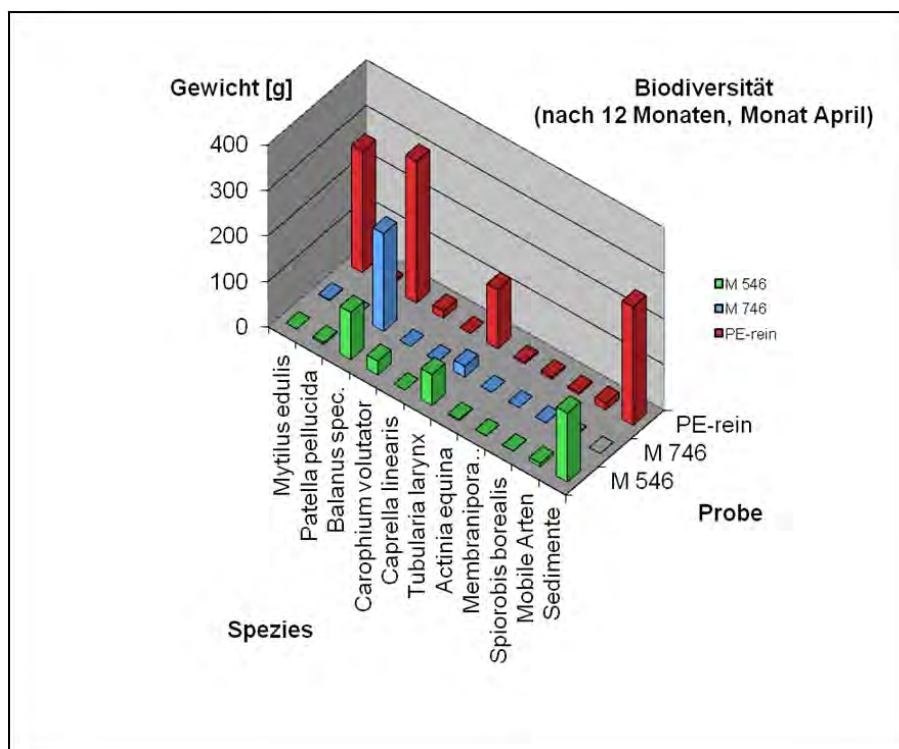


Abbildung 3.31: Nach zwölf Monaten Besiedlung wurden die 10 häufigsten Spezies dokumentiert, gewogen und ihre Dichten sowie Durchschnittsgrößen festgestellt.

Während reine PE-Substrate letztendlich sowohl mit *Mytilus* und *Balanus* besiedelt waren, konnten sich die Muscheln auf den beschichteten Systemen nicht fixieren. Die Größen der Seepocken auf den Coatings deuteten darauf hin, dass es sich um Jungtiere handelt welche aus dem ersten Larvenfall des zweiten Frühjahres stammten. Somit konnten sich zwei Generationen auf der Vaseline ebenfalls nicht fixieren. Weiter ist zu erkennen, dass das Coating M 746 nur gering durch *Caprella* und *Carophium* besiedelt war und kaum Sedimente anhafteten. Da zumindest die Schlickkrebse Sedimente in Wohnröhren verarbeiten ist ein Zusammenhang möglich.

3.3.2 Variationsreihen mit PE-HDTP, PVC und PolyAmid

Gewichts- und Volumina-Verhältnisse

In einer zweiten Versuchsreihe wurde das Experiment um mehrere Beschichtungssysteme und Untergründe erweitert.

Dabei wurden auch handelsübliche Kupferpräparate untersucht, die jedoch alle aufgrund mangelnder Benetzung ähnlich wie die ST-Reihe auf den Kunststoffplatten nicht weiter verfolgt wurden. Hier ist eine Anpassung der chemischen Formulierungen notwendig. Auf den Poly-Amid Netzuntergründen dagegen genügte die Haftung aller Testpräparate vollkommen.

Der qualitative Bewuchs verlief ähnlich wie beiden vorangegangenen Reihen.

4.0 Diskussion

4.1 Parameter

Die im Projekt erhobenen Daten bestehen aus einer Auswahl von messbaren abiotischen sowie biotischen Parametern, aus subjektiven visuellen Eindrücken, aus Erfahrungen in der Praxis und aus komplexen Zusammenhängen, welche abhängig vom Betrachter zu diskutieren sind. Sie stehen für die Funktion der Anlage und erfahren je nach Standpunkt eine Bewertung, die zudem von der Methode abhängig sein kann. Die zur Ermittlung der Wasserparameter genutzte Infrastruktur wird in der Abwassertechnologie und der Aquakultur zumeist als Standard vorausgesetzt. Parameter wie Sauerstoff, pH, Salinität, Redoxpotential und Temperatur wurden in erster Instanz bereits im Messverfahren und nach entsprechender Häufigkeit statistisch ausgewertet. Sie können daher als sehr zuverlässig betrachtet werden, die Messungen verliefen schnell und gaben gleichzeitig bei Kenntnis der Zusammenhänge Hinweise auf die übrigen erhobenen Daten, funktionierten also auch als Kontrollfunktion. Dementsprechend häufig wurden sie zur Datenermittlung eingesetzt. Bei der Messung chemischer Parameter die zur Abschätzung der Prozesse nötig waren, beinhalteten bereits die Methoden erhöhte Fehlerquoten. Daher wurden die Ergebnisse von Parametern wie den gelösten Nährstoffen immer miteinander verglichen, um Irrtümer auszuschließen. Die Parameter Ammonium- und Nitritbelastung können zum Einen aufgrund der Methode und Messhäufigkeit als zuverlässig betrachtet werden, zum Anderen gaben die zusätzlich unternommenen Messdaten von BSB, CSB und Nitrat bei Kenntnis der Komplexe eine Möglichkeit zur Kontrolle, wenngleich diese Messungen selbst größere Fehlerquoten beinhalteten. Bei der Feststellung der Partikelfracht wurden neben den üblichen C-N-Analysen auch Trübungsmessung und chemisch-photometrische Verfahren genutzt. Auch in den Untersuchungen zum Thema Biofouling wurden Methoden zur Darstellung der Sachverhalte und zur Kontrolle eingesetzt.

4.2 AWI

Im Projektverlauf wurden am AWI eine Vielfalt von Daten ermittelt, die ein Netz von Informationen darstellen und aufgrund der vorgenannten Parameterbetrachtung eine gewisse Sicherheit geben. Die dokumentierten Wasserparameter stehen stellvertretend für Phänomene, wie z.B. die Funktion eines Moduls oder den Einfluss eines Stoffes. Aufgrund der häufig vernetzten Messungen können die Ergebnisse auch in verkleinerten Systemen möglicherweise Tendenzen und Rückschlüsse der praktischen Realität darstellen. Aufgrund der stabilen Referenzwerte mit Tieren in unterschiedlichen Systemen können Fehlerquellen wie die Beeinflussung der Ergebnisse durch die Beschaffungsquellen des Besatzes oder der Wasservolumina ausgeschlossen werden. Da die Organismen in den Referenz- und Versuchssystemen bei gleicher Fütterung nahezu identische Wachstumsraten erzielen konnten, können einige Unsicherheitsfaktoren wie z.B. der Parameter „Behältergröße“ für die in den Versuchen verwendeten Anlagendimensionen sowie die daraus resultierenden Zuwächse vernachlässigt

werden. Es war keine Wachstumsdepression durch unterschiedliche Behältnisse bei den Jungtiergruppen erkennbar.

Die in den SD-Kreisläufen ausgeführten Versuchsreihen mit vereinfachten Labormodellen und einem Besatz mit Wolfsbarsch haben nach den üblichen Schwankungen der Nährstoffbudgets zu Beginn anschließend eine Stabilisierung der abiotischen Parameter auf kultur relevante Niveaus erfahren (Tab.: 3.1-3.2). Damit könnte die Dimensionierung in vereinfachten Systemen als möglich betrachtet werden. Dieses muss jedoch im Gegenversuch noch einmal abschließend bewiesen werden.

Aufgrund der langen Laufzeit von ca. 30 Monaten und aufgrund der variierenden Testbedingungen von verschiedenen Parameter existieren zudem verknüpfende Daten, die als Grundlage für die Festlegung von Besatzdichten sowie Durchfluss- und Futterraten dienen können. Im Filtersystem können dabei die in der Abwasserbranche üblichen Substrate für Sedimentation und Bioreaktion genutzt werden. Unter Berücksichtigung des Faktors Energieverbrauch waren dabei die kugelförmigen Pico-bells im Bioreaktor von Vorteil, da sie auf Dauer leichter zu bewegen waren. Ihre Nutzung in Kombination mit geringen Förderhöhen zwischen den Anlagenmodulen begleitend durch eine reduzierte Durchflussrate könnte damit in ein Betriebskonzept mit niedrigem Energieaufwand münden. Die vorgeschaltete Partikelseparation erwies sich als sinnvoll und ebenfalls funktionstauglich. Im geschlossenen Modus hält diese die Partikel-Niveaus über kurzfristige Maxima dauerhaft konstant (Abb.: 3.1-3.4). Beim Betrieb der Anlage in einem zum umliegenden Gewässer offenen Modus, also einer Kreislauflösung von 50%, hat sich ergeben, dass bei angepasster Futterrate eine Synergie zwischen Gewässer und Anlage potentiell möglich ist, vorausgesetzt, dass die Reinigungsintervalle des Filters bei 15-20°C täglich ausgeführt werden und eine genau nivellierte Fütterung stattfindet, da sonst durch nicht verwertetes Futter eine erhöhte Belastung auftritt, die eine höhere Dimensionierung der Filter erfordern würde. Nach der Fütterung puffert das Gewässer die Anlage, vor der Fütterung reduziert die Anlage die Gewässerpartikelast. Dieses könnte zur Eigenstabilisierung des Gesamtsystems beitragen, was jedoch noch durch kontrollierte Destabilisierung in einem erweiterten Versuchsaufbau nachgewiesen werden müsste.

Die im gleichen Aufbau unternommenen Funktionsversuche mit Bewuchsschutzmitteln ergaben eindeutige Einflüsse auf die Anlagenfunktion und mögliche Wirtschaftlichkeit. Faktoren wie Sauerstoff oder pH wurden nicht beeinflusst. Negative Einflüsse auf die Vitalität des Biofilter ergaben sich beim Eintrag von kupfer-haltigen Antifoulings begleitet von einem reduzierten Nährstoffabbau, erhöhter Trübung und reduziertem Wachstum der Kulturen (Abb.: 3.5-3.11, Tab.: 3.3-3.5). Da von der erhöhten Trübung angenommen werden, dass sie die Futteraufnahme der Tiere stört, ist von einer multi-parametrischen Wachstumsdepression ohne akut toxische Wirkung auf den Besatz durch kupfer-haltige Antifoulings auszugehen. Um die Anlagenwirtschaftlichkeit nicht zu gefährden, sollte also unbedingt auf den Eintrag von Kupfer durch Beschichtungen verzichtet werden. Die im Rahmen dieser Untersuchung getesteten biozid-freien Alternativen zeigten keine kritischen Auswirkung auf den Biofilter und den Besatz. Beobachtet wurde allerdings bei den Emulsionen eine verminderte Effizienz des Abschäumers (erfordert eine technische Gegenmaßnahme). Nachfolgende Untersuchungen sollten klären, ob dieser bisher nicht bekannte Effekt auf veränderten Oberflächenspannungen kleiner flottierende Partikelgrößen beruht, und durch wasserlösliche Emulgatoren und langkettige aliphatische Alkane erzeugt wird.

Die skalierten Labormodelle mit Garnelenkulturen in den SP-Kreisläufen ergaben vor allem konstruktive Ergebnisse in Bezug auf die zukünftige Bauweise der Sedimentationskammern. Durch ungenügende Entsorgung der Faeces in der Sedimentkammer wurden die bei 28°C bereits nach zwei Wochen korrekt funktionierenden Wirbelbett-Bioreaktoren überlastet und es stellten sich zeitweise kritische Ammoniumkonzentrationen und erhöhte Partikelasten ein. Die Niveaus der gelösten Stoffe waren damit ungünstig an den Wartungsaufwand der Sedimentkammern gekoppelt. Der Sedimentationsvorgang als solcher kann als geeignet betrachtet werden, da die abfließende Partikelast je Umlauf um bis zu 30% verringert werden konnte. Möglichkeiten zur Reaktion auf die vorhandenen Phänomene stellen Tabelle 4.1 und die konstruktiven Maßnahmen bzw. Bauformen des Patentantrages dar. Die Probleme ergaben sich häufig nur im Detail, während das Gesamtkonzept mit seinen Prozessabläufen durchaus stabil arbeiten kann, nachdem solche Details verändert wurden.

Das parallel geführte Experiment zur Nutzung von Kunst- und Naturfutter ergab, dass in Anlagen, in denen das in Trockenfutter genutzt wurde, die messbaren Ammonium- und Nitrit-Belastungen für die Kulturen unkritischer verliefen als in Systemen, in denen mit Naturfutter gearbeitet wurde. Paradoxerweise war die Sterblichkeitsrate bei den Garnelen, die mit *Arinicola marina* als Naturnahrung gefüttert wurden, um 15% geringer als bei den Garnelen mit Trockenfutterzugabe.

4.3 Werkstatt-Modelle

Während der Projektzeit wurden teils aufgrund von Berechnung, teils durch Versuch und Irrtum mehrere Werkstattmodelle gefertigt und weiterentwickelt. Dabei wurden einfache Versuche der Verarbeitungs- und Schwimmfähigkeit bestimmter Bauformen durchgeführt. Die Methoden waren schlicht und deutlich. So ließen sich die Reaktionen der Modelle in der Abfischposition im Experiment bestimmen. Definierte Eintauchtiefen wurden im Anschluss berechnet. Ähnlich wurden auch die Verarbeitungsmöglichkeiten untersucht. Die Bauform im innovativen Doppelkammersystem erschwerte die Verarbeitung. Dies wurde in Schweiß- und Stabilitätsversuchen qualitativ festgestellt und nach praxisnahen Lösungen z.B. durch die Fertigung von gegenhaltenden Schablonen gesucht. Quantitativ wäre eine Messung nicht notwendig. Die Aussagenvarianz hatte nur die Möglichkeit von Funktion oder Versagen. Anders verhält sich die Situation bei der fertig baren Anlage im Einsatz Aufgrund der klimatischen Einflüsse ist dem Outdoor-Einsatz ein Baukonzept zugrunde zu legen, welches diesen Beanspruchungen genügt. Allein die Tatsache, dass oberflächennah Temperaturschwankungen des Materials von bis zu 90°C möglich sind, erschweren möglicherweise den kombinierten Einsatz verschiedener Baustoffe. So wies das Müritzmodell Fehlfunktionen der Schotten und des Kippmechanismus auf, da dort Stahl und PE zeitweise extreme Maßdifferenzen durch Temperaturunterschiede verursachten. Nach diesen und anderen Erfahrungswerten wurde das System erst theoretisch, dann im Werkstattmodell und später an der Anlage selbst umgestaltet. Die praktische Umsetzung aller Erkenntnisse erfolgte durch das zentrale Filtermodul, welches gleichzeitig als Wärmetauscher funktioniert.

Tabelle 4.1: Listung von baulichen Vorschlägen zur notwendigen Optimierung der Gesamtanlage. Darin befinden sich die betroffenen Baugruppen, die zugehörigen Änderungen und die Gründe für diese Änderung. Häufig waren dabei die praktischen Versuche und die erhaltenen Ergebnisse Ursache zur Änderung

Gegenstand	Vorschlag	Begründung
Allgemein		
Materialkombinationen	vermeiden oder Fixpunkte verhindern	DT°-Dehnungskoeffizient verursacht Fehlfunktionen bei Temperaturschwankungen
Rahmenkonstruktionen	reduziert, flexibel, unter der bewegten Oberfläche und Eisgrenze	Wellenbewegung wird durch vertikale Schwimmkörper gedämpft und getauchte Verankerung ist weniger gefährdet
Achsenlagerungen	teilbar	Austausch von Tanks und Achse im schwimmenden Zustand wird vereinfacht
Rohrleitungen	kurz, Rohrdurchmesser erhöhen, AF-Beschichtung Wachs, Beschattung	Biofouling wird reduziert oder verliert an Bedeutung
Toleranzen	größtmögliche Norm	DT°-Dehnungskoeffizient s.o.
Überläufe	Niveauregulierung an allen Modulen mit Sieb	Sicherheit bei Unwetter, Verstopfung, Erfahrung Müritz
Dimensionen	Container große Baugruppen zur Vorort-Verschweißung	Wirtschaftlichkeit, Anlagenpreis contra Besatzwert

Steuerung	Mindestausstattung für Sedimentabzug und Mischkammer	Automatisierung und Sicher- heiterhöhen sich, wenn Sedi- mente im zuverlässigen Rhyt- hmus entsorgt werden
Siebe	Wechselrahmen, Doppelschieber, AF- Beschichtung Vaselinen	Besserer Austausch, einfache Reinigung, weniger Biofouling

Mantel	Doppelsteg	Stabilität, Gewicht, Wärme- tauscher, Kippvorrichtung, Ergebnisse der Berechnungen
Mammutpumpen	Beaufschlagung durch Belüfter	Effizienz, Sauerstoffanreiche- rung, Geräuschreduktion we- gen Stress notwendig
Zu/Abläufe	Einbau von reinigbaren Siebkörbe	Wartung, Austausch, Variati- on
Seitenwände	Rohranker	Mangelnde Biegesteifigkeit verursachte Fehlerfunktion
Sedimentation	Vorschlag	Begründung
Substrat	max. 0,6m Höhe, heb bar	Kontrolle, Effizienz und Reini- gung werden verbessert, max. Abbaurrate und Einsicht
Einlaufsieb	gelochtes Rohr	Wartung, Austausch, Variati- on
Auslaufschleusen	mit Austauschsieb	Wartung, Austausch, Variati- on
Sedimentabzug	Trichterform Richtung Rückwand	Wartung, Austausch und Effi- zienz werden verbessert, Ne- gativbeispiel skaliertes Modell
Auslaufanschlüsse	Drehgelenke	Erhalt der Kippvorrichtung auch bei Maßanpassung
Sedimentabzug	Schnellkupplungen, Kugelventile	Wartung, Austausch, Effizienz
Abdeckung	klappbar, vollständig	Erfahrung Müritz mit Biofou- ling und Fadenalgen
Bioreaktoren	Vorschlag	Begründung
Dimensionen	Verhältnis Breite-Länge-Tiefe 1:1:1,2	Zusammenspiel von Strömung und Biofouling, Umlaufwalze des Wassers sollte nicht oval werden, Erfahrung Müritz
Verbindung Mischkammer	schräge Schottwänden mit Überlauf- gitter, Ausläufe zur Mischkammer nach unten, höhenverstellbares Über- laufrohr	Strömung, Biofouling, Kon- trolle und Wartung werden verbessert, Erfahrung Müritz
Anschlüsse	schräge Gitterplatten, Einläufe nach unten, Drehgelenke für Teleskopver- bindungsrohr	Strömung, Biofouling, Kon- trolle, Wartung, Kippvorrich- tung, s.o.
Substrat	Picobells	Verringert Pumpleistung da bessere Bewegungsmuster, Erfahrung Modelle, Rück- schluss Müritz

Sedimentabsaugung	Vakuum-Rohre, Anschlussflansche, Schnellkupplungen, Kugelventile	Effizienz, Erfahrung bei allen untersuchten Bauformen
Belüftung	alternierend antagonistisch	Bessere Effizienz, Selbstreinigung, weniger Biofouling, Erfahrung Müritz
Deckel	separat für jede Kammer mit Schutz gegen Sturz	Effizienz, Handling, Sicherheit, Erfahrungen Praxis
Koppelung zwischen Biologie und Mischkammer	elastisch	Wartung, Wellen, Verformung an Versuchsanlage
Mantel	Doppelsteg	Stabilität, Gewicht, Wärmetauscher, s.o.

Im Laufe des Konstruktionsprozesses entstanden parallel zu den biologischen Experimenten gemeinsam mit dem AWI ein Patentantrag und weitere bautechnisch optimierte Funktionsmodelle. Der Patentantrag befindet sich im Anhang.

4.4 Müritz

Die Parameter Sauerstoff, pH und Temperatur waren im umgebenden Teichwasser stark vom Klima abhängig und parallel der Biodiversität des Teiches unterworfen, letzteres bedeutet, dass bei einer Verschiebung der Leitart des im Teich vorkommenden Planktons eine Verschiebung der Werte stattfand. So entstanden extreme Tagesverläufe mit kritischen Schwankungen (Abb. 3.12 ff.), was zu einem Teilverlust des Teichbesatzes führte. PH-Wert-Schwankungen von 7,7-9,5 mit Sauerstoffgehalten von 60-150% wurden im Extrem gemessen. Zusätzlich wurde der Effekt durch eine Fadenalgenblüte verstärkt, in der sich die Störe verhaken und verendeten. Die Werte im Kulturbereich des Systems wurden möglicherweise durch das System selbst oder durch Nutzung von Teichwasser gedämpft, was prinzipiell auch einen positiven Effekt haben kann. Zu erarbeiten sind jedoch noch das detaillierte Wissen und eine passend formierte Steuerung und Automatisierung für diese Prozesse. Außerdem führte der Nährstoffgehalt des Systems kombiniert mit der Teichbiodiversität zu enormen Wachstumsanregungen verschiedener Spezies, was zu vielerlei unkontrollierten Vorgängen wie Biofouling, Verstopfung der Verrohrung mit Todesfolgen beim Besatz, ungleichmäßigen Nährstoffabbau und Planktonüberschüssen führte. Solange diese Vorgänge nicht regelbar sind, sind sie technisch betrachtet eine Funktionsstörung mit großen negativen Folgen. In kontrollierter Form könnten dabei positive Effekte entstehen, wie z.B. eine Verbesserung der Filterleistung oder die Integration des Planktons in ein Fütterungskonzept durch Nutzung der Biodiversität. Dazu sind Konstruktionsänderungen notwendig, welche in erster Instanz durch einen Umbau der ersten Versuchsanlage realisiert wurden und später in ein neues Patent, neue Modelle und neue Strategien führten. Diese sollten das Problem Biofouling technisch konstruktiv und mit punktuelltem Einsatz von bio-physikalischen Coatings an besonders gefährdeten Baugruppen, z.B. der Verrohrung oder der Außenwände verhindern. Die Regelung der Nährstoffe könnte bei Stabilisierung der Organismendichte durch gesonderte Maßnahmen erreicht werden und das entstehende Plankton hätte Potential zur Fütterung der Brut.

Zu betrachten sind auch Faktoren wie die auf das schwarze PE bestimmter Module einwirkende Sonneneinstrahlung. Die nahe an der Wasseroberfläche gelegene Verrohrung zeigte bei der Demontage enorme Wachstumsschichten von Bryozoen und Insektenlarven, sowie eine dicke Mikrobenschicht. Die Temperatur darin wurde nie untersucht, da die Messpunkte in den großen Modulen vorgesehen waren, welche durch die Mischverhältnisse keine Temperaturspitzen zeigten. Die häufige Verengung der Rohre war jedoch ein eindeutiger Störfaktor und führte bei Unwettern durch Überlauf zu großer Wassermengen zu Ausbrüchen der Kulturorganismen.

Der Biofilter stellte für alle Module ein Extrem dar. Während in der Startphase optisch betrachtet eine schnelle Besiedlung stattfand, genügte bereits zwei Wochen nach Einsatz die vorgesehene

Pressluft nicht mehr zur Verwirbelung der Substrate. Die genutzten Oberflächen wurden durch Bakterien, Süßwasserschwämme, Bryozoen, Ciliaten etc. überwachsen. Die einzigartige Lebensgemeinschaft führte unkontrolliert teilweise zur Blockade jeder Bewegung und verstopfte binnen weniger Tage die Zu- und Ablaufsiebe inklusive der Verrohrung. Selbst die Belüfter wurden bewachsen. Der Wasserzufluss der Pumpen wurde um 50% reduziert. Die gestiegenen Ammoniumwerte erforderten eine höhere Tauschrate mit dem Umgebungswasser. Dieses diente in diesem Fall auch zur Rückversicherung des Systems. Erst eine Verstärkung der Pressluft und der Einbau alternierend arbeitender Belüfterkerzen führten zur Behebung dieser Störungen. Einige der oben vorgeschlagenen Konstruktionsänderungen könnten möglicherweise zu einer Verbesserung der Wasseraufbereitung führen. Grundsätzlich waren die Verhältnisse der Reaktordimensionen für Indoor-Systeme ausgelegt und dementsprechend für Outdoor-Anlagen möglicherweise ungünstig interpretiert. Hinsichtlich der biologischen Vielfalt in Freilandssystemen sollte die Technologie unter Umständen als integratives Element mit der Natur betrachtet werden und muss daher neu angepasst werden. Einen ersten Katalog dieser Spezifikationen befindet sich in Tabelle 4.1 und im eingereichten Patentantrag.

Die Sedimentationsstufe war in der vorliegenden Anlage in ihrer Dimensionierung funktional ausgelegt, was teilweise dazu führte, dass die Abflusswerte teilweise unter denen des Teichs lagen. Dem umliegenden Gewässer wurden Partikellasten entzogen. Das zugehörige System von Verrohrung und Ventilen ist jedoch wie das des Biofilters ebenfalls in der Liste der Optimierungsnotwendigkeiten enthalten und bedarf einer Anpassung an die beobachtete Biodiversitätsentwicklung. Zudem sollten Reinigungshilfen und eine verbesserte Absaugung der Sedimente vorhanden sein, um das Handling zu vereinfachen.

Grundsätzlich kann bei Betrachtung der Gesamtanlage durch das Isolieren der Wassersäulen eine Querkontamination eingedämmt werden. Jedoch würde durch Änderung der Betrachtung eine koordinierte Querkommunikation der Wassersäulen vielleicht die o.g. positive Effekte hervorrufen, vorausgesetzt, dass die oben genannten biologischen Prozesse eine gezielte Regelung erfahren und es Klarheit herrscht über die Auswirkung sowie Tragweite der eindringenden Organismen.

4.5 Jade

Auslagerungsversuche wurden in Wilhelmshaven durchgeführt. Der Standort weist eine hohe Biodiversität auf. Die Strömungsgeschwindigkeiten liegen zwischen 0 und etwa $1,40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, so dass die Ergebnisse Aussagen über den Einsatz von Bewuchsschutzbeschichtungen in marinen Extremen zu lassen. Die Nährstofffracht der Jade kann durchaus als real für Gewässer mit Aquakultur betrachtet werden. Eine hohe Strömungsgeschwindigkeit ist für die Durchströmung von Netzgehegen von Vorteil, erfordert jedoch insbesondere für geschlossene Technologien starke Verankerungsmaßnahmen, die dementsprechend kostspielig sind. Die Strömung stellt erweiterte Anforderungen an Coatings, wenn, wie hier beobachtet bereits nach 5 Monaten Auslagerungszeit Biozide durch Leaching ausgewaschen werden.

Die Ergebnisse zeigten im Detail, dass zwar keine absolute Abwehr von Aufwuchs mit biozid-freien Coatings erzielt werden kann aber ein jahreszeitliches Management von optimierter Beschichtung und Reinigung zu einer nachhaltige Problemlösung weiterentwickelt werden könnte. Positiv auffiel, dass die biozid-freien Varianten das Potential haben, hartschaligen Aufwuchs (Muscheln, Seepocken) zu vermindern, d.h. ein selbstreinigender Effekt das Erreichen kritischer Organismendichten verzögert und die Gewichtszunahme (bedeutet Abtrieb für die Anlage) reduziert, so dass sich Reinigungsaufwand in Umfang und Zeitintervall verringern dürfte. Optimierungsbedarf besteht für die Haftfähigkeit auf PE und die Härte der aufgetragenen partikulären Wachsschicht.

5.0 Technologietransfer und Öffentlichkeitsarbeit

Zur Ausstellung und Präsentation in der Öffentlichkeit wurden Modellversionen der Anlagen (Abb.: 2.9 a, b) auf den Messen *Fish International* sowie *Slow Fish* u.a. vorgestellt und die Konstruktion mit Projektpartnern sowie weiteren Interessenten diskutiert.

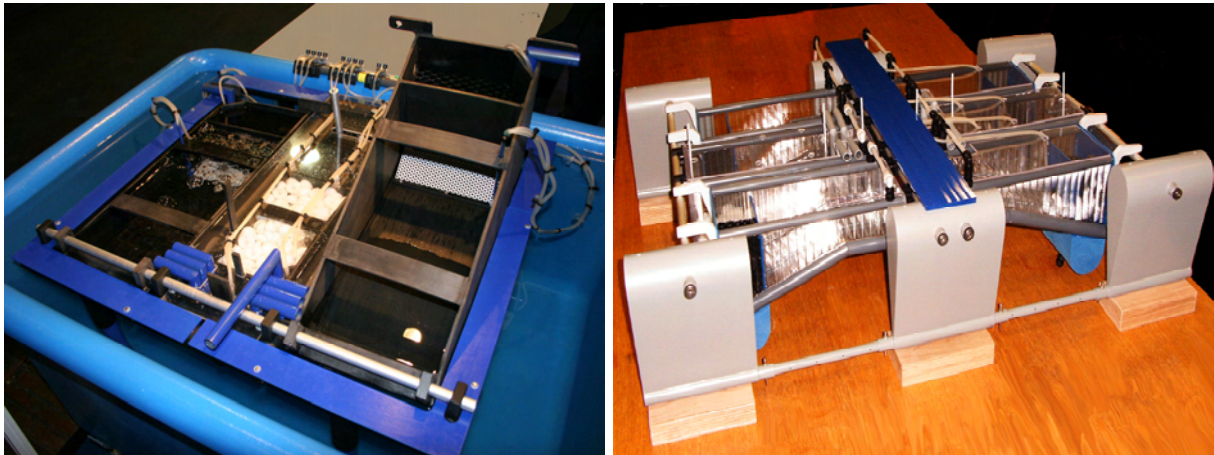


Abbildung 5.1: In einer ersten Weiterentwicklung wurde das System in seinen Supportwegen gekürzt und kompakter gebaut (a, links). Das sollte die Produktivität des Gesamtsystems verbessern und die Anfälligkeit gegen Bewuchs reduzieren. Es stieg damit auch der Aufwand des Anlagenbaus. Eine weitere Verbesserung ergab sich mit dem aktuellen Modell (b, rechts), welches über seine Abwärmenutzung eine größere Nähe zur Industrie bedeuten kann. Das Modell selbst besteht aus verschiedenen Kunststoffen mit konstruktiv gehobenen Ansprüchen. Vor allen Klebe- und Schleiftechniken fanden bei dem Modell Anwendung.

Es wurden im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit weitere Medienplattformen genutzt. Dazu zählten neben Präsentationen (national, international), TV-Auftritte.

Präsentationen

- Aquaculture for Human Wellbeing - The Asian Perspective 2008 (Busan – Korea)
- Europaen Coating Conference 2007 (Berlin)
- Biocon 2009 (Rostock)
- 15. Internationale Sommerakademie der DBU zum Thema "Zukunft Wasser" 2009 (Ostritz-St. Marienthal)

Messen

- Fish International 2008 (Bremen)
- slow fish 2008 (Bremen)
- Ocean 2009 (Bremen)
- Hannovermesse 2008 (Hannover)
- Biocon 2009 (Rostock)

Schriftliche Veröffentlichungen

- Fischereijournal *Fischerblatt*
- Tageszeitung *Weserkurier*
- Begutachtetes Fachjournal *Helgoland Marine Research*

TV-Auftritte

- Nordseereport 2008 (NDR)
- Buten und Binnen 2008 (Radio Bremen)
- Buten und Binnen 2008 (Radio Bremen)
- Zukunft Aquakultur 2009 (Arte)

6.0 Ausblick

Das Projektvorhaben, in dem ein weitgehend geschlossenes Anlagendesign entweder eine Ergänzung oder eine Alternative zu Netzgehegen im Süßwasser oder In- und Near-Offshore-Arealen in marinen Gewässern bietet, erfuhr im Projektverlauf durch frühe Strukturänderungen des Partnerkonsortiums sowie durch die erhobenen wissenschaftlichen Ergebnisse neue Ansatzpunkte und Perspektiven. Auf der Grundlage einer Marktbetrachtung, die die Firma Engage, Key Technology Ventures, für das AWI als Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft durchgeführt hat, wurde zwischen dem AWI und dem Unternehmen Kunststoffwerkstatt Peehs über das im Antragsverfahren bestehende Patent hinaus ein Lizenzvertrag geschlossen. Im Rahmen dieses Technologietransfers sollen derzeit verschiedene Zielrichtungen von der Firma Peehs und möglichen Partnern weiter verfolgt werden. Dabei sollen die Erkenntnisse in Bezug auf die Nutzung der Biologie und ihrer Potentiale, Möglichkeiten der Abwärmenutzung, Nährstoffabnahme durch Aquakultur sowie die Eigenstabilisierung des Gesamtsystems genauer untersucht und umgesetzt werden.

Die Zielrichtungen sind unter anderem:

(1) Einstieg in die Aquakultur über ein Bio-Ressourcen gestütztes Hatchery-System: Der Schlüssel zur besseren Funktion des Gesamtprinzips kann eine regelbare Mischkammer sein, über die eine Möglichkeit zur Kommunikation der Wassersäulen und damit das Einspülen von Plankton bestehen könnte.

(2) Der Einsatz von Technologie zur Nutzung von Abwärme für die Aquakultur in Kunstteichen: Mit der aktuellen Doppelwand-Konstruktion ist es möglich, in Kombination mit einem künstlichen Gewässer Wärmekapazitäten (z.B. Prozess- oder Abwärme) aus der Industrie oder aus Biogasanlagen zur Verbesserung des Wachstums gezielt zu nutzen.

(3) Die Integration der Technologie zur Kultur und als Managementsystem in nährstoffbelastete Gewässern zur Produktion von Fingerlingen: Durch zu hohe Nährstoffanteile entstehen in Gewässern häufig Planktonblüten. Mit der Kultur von Brut kann ein zusätzlicher Verbraucher generiert werden, der die hohe Nährstofffracht abschöpft.

(4) Die Integration der Technologie zur Kultur und als Managementsystem in natürlichen oder naturnahen Gewässern zur Polykultur von herbivoren und carnivoren Arten: Üblicherweise müssen Kulturgewässer mit herbivoren Besatz zur Ertragssteigerung gedüngt werden. Diese Funktion übernimmt hier das mit carnivoren Arten besetzte Anlagensystem, dass über die Mischkammer mit dem Gewässer kommuniziert. Die natürliche Nahrungskette beinhaltet ca. 99% Pflanzenfresser und nur 1% Prädatoren. Eine Polykultur von Karpfen und Zander bedeutet allgemein viele preiswerte Friedfische und wenige hochpreisige Räuber. Dieses Verhältnis lässt sich wirtschaftlich verschieben. Dazu wird der Einsatz einer Anlage in größeren Dimensionen (50T) und realen Volumenverhältnissen zum Gewässer angestrebt.

(5) Bei den weiteren technologischen Veränderungen sowie bei besserem Verständnis der Biologie (Kandidaten und Wasserklärung) müssen frühzeitig die wirtschaftlichen Potentiale solcher Anlagenkonzepte gerechnet werden, um im Rahmen der Rentabilität frühzeitig die geeigneten Kandidaten im passenden Anlagenkonzept vorschlagen zu können.

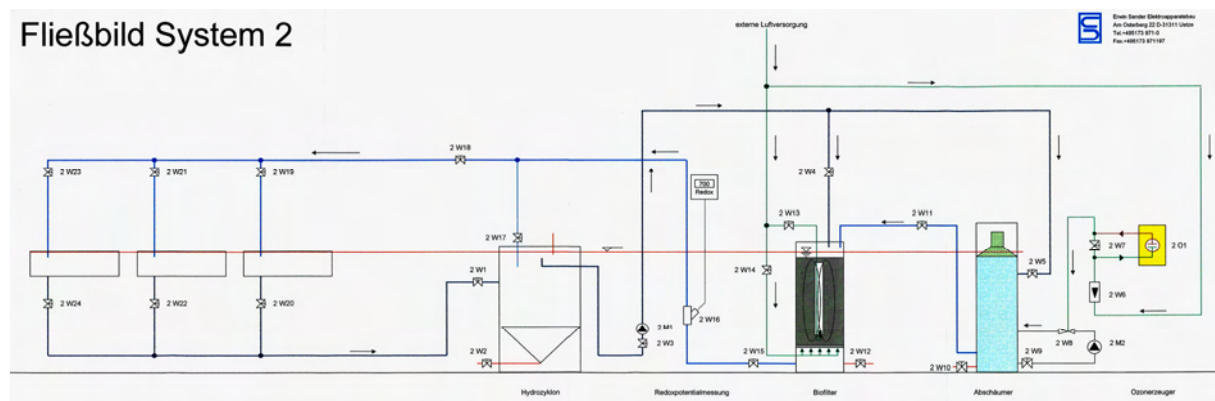
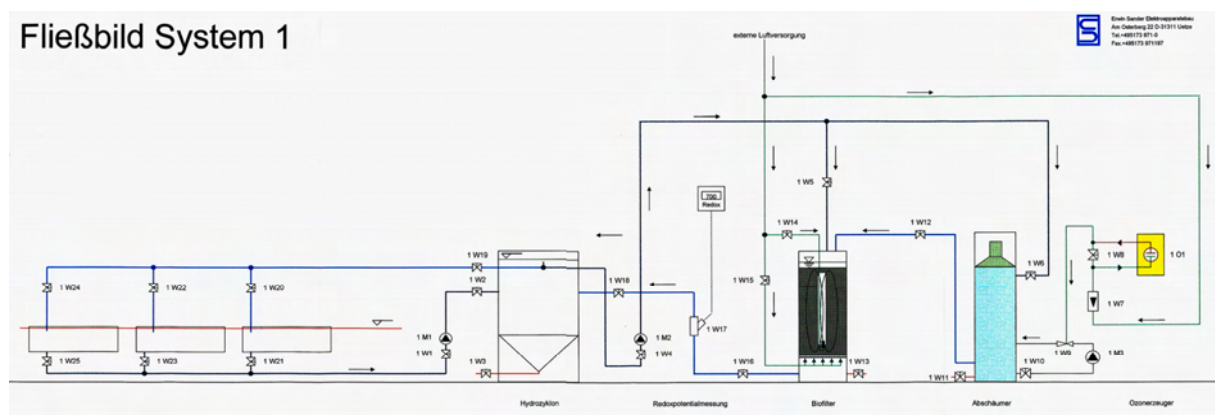
(6) In Anbetracht einer wirtschaftlichen Abschätzung in Bezug auf die Entwicklungskosten und dem derzeitigen Kenntnisstand stellen mögliche Einsatzbereiche in marinen Gewässern bzgl. der Anpassung der Technologie und seine Erprobung in diesem Milieu einen zukünftigen Schritt dar.

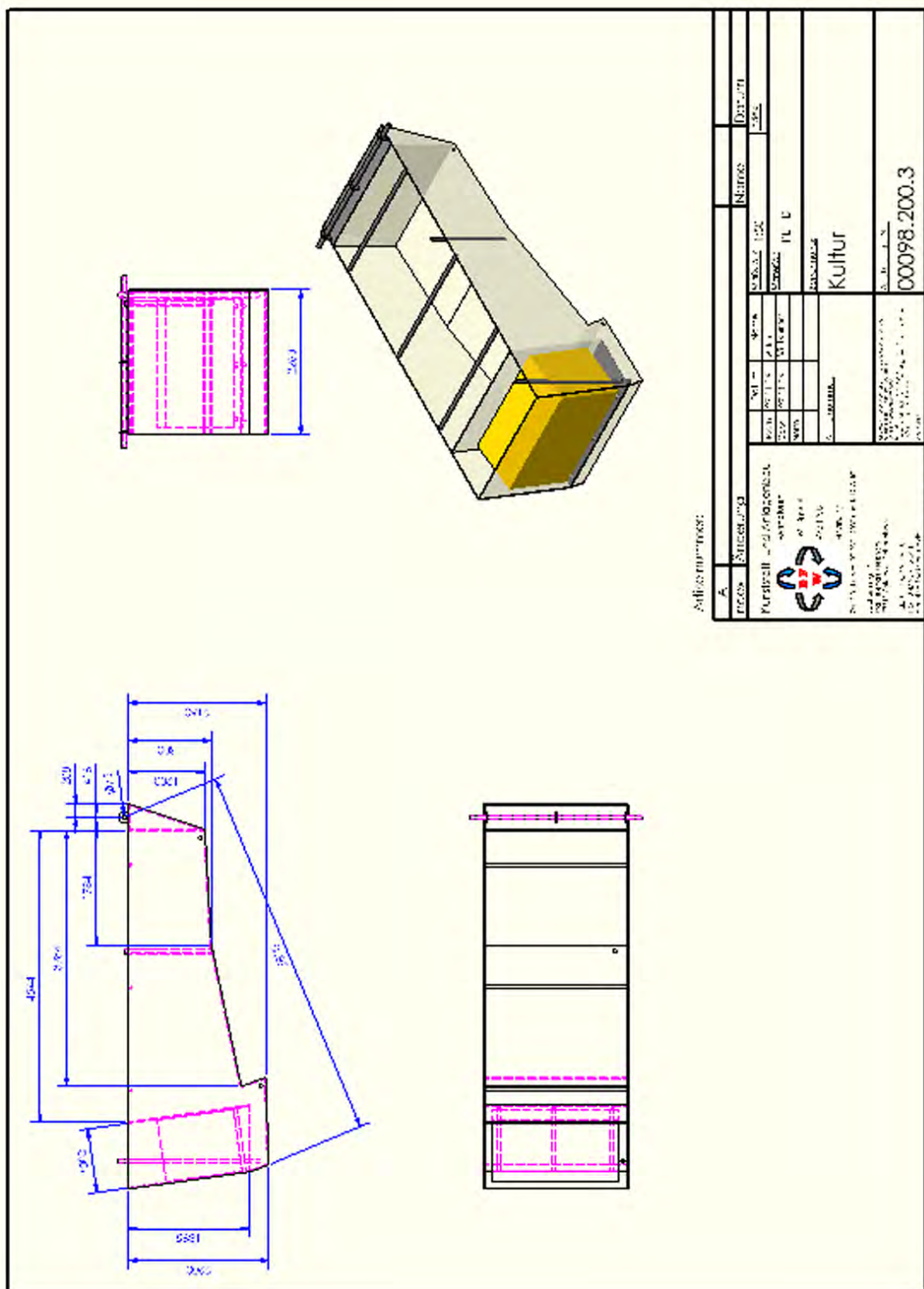
7.0 Referenzen

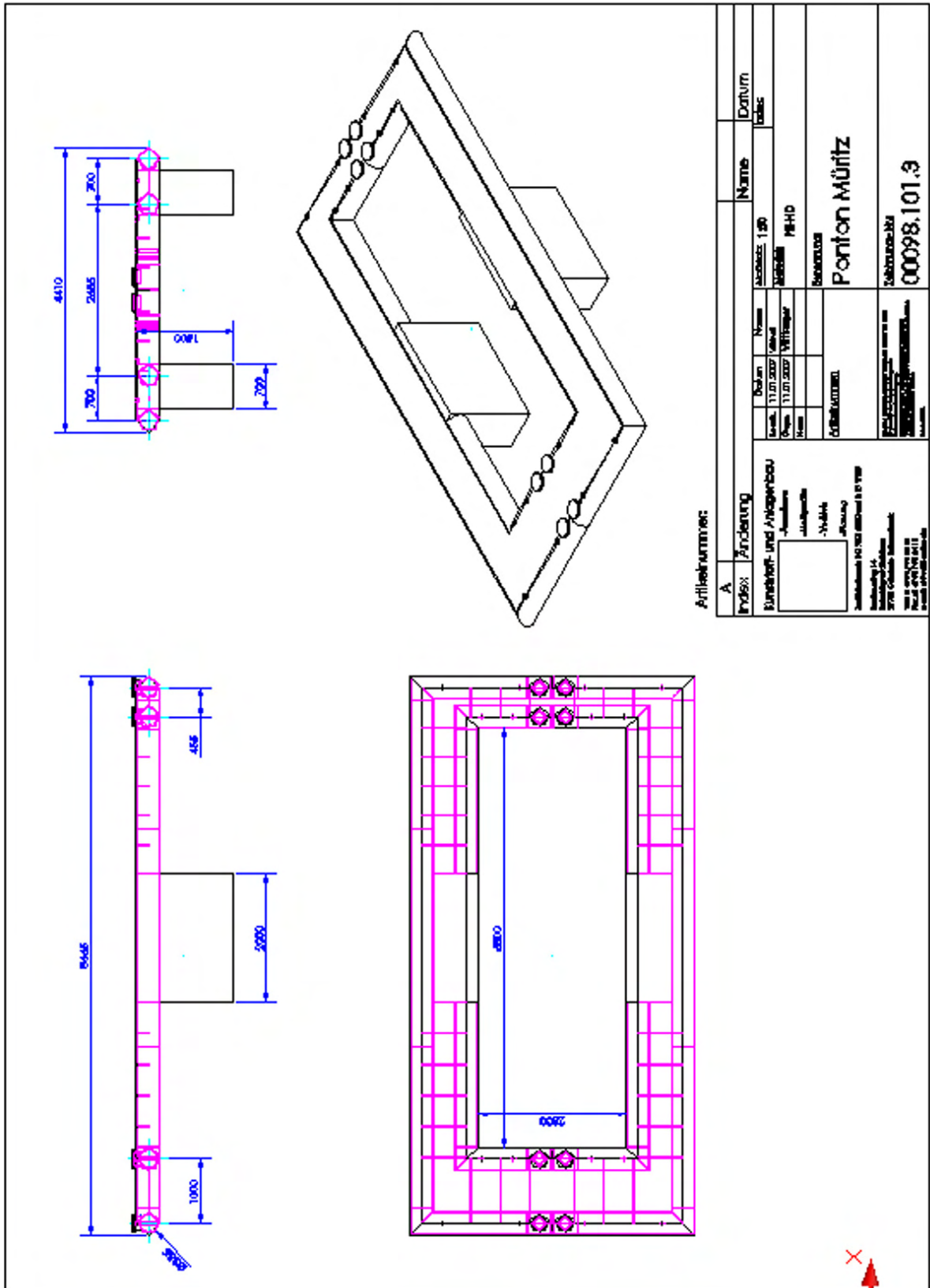
- Alonso-Rodriguez R & F Paez-Osuna (2003) Nutrients, phytoplankton and harmful algal blooms in shrimp ponds: a review with special reference to the situation in the Gulf of California. *Aquaculture* 219: 317-336.
- Ayub F, Sarker Y, S Alam (2008) Prevalence of white spot syndrome virus infection detected by one-step and nested PCR in selected tiger shrimp (*Penaeus monodon*) hatcheries. *Aquaculture International* 16(5): 405-415.
- Baum C, Meyer W, Fleischer L, Siebers D (2001) Biozidfreie Antifouling-Beschichtung. DE 101 17 945.6-43, EP-DE 1 249 476, EP-IT 1 249 476, EP-FR 1 249 476. Alfred-Wegener-Institut, Germany. 1-6.
- Beveridge MCM (1984) Cage and pen fish farming. Carrying capacity models and environment impact. FAO Fisheries Technical Paper 255.
- Beveridge MCM (2004) Cage Aquaculture. Wiley-Blackwell, 3rd Edition. 376 pp.
- Braithwaite RA, MC Cadavid Carrascosa, McEvoy LA (2006) Biofouling of salmon cage netting and the efficacy of a typical copper-based antifoulant. *Aquaculture* 262: 219-226.
- De Nys R, Givskov M, Kumar N, Kjelleberg S, Steinberg PD (2006) Furanones. Antifouling Compounds. Progress in Molecular and Subcellular Biology. Springer, Heidelberg, Germany: 55-86.
- De Silva SS (2001) Aquaculture in the Third Millenium. A global perspective of aquaculture in the new millenium. FAO.
- EC (2004) Synopsis of selected R & D projects in the field of fisheries and aquaculture — Quality of life and management of living resources — Fifth framework programme, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities: 326.
- FAO (2006) FISHSTAT Plus - Universal software for fishery statistical time series, FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Hallermann EM & AR Kapuscinsky (1995) Incorporating risk assessment and risk management into public policies on genetically modified finfish and shellfish Fifth International Symposium on Genetics in Aquaculture 137: 9-17.
- Islam MS (2005) Nitrogen and phosphorus budget in coastal and marine cage aquaculture and impacts of effluent loading on ecosystem: review and analysis towards model development. *Marine Pollution Bulletin* 50: 48-61.
- Kawamata M, Kon-Ya K, Miki W (2006) 5,6-Dichloro-1-Methylgramine, a Non-Toxic Antifoulant Derived from a Marine Natuatural Product. Antifouling Compounds. Progress in Molecular and Subcellular Biology. Springer, Heidelberg, Germany: 125-138.
- MacAlister E & Partners (1999). Forward study of cummmunity aquaculture: Summary Report, Europaen Commission: 1-62.
- MacGarvin M (2000) Scotland's secret? Aberfeldy, WWF Scotland: 21.
- Medina M, Barata C, Telfer T, Baird DJ (2004) Effects of cypermethrin on marine plankton communities: a simulated field study using mesocosms. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 58(2): 236-245.

- Pendleton L, Whitney J, Bonine K, Schmelz K, Ritchlin J, Rothenbush T, Wahlberg L (2005) Closing in on environmentally sound salmon aquaculture: A fresh look at the economics of closed tank systems. U. D. o. E. H. Science, CAAR-Coastal Alliance for Aquaculture reform: 1-23.
- Pinstrup-Andersen P & Pandya-Lorch R (1997) Research impact. Yesterday's achievements, tomorrow's challenges. The world food situation. Recent developments, emerging issues, and long-term prospects. Vision 2020. Washington D.C., The International Food Policy Research Institute - IPPRI. Consultative Group on International Agricultural Research - CGIAR: 56.
- Sepecic K & T Turk (2006) 3-Alkylpyridinium Compounds as Potential Non-Toxic Antifouling Agents. Antifouling Compounds. Progress in Molecular and Subcellular Biology. Springer, Heidelberg, Germany: 105-124.
- Smith HD (2000) The industrialisation of the world ocean. Ocean & Coastal Management 43(1): 11-28.
- Staniford D (2002) A big fish in a small pond: The global environmental and public health threat of sea cage fish farming. Sustainability of the Salmon Industry in Chile and the World. Puerto Montt, Chile, Terram Foundation and Universidad de los Lagos.
- Staniford D (2002) Sea cage fish farming: an evaluation of environmental and public health aspects (the five fundamental flaws of sea cage fish farming). EU. Brüssel: 1-25.
- Tacon AGJ and J Forster (2001) Global trends and challenges to aquaculture and aquafeed development in the new millenium. International Aquafeed-Directory and Buyers' Guide 2001. Uxbridge, Middlesex, Turret RAI.

8.0 Anlagen







Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart Schlussbericht	
3a. Titel des Berichts Umweltverträgliches Aquakulturdiesign in Form einer schwimmenden Durchfluss – Kläranlage für den In-, Near-, und Offshore-Einsatz.		
3b. Titel der Publikation		
4a. Autoren des Berichts Prof. Dr. rer. nat. Bela H. Buck Dipl. Biol. Ralf Fisch	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30. September 2009	
4b. Autoren der Publikation	6. Veröffentlichungsdatum geplant	
	7. Form der Publikation -	
	8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) in der Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) Am Handelshafen 12 27570 Bremerhaven	
13. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	9. Ber.Nr. Durchführende Institution -	
	10. Förderkennzeichen 16IN0430	
	11a. Seitenzahl Bericht 178	
	11b. Seitenzahl Publikation -	
	12. Literaturangaben 65	
16. Zusätzliche Angaben	14. Tabellen 22	
	15. Abbildungen 59	
	17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung Ziel des Projektes Aqualnno war es, die existenten Ideen einer Gewässer gestützten Kreislauf- und Durchfluss-anlage auszuarbeiten, um Umweltschäden zu reduzieren und die Produktion zu intensivieren. Die In-Pond-Aquakulturtechnologie mit Kotseparation und Nährstoffabbau sollte eine die Umwelt entlastende Alternative zu den bisher angewandten Methoden darstellen und der aktuellen Eutrophierung der Gewässer entgegen wirken. Das System sollte für beide Betriebsmodi verifiziert werden. Dazu wurden mit der Industrie Kombinationen von Sedimentation und Bioreaktion zur Wasseraufbereitung im Labor und Freiland erprobt. Die Biologische Bearbeitung wurde vom AWI realisiert. Sowohl biotische als auch abiotische Faktoren und Auswirkungen wurden unter verschiedenen Bedingungen in skalierten Modellen und Originalsystem untersucht. Mit den dort gesammelten Erfahrungen konnten Fehler eliminiert und definierbare Grenzen der Belastbarkeit entwickelt werden. Die daraus entstandene Konstruktion sollte den allgemeinen wirtschaftlichen Bedingungen und denen des Einsatzortes angepasst werden können. Allgemein wurde ein geringer Energieverbrauch konzipiert und durch das Abfischsystem ein einfaches Handling realisiert. Eine Modularität, welche die Weiterentwicklung für verschiedene Einsätze erleichtert, wurde erarbeitet. Ziel war auch die Möglichkeit unterschiedliche Kandidaten von juvenil bis adult innerhalb einer Plattform züchten zu können. Sowohl limnisch als auch marin wurden deshalb verschiedene Spezies und Größen kultiviert und untersucht. Dabei wurden sowohl tropische wie auch subtropische Temperaturbereiche berücksichtigt. Um im Projekt aufgetretene Biofoulingprobleme zu reduzieren wurden Bewuchsschäden dokumentiert und verschiedene Coatings auf ihren Wirkungsgrad gegenüber der Besiedlung und ihre Einflüsse auf das Filtersystem untersucht.		
19. Schlagwörter Aquakultur, Kreislauftechnologie, Umweltfreundliche Fischzucht, Nährstoffkreislauf, Filteranlagen, Biofouling		
20. Verlag	21. Preis	

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. Type of Report	
3a. Report Title Environmental friendly aquaculture design in terms of a floating discharge sewage plant for being applied inshore and offshore		
3b. Title of Publication		
4a. Author(s) of the Report (Family Name, First Name(s)) Prof Dr. rer. nat. Bela H. Buck Dipl. Biol. Ralf Fisch	5. End of Project 30 th September 2009	
4b. Author(s) of the Publication (Family Name, First Name(s))	6. Publication Date planned	
	7. Form of Publication -	
8. Performing Organization(s) (Name, Address) Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) in der Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) Am Handelshafen 12 27570 Bremerhaven	9. Originator's Report No. -	
	10. Reference No. 16IN0430	
	11a. No. of Pages Report 178	
	11b. No. of Pages Publication -	
13. Sponsoring Agency (Name, Address) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	12. No. of References 65	
	14. No. of Tables 22	
	15. No. of Figures 59	
16. Supplementary Notes		
17. Presented at (Title, Place, Date)		
18. Abstract The aim of the project Aqualnno was to find a floating recirculating and flow-through aquaculture technique to reduce nutrient-based impacts on the ecosystem while at the same time increase production. The pond-in-pond system with a connected faeces separator and a nutrient recycling unit was designed to present an alternative to other ecosystem based constructions with an impact on the ecosystem. The constructed system was able to operate in both water flowing designs, recirculating and flow-through, respectively.		
19. Keywords aquaculture, recirculating technology, sustainable fish culture, nutrient recycling, filtering units, biofouling		
20. Publisher	21. Price	

engage AG

Marktbetrachtung

“Aquakultur – biologisch neutrale, modulare
Teich-in-Teich Anlage“

Rostock, Karlsruhe 12.02.2009

- engage AG
- Gerhart-Hauptmann-Straße 23
- D-18055 Rostock
- Telefon: +49 381 49747 40
- Telefax: +49 381 49747 49
- Email: l.krueger@engage-ventures.com
- Internet: www.engage-ventures.com

1. Zusammenfassung.....	5
2. Aufgabenstellung und Methodik.....	6
3. Technologie	7
4. Konkurrenzsysteme	9
4.1 Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow	9
4.2 Peitzer Edelfisch GmbH.....	10
4.3 Weitere Hersteller	10
5. Nutzung der Abwärme von Kraftwerken zur Fischzucht	12
5.1 Marktsituation	12
5.2 Technischer Hintergrund	12
5.3 Spezialfall Biokraftwerke.....	13
5.4 Geeignete Fischarten	13
5.5 Befragung	13
5.6 Referenzanlagen	16
6. Potentielle Kunden und Marktsegmente	17
6.1 Situation in Deutschland	17
6.2 Fischzucht- und Fischereibetriebe	18
6.3 Angelparks, Angelbetriebe sowie Fischer- und Angelvereine	18
6.4 Genossenschaften von Berufsfischern	18
7. Konkrete Informationen aus den Interviews.....	19
7.1 Fischzucht- und Fischereibetriebe	19
7.2 Angelbetriebe, Fischer- und Anglervereine.....	20
7.3 Genossenschaften von Berufsfischern	20
8. Konkrete Interessenten	21

9.	Anhang.....	24
9.1	Protokolle - Angelbetriebe, Fischer- und Angelvereine.....	24
9.1.1	Gesprächsprotokoll - Börsteler Wald	24
9.1.2	Gesprächsprotokoll - Angelpark Eicherscheid	24
9.1.3	Gesprächsprotokoll - Angelpark Georgshausen	25
9.1.4	Gesprächsprotokoll – Angelpark Krumbachsmühle	26
9.1.5	Gesprächsprotokoll – Angelpark Rössner.....	26
9.1.6	Gesprächsprotokoll – Angelpark Teichof	27
9.1.7	Gesprächsprotokoll – Teichwirtschaft Ringpfeil	27
9.1.8	Gesprächsprotokoll – Teichwirtschaft Moritzburg	29
9.1.9	Gesprächsprotokoll – Teichanlagen Meißen	29
9.2	Protokolle – Fischzucht- und Fischereibetriebe	31
9.2.1	Gesprächsprotokoll – Fisch Marschall	31
9.2.2	Gesprächsprotokoll – Fischzucht Georg Riegger	33
9.2.3	Gesprächsprotokoll – Fischzucht Rameil.....	35
9.2.4	Gesprächsprotokoll – Forellenzucht Caster	35
9.2.5	Gesprächsprotokoll – Hofer Forellen GmbH	36
9.2.6	Gesprächsprotokoll – Holsten Stör Fischzucht GmbH	38
9.2.7	Gesprächsprotokoll – TFA Fischzucht GmbH.....	39
9.2.8	Gesprächsprotokoll – Dehmel Fischerei- und Verarbeitungsbetrieb... 40	
9.2.9	Gesprächsprotokoll - Fischverein Steinhuder Meer e.V.....	41
9.2.10	Gesprächsprotokoll – Fischereigenossenschaft Chiemsee	42
9.2.11	Gesprächsprotokoll – Besatzkommission der BW	43
9.2.12	Gesprächsprotokoll – Fischereigenossenschaft Ammersee	43
9.3	Protokolle – Kraftwerksbetreiber.....	45
9.3.1	Gesprächsprotokoll mit E.ON Kernkraft GmbH.....	45
9.3.2	Gesprächsprotokoll mit EnBW Kraftwerke AG	46
9.3.3	Gesprächsprotokoll mit envia THERM GmbH.....	46
9.3.4	Gesprächsprotokoll mit Evonik Steag GmbH	47
9.3.5	Gesprächsprotokoll mit EWE Biogas GmbH & Co.KG.....	48
9.3.6	Gesprächsprotokoll mit dem Heizkraftwerk Kehl GmbH	48

9.3.7	Gesprächsprotokoll mit der Infracor GmbH.....	49
9.3.8	Gesprächsprotokoll von der InfraTec3 AG.....	49
9.3.9	Gesprächsprotokoll mit dem Kraftwerk Unterweser	50
9.3.10	Gesprächsprotokoll Kernkraftwerk Grundremmingen GmbH.....	50
9.3.11	Gesprächsprotokoll mit Müllverwertung Borsigstraße.....	51
9.3.12	Gesprächsprotokoll mit MVV Energie AG	51
9.3.13	Gesprächsprotokoll mit RWE Power AG.....	52
9.3.14	Gesprächsprotokoll mit swb Erzeugung GmbH & Co.KG	53
9.4	Protokolle - Behörden und NGOs	55
9.4.1	Gesprächsprotokoll Deutscher Fischerei Verband.....	55
9.4.2	Gesprächsprotokoll – Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft	56
9.4.3	Gesprächsprotokoll – Fischereiforschungsstelle BW	57
9.4.4	Gesprächsprotokoll - Bundesministerium für Umwelt und Naturschutz.....	58
9.4.5	Gesprächsprotokoll – Landesfischerei- Verband	59
9.4.6	Gesprächsprotokoll - Landesfischereiverband BW	60
9.4.7	Gesprächsprotokoll- Ministerium Ländlicher Raum.....	61

1. Zusammenfassung

Die hier durchgeführte Befragung stellt einen ersten Schritt zur Bewertung der Entwicklung aus Marktsicht dar.

Die Ergebnisse der Interviews fallen jedoch z.T. recht unterschiedlich aus. Um einen genaueren Eindruck zu erhalten ist es erforderlich, die Teich-in-Teich-Anlage technisch konkreter zu spezifizieren (Komponenten, Ausstattung, Betriebsweise etc.). Dadurch soll es ermöglicht werden, die Leistungen und vor allem die Kosten für eine derartige Vorrichtung genau benennen zu können. Darauf aufbauend können exemplarische Rentabilitäts-, Amortisations- und Investitionsrechnungen durchgeführt werden. Ebenso können die Erfahrungen aus den z.T. bereits jetzt installierten Referenzanlagen in weiteren Marktuntersuchungen genutzt werden.

Die bis dato gefundenen Ergebnisse können jedoch eine erste Tendenz zur Vermarktbarkeit der Anlage geben bzw. gewisse Annahmen verifizieren.

Zu den vorläufigen Hauptergebnissen zählt insbesondere, dass diese Anlage trotz gewisser Automatisierungen nicht von Laien (z.B. Landwirte im Sekundärerwerb) betrieben werden kann bzw. sollte. Dadurch verengt sich die Auswahl potentieller Kunden auf die in Abschnitt 2 gezeigten Profile.

Ebenso zeigte sich auch, dass die Anlage tendenziell keinen Massenmarkt bedienen wird. Durch die begrenzte Anzahl von potentiellen Abnehmern sowie durch die anzunehmende lange Nutzungsdauer sind geringe Wiederkaufsraten zu erwarten. Ebenso darf der Aufwand und die Bedeutung einer Genehmigung durch die z.T. unterschiedlichen zuständigen Behörden zum Betrieb einer derartigen Anlage nicht unterschätzt werden.

Als typischer Besatz wurden häufig typische Süßwasser-Speisefische genannt wie Karpfen u.ä. Weniger wurden vermeintliche Exoten angeführt wie afrikanische Welse oder Stör.

Es konnte kein einheitliches Bild gewonnen werden, ob ausschließlich die Anlage verwertet werden soll, oder ob sich vielmehr auf den Vertrieb von Setzlingen, die in einer derartigen Anlage aufgezogen wurden, konzentriert werden soll. Vermutlich ist eine Kombination von beiden Ansätzen angebracht.

Des Weiteren wurde der Eindruck bestätigt, dass der Betrieb einer derartigen Anlage auf Basis der Nutzung von Abwärme aus Kraftwerken nicht durch die Kraftwerksbetreiber an sich durchgeführt werden wird. Es ist vielmehr so, dass in individuellen Kooperationen mit einem Kraftwerksbetreiber die Abwärme zum Betrieb einer derartigen Anlage genutzt werden kann. Der operative Betrieb einer derartigen Anlage obliegt jedoch einem Fischzucht- bzw. Fischereunternehmen.

Weiterhin könnte der Vertrieb einer derartigen Anlage durch flankierende Absatzfinanzierungsmaßnahmen wie Leasing zusätzlich gestärkt werden.

Individuelle Informationen, die in den Gesprächen mit den potentiellen Kunden gewonnen werden konnten, finden sich in den angefügten Protokollen.

Konkrete Kunden, die im Zuge der Gespräche deutliches Interesse zeigten, wurden ebenso aufgeführt.

2. Aufgabenstellung und Methodik

Über das Aqua-Inno-Projekt hinaus soll die Entwicklung einer Teich-in-Teich-Anlage vermarktet werden.

Derzeit fraglich ist, wer potentielle Abnehmer sind, welche Preise von diesen bezahlt werden und welche Anforderungen an ein derartiges Produkt gestellt werden. Weiterhin ist noch nicht geklärt, welchen Umfang die Wertschöpfung haben soll. Dabei kann das Spektrum vom Bau derartiger Anlagen, über die Inbetriebnahme (Schulung, Beratung), bis hin zur begleitenden Finanzierung oder auch gleichzeitig Verkauf von Jungfisch reichen.

Die einzelnen Fragen sind dabei folgende (Ansätze in der Untergliederung):

1. Wer sind potentielle Abnehmer:
 - a. Binnenfischer
 - b. Fischfleischverwerter (Nahrungsmittelproduzenten)
 - c. Kraftwerksbetreiber (wg. Abwärme)
2. Was sind marktübliche Preise?
3. Wer sind die Konkurrenten?
4. Was für Anforderungen müsste eine solche Anlage erfüllen:
 - a. Leichte Bedienbarkeit
 - b. Hoher Automatisierungsgrad
 - c. Zertifizierung (Umweltsiegel o.ä.)
5. Welche Fischarten werden bevorzugt (Süßwasserfische, Speisefisch)
6. Welchen Aufzuchtswert sollte die Anlage entsprechen (Jungfische, Aufzucht bis zur Schlachtung etc.)?
7. Welche Leistungen müsste der Anbieter noch erbringen?
 - a. Finanzierungs- bzw. Leasingmodell
 - b. Beratungen / Schulungen, Wartung

Zur Beantwortung der Fragen wurden Ansprechpartner aus dem Kreis der potentiellen Kunden identifiziert und angesprochen. Es wurde eine Klärung der o.g. Punkte im Gespräch gesucht.

3. Technologie

Das Alfred-Wegener-Institut Bremerhaven (AWI) bzw. das Institut für marine Ressourcen (imare) haben mit mehreren Projektpartnern im Verbundprojekt „Aqualnno“ eine sog. Teich-in-Teich-Anlage für die Fischzucht entwickelt. Diese ist modular aufgebaut, kann daher günstig skaliert und an örtliche Verhältnisse angepasst werden. Des Weiteren kann sie biologisch neutral arbeiten, d.h., dass keine öko-bilanziellen Nachteile aus dem Betrieb der Anlage entstehen (Verunreinigungen, Krankheiten etc.). Durch den hohen Automatisierungsgrad kann die Anlage ohne größeren Einsatz an Arbeitskräften betrieben werden.

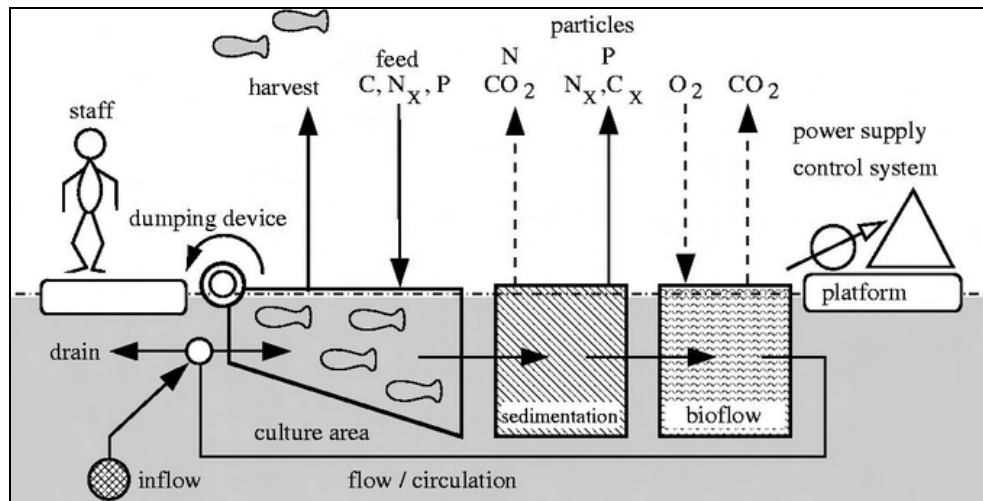


Abbildung 1: Schematischer Aufbau Teich-in-Teich Anlage (IMARE, 2009)

Die Komplexität der Anlage besteht nicht in den technischen Komponenten, sondern vielmehr in der Ausgestaltung des (künstlichen) Lebensraums für die Zuchtfische (Abbildung 1). Jede Fischart besitzt Eigenheiten, die bei der künstlichen Aufzucht beachtet werden müssen.

Gegenstand des Projekts ist vornehmlich die Erforschung der Regelung und Steuerung der Zuchtprozesse und der Lebensbedingungen, die Verhinderung von organischen Ablagerungen (Futter, Exkrememente, etc.) sowie die Einsetzbarkeit in verschiedenen Umgebungen wie Salzwasser oder Off-Shore (Wellenanfälligkeit).



Abbildung 2: Prototyp Teich-in-Teich-Anlage (AWI, 2009)

Derzeitiger Stand der Dinge ist ein funktionsfähiger Prototyp (Abbildung 2). Dessen Konfiguration ist derzeit:

- Einsatz in stehenden Gewässern, Süßwasser
- kein Indoor-Betrieb
- Noch keine Nutzung von Abwärme (Kraftwerke, Industrieanlagen etc.)
- Fischzucht (möglich, beherrschbar): Wels, Zander (u.U. Karpfen)

4. Konkurrenzsysteme

Als direkte Konkurrenten wurden im Rahmen der Recherche Teich-in-Teich-Anlagen angesehen.

4.1 Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow

Projekte des Instituts

Im Jahresbericht 2004¹ des Instituts wird über ein Projekt berichtet, dass die Erprobung eines Teich-in-Teich-Systems beinhaltet. Der Leiter dieses Projekts ist Dr. F. Rümmler; das Projektende wurde auf 2008 angesetzt. Der Name des Projekts lautet „Erprobung der Kombination Intensivaufzucht-Standteich unter den Bedingungen Brandenburgs (Teich-in-Teich)“. Zur Begründung des Projekts wird gesagt, dass die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen von der Binnenfischerei erfordern, flexibel auf die Anforderungen des Marktes zu reagieren und die vorhandenen Ressourcen effektiv einzusetzen. Dabei muss auch dem Schutz und dem Erhalt der natürlichen Umwelt große Aufmerksamkeit gewidmet werden. Weiterhin wird gesagt, dass im Ausland seit einigen Jahren der sog. Teich-in-Teich-Technologie Beachtung geschenkt wird, welche in sinnvoller Weise eine intensive Fisch- Produktion mit den Selbstreinigungskräften von Teichen koppelt. Im vorliegenden Projekt sollen innerhalb eines Zeitraumes von 5 Jahren die wichtigsten Fragestellungen bezüglich der Gestaltung, Anwendbarkeit unter Produktionsbedingungen, Wirtschaftlichkeit und Umweltauswirkungen näher untersucht werden.

Im vorläufig letzten publizierten Jahresbericht aus dem Jahr 2006² wird das Projekt noch einmal erwähnt. Die Zielsetzung wird nun so beschrieben:

„Teich-in-Teich ist ein neues Verfahrensprinzip, mit dem eine intensive kormorangeschützte Aufzucht gut konditionierter zweisömrigiger Satzkarpfen sowie alternativer Fischarten unter natürlichen sommerlichen Temperaturbedingungen durchgeführt werden soll. Durch die Ausnutzung des hohen Selbstreinigungsvermögens der Standteiche sollen die Emissionen in die Vorflut minimiert werden. Hauptdurchführender des Projektes ist die Spreewaldfisch Verarbeitungs- und Vermarktungsgesellschaft mbH. Das IfB nimmt die wissenschaftliche Begleitung der Erarbeitung und Erprobung der neuen Anlagengestaltung und Technologie vor.“

Eine spätere Erwähnung des Projekts ist nicht zu finden.

¹ Jahresbericht des Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow: <http://www.ifb-potsdam.de/aktuelles/ifb-jahresbericht2004.pdf>

² Jahresbericht des Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow: <http://www.ifb-potsdam.de/aktuelles/band21.pdf>

Studie des Instituts

In einer Studie³, die unter anderem von Dr. Rümmler vom Institut für Binnenfischerei durchgeführt wurde, ist die kombinierte Satzkarpfen-Edelfischaufzucht in geschlossenen Kreislaufanlagen untersucht worden. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass sich für eine intensive, kormorangeschützte Satzkarpfenerzeugung unter Warmwasserbedingungen in Sachsen nur die Nutzung der Kühlwasser von zwei Braunkohlekraftwerken und die Teich-in-Teich-Technologie anbieten. Hier besteht die Möglichkeit, eine rentable Satzkarpfenerzeugung zu erreichen. Es wird empfohlen, dass sich Sachsen auf die Forschung im Bereich der Teich-in-Teich-Anlagen konzentrieren soll, die Forschung steckt hier jedoch noch „in den Kinderschuhen“.

Vergleichbarkeit

In der oben erwähnten Studie werden Anlagen untersucht, in denen der Abbau der Stoffwechselprodukte der Fische sowie die Wasserhaltung (Pumpensumpf) und Wassertemperierung durch den Teich gewährleistet werden. Besonders betont wird im Zusammenhang mit der Anlage immer wieder der Schutz gegen Kormorane.

4.2 Peitzer Edelfisch GmbH

Die Peitzer Edelfisch GmbH benutzt seit dem Jahr 2004 schon eine Teich-in-Teich Anlage in den Teichen von Petkamsberg bei Lübben (Dahme-Spreewald). Der Betrieb der Anlage wurde sogar mit EU-Mitteln gefördert⁴. Geschäftsführer Wilfried Donath: "Mit 'Teich-in-Teich' haben wir die einmalige Chance, Ökologie und Ökonomie unter einen Hut zu bringen und mehr Fische in mehr Arten zu produzieren."⁵

Der Vorteil der Anlage besteht darin, dass verschiedene Fischarten in einem Teich aufgezogen werden können und ein besserer Schutz vor dem Kormoran besteht.

Laut Markus Lichtenecker, Geschäftsführer der TFA-Themar Fischzucht GmbH wurde die eingesetzte Anlage von Dr. Rümmler in Zusammenarbeit mit der Peitzer Edelfisch GmbH entwickelt (siehe Gesprächsprotokoll).

4.3 Weitere Hersteller

Komplettsysteme

Bisher wurde nur eine Firma gefunden, die vergleichbare Outdooranlagen verkauft. Die Firma Aquasys, die jetzt zu der Agintec GmbH gehört, bezeichnet eine ihrer Anlagen sogar als „Teich-

³ Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft Heft 13/2006: <http://hsss.slub-dresden.de/documents/1163070084723-6249/1163070084723-6249.pdf>

⁴ boot.de archiv: http://www.boot.de/cipp/md_boot/custom/pub/content,lang,1/oid,13762/ticket,g_u_e_s_t

⁵ Märkische Oderzeitung: <http://www.moz.de/index.php/Moz/Article/id/82723>

in-Teich“ System. Durch den Einsatz der Anlage wird der umliegende Wasserkörper nicht belastet, außerdem schützt das System vor Fischreihern und anderen Feinden.

Marktübersicht Komplettsysteme zur Fischzucht					 Key Technology Ventures
Unternehmen	Produkt	Preis	Vergleichbarkeit	Kontakt	Website
AGINTEC GmbH, Rheinberg-Orsoyberg	Aufzuchtssystem A2 und "Teich-im-Teich" Outdoor System	ab 8500 EUR, zzgl. Fütterungsroboter etc. Leasing möglich	Maße: 3x1x1,5 Meter; dezentrale Klärtechnik, geeignet für sämtliche Wasserlebewesen, verschiedene Wasseraufbereitungsverfahren, Wärmetausch, Sauerstoffzufuhr, Fütterungsroboter, Regel- und Meßsystem muss dazu gekauft werden	02844-9009893	http://www.aquasys.org/

Kreislaufanlagen

Ein Großteil der bisher verfügbaren Systeme zur Fischzucht sind Indoor-Anlagen auf Kreislaufbasis. Diese trugen im Jahr 2007 schon mit ca. 2% zum Gesamtaufkommen an Fischen aus der Binnenfischerei bei.⁶

Zu den größeren Herstellern gehört die United Food Engineering GmbH aus Deutschland, die 2007 bei einem Umsatz mit Aquakulturanlagen von ca. 12 Mio Euro einen Gewinn von 2,2 Mio Euro erwirtschaften konnte.⁷ Außerdem gehört dazu die Big Dutchman International GmbH aus den Niederlanden, eine Firma die auch Zuchtanlagen für andere Tiere wie Geflügel und Schweine herstellt. Der Umsatz der gesamten Firma betrug im Jahr 2008 470 Mio. Euro.

⁶ Jahresbericht der Binnenfischerei 2007, Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow

⁷ Jahresbericht 2007 der United Food Technologies AG:

http://www.uftag.de/fileadmin/uftag/files/Kurzinfo_Aktionaere_HV_2008.pdf

5. Nutzung der Abwärme von Kraftwerken zur Fischzucht

5.1 Marktsituation

In Deutschland wird nur in einem einzigen Großkraftwerk die Abwärme zur Fischzucht in einem Kreislaufsystem genutzt (Stand 2002). Die Fischzucht Jänschwalde GmbH nutzt die Abwärme des örtlichen Kohlekraftwerks schon seit DDR-Zeiten zur Fischzucht und arbeitet rentabel.

In Deutschland sind die Fischer von Jänschwalde zurzeit die einzigen, die im Kühlkreislauf eines Stromerzeugers Nutztiere züchten. Die Fischzucht Jänschwalde GmbH schreibt dagegen seit ihrer Gründung schwarze Zahlen. Eine halbe Million Euro mussten die Gesellschafter in die neuen Zuchtbecken investieren. Heute machen sie mit drei festen Mitarbeitern eine Million Euro Umsatz.

Ansonsten konnte sich das Konzept nicht durchsetzen. Auch im Westen wurde in Kraftwerken mit Warmwasserr Fischzucht experimentiert. Der Stromriese RWE hielt sich am Braunkohlestandort Niederaußem seit Mitte der achtziger Jahre aus Imagegründen Welse und japanische Koi-Karpfen. Vor zwei Jahren wurde das Experiment eingestellt. Mangels Rentabilität war die Zucht nicht zu halten⁸.

Anders stellt sich die Situation bei Bioenergiekraftwerken dar. Die Abwärme aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen kann in Aquakultur-Kreislaufanlagen genutzt werden für die Erwärmung des zugeführten Frischwassers in den Becken und der Halle zugeführten Frischluft.⁹

5.2 Technischer Hintergrund

Die Abwärme von Kraftwerken wird, wenn sie nicht einer anderen Nutzung wie Fernwärme zugeführt werden kann, in Gewässer abgegeben. Da viele Fische eine höhere Temperatur benötigen als sie in Deutschland selbst im Sommer vorkommt, kann die Abwärme von Kraftwerken zur Erwärmung von Zuchtbecken verwendet werden. Implizit ist damit die Verwendung in so genannten Kreislaufsystemen mit abgedeckten Zuchtbehältern gemeint, da nur dadurch eine effiziente Nutzung der Wärmeenergie gewährleistet werden kann.

Probleme bei der Kombination Abwärme-Fischzuchtanlagen

Hinderungsgründe für den Einsatz von Fischzuchtanlagen in Großkraftwerken sind:

- Überhitzung des Wassers, wenn Kraftwerke hochgefahren werden
- Verschmutzung des Kühlkreislaufs durch Exkrememente oder (zuviel) Futter

⁸ RWE-Rheinbraun-Pressesprecher Guido Steffen, 27.01.2009

⁹ Thomas Ramge, Von Karpfen und Kohle: Clevere Fischzüchter nutzen die Abwärme eines Kohlekraftwerks. 2002, <http://www.thomasramge.de/texte1/karpfen1.html>

5.3 Spezialfall Biokraftwerke

Die Biogasbranche und die Aquakultur könnten sich gut ergänzen, weil in der Fischfarm ganzjährig Wärmeenergie benötigt wird, der Frischschlamm, möglicherweise das gesamte Abwasser aus der Aquakultur in der Biogasanlage verwertet werden kann, die Infrastrukturen der Biogasanlage und der Fischfarm sich ergänzen könnten und in der Regel landwirtschaftliche Betriebe, die sich auch mit der Tierhaltung auskennen, Biogasanlagen betreiben.

Biogaserzeuger sehen in der Fischzucht zurecht eine Option, um den **Kraft-Wärme-Kopplung-Bonus**¹⁰ (mit geschlossenen Teichen) zu erhalten und die Rentabilität ihrer Anlagen zu erhöhen.

Eine sehr detaillierte Beschreibung Kombination von Biokraftwerken und Fischzucht lässt sich in folgendem Dokument auf den Seiten 35 – 43 finden: <http://www.nachwachsende-rohstoffe.de/cms35/fileadmin/fnr/pdf/Handbuch.pdf>

5.4 Geeignete Fischarten

Wenn Abwärme genutzt werden soll, empfiehlt es sich, Warmwasserfische zu produzieren, die eine Wassertemperatur von 20° bis 26°C akzeptieren (z. B. Karpfen, Aale, Zander, Welse, Baramundi, Tilapia, Clarias (afrikanischer Wels) oder Streifenbarsch).¹¹

Im Fall des Karpfens ist eine enorme Beschleunigung der Zucht möglich. Ein Karpfen braucht drei Sommer, also insgesamt mehr als drei Jahre, bis er zum 1,5 bis 2 Kilo schweren Speisefisch herangewachsen ist. Die Fischer im Kraftwerk „tricksen“ die Natur aus. Den ersten Sommer leben ihre Tiere in Teichen und wachsen auf 30 Gramm heran. Den Winter verbringen die Fische im Kraftwerk und werden 300 Gramm schwer. Im Frühsommer wandern sie wieder in die Teiche, wo sie im Herbst mit Idealgewicht gefischt und vermarktet werden. Das macht 18 Monate Zuchtzeit – die Hälfte der normalen Periode.¹²

5.5 Befragung

Fossil-thermische Kraftwerke

Die fossil thermischen Kraftwerke werden in der Mehrzahl von den großen Energiegesellschaften wie E.ON, ENBW, evonik, RWE und Vattenfall betrieben. Daneben gibt es noch einige kleine Betreibergesellschaften und Stadtwerke.

¹⁰

http://www.bmu.de/klimaschutzinitiative/nationale_klimaschutzinitiative/impulsprogramm_mini_kwk_anlagen/doc/41793.php

¹¹ Pressemitteilung von: Fischtechnik International Engineering GmbH (FTIE), 2009, <http://www.openpr.de/news/273246/Biogas-und-Fischzucht-das-passt-Fischtechnik-Geschaefsfuehrer-Dr-Gerd-Uwe-Meylahn-im-Interview-mit-joule.html>

¹² Thomas Ramge, Von Karpfen und Kohle: Clevere Fischzüchter nutzen die Abwärme eines Kohlekraftwerks. 2002, <http://www.thomasramge.de/texte1/karpfen1.html>

Bei der Energieerzeugung entsteht Abwärme, zumeist in der Form von Kühlwasser, das beim Austritt eine Temperatur von ca. 30° C aufweist. Höher temperiertes Wasser wird zumeist schon als Fernwärme verkauft. Das eigentliche Abwasser wird meistens ungenutzt in Gewässer abgegeben, wobei die Temperatur genau geregelt ist, um den bestehenden Fischbestand nicht zu gefährden. Herr Lang von der RWE Power AG meint sogar „das die Abwärme keiner haben will“.

Die meisten Betreiber haben kein Interesse daran, selbst eine Fischzuchtanlage zu betreiben, Herr Nietschmann, Abteilungsleiter der Energietechnik im Kraftwerksbereich der Evonik Steag GmbH gibt den allgemeinen Tenor der Betreiber mit seiner Aussage „Wir sind Kraftwerksbetreiber und keine Fischzüchter“ sehr gut wieder.

Gegen einen externen Betreiber, der die Abwärme zum Betrieb einer Fischzuchtanlage nutzen will, spricht grundsätzlich jedoch nichts. Es wurde teilweise auf kleinere Probleme hingewiesen, das Abwasser der Evonik ist z.B. teilweise stark salzhaltig, außerdem gibt es kaum freie Flächen in der Nähe des Kraftwerks.

Bei RWE gab es in der Vergangenheit sogar schon erfolgreiche Versuche mit Fischzuchtanlagen, die durch Abwärme betrieben wurden. Dabei wurden unter anderem Lachs, Stör, Wels und Aal erfolgreich gezüchtet, die Versuche wurden allerdings wieder eingestellt, da es laut Herrn Lang nicht zu den Kernkompetenzen eines Energieunternehmens zählt.

Biomasse-Kraftwerke

In Deutschland werden Biomassekraftwerke durch staatliche Beihilfen gefördert. Eine große Rolle dabei spielt ein Bonus für die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung in den Kraftwerken. Das bedeutet, je mehr entstehende Wärme genutzt wird, desto größer ist die Förderung. Die Wirkungsgrade der verschiedenen Kraftwerkstypen sind dabei unterschiedlich, bei Müllheizkraftwerken wird z.B. ein Großteil der erzeugten Wärme als Fernwärme verkauft. In manchen Kraftwerken wird die Wärme auch dazu genutzt, den Heizkessel vorzuwärmen, oder es werden verschiedene Agraranlagen damit betrieben.

Trotzdem entsteht bei den meisten Kraftwerken auch ungenutzte Abwärme, die zum Betrieb einer Fischzuchtanlage eingesetzt werden könnte. Viele Kraftwerksbetreiber sind sogar auf der Suche nach Möglichkeiten der Nutzung, um an die Fördergelder zu gelangen. Laut Herrn Ratzewitz von der Müllverwertung Borsigstraße GmbH wäre es dem Betreiber sogar „nicht ganz unlieb, einen Abnehmer für die Abwärme zu finden“. Die Förderung gibt es allerdings nur für geschlossene (überdachte) Anlagen.

Es gibt auch schon verschiedene Ansätze, mit Abwärme Fischzucht zu betreiben, beispielsweise im Kraftwerk der Firma infratec3 AG in Demmin, wo die Firma Caviar Creator eine Anlage zur Zucht von Stören betreibt. Den Betrieb durch die Kraftwerksgesellschaft selbst konnte sich keine der befragten Personen vorstellen, gegen einen externen Betreiber spricht in den meisten Fällen jedoch nichts. Bei der enviaTHERM GmbH wurden schon Projektvorschläge zur Fischzucht geprüft, diese waren allerdings nicht ausgereift genug. Die genannten Gründe gegen einen externen Betrieb sind alle kraftwerksspezifisch, z.B. Platzmangel oder Schwankungen bei den Temperaturen des Abwassers und sprechen nicht allgemein gegen den Betrieb einer Anlage.

Kernkraftwerke

In Deutschland sind derzeit noch 17 Kernkraftwerke in Betrieb. Diese gehören alle den Betreibern E.ON, ENBW, Vattenfall und RWE. Nach heutigem Stand der Politik wird das letzte Kraftwerk im Jahr 2021 abgeschaltet, ab 2016 werden nur noch 7 Kraftwerke in Betrieb sein.

Auskünfte bezüglich des Betriebs einer Fischzuchtanlage sind bei den Betreibern einzuholen, von denen E.ON und Vattenfall auf Anfragen jedoch nicht reagiert haben. Bei RWE gab es, wie oben erwähnt schon Projekte mit Fischzuchtanlagen, derzeit sind keine weiteren geplant, bei der ENBW ist ebenso nichts in Planung.

Die Abwärme wird bisher nach Aussagen der Kraftwerke selbst größtenteils ungenutzt in Gewässer oder in die Atmosphäre abgegeben. Im KKW Grundremmingen wurde den umliegenden Gemeinden schon beim Bau die Nutzung der Abwärme angeboten, der externe Betrieb von Fischzuchtanlagen sollte demnach von Seiten der Betreiber kein Problem darstellen.

5.6 Referenzanlagen

1	Aalfarm Demmin	Fischcoo	Demmin, Deutschland			300t/a Aal, 400 t/a Barschartige
2	Aalfarm Meyer		Oldenburger Straße 6, 49881 Nikolausdorf	Tel.: 04474-947990, Fax: 04474-932688	Aal	
3	Aalfarm Voldagsen	Prof. Dr. J. Rimpau	Domäne 1, 37574 Einbeck-Voldagsen, Deutschland	Tel.: 05565 / 230 Fax: 05565 / 911104	Aal, Flussbarsch	75t/a
4	Aalfarm Wittenberg	Fischkultur	Deutschland		Aal, optional Tilapia, Zander, Stör, Wels, Karpfen	100t/a (Aal), 150 t/a (Buntbarsch)
5	Aalhof Götting		Cloppenburg-Bethen, Bether Dorfstraße 41	Tel: 04471/3921 Fax: 04471/3837	Aal	
6	Ahrenhorster Edelfisch GmbH & Co. KG		Badbergen-Vehs, Deutschland	Tel.: 0 5433 / 902170	Waller	150t/a
7	Albe Fischfarm	Albe Fischfarm GmbH & Co. KG	Haaren-Rutenbrock	Tel: 05934 / 7120 Fax: 059347190	Aal	250 t/a
8	DESIETRA GmbH	United Food Technologies (UFT)	Fulda, Deutschland	Tel.: 0661 / 92813-0 Fax: 0661 / 92813-20	Aufzucht von Stören, Kaviar	180t/a (Stör), 3 t/a(Kaviar)
9	Holsten Stör	Holsten Stör Fischzucht BmbH & Co KG	Schönkirchener Str. 78, 24149 Kiel, Deutschland	Tel.: 0431 / 2000 868 Fax: 0431 / 2000 857	sibirischer Stör	
10	Institut Fischerei Born	Landesforschungsanstalt f. Landwirtschaft u. Fischerei	Südstraße 10, 18375 Born, Deutschland	Tel.: 038234 / 297 Fax: 038234 / 298		
11	Institut Tierphysiologie Göttingen	Institut f. Tierzucht und Haustiergenetik, Abt. Aquakultur	Göttingen, Deutschland		Tilapien, Afrikanische Welse	keine Zucht, nur Haltung
12	Kreislaufanlage Voldagsen	Caviar Creator	Einbeck, Deutschland	Caviar-Creator-Platz 1-2, 17109 Demmin	Aufzucht von Stören	
13	Steinbuttfarm Büsum	Ecomares	Helgolandkai, 25761 Büsum, Deutschland	Tel: 04834 / 960566 Fax: 04834 / 080564	Steinbutt, Wolfsbarsch, japanische Flunder, Dorade, Dorsch	100 t/a Steinbutt, 150 t/a Wolfsbarsch
14	Störfarm Demmin	Caviar Creator	Deutschland	Caviar-Creator-Platz 1-2, 17109 Demmin	Stör	Kaviar:11t/a, 33t/a, Fisch:400t/a
15	Strande	Ecomares MariFarm GmbH, Gerrit Quantz	Strande, Deutschland	info@ecomares.com	Fische und Shrimps	Forschungs- und Entwicklungsstation
16	Teilkreislaufanlage Jänschwalde	Fischzucht Jänschwalde GmbH, Herr Michaelis,	Peitz, Deutschland		Karpfen, Teilkreislauf	500t/a
17	Warmwassersatz-fischanlage Waren	Günther Ziebart	Waren / Müritzt, Deutschland		diverse	2 Mio. Satzfish
18	Westerwälder Fischzucht Theo und Wolfram Stähler	Stähler GmbH	Mühlendorf, Hadamar-Niederzeuzheim, Deutschland	Tel.: 034364 / 8000 Fax: 034364 / 80099	Stör, Wels, Aal, Tilapia u.a.	100t/a insgesamt in der BRD
19	BlueBioTech GmbH	BlueBioTech International GmbH	Langeloh 65, 25337 Elmshorn	Tel: +49(0)4121-262 36-0, Fax: +49(0)4121-262 36-26, Email:	Mikroalgenkonzentrate	

Abbildung 3: Referenzprojekte, bei denen Fischzuchtanlagen mit Abwärme betrieben werden (Februar 2007, Bremer Energie Institut)

6. Potentielle Kunden und Marktsegmente

6.1 Situation in Deutschland

In Deutschland hat der Eigentümer eines Gewässers im Regelfall auch das **Fischereirecht**, d.h. er darf es befischen und beangeln. Wird das Gewässer einem **Pächter** überlassen, so geht auch das Fischereirecht auf diesen über.

Die freien Gewässer in Deutschland gehören meistens dem Staat, seltener sind sie Privateigentum. Im Regelfall sind die Staatsgewässer gepachtet. Die meisten Pächter sind Fischer- und Anglervereine, die in dieser Funktion automatisch die **Hegepflicht** hinsichtlich der Gewässer übernehmen. Das heißt, sie sind zuständig für den Erhalt des Fischbestandes im Gewässer.

Wenn auf künstlichem Wege für den Erhalt des Fischbestandes gesorgt werden muss, dann wird der Jungfisch entweder selbst gezüchtet, oder man kauft die sogenannten Setzlinge von Zuchtbetrieben, um sie in eigenen (selbst gepachteten) Gewässern freizusetzen. Letzteres ist der Regelfall.¹³

Von Land zu Land unterscheidet sich die Gesetzgebung bezüglich des Fischereirechtes. In BW ist es z.B. üblich, dass Berufsfischer vom Pächter eines freien Gewässers (z.B. ein Fischerverein) zwar das Fischereirecht bekommen, ohne jedoch die Hegepflicht zu übernehmen. In diesem Fall ist es weiterhin der Verein, der sich um den Erhalt des Bestandes kümmert. Es soll in BW kaum Fischereibetriebe geben, die selbst Pächter sind¹⁴, in sonstigen Teilen Deutschlands kommt es aber vor, dass ein Fischereibetrieb pachtet und somit selbst der Hegepflicht nachkommt.¹⁵

Das **Eintauchen von Anlagen** in freie Gewässer ist eine Aktion, die von Land zu Land unterschiedlichen gesetzlichen Regelungen unterworfen ist. Im Allgemeinen kann man erwarten, dass die Genehmigungen hierfür nur mit Mühe zu bekommen sind – so die bisherigen Einsichten aus den Befragungen. Außerdem ist die Behörde, die solche Genehmigungen erteilt, von Land zu Land eine andere. Falls sich bei der Recherche herausstellen sollte, dass die hegepflichtigen Fischerei- und Anglervereine Interesse daran hätten, diese Teich-in-Teich Anlage direkt im gepachteten öffentlichen Gewässer einzusetzen (etwa alternativ zum Kauf von Satzfish oder zur Zucht in sonstigen eigenen Brutstätten), so kann man genauer recherchieren, wie schwierig solch ein Einsatz aus gesetzlichem Standpunkt ist.

Außer den Betrieben, die Fischzucht als Kerngeschäft angeben, haben sich als potentiell interessante Ansprechpartner folgende Kategorien herauskristallisiert. Mit diesen Kategorien errei-

¹³ Dies gaben drei der Befragten aus dem Bereich „Behörden und NGOs“ an, jeweils aus Baden-Württemberg, Bayern und einem deutschlandweit aktiven Fischereiverband.

¹⁴ s. Gespräch mit Herrn Strubelt, vom *Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg*

¹⁵ s. Gespräch mit Herrn Blohm, vom *Landesfischereiverband Bayern*

chen wir in ausreichendem Umfang die Träger der Hegepflicht für freie Gewässer, die einen Bedarf an Satzfish haben und ihn möglicherweise mit Einsatz einer derartigen Anlage decken würden.

6.2 Fischzucht- und Fischereibetriebe

Fischzuchtbetriebe haben die Fischzucht und -verkauf als Kerngeschäft. Sind nicht unbedingt automatisch „Fischereibetriebe“, z.B. wenn sie stark automatisierte Anlagen benutzen, so dass kein traditionelles Fischen notwendig ist.

Fischereibetriebe fischen erwerbsmäßig auf fremden oder selbst betriebenen Gewässern. Diese Berufsfischer sind dabei oftmals Pächter der befischten Gewässer und somit auch hegepflichtig. Eine Zucht von Fischen könnte für Sie aus zweierlei Gründen interessant sein: a) zur Nachzucht von Setzlingen für die Hege der Fischbestände und b) zur Zucht von Fischen für den Verkauf.

6.3 Angelparks, Angelbetriebe sowie Fischer- und Angelvereine

Diese Einrichtungen bieten Sportanglern die Möglichkeit, in den betriebenen Gewässern zu angeln. Sie können auf künstlich geschaffenen Teichen betrieben werden, oder auf offenen Gewässern, die sich dann entweder direkt im Besitz des Betreibers befinden, oder von diesem gepachtet wurden.

Unter dieser Kategorie findet man auch Angler- und Fischervereine, die nicht nur ihren eigenen Mitgliedern, sondern auch externen Sportanglern als Kunden die Möglichkeit zum Angeln bieten. Als Pächter der Gewässer sind diese Vereine dann hegepflichtig. Sie organisieren die Sportangler Deutschlands und vertreten deren Interessen, wie auch die Interessen der Berufsfischer. Sie sind Pächter der meisten öffentlichen Gewässer und somit für diese hegepflichtig.

6.4 Genossenschaften von Berufsfischern

Manchmal werden große Gewässer von mehreren Berufsfischern genutzt. Eine Genossenschaft ist dann Pächter des Gewässers und somit hegepflichtig.

Berufsfischer, welche sich nicht selbst um den Erhalt des Fischbesatzes kümmern, werden durch diese Kategorie indirekt auch für die Recherche erfasst.

7. Konkrete Informationen aus den Interviews

7.1 Fischzucht- und Fischereibetriebe

Bei den Gesprächen mit dieser potentiellen Kundengruppe kamen die meisten positiven Resonanzen auf die Vorstellung der Anlage. Dennoch hat sich hinsichtlich der Nachfragemenge und der Preisbereitschaft ein tendenziell uneinheitliches Bild ergeben. Aus diesem Grund kann derzeit keine verlässliche Abschätzung der Nachfragemenge, der Wiederkaufsrate sowie des Preises vorgenommen werden. Dieses sollte jedoch möglich sein, wenn konkrete Spezifikationen der Anlage vorliegen.

Die Kernaussagen der angesprochenen potentiellen Kunden finden sich im folgenden wider:

- Karpfenzüchter dürften am ehesten interessiert daran sein, diese Anlage zu nutzen (Stephan Hofer, Hofer Forellen; Uwe Ringpfeil, Teichwirtschaft Uwe Ringpfeil)
- Die Kosten einer Forellenzuchtanlage für 1 - 2,8 Meter tiefe und insgesamt auf 2 - 3 Hektar ausgedehnte Teiche bewegen sich im Hunderttausender-Bereich.
- Für die Forellenzucht, die erst in Brutstätten (bis Setzlinge, ~80g), dann in Teichen mit permanentem Frischwasser stattfindet (sofern keine Fließanlagen verwendet werden), müsste die Anlage einerseits niedrige Temperaturen, hohen Sauerstoff und niedrigen CO₂-Gehalt geben können, und andererseits – um als Ersatz für das oben beschriebene Zuchtmodell wirtschaftlich zu sein – müsste sie vom Besatz her zu mehr als 15 kg / m³ fähig sein.
- Da einige Zuchtteiche für Forellen oder für Karpfen nur einen Meter tief sind, ist die Tiefe der Anlage ein wichtiger Punkt.
- Für kleinere Betriebe ist es von Interesse, dass die Anlage automatisiert funktioniert, da mglw. wenige Arbeitskräfte vorhanden sind (s. Gespräch mit Meißel). Für einen größeren Betrieb (s. Gespräch mit Moritzburg) wäre es interessant, eine große und nicht viele kleine Anlagen zu benutzen, um den Betrieb einfach und überschaubar zu halten.
- Für einen Fischzuchtbetreiber mit geschlossenen Anlagen macht es wenig Sinn, die Produktion mit Zucht in freien Teichen zu erweitern, da die Zucht im Freien viele Nachteile mit sich bringt. (S. Gespräch Dr. Ballies)
- Dr. Ballies arbeitet selbst an Entwicklungen für die In-House-Zucht weiterer Fischarten, Details wollte er nicht nennen.
- Eine andere konkurrierende Entwicklung stammt aus dem Potsdam-Sacrow Institut für Binnenfischerei. Siehe Gespräch mit TFA Themar Fischzucht.
- Ein Fischzüchter (Fischzucht Riegger) zeigte reges Interesse. Er gab an, dass die Anlage sinnvollerweise eine Produktionskapazität von 3 Tonnen im Jahr haben sollte, zumindest im Falle des Karpfens. Schleien, Rotaugen und Rotfedern würde er auch gern mit solch einer Anlage züchten.

7.2 Angelbetriebe, Fischer- und Anglervereine

Bei den befragten Betrieben zeigte sich bisher kein sonderlich hohes Interesse an der Anlage, was allerdings bei 1/3 der befragten Betriebe daran lag, dass die Fische nicht selbst gezüchtet werden. Ein anderer Grund war, dass der Betreiber des Betriebs vom ökologischen Sinn der Anlage nicht überzeugt war, da er meint, dass das Futter trotzdem noch aus tierischem Eiweiß gewonnen werden muss. Ein anderer Betreiber gab an, dass sein See so klein wäre, dass sich die Angeln wahrscheinlich in der Anlage verfangen würden.

Bisher war nur ein Betreiber grundsätzlich interessiert, er benötigt aber noch weitere Informationen über die Anlage, z.B. die möglichen Produktionsmengen und den Preis.

Die Befragung benötigt mehr Zeit, da die meisten Vereine nicht sonderlich gut zu erreichen sind. Es ist jedoch zu vermuten, dass diese keinen Eigenbetrieb einer derartigen Anlage finanzieren können. Dies kann anhand der Größe und der damit zusammenhängenden Finanzstärke der Vereine vermutet werden. Außerdem zeigt sich bereits durch die schwere Erreichbarkeit, dass offensichtlich kein Personal zeitlich verfügbar ist, das die Anlage fachmännisch und zeitlich erforderlich betreuen könnte.

7.3 Genossenschaften von Berufsfischern

Die Befragung ergab schon bei den ersten vier Gesprächspartnern, dass kein Interesse an der Anlage besteht. Die Genossenschaften scheinen konservativ eingestellt zu sein, was auch dadurch zu erklären ist, dass sie mit ihrer Tätigkeit keinen Umsatz machen. Die meisten verwalten die Gewässer lediglich und bekommen ein festes jährliches Budget, welches sie für Besatzmaßnahmen einsetzen. Investitionen in Zuchtanlagen sind somit wenig attraktiv. „Das passt einfach nicht zu uns“ – Herr Lex, Fischereigenossenschaft Chiemsee.

Im Falle des Bodensees, wo schon eigene Brutstätten von der Besatzkommission eingesetzt werden, sind die Anlagen perfekt auf den Bedarf des Sees abgeschnitten. Da möchte man in nichts Neues investieren.

Am Steinhuder Meer wird Aal als Satzfish eingekauft. „Wenn Sie es schaffen, mit so einer Anlage Aal zu züchten, dann brauchen Sie Ihr Leben lang nicht mehr arbeiten“ – Herr Hodan, Fischereiverein Steinhuder Meer.

8. Konkrete Interessenten

- Einer der Fischzüchter zeigte reges Interesse (Fischzucht Riegger). Er gab an, dass die Anlage eine Produktionskapazität von 3 Tonnen im Jahr haben sollte, zumindest im Falle des Karpfens. Schleien, Rotaugen und Rotfedern würde er auch gerne mit solch einer Anlage züchten.

Kontakt:

Fischzucht Riegger
Im Filmersbach 50
77955 Ettenheim
Tel. 07822/ 5235
Fax. 07822/ 30568
Email: fischzucht-riegger@t-online.de
www.fischzucht-riegger.de

- Ein weiterer Fischzüchter (Herr Otto-Lübker, Ahrenhorster Edelfisch) zeigte reges Interesse und würde am liebsten schon in den nächsten vier Wochen die Anlage ausprobieren, um in diesem Jahr Wels-Laichfische damit zu züchten. Ein Schutzmechanismus gegen Diebstahl der Fische/Einbruch/Vandalismus wäre jedoch nützlich (s. auch Gespräch mit Dr. Ballies). Möglicherweise wäre ein Benachrichtigungsmechanismus auch sinnvoll, für den Fall eines Einbruchversuches.

Kontakt:

Ahrenhorster Edelfisch GmbH & Co. KG
Hermann Otto Lübker
Bornhagenweg 3
49635 Badbergen-Vehs
Tel. 05433/ 902170
Fax. 05433/ 902594
www.wallerzucht.de

- Ein Angelpark (Herr Bauholz, Angelpark Eicherscheid) zeigte großes Interesse, da er demnächst seinen Betrieb erweitern will. Er wünscht die Kontaktaufnahme, sobald die Anlage verkaufsfertig ist. Er benötigt ca. 100 000 kg Fisch jährlich.

Kontakt:

**Angelpark Eicherscheid
Nikolaus Bauholz**

**53902 Bad Münstereifel-Eicherscheid
Tel. 02253/ 8853
Email: nbauholz@angelpark-community.de
www.angelpark-eicherscheid.de**

- Die Fischerei Schröder zeigte ebenso Interesse. Teils um Satzfisch zu erzeugen, teils um die Speisefischnachfrage zu decken - weil die Ausbeute für Karpfen, Zander und Wels manchmal nicht ausreicht. Die Umweltzertifizierung und die Automatisierung waren Herrn Schröder besonders wichtig.

Kontakt:

**Fischerei Schröder
Wolfgang Schröder
Gahlberg 2
14715 Havelaue OT Strodehne
Tel. 033875/ 30737
Email: fischerei.schroeder@yahoo.de
www.fischerei-schroeder.de**

- Im Dehmel Fischerei- und Verarbeitungsbetrieb zeigte man Interesse, jedoch konnte sich Herr Dehmel nicht gut genug vorstellen, wie die Anlage funktionieren kann bzw. was er davon erwarten kann. Er möchte auf jeden Fall genauere Informationen bekommen. Der Einsatz soll konkret in Naturteichen stattfinden und die Zucht von Karpfen zwischen der Stufe K1 und K2 ermöglichen. Bisher wurde das wegen der Kormoranvögel nicht praktiziert. Die entstehenden Kosten, umgerechnet auf das Kilogramm K2-Karpfen, dürfen nicht höher als 3 EUR sein. Es bestand kein Interesse an Leasing. Herr Dehmel wollte gut genug informiert werden, um sich ggf. von Anfang an für den Kauf entscheiden zu können.

Kontakt:

Fischerei- und Verarbeitungsbetrieb Dehmel
Klaus Dieter Dehmel
Schillerstrasse 13b
19406 Dabel
Tel. 038485/ 201 46
Fax. 038485/ 256 66
www.fischdehmel.de

- Die Fischerei und Aalräucherei Hodann war daran interessiert, den Zander mit dieser Anlage zu züchten, sofern dies im Steinhuder Meer umsetzbar ist (siehe Gespräch mit Herrn Hodann).

Kontakt:

Fischerei und Aalräucherei Hodann GmbH

Alter Winkel 1
31515 Steinhude
Tel. 05033/ 8246
Fax. 05033/ 8964
www.hodann.de

9. Anhang

9.1 Protokolle - Angelbetriebe, Fischer- und Angelvereine

9.1.1 Gesprächsprotokoll - Börsteler Wald

Betreff: Einsatz der Anlage in Angelbetrieben
Datum: 03.02.2009
Dauer: 5 Minuten
Teilnehmer: Jan Gutzeit, Herr Meyer

Herr Meyer ist der Inhaber des Angelparks Börsteler Wald. Er züchtet die Fische für seinen Teich nicht selbst, da ihm letztes Jahr ein Großteil des Bestands eingegangen sei, weil die Wasserqualität abnimmt. Seitdem bezieht er sie von einem Großhändler. Er meinte, für die Anlage wäre sein Bedarf an Fischen sowieso zu gering.

Karlsruhe, 12.02.2009

9.1.2 Gesprächsprotokoll - Angelpark Eicherscheid

Betreff: Einsatz der Anlage in Angelbetrieben
Datum: 03.02.2009
Dauer: 20 Minuten
Teilnehmer: Jan Gutzeit, Herr Bauholz

Herr Bauholz ist der Inhaber des Angelparks Eicherscheid. Er zeigte ein großes Interesse an der Anlage und wünscht die Kontaktaufnahme, sobald die Anlage verkaufsfertig ist. Er plant, seinen Betrieb in ca. 1 Jahr zu erweitern und hat sich deshalb in letzter Zeit schon mit verschiedenen Anlagen beschäftigt.

Herr Bauholz kauft die Fische als Setzlinge und züchtet sie dann weiter bis zur Verwertung. Da er Schlosser gelernt hat, hat er sich bisher seine Anlagen selbst zusammengebaut, könnte sich aber auch vorstellen, diese Anlage einzusetzen, wenn es sich finanziell rechnet. Dazu sind aber weitere Angaben über die Anlage nötig, z.B. über die Produktionskapazität. Im Moment produziert der Angelpark ca. 100.000 kg Fisch jährlich, was nach eigenen Angaben ein kleiner Betrieb ist.

Bisher werden hauptsächlich Forellen gezüchtet, da die Züchtung am einfachsten sei, er könnte sich aber auch die Züchtung von Karpfen, Stören, Welsen oder Zander vorstellen, wenn die

Anlage die Zucht wirklich vereinfacht. Seiner Meinung nach ist allerdings nicht die Züchtung der schwierige Teil, sondern die Vermarktung der Fische.

Ein Problem ist seiner Meinung nach der Einsatz der Anlage im Winter, da die Erwärmung des Wassers in seinen Naturteichen teuer werden könnte. Da kommt es dann auch darauf an, wie die Anlage das genau macht. Er meinte, dass es sinnvoll wäre, die Anlage in der Nähe von Kraftwerken aufzubauen um die Wärme zu nutzen, bei ihm in der Eifel gibt es jedoch keines.

Ein wichtiger Punkt ist für ihn, dass der Kot nicht in den restlichen Teich gelangt, dies ist sogar gesetzlich verboten in NRW. Man könnte den Kot jedoch sehr gut als Dünger einsetzen.

Eine hohe Automatisierung ist erwünscht, leichte Bedienbarkeit natürlich auch, ist aber nicht so wichtig.

Ein Finanzierungs- oder Leasingmodell ist grundsätzlich von Interesse, dabei kommt es dann aber auf die tatsächlichen Umstände an, die Kosten der Anlage, bzw. wie viele Subventionen er bekommt.

Bei der Installation benötigt er kaum Hilfe, da er Schlosser war und somit Maschinen selbst zusammenbauen kann, auch die Wartung sei bei seinem Familienbetrieb kein Problem.

Karlsruhe, 12.02.2009

9.1.3 Gesprächsprotokoll - Angelpark Georgshausen

Betreff: Einsatz der Anlage in Angelbetrieben

Datum: 03.02.2009

Dauer: 2 Minuten

Teilnehmer: Jan Gutzeit, Frau Schulz

Frau Schulz ist die Besitzerin des Angelparks Georgshausen, der über einen Teich verfügt. Sie hat keine Verwendung für die Anlage, weil die Fische nur in den Teich eingesetzt werden und bald darauf geangelt werden, es findet keine Art von Zucht statt. Dabei müssen die Fische sogar nüchtern sein.

Karlsruhe, 12.02.2009

9.1.4 Gesprächsprotokoll – Angelpark Krumbachsmühle

Betreff: Einsatz der Anlage in Angelbetrieben
Datum: 03.02.2009
Dauer: 2 Minuten
Teilnehmer: Jan Gutzeit, Herr Breuch

Herr Breuch ist der Besitzer des Angelparks Krumbachsmühle. In dem Angelpark werden die Fische als Setzlinge gekauft und dann weitergezüchtet, bis zur Verwertung.

In seinem Betrieb besteht kein Interesse an solch einer Anlage, da dort nur kleine Seen vorhanden sind. Er meinte, er wisse schon jetzt, dass die (teilweise etwas älteren) Angler sich dann sofort mit ihren Angeln in der Anlage verfangen werden. Er meinte aber, dass es grundsätzlich eine gute Idee wäre, die Anlage zur Aufzucht von Setzlingen in einem abgetrennten Bereich einzusetzen.

Karlsruhe, 12.02.2009

9.1.5 Gesprächsprotokoll – Angelpark Rössner

Betreff: Einsatz der Anlage in Angelbetrieben
Datum: 03.02.2009
Dauer: 2 Minuten
Teilnehmer: Jan Gutzeit, Herr Rössner

Herr Rössner, Besitzer des Angelparks Rössner meinte, dass bei ihnen kein Bedarf bestehe, da die Teiche alle naturbelassen sind und auch so bleiben sollen. Er konnte mit der Beschreibung der Anlage auch nichts anfangen und wusste nicht, wozu diese bei ihm eingesetzt werden sollte.

Karlsruhe, 12.02.2009

9.1.6 Gesprächsprotokoll – Angelpark Teichhof

Betreff: Einsatz der Anlage in Angelbetrieben
Datum: 03.02.2009
Dauer: 2 Minuten
Teilnehmer: Jan Gutzeit, Herr Thode

Herr Thode ist Besitzer des Angelparks Teichhof. Er hat kein Interesse an der Anlage, da er vom ökologischen Nutzen der Kreislaufanlagen und der Aquakultur an sich nicht überzeugt ist, er meinte das Futter müsse immer noch aus tierischen Eiweißquellen gewonnen werden und könne nicht pflanzlicher Natur sein. Darüber hinaus seien solche Anlagen für seinen Betrieb zu teuer.

Karlsruhe, 12.02.2009

9.1.7 Gesprächsprotokoll – Teichwirtschaft Ringfeil

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 29.01.2009
Uhrzeit: 16:30 – 16:45
Teilnehmer: Teichwirtschaft Uwe Ringfeil, Herr Ringfeil, Geschäftsführender
Anschrift: Warthaer Straße 53, 02699 Königswartha
Durchwahl: 0171 5769546
E- Mail: kontakt@ringfeil.de
URL: <http://www.ringfeil.de/>

380 Hektar auf 52 naturbelassene Teiche verteilt. Haupterwerbszweig ist die Karpfenzucht. Vom Laichfisch bis zum fertigen Satz- bzw. Speisefisch werden verschiedene Süßwasserfischarten aufgezogen. Auch Wels, Zander, Stör,...

Für Besatzzwecke wird ein breites Sortiment an Satzfishen angeboten.

Viele der Fische wachsen in den ersten Lebensstufen in Laichanlagen auf, sogenannten Dubisch-Teichen, das sind flache Natur-Laichteiche.

Interesse?

Im Prinzip besteht Interesse daran, die Anlage eventuell in den Karpfenteichen einzusetzen. Herr Ringpfeil wollte aber genaue Angaben zu der Größe und der Funktionalität und somit zur Produktivität der Anlage haben.

Welche Eigenschaften müsste die Anlage haben?

Leichte Bedienbarkeit und hoher Automatisierungsgrad sind sehr wichtig, angesichts der Größe des Betriebes. Die Kosten spielen natürlich eine Rolle, und auch eine Zertifizierung wie ein Umweltsiegel wäre interessant. Die Gewässer sind gepachtet vom Unternehmen. Das Eintauchen der Anlage könnte Umweltschutzgesetze verletzen. In diesem Sinne ist die biologische Neutralität der Anlage genauer zu definieren, und auch der Aspekt der Intensivproduktion auf kleinem Raum kann von Relevanz sein (Tierschutzaspekte).

Ein wichtiger Aspekt: die Karpfenteiche dieses Betriebes sind flach, oft sogar weniger als einen Meter tief. Mglw. kann die Anlage in solche Teiche gar nicht eingetaucht werden?

Gewünschte Produktionsmengen und Größe des Betriebes?

Die gewünschte Produktionsmenge konnte mir Herr Ringpfeil auf Anhieb nicht nennen.

Andere Fische züchten?

Zander wäre interessant, Karpfen wäre interessant, mit der Anlage zu züchten, besonders als Satzische. Bei diesen zwei Spezies besteht für die kleinen Fische die Gefahr, vom Komoran gefressen zu werden. Solange die Fische noch keine 600 – 700 g erreicht haben, würde es durchaus Sinn machen, sie in einer Anlage wie dieser zu züchten.

Der Streifenbarsch wäre vielleicht von Interesse, ins Zuchtsortiment aufzunehmen. Jedoch nicht als Satzisch, sondern Speisefisch.

Konkurrenzsysteme

Herr Ringpfeil meinte, davon gehört zu haben, dass das Institut in Potsdam-Sako ebenfalls eine Teich-In-Teich-Anlage entwickelt hat.

9.1.8 Gesprächsprotokoll – Teichwirtschaft Moritzburg

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 29.01.2009
Uhrzeit: 14:45 – 14:50
Teilnehmer: Teichwirtschaft Moritzburg, Herr Henry Lindner, Einer der Inhaber
Anschrift: Zum Teichhaus 10, 01471 Radeburg/OT Bärnsdorf
Durchwahl: 035207 81 46 8
E- Mail: info@teichwirtschaft-moritzburg.de
URL: <http://www.teichwirtschaft-moritzburg.de/>

Der Betrieb züchtet auf über 350 ha Wasserfläche in natürlichen Teichen ohne Wasserzufuhr Karpfen, Schleie oder Hechte für den Fischverkauf. Auf Karpfen liegt der Fokus.

1. Ist eine Anlage dieser Art für Sie interessant?
 - a. Nein, zur Zeit wird ausreichend produziert. Wenn die Produktion zu steigern wäre, dann nur mit dem Karpfen. Neue Fischarten wie Wels und Zander kommen nicht in Frage – man könnte sie sogar in den Teichen unter natürlichen Bedingungen züchten, ist strategisch jedoch nicht besonders nützlich.
2. Was für Anforderungen muss eine Anlage zur Fischzucht erfüllen?
 - a. Braucht keine Anlage, die natürlichen Bedingungen reichen aus.
3. Welche Fischarten ziehen Sie vor? Wie groß ist Ihr Betrieb? Welche Anlagen werden genutzt? Welche Stadien der Fischzucht werden betrieben?
 - a. Der Fisch wird geschlachtet und in verschiedenen Formen der Verarbeitung verkauft.

9.1.9 Gesprächsprotokoll – Teichanlagen Meißen

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 29.01.2009
Uhrzeit: 11:40 – 12:00
Teilnehmer: Teichanlagen Meißen, Herr Rüdiger Sikora, Inhaber
Anschrift: Rotherhofstraße , 56269 Dierdorf-Giershofen
Durchwahl: 02689 979690

E- Mail: fischzucht-meissel@online.de

URL: http://www.teichanlagen-meissel.de/html/index_2.htm

Der Betrieb züchtet selbst nur Goldforellen und Regenbogenforellen in fünf Teichen.

4. Ist eine Anlage dieser Art für Sie interessant?
 - a. Alles, was die Produktionskapazitäten steigern kann, ist im Prinzip interessant. Die Frage ist, wie viel die Anlage kostet. Zur Zeit wird auch eine Anlage benutzt. Diese wurde bisher gepachtet und soll demnächst gekauft werden. Wenn noch genug Geld übrig bleibt, kann man sich dann Gedanken über eine weitere Anlage machen.
5. Was für Anforderungen muss eine Anlage zur Fischzucht erfüllen?
 - a. Einfach zu bedienen.
 - b. Automatisierung sehr erwünscht.
 - c. Die jetzige Anlage hat einen Ausfallmeldemechanismus per Pager, der auch bei Stromausfall funktioniert.
6. Welche Fischarten ziehen Sie vor? Wie groß ist Ihr Betrieb? Welche Anlagen werden genutzt? Welche Stadien der Fischzucht werden betrieben?
 - a. Die jetzt genutzte Zuchtanlage ist notwendig, da die Forellenzucht nur mit kaltem, frischem Wasser funktionieren kann, welches in den Teichen nicht direkt vorkommt. Die Anlage zieht frisches Wasser aus einem etwas höher gelegenen Bach und führt es permanent in die Teiche ein, gleichzeitig gibt es in jedem Teich einen Abfluss, damit nichts überläuft. Die **Kosten** der jetzigen Anlage liegen im **Hunderttausender**-Bereich. Diese Anlage züchtet die Forellen, die im Stadium „Setzling“ (30-80g/Stück) eingetaucht werden und sich zu 1-4 kg schweren erwachsenen Forellen entwickeln. Die Setzlinge werden von einem Berufskollegen gekauft, den Herr Sikora mir nicht nennen wollte.
 - b. Zusätzlich gibt es eine Hälterungsanlage, in welcher gekaufte Speise- und Satz-fische gehalten werden, bevor man sie weiterverkauft. Außerdem werden die in eigenen Anlagen gezüchteten erwachsenen Forellen vor dem Verkauf meist noch für 5 Tage in der Hälterungsanlage gehalten, zwecks Ausnüchterung.
 - c. Die Teiche haben insgesamt 2-3 Hektar Fläche und Tiefen zwischen 1 und 2,8 Metern.
 - d. Der Betrieb verkauft viele Fischarten, züchtet jedoch selbst nur Goldforellen und Regenbogenforellen. Der Verkauf selbst gezüchteter Fische liegt bei 10t im Jahr, der Gesamtverkauf an Fischen liegt bei 150t. Gekaufte Fische sind Lachsforellen, Bachforellen, Saiblinge, Karpfen, Glaskarpfen, Schleie, Hechte, Zander, Welse, Störe und Rotfedern, aber auch Goldforellen und Regenbogenforellen. Die Nachfrage für die letzteren sei so hoch, dass bei einer Produktionssteigerung eher größere Mengen an solchen Forellen produziert würden, als dass man neue

Arten ins Zuchtsortiment aufnimmt. Diese Produktionssteigerung wäre in dem Sinne gemacht, dass man die Besatzdichte in den Zuchtteichen zu steigern versuchen würde. Wenn sich die Anlage als besonders automatisiert erweist, kann sich Herr Sikora vorstellen, sie sogar für eigene Setzlingproduktion einzusetzen (die 80g-Setzlinge, die zur Zeit ja gekauft werden). Sonst kommen diese frühen Stadien der Zucht aber nicht für ihn in Frage, da der Betrieb klein ist und die Mitarbeiter sehr wenige – jetzt sei alle Arbeitskraft schon ausgelastet.

- e. Von den gekauften Fischen gelangt ein Teil in die Gastronomie (diese Fische werden schon als Erwachsene Speisefische gekauft), ein anderer Teil wird als Satzfish verkauft. Selbst gezüchtete wie auch gekaufte Setzlinge werden entweder an Angelvereine, oder an Angelparks verkauft.
7. Welchem Aufzuchtzweck sollte die Anlage entsprechen?
8. Welche Leistungen müsste der Anbieter noch erbringen?
- a. Leasingmodell wäre durchaus erwünscht.
 - b. Installation und Wartung, wie auch Schulungen zur Nutzung sind erwünscht.

9.2 Protokolle – Fischzucht- und Fischereibetriebe

9.2.1 Gesprächsprotokoll – Fisch Marschall

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 03.02.2009
Uhrzeit: 13:30 – 13:40
Teilnehmer: Fisch Marschall, Herr Marschall, Geschäftsführer
Durchwahl: 0173 46 03203
Anschrift: Hinterer Steinbühl 27, 95239 Zell
E- Mail: info@fisch-marschall.de
URL: <http://www.fisch-marschall.de/>

In Erdteichen werden Forellen und Saiblinge als Hauptfische und Welse, Schleien und Karpfen als Nebenfische, in denselben Teichen, gezüchtet.

Interesse?

Vielleicht besteht Interesse daran, die Anlage einzusetzen. Genauere Informationen sind erwünscht.

Welche Eigenschaften müsste die Anlage haben?

Hoher Automatisierungsgrad, damit kein weiterer Mitarbeiter dafür eingesetzt werden muss. Bedienbarkeit ist natürlich wichtig. Eine Umweltzertifizierung ist durchaus sinnvoll. Noch hat Herr Marschall keine gesetzlichen Einschränkungen für den Einsatz von Fischzuchtanlagen, er kann sich aber vorstellen, dass die Lage in Zukunft schwieriger wird.

Zu dem Preis der Anlage: Um einzuschätzen, ob sich die Inbetriebnahme lohnt, müssen in der jeweiligen Situation der Fischzucht die Kosten für das Erzeugen von einem Kilogramm Fisch berechnet werden (Energie, Pflege, ... alles außer Nahrung). Diese Kosten sollten nicht höher als ein Euro sein, für den Karpfen z.B.

Der Betrieb hat, bedingt durch die geographische Lage, kühles Wasser in den Teichen. Daher sind die jetzigen Bedingungen für die Karpfenzucht auch nicht ideal.

Welche Anlage benutzen Sie jetzt? Gewünschte Produktionsmengen und Größe des Betriebes?

Zurzeit wird für die Forellenzucht eine Schaufelradlüftung eingesetzt. Es gibt ein halbes Dutzend Teiche, die insgesamt ungefähr 3 Hektar Fläche haben. In diesen Teichen wachsen Forellen von der Brut bis zum Speisefisch heran. Früher hat man auch Laichfische gezüchtet, um die Eier selbst zu produzieren, mittlerweile kauft man jedoch die Brut ein. Der Betrieb hat sich auf Vermarktung spezialisiert, da für das Produzieren der Brut zusätzliche Arbeitskraft notwendig ist, und der Produktionsumfang die entstehenden Kosten nicht decken konnte.

Die Schleien, die zurzeit als Nebenfische gezüchtet werden, vermehren sich unter den natürlichen Bedingungen selbst. Die Welse und Karpfen werden als Setzlinge gekauft. Um Karpfen von der Brut auf zu züchten sollte diese Anlage das Wasser einigermaßen erwärmen können.

Die gewünschte Produktionsmenge konnte mir Herr Marschall auf Anhieb nicht nennen. Das Steigern der Produktionsmengen an Forellen kann sich Herr Marschall als sinnvoll vorstellen.

Karpfen sind billiger einzukaufen, besonders aus der Oberpfalz, wo Fischzüchter mit größeren Teichen arbeiten und der Zuchtfokus auf Karpfen liegt. Deshalb würde man hier im Betrieb keine Karpfenproduktionssteigerung anstreben.

Die gedeckten Zuchtstadien durch die Anlage sollten höchstens ab Ei beginnen, nicht aber Laichfisch.

Andere Fische züchten?

Angesichts der Marktsituation würde Herr Marschall gerne Pangasius und Viktoriabarsch züchten.

Leasing und Service

Leasing ist vor allem sinnvoll, um die Anlage zuerst auszuprobieren. Installation, Schulungen und Beratung sind auch von Interesse

9.2.2 Gesprächsprotokoll – Fischzucht Georg Riegger

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 03.02.2009
Uhrzeit: 19:30 – 19:40
Teilnehmer: Fischzucht Georg Riegger , Herr Riegger, Geschäftsführer
Anschrift: Filmersbach 50, 77955 Ettenheim
Durchwahl: 078225235
E- Mail: fischzucht-riegger@t-online.de
URL: <http://www.fischzucht-riegger.de/>

Fischzucht, spezialisiert auf Vermehrung (verkauft Satzfisch, keinen Speisefisch). Es werden Primär Hecht und Zander gezüchtet, außerdem Karpfen (Rotaugen- und Rotfederfische) und Schleien.

Interesse?

Es besteht Interesse. Herr Riegger kennt das Teich In Teich-Konzept, da er schon die Anlage kennt, die vom Institut für Binnenfischerei Potsdam Sacrow entwickelt wurde. Ein Artikel dazu wurde schon im „Fischer und Teichwirt“ publiziert.

Welche Anforderungen muss die Anlage erfüllen?

Am wichtigsten ist es, dass sie tatsächlich funktioniert. Angesichts der Tatsache, dass der Betrieb schon lange läuft, möchte sich Herr Riegger darauf verlassen können, dass seine Produktion durch den Einsatz der Anlage nicht gefährdet wird. Bedienbarkeit und Zuverlässigkeit stehen also im Vordergrund, zusätzlich sind aber der Preis und die Kosten für Unterhaltung wichtig. Die jetzigen Produktionskosten für ein Kilogramm Karpfen sind z.B. 2,30 €.

Eine Umweltzertifizierung ist ihm nicht wichtig.

Herr Riegger sieht im Teich-In-Teich einen Vorteil, da die dort sich entwickelnden Fische genau beobachtet und effektiv gepflegt werden können. Besonders Krankheitsbehandlungen sind schwer durchzuführen, wenn die Fische auf großer Fläche verteilt leben.

Die Anlage müsste dazu fähig sein, mindestens **3 Tonnen im Jahr** zu produzieren.

Welche Fischarten ziehen Sie vor? Wie groß ist Ihr Betrieb? Welche Anlagen werden genutzt? Welche Stadien der Fischzucht werden betrieben?

Sollte die Anlage eingesetzt werden, dann für die Erweiterung der Produktion von Karpfen, Schleien, für die Zucht von Zander mit Trockenfutter. Nochmals betonte Herr Riegger, dass er vorab eine Kostenabschätzung der Zucht kennen muss.

Zur Zeit züchtet er im Betrieb nur bis zum Stadium „Setzling“, mglw. wäre aber eine Erweiterung bishin zum Speisefisch mit der Anlage wirtschaftlich genug, um ins Geschäft einzufließen.

Der Betrieb produziert zurzeit insgesamt ca. 20 Tonnen im Jahr (alle Spezies) auf einer Gesamtfläche von 17 Hektar mit mehreren Teichen. Es gibt außerdem eine in-door Brutstätte, wo der Betrieb seine Brut selbst erzeugt.

Wäre Leasing interessant?

Auf jeden Fall wäre es sinnvoll, mit Leasing einzusteigen.

Installation und anfängliche Beratung wären auch erwünscht, auf Dauer würde das jedoch wahrscheinlich nicht notwendig sein, da Herr Riegger schon viel Erfahrung mit Fischzucht hat.

Sobald wir die Anlage beim Kunden einzusetzen bereit sind, dürfen wir uns nochmal melden.

9.2.3 Gesprächsprotokoll – Fischzucht Rameil

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 03.02.2009
Uhrzeit: 12:00 – 12:05
Teilnehmer: Fischzucht Hermann Rameil, Herr Rameil, Besitzer des Unternehmens
Anschrift: Pipprichsweg 7, 34560 Fritzlar
Durchwahl: 056 22 1685
E- Mail: fischzucht-ramael@t-online.de
URL: www.fischzucht-ramael.de

Es wird in Fließanlagen (Forellen, von Setzling zu Speisefisch, Zucht beginnt teilweise schon bei der Brut) und in Naturteichen gezüchtet. Um als Besatzfische verkauft zu werden, werden in den Naturteichen Karpfen, Schleien, Hechte und Rotaugen gezüchtet.

Interesse?

Es besteht kein Interesse. Höchstens würde man die Karpfenproduktion steigern (ein- bzw. zweijährig, K1 und K2). Dafür reicht aber die eigene Flächenkapazität der Teiche schon aus, man würde keine zusätzliche Anlage einsetzen.

Herr Rameil brach das Gespräch ab und bat, in einigen Tagen noch mal angerufen zu werden, da er gerade sehr beschäftigt sei.

9.2.4 Gesprächsprotokoll – Forellenzucht Caster

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 29.01.2009
Uhrzeit: 13:40 – 13:45
Teilnehmer: Forellenzucht Caster, Frau Caster, die Tochter des Inhaber-Ehepaars
Anschrift: Feyermühle, 53894 Mechernich
Durchwahl: 024432773
E- Mail: D.Caster@Web.de
URL: <http://www.forellenzucht-caster.de>

Die Forellen werden in zwei Arten von Anlagen gezüchtet. Die eine ist bedeckt und besteht aus Betonbecken, in denen das Wasser permanent zirkuliert, um frisch zu bleiben. Hier werden die Eier gelegt und man lässt die jungen Fische sich etwa 2-3 Monate lang entwickeln.

Dabei ist der Ertrag aus den Eiern unterschiedlich: manchmal sterben 50 von 1000 Eiern ab, manchmal 500.

Nach den erwähnten 2-3 Monaten sind die Fische etwa 5 cm lang und noch nicht als Satzfisch einsetzbar. Sie werden in diesem Stadium in andere Betonbecken verlegt, die sich in freier Luft befinden und ebenfalls eine Frischwasserzirkulation haben. Dort bleiben sie unterschiedlich lange, je nachdem in welchem Entwicklungsstadium sie weiter verkauft oder im eigenen Angelteich eingesetzt werden.

Gezüchtet werden Lachsforellen (Regenbogenforellen).

Frau Caster wusste recht wenig über das Geschäft, da seien die zur Zeit in Urlaub sich befindenden Eltern eher geeignete Ansprechpartner. Diese kehren jedoch erst Ende Februar in den Betrieb zurück.

9.2.5 Gesprächsprotokoll – Hofer Forellen GmbH

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 29.01.2009
Uhrzeit: 14:45 – 14:50
Teilnehmer: Hofer Forellen GmbH, Herr Stephan Hofer, Geschäftsführender Gesellschafter
Anschrift: Postfach 1229, 78721 Oberndorf
Durchwahl: 07423 22 72
E-Mail: info@hofer-forellen.de
URL: <http://www.hofer-forellen.de>

Der Betrieb züchtet Forellen an 5 Standorten. Davon sind 4 Fließanlagen und eine ist ein Teichsystem mit Frischwasserzufuhr (jene bei Sulzbach).

Herr Hofer meinte auf Anhieb, dass die Karpfenzüchter geeignete Ansprechpartner für uns wären, eher als er selbst, als Forellenzüchter. Für die Forellenzucht seien eine geringe Wassertemperatur (8-14 Grad), geringer CO₂ Gehalt und hoher O₂ Gehalt erwünscht. Herr Hofer verstand nicht, wie solch eine Anlage eingetaucht werden könnte in ein warmes Gewässer, und dabei im Inneren eine geeignete Forellenzuchttemperatur schaffen könnte.

Gewünschte Produktionsmengen und Größe des Betriebes

Die Produktion dieses Betriebes beträgt über 500t im Jahr. Im Teich in Sulzbach liegt der maximale Besatz an Forellen bei 15 kg/m³. Auf die Frage, ob der Einsatz einer oder mehrerer dieser Anlagen im Forellenteich die Versorgung mit Frischwasser ersetzen könnte, bei gleicher Produktionskapazität (obwohl diese Anlage kleineres Volumen als der Teich hat), antwortete Herr Hofer negativ. Seiner Meinung nach ist die genetisch gegebene maximale spezifische Wachstumsrate der Fische der ausschlaggebende Faktor für seine jetzige Produktion. D.h., er könnte mit noch besserer Gestaltung der Umweltbedingungen seinen Forellenteich nicht produktiver machen. Daher lohne sich ein Übergang zum Einsatz von Teich-in-Teich-Systemen nicht.

Andere Fische züchten?

Sein Betrieb hat sich auf Regenbogenforellen spezialisiert und daher kommen andere Fischarten nicht in Frage. Es gab früher einmal Saiblinge im Teich bei Sulzbach, aber man gab die Zucht auf, da kein ordentliches Besatzmaterial zu finden war. Ein gutes Eimaterial ist schwer zu bekommen, da die eilegenden Saiblinge besondere Lebensbedingungen brauchen. Auf die Frage, ob er die Anlage eventuell zur Zucht von eilegenden Saiblingen einsetzen würde, reagierte Herr Hofer auch recht skeptisch, er meinte es käme auf die Produktionskapazität der Anlage bei Saiblingen an und wich mit einer anderen Info aus: er meinte, in jedem Fischzuchtbetrieb kann man höchstens 15-20 Einheiten betreiben, damit man noch alles im Auge behalten kann. In diesem Sinne wäre es für schon mal gar nicht interessant, wenn er für die gleiche Produktionskapazität, die er jetzt hat, mehrere Teich-in-Teich Käfige als Ersatz einsetzen müsste.

Konkurrenzsysteme

Herr Hofer meinte, von Teich-In-Teich Systemen schon gehört zu haben, die vor allem für Karpfenzucht eingesetzt werden. Er nannte mir die Karpfenzucht in Sachsen/Brandenburg, die Peitzer-Edelfisch GmbH und die Fischereischule Sachsen (Dr. Fröhner) als Recherchepunkte.

9.2.6 Gesprächsprotokoll – Holsten Stör Fischzucht GmbH

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 03.02.2009
Uhrzeit: 15:10 – 15:20
Teilnehmer: Holsten Stör Fischzucht GmbH und Co KG, Herr Dr. Ballies, Gründer
Anschrift: Schönkirchener Straße 78, D- 24149 Kiel
Durchwahl: 04348 91 36 35
E- Mail: info@holsten-stoer.com
URL: <http://www.holsten-stoer.com>

Die Fischzucht benutzt eine geschlossene Kreislaufanlage mit Energiezufuhr von Solarzellen. Die Anlage wurde von Dr. Ballies selbst entwickelt. Es wird ausschließlich Stör gezüchtet, als Speisefisch und für Kaviargewinnung.

Interesse?

Nein, denn die Störzucht, die man schon in offenen Teichen ausprobiert hat, war weit weniger rentabel als jene in der geschlossenen Anlage. Im offenen musste man zwar keine Bedingungen künstlich herstellen, die Fische wogen nach zwanzig Monaten jedoch nur ein Kilogramm, während die Vergleichsfische, die in der Anlage gezüchtet wurden, um die drei Kilogramm schwer waren. Die Teichfische waren als Setzlinge eingetaucht worden.

Welche Eigenschaften müsste die Anlage haben?

Dr. Ballies sieht viele Nachteile beim Züchten im Freien.

- Weil bestimmte Temperaturen für die Fischzucht notwendig sind, hat man üblicherweise Probleme, die mit dem Wechsel der Jahreszeiten zusammenhängen.
- Für die Luftzufuhr, den geeigneten PH-Wert und die CO₂-Entgasung muss bei der Zucht von Arten wie Forellen entsprechend gesorgt werden.
- Es besteht eine höhere Gefahr, dass Krankheitserreger zu den Fischen gelangen
- Es besteht die Gefahr, dass die Fische von Wasservögeln wie dem Komoran gefressen werden
- Es besteht die Gefahr des Diebstahls. Gegen Akte des Vandalismus kann man sich nicht versichern lassen .- Dr. Ballies nannte den Fall der Kieler Förde, wo in der Nähe des Kraftwerks eine Fischzuchtanlage im Teich mit Abwärme betrieben wurde, und eines Nachts Vandalen die Netzgehege zerschnitten hatten.

Andere Fische züchten?

Dr. Ballies hat kein Interesse, im Betrieb andere Fischarten zu züchten, vor allem nicht durch Aufnahme einer Fischzuchtstätigkeit im Freien. Bei der jetzigen Produktivität seines Hallenbetriebes läuft das Geschäft ideal.

Er kann sich vorstellen, dass ein Teich-In-Teich-System für die Zucht von Forellen und Welsen geeignet wäre, man habe jedoch die schon erwähnten Nachteile der Zucht im Freien.

Konkurrenzsysteme?

Dr. Ballies forscht weiter im Bereich der Aquakultur, um auch andere Fischarten optimal in geschlossenen Anlagen züchten zu können. Details wollte er mir nicht nennen. Den Preis einer Anlage, wie er sie jetzt nutzt, wollte er mir auch nicht nennen.

9.2.7 Gesprächsprotokoll – TFA Fischzucht GmbH

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 03.02.2009
Uhrzeit: 16:45 – 16:50
Teilnehmer: TFA-Themar Fischzucht GmbH, Markus Lichtenecker, Geschäftsführer
Anschrift: Steinlache 4, 98660 Themar
Durchwahl: 036873 60454
E-Mail: info@fischzucht-Themar.de

Forellenzucht mit Fließanlagen und Angelteichen.

Interesse?

Kein Interesse besteht momentan, weder um zusätzliche Fische in den Teichen zu züchten, noch um die Forellenproduktion im Teich durchzuführen. Schon existente Teich-in-Teich Systeme (Peitz in Zusammenarbeit mit dem Potsdam-Sakro Institut) kommen bisher nicht in Frage, um die Forellenzucht durch Nutzung der Teiche, zusätzlich zu den Fließanlagen, auszudehnen.

Sobald wir mehr Infos zu dieser Anlage haben (Präsentation o.ä.), können wir diese Herrn Lichtenecker zukommen lassen, mglw. ergibt sich doch Interesse, je nachdem, was die Anlage ge-

nau kann. Für Herrn Lichtenecker war z.B. interessant, welche Arten von Welsen genau damit züchtbar sind.

Herr Lichtenecker zeigte Interesse an Karpfen- und Welszucht, behauptete aber nicht explizit, solche Fische in die Produktion aufnehmen zu wollen.

Konkurrenzsysteme?

Dr. Frank Rümmler, Technologie und Wirtschaftlichkeit, Institut für Binnenfischerei e.V., Potsdam-Sacrow (SUSTAIN AQUA) hat solch eine Anlage in Zusammenarbeit mit der Firma Peitz entwickelt. Sie dient zur Karpfenzucht K1 und K2.

9.2.8 Gesprächsprotokoll – Dehmel Fischerei- und Verarbeitungsbetrieb

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 09.02.2009
Uhrzeit: 15:40 – 15:50
Teilnehmer: Dehmel Fischerei- und Verarbeitungsbetrieb, Herr Klaus-Dieter Dehmel, Inhaber
Adresse: Schillerstraße 13b, 19406 Dabel
Durchwahl: 038485 20146 oder 0172 91 79 605
Email: info@fischdehmel.de
URL: <http://www.fischdehmel.de/>

Interesse?

Vielleicht besteht Interesse daran. Es geht um das Erzeugen von K2 Karpfen. Bisher hat man diese einkaufen müssen, um sie weiter zu züchten, da in der Stufe von K1 bis K2 der Kormoran die Fische fraß. Es besteht kein Interesse an Stufen, die vor K1 stattfinden.

Welche Eigenschaften müsste die Anlage haben?

Die Umweltzertifizierung wäre wichtig.

80-100 kg/m³ wäre als Dichte für diese K1-K2 Phase erwünscht.

Die entstehenden Kosten, umgerechnet auf das Kilo Karpfen, sollten höchstens 3 Euro sein.

Der Preis ist auch wichtig. Die Investition muss sich mit hoher Wahrscheinlichkeit lohnen.

Wie groß ist Ihr Betrieb? Welche Fischarten ziehen Sie vor? Welche Stufen der Aufzucht möchten Sie mit der Anlage decken?

Der Betrieb befischt über 1000 Hektar Wasserfläche, (einige Teiche). Zurzeit werden ungefähr 15 Tonnen Karpfen im Jahr produziert, und nur als Speisefische verkauft.

Leasing?

Es besteht kein Interesse an Leasing. Wenn eine Investition stattfindet, dann soll sicher sein, dass sie sich lohnt, sofern wäre kein Leasing notwendig.

Schulungen, Beratung, Installation, Wartung?

Wahrscheinlich – je nachdem, wie kompliziert die Anlage zu bedienen ist.

9.2.9 Gesprächsprotokoll - Fischverein Steinhuder Meer e.V

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 09.02.2009
Uhrzeit: 12:05 – 12:10
Teilnehmer: Fischereiverein Steinhuder Meer e.V., Herr Wilhelm Hodann, Vorsitzender des Vereins
Anschrift: Alter Winkel 1, 31515 Steinhude
Durchwahl: 050338246

Im Verein sind einige Fischerbetriebe Mitglieder. Darunter auch die Fischerei und Alträucherei Hodann GmbH, die von Detlef und Thorsten Hodann betrieben wird – den Söhnen Wilhelm Hodanns. (S. Gespräch mit der Fischerei Hodann)

Interesse?

Kein Interesse besteht. Um für den Besatz in den größeren befischten Gewässern zu sorgen, wird Satzfish eingekauft (besonders Aal). Die benötigten Mengen sollen aber recht klein sein, so dass sich die Anschaffung einer Fischzuchtanlage für seinen Betrieb nicht lohnen würde.

Herr Lübbe meinte, das Züchten des Aals sei eine schwierige Angelegenheit. Sein Statement dazu: „Wenn Sie es schaffen, mit so einer Anlage Aal zu züchten, dann brauchen Sie Ihr Leben lang nicht mehr arbeiten“.

9.2.10 Gesprächsprotokoll – Fischereigenossenschaft Chiemsee

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 06.02.2009
Uhrzeit: 12:15 – 12:25
Teilnehmer: Fischereigenossenschaft Chiemsee e.V., Herr Holmer Lex, erster Vorsitzender
Anschrift: Haus 31, 83256 Frauenchiemsee
Durchwahl: 08054 – 603 oder – 479
Email: Lex-Frauenchiemsee@t-online.de
URL: <http://www.2ama.com/fischereigenossenschaft/genossenschaft.html>

Interesse?

Kein Interesse.

Zurzeit werden Besatzmaßnahmen in der Form durchgeführt, dass die aus eigenen Fischen gewonnenen Eier für kurze Zeit im eigenen Bruthaus gehalten werden, bevor sie an Fischzüchter übergeben werden, um später im Setzlings-Entwicklungsstadium zurückgekauft zu werden.

Vor allem Karpfen, Hechte, Zander und Welse werden auf diese Weise gekauft. Die Gesamtkosten, die dabei jährlich anfallen belaufen sich auf ca. 50.000 EUR.

Welche Eigenschaften müsste die Anlage haben?

Herr Lex nannte drei Gründe, warum die Anlage nicht in Frage kommt, von denen sich zwei als nicht zutreffend erwiesen. Die Automatisierung und biologische Neutralität erwiesen sich somit als wichtige Eigenschaften der Anlage, nämlich damit keine Überwachung durch zusätzliche Arbeitskraft notwendig ist, und damit keine gesetzlichen Probleme wegen der Futterablagerung

auf dem Seegrund auftreten. Somit wäre eine Umweltzertifizierung auch von Nutzen, um überhaupt eine Zulassung zu bekommen.

Der dritte Grund war jener, dass die einzelnen Fischereibetriebe, die in der Genossenschaft zusammengeschlossen sind, alle einverstanden sein müssten, in solch eine Anlage zu investieren. Dass es dazu kommt hielt Herr Lex für wenig wahrscheinlich, wollte aber nicht weiter erklären, worauf seine Einschätzung der Lage basiert. „Das passt einfach nicht zu uns“.

9.2.11 Gesprächsprotokoll – Besatzkommission der BW

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 09.02.2009
Uhrzeit: 12:25 – 12:30
Teilnehmer: Besatzkommission der BW Bodenseefischer e.V., Herr Göppinger, Vorsitzender
Anschrift: Argenweg 50, 88085 Langenargen 075434174
Durchwahl: 075432464 (Herr Göppinger)

Interesse?

Kein Interesse besteht. Der Fisch für den Bodensee wird zwar selbst gezüchtet, die Anlagen reichen jedoch völlig aus. Die Kommission ist Betreiber eigener Brutanlagen und zweier Teiche. Die Fische für den Bodensee stammen ausschließlich aus dem Bodensee – Laichfisch wird alljährlich in die Bruthäuser gebracht, danach entwickeln sich aus der Brut Setzlinge (einige Zentimeter) groß, die in der Form in den Bodensee eingetaucht werden.

Das Verwenden dieser Anlage direkt im Bodensee wäre sowieso problematisch aus zwei Gründen. Erstens bestünde die Gefahr, dass im Sturm die hohen Wellen die Anlage zu stark belasten. Zweitens gäbe es gesetzliche Einschränkungen bzgl. des Eintauchens von Anlagen in den Bodensee.

9.2.12 Gesprächsprotokoll – Fischereigenossenschaft Ammersee

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 06.02.2009
Uhrzeit: 12:35 – 12:45
Teilnehmer: Fischereigenossenschaft Ammersee e.V., Frau Ernst, Ehefrau des Vorsitzenden Hans Ernst

Anschrift: Rieden am Ammersee, St. Alban 6, 86911 Diessen

Durchwahl: 08807 5646

Interesse?

Kein Interesse.

Zurzeit werden Besatzmaßnahmen in der Form durchgeführt, dass die aus eigenen Fischen gewonnenen Eier für kurze Zeit im eigenen Bruthaus gehalten werden, bevor sie an Fischzüchter übergeben werden, um später im Setzlings-Entwicklungsstadium zurückgekauft zu werden. Einige der Fischarten werden gar nicht gebrütet, sondern lediglich als Setzlinge gekauft und ins Wasser gebracht.

So wird es seit Jahrzehnten gemacht und man wäre dafür nicht offen, weil es nicht zum „Hauptjob“ des Pächters gehört. Selbst wenn sich herausstellte, dass man mit der Teich-In-Teich-Anlage wirtschaftlicher vorgeht, würde man beim bisherigen Vorgehen bleiben, so Frau Ernst.

9.3 Protokolle – Kraftwerksbetreiber

9.3.1 Gesprächsprotokoll mit E.ON Kernkraft GmbH

Betreff: Abwärmenutzung in Verbindung mit Fischzuchtanlagen

Datum: 04.02.2009

Dauer:

Teilnehmer: Jan Gutzeit, Frau Dr. Petra Uhlmann

Frau Dr. Petra Uhlmann ist Leiterin der Unternehmenskommunikation bei der E.ON Kernkraft GmbH. Auf meine E-mail Anfrage kam folgende Antwort:

„Technisch gesehen ist es möglich, die Abwärme aus Kernkraftwerken zu nutzen.

So wurde die Abwärme des Kernkraftwerks Greifswald für die Fernwärmeversorgung der Stadt Greifswald genutzt. Im Kernkraftwerk Stade wurde Dampf ausgekoppelt und in der benachbarten Saline als Prozessdampf genutzt.

In allen anderen Kernkraftwerken in Deutschland wird unseres Wissens nach die Abwärme nicht direkt in Form nuklearer Kraft-Wärme-Kopplung genutzt. Soweit uns bekannt ist, wurde das zwar zu Errichtungszeiten geprüft, aber aus wirtschaftlichen Gründen nicht realisiert (hoher technischer Aufwand bis hin zum Leitungsbau).“

Karlsruhe, 12.02.2009

9.3.2 Gesprächsprotokoll mit EnBW Kraftwerke AG

Betreff: Abwärmenutzung in Verbindung mit Fischzuchtanlagen
Datum: 27.01.2009
Dauer: 2 Minuten
Teilnehmer: Jan Gutzeit
Durchwahl: 0721 6316339

Herr Weiermann ist technischer Leiter bei der EnBW Kraftwerke AG. Die EnBW hat bisher noch keine Erfahrung mit der Nutzung der Abwärme zur Fischzucht. Herr Weiermann meinte, dass in einigen Ausläufen für das Kühlwasser durchaus Fische vorhanden seien, diese aber nicht unbedingt erwünscht sind.

Die Abwärme wird bisher hauptsächlich zur Fernwärmeerzeugung oder für andere Rückgewinnungsmaßnahmen eingesetzt. Über die Nutzung zur Fischzucht wurde nicht bisher noch nicht nachgedacht.

Karlsruhe, 12.02.2009

9.3.3 Gesprächsprotokoll mit envia THERM GmbH

Betreff: Abwärmenutzung in Verbindung mit Fischzuchtanlagen
Datum: 28.01.2009
Dauer: 5 Minuten
Teilnehmer: Jan Gutzeit, Herr Nietschmann
Durchwahl: 0201 – 177 4912

Herr Bötcher von der envia THERM GmbH meinte, dass die Abwärme der Biogasanlagen bisher noch nicht für Fischzuchtanlagen eingesetzt wird. Die Abwärme wird an öffentliche Heizungen oder Agraranlagen abgegeben.

Es wurden allerdings schon verschiedene Projektvorschläge geprüft, allerdings für nicht ausgereift genug befunden. Die Nutzung zum Betrieb von Fischzuchtanlagen sei allerdings „eine schöne Lösung“, solange die Rahmenbedingungen stimmen: Zum einen muss ein geeigneter Standort um das Kraftwerk herum gefunden werden, zum anderen muss der Wärmebedarf gut geplant werden. Im Winter ist eine gewisse Menge nötig, im Sommer braucht man jedoch weniger zum Betrieb der Fischzuchtanlagen, es muss dann also die Frage geklärt werden, was im Sommer mit der Wärmemenge passiert.

Grundsätzlich sei gegen den Betrieb durch einen externen Betreiber allerdings nichts einzuwenden, solange das Konzept stimmt.

Karlsruhe, 12.02.2009

9.3.4 Gesprächsprotokoll mit Evonik Steag GmbH

Betreff: Abwärmenutzung in Verbindung mit Fischzuchtanlagen
Datum: 28.01.2009
Dauer: 5 Minuten
Teilnehmer: Jan Gutzeit, Herr Nietschmann
Durchwahl: 0201 – 177 4912

Herr Nietschmann ist Abteilungsleiter der Energietechnik im Kraftwerksbereich der Evonik Steag GmbH und damit unter anderem verantwortlich für Kühltürme.

Herr Nietschmann erklärte, dass ein großer Teil des Kühlwassers als Fernwärme weitergeleitet wird, solange es noch im Bereich von 70 – 180° C liegt. Das weiter heruntergekühlte Wasser (20-35° C) wird ohne weitere Nutzung in Flüsse und Seen eingeleitet. Dabei gebe es zwar immer wieder Bedenken, dass das warme Wasser den vorhandenen Fischen schade, er höre allerdings immer wieder von Anglern die sich über „dicke Brocken“ in der Nähe von Kraftwerken freuen.

Über die Nutzung der Abwärme zur Fischzucht wurde noch nicht konkret nachgedacht, da sie „Kraftwerksbetreiber und keine Fischzüchter“ sind. Es wäre aber grundsätzlich möglich, dass ein externer Betreiber die Abwärme zu Fischzucht nutzen kann. Das Kühlwasser wird bei den Kraftwerken allerdings teilweise aus Kühltürmen abgeleitet, wodurch das Wasser stark salzhaltig werden kann. Darüber hinaus müsste für die Fischzuchtanlage dann ein Nachbargelände genutzt werden, da im Kraftwerksbereich kein Platz vorhanden ist. Wenn das Kühlwasser in Flüsse oder Seen geleitet wird, ist es dem Kraftwerksbetreiber sowieso egal, was damit passiert, da diese Gewässer öffentlich zugänglich sind und dort „jeder seine Reuse reinhängen kann wie er will“.

Karlsruhe, 12.02.2009

9.3.5 Gesprächsprotokoll mit EWE Biogas GmbH & Co.KG

Betreff: Abwärmenutzung in Verbindung mit Fischzuchtanlagen
Datum: 28.01.2009
Dauer: 3 Minuten
Teilnehmer: Jan Gutzeit
Durchwahl: 04462 9199-0

In den Biogasanlagen der EWE Biogas GmbH & Co.KG entsteht viel Abwärme. Diese muss auch genutzt werden, damit die Kraftwerke rentabel sind. Ein großer Teil der Wärme wird dabei selbst genutzt, bei Biogasanlagen kann diese bei der Stromerzeugung wieder eingesetzt werden. Ein anderer Teil der Wärme wird an eine benachbarte Kaserne verkauft.

Es wurde schon kurz über Fischzucht nachgedacht, allerdings ist die Menge an restlicher verfügbarer Abwärme starken Schwankungen unterzogen, sie kann sich auch auf 0 belaufen. Deshalb wäre es schwierig, eine Fischzuchtanlage zu betreiben.

Karlsruhe, 12.02.2009

9.3.6 Gesprächsprotokoll mit dem Heizkraftwerk Kehl GmbH

Betreff: Abwärmenutzung in Verbindung mit Fischzuchtanlagen
Datum: 28.01.2009
Dauer: 5 Minuten
Teilnehmer: Jan Gutzeit, Herr Sachs
Durchwahl: 07851 - 8999101

Herr Sachs von der Heizkraftwerk Kehl GmbH meinte, dass in dem Biomassekraftwerk durchaus auch ungenutzte Abwärme entsteht, mit der man wohl auch Fische züchten könnte. Die Nutzung zur Fischzucht ist seiner Meinung nach jedoch nur schwer möglich, da das Kraftwerk auf einer ehemaligen Müllhalde gebaut wurde. Jedes Bauvorhaben bringt das sehr kostenintensive Problem mit sich, das der darunter liegende Müll erst abtransportiert werden muss.

Dies steht seiner Meinung nach auch einem externen Betrieb entgegen, da die Kosten für den Abtransport selbst getragen werden müssen. Sonst könnte ein externer Betreiber die Abwärme natürlich nutzen.

Karlsruhe, 12.02.2009

9.3.7 Gesprächsprotokoll mit der Infracor GmbH

Betreff: Abwärmenutzung in Verbindung mit Fischzuchtanlagen
Datum: 27.01.2009
Dauer: 2 Minuten
Teilnehmer: Jan Gutzeit
Durchwahl: 023 6549 - 2345

Herr Wandelt von der Infracor GmbH erklärte, dass die Abwärme in den Kraftwerken des Chemiestandorts zum größten Teil als Fernwärme verkauft wird oder direkt im Chemiepark eingesetzt werden kann. Der kleine Rest wird ohne Probleme in einen Fluss eingeleitet.

Über Fischzucht wurde bis jetzt noch nicht nachgedacht, da im Chemiepark selbst kein Platz vorhanden ist und in den Fluss nicht einfach so eine Anlage gebaut werden kann. Darüber hinaus besteht als Chemieparkbetreiber auch kein großes Interesse an der Fischzucht.

Karlsruhe, 12.02.2009

9.3.8 Gesprächsprotokoll von der InfraTec3 AG

Betreff: Abwärmenutzung in Verbindung mit Fischzuchtanlagen
Datum: 28.01.2009
Dauer: 2 Minuten
Teilnehmer: Jan Gutzeit
Durchwahl: 0395 – 362058 - 0

In der InfraTec3 AG werden bereits 2 Fischzuchtanlagen zur Züchtung von Stören betrieben. Die Anlagen werden von externen Betreibern genutzt, weitere Informationen über die Fischzucht können mangels Wissen nicht gegeben werden, laut meinem Gesprächspartner sei es nur „ein Becken mit Fischen drin“.

Karlsruhe, 12.02.2009

9.3.9 Gesprächsprotokoll mit dem Kraftwerk Unterweser

Betreff: Abwärmenutzung in Verbindung mit Fischzuchtanlagen
Datum: 28.01.2009
Dauer: 5 Minuten
Teilnehmer: Jan Gutzeit, Herr Dr. Bender
Durchwahl: 04732 – 80 – 2370

Herr Dr. Bender, techn. Leiter im Kernkraftwerk Unterweser, das von der E.ON AG betrieben wird, meinte dass die Abwärme bisher ungenutzt in die Weser abgegeben wird. Dies geschieht daher, dass bei vielen Anwendungen die Wirtschaftlichkeit nicht gegeben ist, außerdem liegt die Temperatur des abgegebenen Wassers nur bei 10 K über der Temperatur der Weser.

Zum Betreiben von Fischzuchtanlagen wäre das Wasser aber wahrscheinlich warm genug, allerdings gibt es von Seiten des Kraftwerks keine Bestrebungen zum Betrieb. Ein externer Betrieb wäre durchaus denkbar, die endgültige Entscheidung liegt allerdings bei E.ON.

Karlsruhe, 12.02.2009

9.3.10 Gesprächsprotokoll Kernkraftwerk Grundremmingen GmbH

Betreff: Abwärmenutzung in Verbindung mit Fischzuchtanlagen
Datum: 28.01.2009
Dauer: 5 Minuten
Teilnehmer: Jan Gutzeit, Herr Daisenhammer

Herr Daisenhammer ist der Leiter der techn. Abteilung der Kernkraftwerk Grundremmingen GmbH. In dem KKW wird die Abwärme bisher nicht zum Betrieb von Fischzuchtanlagen genutzt, ein Teil wird als Fernwärme abgegeben, 2/3 wird jedoch ungenutzt an die Atmosphäre abgegeben.

Allerdings wurde den Gemeinden schon beim Bau des KKW angeboten, die Abwärme zu nutzen. Deshalb würde der Betrieb einer Fischzuchtanlage durch einen externen Betreiber wohl kein Problem darstellen, müsste aber über die Muttergesellschaft RWE entschieden werden.

Herr Daisenhammer würde sich aber persönlich über ein größeres, frisches Fischangebot in Bayern freuen.

Karlsruhe, 12.02.2009

9.3.11 Gesprächsprotokoll mit Müllverwertung Borsigstraße

Betreff: Abwärmenutzung in Verbindung mit Fischzuchtanlagen
Datum: 29.01.2009
Dauer: 3 Minuten
Teilnehmer: Jan Gutzeit, Herr Ratzewitz

Herr Ratzewitz von der Müllverwertung Borsigstraße GmbH erklärte, dass in den Müllverbrennungsanlagen kaum Abwärme anfällt, die meiste Wärme wird als Hochdruckdampf genutzt. In dem Biomassekraftwerk fällt allerdings Abwärme an, die bisher noch nicht genutzt wird.

Über den Betrieb von Fischzuchtanlagen wurde noch nicht nachgedacht, er kann sich auch nicht vorstellen dass die Gesellschaft selbst zum Betreiber einer Fischzuchtanlage werden würde. Gegen einen externen Betreiber wäre allerdings nichts einzuwenden, es wäre ihnen im Gegenteil „nicht ganz unlieb“ einen Abnehmer für die Abwärme zu finden.

Karlsruhe, 12.02.2009

9.3.12 Gesprächsprotokoll mit MVV Energie AG

Betreff: Abwärmenutzung in Verbindung mit Fischzuchtanlagen
Datum: 30.01.2009
Dauer: 8 Minuten
Teilnehmer: Jan Gutzeit, Herr Reith
Durchwahl: 0621 – 290 - 4602

Herr Reith ist Abteilungsleiter im Energiemanagement der MVV Energie AG. Die MVV betreibt mehrere Kraftwerke, ein Müllheizkraftwerk, bei dem ein Großteil der Wärme als Fernwärme verkauft wird, und 2 Biomassekraftwerke, bei denen die Abwärme bisher nicht genutzt wird. Es wurde schon einmal angedacht, diese Wärme als Fernwärme zu verkaufen, die Kosten wären dafür letztendlich jedoch zu hoch gewesen.

Diese Abwärme könnte dazu genutzt werden, Fischzuchtanlagen zu betreiben, sie wird allerdings in der Form eines Kondensats mit einer Temperatur von 50-60° C abgegeben. Die MVV würde allerdings nicht selbst als Betreiber auftreten wollen, ein externer Betrieb wäre jedoch kein Problem.

Karlsruhe, 12.02.2009

9.3.13 Gesprächsprotokoll mit RWE Power AG

Betreff: Abwärmenutzung in Verbindung mit Fischzuchtanlagen
Datum: 27.01.2009
Dauer: 5 Minuten
Teilnehmer: Jan Gutzeit, Herr Lang

Herr Lang von der RWE Power AG berichtete von erfolgreichen Versuchen in der Fischzucht, die wohl auch publiziert wurden.. Die Versuche, bei denen unter anderem Lachs, Stör, Wels und Aal erfolgreich gezüchtet wurden, wurden allerdings eingestellt. Die Begründung war, dass es nicht „die Kernkompetenz“ eines Energieunternehmens sei, „schließlich sind sie Energiehersteller/Kraftwerksbetreiber und keine Fischzüchter“. Der Grund für die Versuche war wohl nur, zu zeigen das es funktionieren kann und die Ergebnisse zu publizieren. Daher ist eine Wiederaufnahme der Fischzucht für RWE nicht von Interesse.

Die Automatisierung der Fischzuchtanlagen war nach Aussage von Herrn Lang schon „relativ hoch“. Die Fische lebten in Teichen, das Wasser wurde durch das Kühlwasser gekühlt, es gab schon automatische Fütterungsanlagen. Es gab auch schon Versuche auf anderen Einsatzgebieten, beispielsweise Gewächshäusern, die auch erfolgreich verlaufen sind, aber wieder eingestellt wurden, da sie ebenfalls nicht zur Kernkompetenz gehören.

Auf die Frage, was denn im Moment mit der Abwärme passiert, meinte Herr Lang, dass diese Abwärme „keiner haben will“. Es handelt sich um ca. 30-32° C warmes Wasser, dessen Temperatur allerdings starken Schwankungen ausgesetzt ist und bisher noch keinen Interessenten gefunden hat.

Karlsruhe, 12.02.2009

9.3.14 Gesprächsprotokoll mit swb Erzeugung GmbH & Co.KG

Betreff: Abwärmenutzung in Verbindung mit Fischzuchtanlagen
Datum: 28.01.2009
Dauer: 2 Minuten
Teilnehmer: Jan Gutzeit, Herr Kruse
Durchwahl: 0421 – 359 6201
0172 – 425 4049

Herr Kruse ist Bereichsleiter für die Kraftwerke der swb Erzeugung GmbH & Co. KG der Stadtwerke Bremen.

Das Abwasser der Kraftwerke wird ungenutzt in die Weser abgegeben, wobei es strenge Richtlinien gibt, die Temperatur darf 30° C nicht überschreiten.

Es wurde schon über verschiedene Einsatzmöglichkeiten nachgedacht, unter anderem über Fischzucht. Das Problem ist allerdings, dass die Weser ein öffentliches Gewässer ist und nicht so einfach zur Fischzucht genutzt werden kann. Des weiteren äußerte Herr Kruse die Meinung, dass die Kosten für so eine Anlage hoch seien und er nicht weiß, ob der Betrieb einer Anlage rentabel sei, das müsste erst noch weiter untersucht werden.

Gegen einen externen Betreiber wäre natürlich nichts einzuwenden, allerdings besteht weiterhin das Problem, dass die Weser ein öffentliches Gewässer ist.

Karlsruhe, 12.02.2009

Fragen an die Kraftwerksbetreiber

Beschreibung der Anlage (Kreislaufanlage „Teich-in-Teich“, ganzer Lebenszyklus inkl. Schlachtung möglich, **biologische Neutralität**, künstlicher Lebensraum, Insel-Skalierbarkeit, Einsetzbarkeit Brack- und Salzwasser kommt noch, Einsetzbarkeit in Fließanlagen nicht geplant)

1. Was passiert bisher mit der Abwärme der Kraftwerke (Fernwärme, Eigennutzung)?
 - a) Wie warm ist die abgegebene Abwärme? Welche Form (Wasser, Gas)?
 - b) Einleitung in Flüsse möglich (Vorkühlung oder nicht)?
2. Wurde schon mal über Fischzucht nachgedacht? Warum nicht?
 - a) Erklärung Konzept: sinnvolle Nutzung der Abwärme (Wirtschaftlichkeit) u.U. Verweis auf Jänschwalde
 - b) Imagegründe
 - c) Wäre ein externer Betrieb ok?
3. Welche Anforderungen sollte solch eine Anlage erfüllen?
 - a) Leicht bedienbar?
 - b) Automatisierbar?
 - c) Zertifizierung (Umweltsiegel)?
 - d) Produktionsmengen?
 - e) Preis? Kostendeckung oder Prestigeprojekt?
 - f) Weitere?
4. Welche Leistungen sollte der Anbieter noch erbringen?
 - a) Finanzierungsmodell? Leasing?
 - b) Installation, Wartung, Beratungen/Schulungen

9.4 Protokolle - Behörden und NGOs

9.4.1 Gesprächsprotokoll Deutscher Fischerei Verband

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 28.01.2009
Uhrzeit: 12:50 – 13:10
Teilnehmer: Deutscher Fischerei-Verband, Dr. Peter Breckling, Vorstand
Durchwahl: 040 314 884

- Das Fischereirecht ist ein eigentumsgleiches Recht in Deutschland. Der Eigentümer eines Gewässers hat es, er kann es aber verpachten.
- Die meisten Berufsfischereien in Deutschland sind Pächter der Gewässer, wobei der Eigentümer der Staat oder sogar private Besitzer sind. Meistens, der Staat.
- In den Fällen, in denen Vereine für Fischer oder Angler sich um den Erhalt des Besatzes kümmern, kommt es selten vor, dass eigene Brutstätten für die Zucht eingesetzt werden. Der Besatzfisch wird meistens von Zuchtbetrieben gekauft. Manchmal stammt der Besatzfisch in dem einen Bundesland von Wildfängen aus einem anderen Bundesland, sofern es im letzteren einen Überschuss an bestimmten Fischarten gibt.
- Eine Ausnahme machen Lachse und Forellen, die recht oft in kleinen, von den Vereinen selbst gebauten Brutstätten aus Eiern großgezüchtet werden.
- In Schleswig-Holstein wird die Satzfishproduktion teilweise vom Landesfischereiverband betrieben, so dass sich verschiedene Akteure kollektiv am Unterfangen beteiligen.
- Für die Recherche hinsichtlich der Fischereigesetze und Wasserschutzgesetze kann man sich in jedem Bundesland an die Fischereiabteilungen in den Ministerien wenden, die einen an die richtige Stelle weiterleiten.

Sobald wir uns in der Recherche Regional festlegen, dürfen wir gerne noch mal anrufen, um nützliche Kontakte vom Herrn Breckling zu bekommen.

9.4.2 Gesprächsprotokoll – Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 27.01.2009
Uhrzeit: 12:00 – 12:10
Teilnehmer: Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, Dr. Birgit Schmidt-Puckhaber, Geschäftsführung
Durchwahl: 0170 4829301

Wer pflegt den Besatz der öffentlichen Gewässer in Deutschland?

Einerseits werden viele Seen oder Flüsse von Unternehmen bewirtschaftet, die Fischerei o.ä. betreiben. Andererseits gibt es 1,5 Mio. aktive Sportangler in Deutschland, die in Vereinen organisiert sind und selbst für den Erhalt des Besatzes in den Gewässern sorgen. Sie kaufen den Besatzfisch und bringen ihn in die Gewässer – ein Phänomen, das nach Meinung von Frau Schmidt-Puckhaber nicht zu unterschätzen ist.

Laut Frau Schmidt-Puckhaber wären die Umweltministerien nicht die geeigneten Ansprechpartner für uns, eher die gewässerbewirtschaftenden Unternehmen.

Ein möglicher Einsatzbereich für unser System

Die Braunkohleabbaugebiete werden manchmal geflutet oder können geflutet werden, so dass dadurch neue stehende Gewässer entstehen. Diese sind meist nährstoffarm, und ein Teich-In-Teich-System wäre anfangs geeignet, um den für ein gesundes neues Biotop erwünschten Besatz zu produzieren und aufrechtzuerhalten.

Als geeigneten Ansprechpartner für dieses Anwendungsgebiet dieser Anlage nannte Frau Schmidt-Puckhaber Herrn Frank Rümmler vom Institut für Binnenfischerei und Wasserökologie. Er soll sich mit dem Thema schon näher befasst haben. Man dürfe sich bei der Recherche auf Frau Schmidt-Puckhaber berufen – 033201 40612.

Man darf Frau Schmidt-Puckhaber gerne **wieder anrufen**. Sie bat sogar darum, über unseren Fortschritt mit der Anlage auf dem Laufenden gehalten zu werden. Außerdem möchte ich Prof. Buck Grüße von ihr bestellen. Sie wolle ihn bald persönlich anrufen, wegen des in näherer Zukunft stattfindenden Algenkongresses.

9.4.3 Gesprächsprotokoll – Fischereiforschungsstelle BW

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 28.01.2009
Uhrzeit: 11:40 – 11:55
Teilnehmer: Fischereiforschungsstelle BW, Herr Jan Baer, Referent für Gewässer, Erfahrung mit Besitzregelung öffentlicher Gewässer
Durchwahl: 0754393080

Wer pflegt den Besitz der öffentlichen Gewässer in Deutschland?

- Die meisten öffentlichen Gewässer sind gepachtet, die meisten Pächter sind Fischer- und Anglervereine, dies gilt für alle Bundesländer ähnlich, so Herr Baer.
- Die Pächter öffentlicher Gewässer kommen meist selbst der Hegepflicht nach.

Einsatz von Kreislaufanlagen

Der Normalfall bei der Besitzregelung öffentlicher Gewässer ist, dass man Setzlinge von Zuchtanlagen (Teichwirtschaften o.ä.) kauft und sie ins Gewässer bringt. Die Menge an Fisch, welcher aus eigenen Kreislaufanlagen (nicht Teich-in-Teich, sondern Anlagen in Hallen) stammt, sei minimal – das gelte für alle Bundesländer. Mit dem Aal sieht es anders aus, da stammen größere Mengen aus Kreislaufanlagen – entweder eigenen, oder fremden (Kauf von Aal-Setzlingen, die in Kreislaufanlagen gezüchtet wurden).

Die Zucht in Kreislaufanlagen sei zu teuer, um die produzierten Fische als Setzlinge für öffentliche Gewässer zu benutzen. Die Betreiber von Kreislaufanlagen haben eher andere Abnehmer, z.B. aus der Gastronomie.

Gesetzliche Einschränkungen für den Einsatz dieser Anlage

Die Wasserrechtliche Genehmigung sei in der Tat ein ernstzunehmender Aspekt, für fließende wie auch stehende Gewässer. Die Gesetze unterscheiden sich jedoch von Land zu Land. Wegen gesetzlicher Einschränkungen ist es wohl am ehesten möglich, unser Teich-in-Teich-System in solchen Seen einzusetzen, in denen schon gewerblich gefischt wird, die also von Fischereien genutzt werden.

Auch sind von Land zu Land die Behörden unterschiedlich organisiert, so das die genehmigungserteilenden Stellen in jedem Bundesland eine andere Bezeichnung bzw. Funktion haben.

9.4.4 Gesprächsprotokoll - Bundesministerium für Umwelt und Naturschutz

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI

Datum: 27.01.2009

Uhrzeit: 14:00 – 14:05

Teilnehmer: Bundesministerium für Umwelt und Naturschutz, Herr Rohrmoser, Referent zum Thema Gewässerschutz

Durchwahl: 0228 99 305-2535

Wer pflegt den Besatz der öffentlichen Gewässer in Deutschland?

Um die öffentlichen Gewässer kümmern sich jeweils die Behörden in den Ländern. Sie auf das Thema anzusprechen wäre mglw. sinnvoll, insofern diese mit Verbänden zusammenarbeiten, die sich für den Erhalt der Artenvielfalt einsetzen. In erster Linie sollten wir aber Unternehmen und Vereine/ Verbände ansprechen, die die betreffenden Gewässer bewirtschaften.

9.4.5 Gesprächsprotokoll – Landesfischerei- Verband

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 28.01.2009
Uhrzeit: 14:00 – 14:15
Teilnehmer: Landesfischerei-Verband Bayern, Herr Blohm, gesetzliche Vertretung des Vereins
Durchwahl: 089 64 27 26 22

- Die Anglervereine, die als Pächter für freie Gewässer fungieren, bieten oft nicht nur den eigenen Mitgliedern, sondern auch fremden Sportanglern gegen Entgelt die Möglichkeit, im Gewässer zu angeln. (Ähnlich wie Angelparks, mit dem Unterschied dass die Angelparks meist künstlich erbaut werden und mglw. die zum Angeln vorhandenen Fische schon im Erwachsenenstadium ins Wasser bringen. Solche Betriebe sind in Bayern z.B. aus Tierschutzgründen verboten)
- Wenn Fischer- und Anglervereine den Besatz freier Gewässer als Pächter derselben pflegen, ist es der Regelfall, dass die Setzlinge von Fischzüchtern gekauft werden. Sehr selten haben die Vereine eigene kleine Teiche oder Zuchtanlagen, die für geplante, kontrollierte Fischsatzregelung im Gewässer eingesetzt werden können.
- Es kommt auch vor, dass Fischereibetriebe selbst Pächter der Gewässer sind, die sie gewerblich nutzen.

9.4.6 Gesprächsprotokoll - Landesfischereiverband BW

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 27.01.2009
Uhrzeit: 15:16 – 15:25
Teilnehmer: Landesfischereiverband BW, Herr Sosat, Referent zum Thema Artenschutz
Durchwahl: 0711 870309 6

Wer pflegt den Besatz der öffentlichen Gewässer in Deutschland?

Bestätigt, dass der Regelfall in BW darin besteht, dass Vereine die öffentlichen Gewässer pachten, und sich um den Erhalt des Besatzes kümmern.

Es werden sowohl gekaufte Besatzfische in die Gewässer gebracht, als auch selbst gezüchtete Setzlinge (aus eigener Brutstätte des Vereins).

Die Anlage direkt einzutauchen in die öffentlichen Gewässer bedarf immer einer Genehmigung – Stichwort „Gewässerverbau“. In Flüssen kann es z.B. dazu kommen, dass sich Treibholz anstaut und Stau- bzw. Hochwassergefahr besteht. Auch Netzgehege sind daher in BW problematisch einzusetzen.

Der Trend (jedenfalls in BW) geht jedoch dahin, dass der Besatz in öffentlichen Gewässern auf natürlichem Wege erhalten bleiben soll (keine Besatzfische, sondern verbessern der Lebensbedingungen in den Gewässern).

Kreislaufanlagen

Herr Sosat meinte, dass in BW Kreislaufanlagen schon zur Fischzucht eingesetzt wurden, auch in Fischzuchtbetrieben, jedoch mit wenig wirtschaftlichem Erfolg. Er konnte mir keine Details nennen, verwies mich jedoch auf Herrn Jan Bär von der Fischerei-Forschungsstelle, eine ans BW-Ministerium angeschlossene Stelle, die sich mit dem Thema auseinandersetzt. Herr Bär soll schon Erfahrung mit Fischzucht in Kreislaufanlagen gemacht haben, auch in Besatzerhaltungsprojekten tätig gewesen sein.

Für mehr Infos könnte man auch nochmal hier anrufen und den Kollegen Herrn Sosats, Roland Grimm, fragen.

9.4.7 Gesprächsprotokoll- Ministerium Ländlicher Raum

Betreff: Marktstudie: Teich-In-Teich / Fischzucht – Case#67-Aquakulturen-AWI
Datum: 27.01.2009
Uhrzeit: 15:00 – 15:15
Teilnehmer: Ministerium Ländlicher Raum, Herr Strubelt, Referent zum Thema Fische in öffentlichen Gewässern
Durchwahl: 0711 1262288

Wer pflegt den Besatz der öffentlichen Gewässer in Deutschland?

In BW werden in den meisten Fällen die öffentlichen Gewässer von Anglervereinen und –verbänden gepachtet. Selten von Berufsfischern selbst. Diejenigen, die in den Gewässern fischen, sind die Eigentümer des Fischereirechts.

Der Standardfall ist jener, dass der Eigentümer des Fischereirechts, der die Hegepflicht hat (dafür sorgen, dass der Fischbesatz konstant bleibt), diese Pflicht auf den Pächter überträgt.

Dass diese Anlage direkt in öffentliche Gewässer eingetaucht würde, um dort Fische nachzuzüchten, findet Herr Strubelt für wenig wahrscheinlich. Damit verbunden ist nämlich das Problem der Genehmigung. Man braucht eine wasserrechtliche Zulassung für Installationen, die eingetaucht werden. Ein Faktor ist zum Beispiel, dass in öffentliche Gewässer eingetauchte Anlagen einer permanenten Überwachung bedürfen (gesetzliche Regelung).

Herr Strubelt verwies mich auf den Landesfischereiverband BW für weitere Recherche (s. Protokoll mit Herrn Sosat)

Fragen an die Behörden

Beschreibung der Anlage (**biologische Neutralität**, Einsetzbarkeit Brack- und Salzwasser kommt noch, Besatzerhalt möglich)

1. Ist eine Anlage dieser Art für Sie interessant? (evtl. Artenerhalt in öffentlichen Gewässern)
2. Was für Anforderungen muss eine Anlage zur Fischzucht erfüllen?
 - a. Leicht bedienbar?
 - b. Hoher Automatisierungsgrad?
 - c. Zertifizierung (Umweltsiegel o.ä)?
 - d. Gewünschte Produktionsmengen?
 - e. Preis?
 - f. Weitere?
3. Welche Fischarten wären von Bedeutung? Welche Arten von Anlagen werden schon genutzt? Welche Stadien der Fischzucht werden betrieben?
4. Welche Leistungen müsste der Anbieter noch erbringen?
 - a. Kauf oder Finanzierungs- bzw. Leasingmodell
 - b. Installation, Wartung, Beratungen/Schulungen

Behördenliste

<u>Behörde</u>	<u>Standort</u>	<u>Kontakt</u>	<u>Website</u>
Umweltministerium	Baden-Württemberg	Bürgerreferentin des Umweltministeriums, Frau RD'in Michaela Preuß: Telefon: (0711) 126-2739	http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/1772/
Umweltministerium	Bayern	(089) 9214 - 00	http://www.stmugv.bayern.de/ministerium/kontakt/index.htm
Landeswasserverbandstag Brandenburg e.V.	Brandenburg	0331/ 747 43 -10	http://www.luis-bb.de/service/adressen/S7100029/
Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz	Niedersachsen	Olaf Hansen: 04931/947- 224	http://www.nlwkn.niedersachsen.de/master/C5923340_N5507533_L20_D0_I5231158.html
Ministerium für Landwirt- schaft, Umwelt und ländli- che Räume	Schleswig Holstein	0431 988 0	http://www.schleswig-holstein.de/UmweltLandwirtschaft/DE/WasserMeer/ein_node.html
Landesamt für Natur- schutz, Umwelt und Geo- logie	Mecklenburg- Vorpommern	03843 / 777 - 0	http://www.lung.mv-regierung.de/insite/cms/hauptmenue/lung/adressen.htm

Teich-in-Teich-Anlage zur Fischzucht

- Abschlussbericht

Das Alfred-Wegener-Institut Bremerhaven (AWI) bzw. das Institut für marine Ressourcen (imare) haben sich mit mehreren Projektpartnern im Verbundprojekt „Aqualnno“ mit der Entwicklung einer sogenannten Teich-in-Teich-Anlage für die Fischzucht beschäftigt. Gegenstand des Projekts ist vornehmlich die Erforschung der Regelung und Steuerung der Zuchtprozesse und der Lebensbedingungen, die Verhinderung von organischen Ablagerungen (Futter, Exkremente, etc.) sowie die Einsetzbarkeit in verschiedenen Umgebungen wie Salzwasser oder Off-Shore (Wellenanfälligkeit).

Bei den Entwicklungsarbeiten des Projekts haben sich jedoch fortlaufend Schwierigkeiten offenbart, die den Sinn einer Weiterentwicklung des Projekts in Frage stellen. Diese Schwierigkeiten betreffen sowohl die technische Seite der Anlage als auch die Verwertbarkeit und Marktfähigkeit eines entsprechenden Systems.

Es hat sich gezeigt, dass sich die Entwicklung eines Prototyps der Anlage aufgrund unvorhersehbarer Herausforderungen im technischen Bereich deutlich verzögerte. Dieser Prototyp konnte unserer Einschätzung nach bis zum heutigen Zeitpunkt trotz großer Anstrengungen nicht zu einem verkaufbaren Produkt weiterentwickelt werden.

Des Weiteren ist bei der Vermarktung einer solchen Anlage mit erheblichen Schwierigkeiten zu rechnen. Es zeigte sich, dass die Anlage aufgrund einer begrenzten Anzahl von potentiellen Abnehmern sowie einer anzunehmenden langen Nutzungsdauer und damit einhergehenden geringen Wiederkaufsraten keinen Massenmarkt bedienen können. Trotz gewisser Automatisierungen wird die Anlage nicht von Laien (z.B. Landwirte im Sekundärerwerb) zu bedienen sein, was die Auswahl potentieller Kunden erheblich verengt. Ebenso wurde in Befragungen der Kraftwerksbetreiber deutlich, dass sich die in der konzeptionellen Aufstellung des Projekts hervorgehobene Platzierung von Anlagen in der Umgebung von Kraftwerken zur Nutzung deren Abwärme als schwierig darstellen wird.

Ein wesentlicher Bestandteil und zugleich „Aushängeschild / Identifikationsmerkmal“ des Projekts ist die Bio-Neutralität der Anlage. Es zeigten sich jedoch Schwierigkeiten in der Kommunikation dieses Vorteils bei möglichen Kunden was den Schluss einer noch nicht fortgeschrittenen Sensibilisierung in diesem Bereich nahe legt. Insgesamt musste bei der Befragung potentieller Kunden hinsichtlich der Anlage ein negatives Feedback zur Kenntnis genommen werden, was das ohnehin bereits kleine Potential des Marktes weiter schrumpfen lässt. Darüber hinaus war es dadurch nicht möglich, eindeutige Zielmärkte für den Verkauf der Anlagen zu identifizieren.

Aufgrund der anhaltenden technologischen Schwierigkeiten in der Entwicklung der Anlage und hinsichtlich des kleinen und überaus problematischen Marktes für diese Anlage ist die Bereitstellung weiterer Ressourcen für die Entwicklung eines Teich-in-Teich-Systems zum heutigen Zeitpunkt aus unserer Sicht nicht vertretbar (bzw. können wir nicht dazu raten).

Kompetenzzentrum „Nachhaltige Fischzucht“

- Erste Konzeptskizze vom 15.04.09

1. Ausgangssituation und Zielsetzung.....	1
2. Wesentliche Aufgaben eines Kompetenzzentrums	2
3. Partner und Organisation	3
4. Finanzierung	4

1. Ausgangssituation und Zielsetzung

Technologiebasierte Innovationen aus der öffentlichen Forschung sind ein bedeutender wirtschaftlicher Wachstumsmotor. Dies gilt vor dem Hintergrund mehr und mehr begrenzter Fischereireisourcen bei stetig steigender Nachfrage auch im Bereich neuer Ansätze für eine nachhaltige Fischzucht.

Die Küstenregion Bremen und Bremerhaven nimmt im Forschungsfeld „Marine Ressourcen“ international eine führende Stellung ein. Spitzenforschung in diesem Bereich wird neben der Universität Bremen und der Hochschule Bremerhaven auch vom Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI), einem Zentrum der Helmholtz-Gemeinschaft, betrieben. Das in Kooperation des AWI und der Hochschule Bremerhaven gegründete „Institut für marine Ressourcen“ (IMARE) zielt darauf ab, wissenschaftlich fundierte Forschungsergebnisse und neue Technologien in enger Zusammenarbeit mit externen Partnern zu Produkten und Marktinnovationen weiter zu entwickeln und diese somit einer wirtschaftlichen Anwendung zuzuführen. Des Weiteren leistet das an der Universität Bremen angesiedelte Forschungszentrum Nachhaltigkeit (artec) Spitzenforschung im Bereich Nachhaltigkeit / Umweltsoziologie.

Der Standort Bremerhaven bietet durch seine Küstennähe und damit einhergehender Nähe zu vielen Instituten und Unternehmen im Bereich der Fischzucht hervorragende Rahmenbedingungen, Spitzenforschung anwendungsorientiert weiter zu entwickeln und zum Nutzen der Erarbeitung sowie praktischen Umsetzung neuer Ansätze für eine nachhaltige Fischzucht zu etablieren. Durch die finanzielle Unterstützung des IMARE gibt der Bremer Senat für Bildung und Wissenschaft bereits heute ein deutliches Bekenntnis zu anwendungsorientierter Forschung sowie zur Entwicklung von Marktinnovationen aus der Grundlagenforschung.

Ein Kompetenzzentrum „Nachhaltige Fischzucht“ könnte darauf abzielen, neue Technologien und Ansätze zur nachhaltigen Fischzucht aus der öffentlichen Forschung aufzugreifen und in

enger Kooperation mit externen Partnern der Wertschöpfungskette im Rahmen von Pilotprojekten umzusetzen. Durch diese vom Kompetenzzentrum initiierten und koordinierten Pilotprojekte könnte die Machbarkeit neuer Ansätze für eine nachhaltige Fischzucht aufgezeigt und somit für alle Partner der Wertschöpfungskette aber auch für eine breitere Öffentlichkeit greifbarer gemacht werden.

Die Ziele eines Kompetenzzentrums „Nachhaltige Fischzucht“ könnten somit etwa sein:

- Sensibilisierung für das Thema Überfischung und zunehmend zu beklagende Umweltschäden im Bereich der Fischzucht; Betonung des Bedarfs an neuen Ansätzen für eine nachhaltige Fischzucht gegenüber Wirtschaft, Politik, Verwaltung sowie gegenüber einer breiteren Öffentlichkeit
- Schaffung einer geeigneten Plattform zur zielgerichteten Weiterentwicklung erster bereits bestehender Ansätze bzw. Produktkonzepte in wirtschaftlich tragfähige Modelle für die Praxis durch Einbindung der unterschiedlichen Partner der Wertschöpfungskette (Wissenschaft, Wirtschaft, Gebietskörperschaften, etc.)
- Erarbeitung und Umsetzung geeigneter Maßnahmen im Bereich der Nachwuchsförderung für den Wirtschaftssektor „Nachhaltige Fischzucht“ zur Sicherstellung eines sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht ausreichenden Potenzials an hochqualifizierten Fachkräften

2. Wesentliche Aufgaben eines Kompetenzzentrums

Das hier skizzierte Kompetenzzentrum für den Bereich „Nachhaltige Fischzucht“ sollte als Kristallisationspunkt für alle Aktivitäten im Bereich „Nachhaltige Fischzucht“ agieren und etwa die folgenden Aufgaben wahrnehmen:

- Erkennung von aktuellen Problemlagen rund um das Themengebiet Fischzucht, die sich durch neue Ansätze nachhaltiger Fischzucht verbessern lassen, im engen Dialog mit unterschiedlichen Interessensgruppen mit einem Bedarf an innovativen Lösungen (u.U. Koordination von Studien, Organisation des Erfahrungsaufbaus im Themenfeld Aquakultur)
- Aufsetzen und Koordination von Pilotprojekten zur Überführung forschungsnaher Ansätze und Produktkonzepte in praxistaugliche Anwendungen durch aktives Einbinden der hierfür jeweils notwendigen Partner der wirtschaftlichen Wertschöpfungskette (z.B. Fischereibetriebe, Anlagenbauer, Nahrungsmittelunternehmen)
- Aufbau einer Pilotanlage zu Veranschaulichungszwecken, als Ort für praxisnahe Weiterentwicklungen, zur Verifizierung der Machbarkeit der jeweiligen Konzepte sowie zur Bestimmung von für die wirtschaftliche Einordnung wesentlichen Rentabilitäts-Kennzahlen (u.U. Einrichtung eines Technikums zur Weiterentwicklung der Teich-in-Teich-Lösungen für biologisch neutrale Fischzucht)

- Übernahme des zentralen Projektmanagements für sämtliche Aktivitäten, die entlang der Wertschöpfungskette notwendig sind, um Anlagen zur nachhaltigen Fischzucht in Kooperation komplementärer Partner erfolgreich auf den Markt zu bringen
- Etablierung und Bekanntmachung der Methodik der Aquakultur: durch Aufzeigen der Möglichkeiten an einem konkreten Projekt kann die Sensibilisierung für die Probleme bisheriger Fischzucht und die Begeisterung für das Thema Nachhaltigkeit erhöht werden
- Koordination geeigneter Aktivitäten zur Heranführung junger Menschen (Nachwuchsförderung) an Ausbildungsberufe im Bereich Aquakultur inklusive angrenzender Felder und Zusammenarbeit mit regionalen Bildungseinrichtungen zur Weiter- bzw. Umqualifizierung interessierter Arbeitskräfte
- Koordination geeigneter flankierender Maßnahmen zur Sicherstellung der Etablierung neu entwickelter Technologien am Markt bzw. Unterstützung der weiteren Verbreitung und Einführung in internationalen Märkten
- Durchführung einer professionellen Presse- und Öffentlichkeitsarbeit zur Profilierung und Positionierung der regionalen Aktivitäten im Bereich „Nachhaltige Fischzucht“ im internationalen Wettbewerb (Sichtbarkeit) und zur Generierung neuer Projekte

3. Partner und Organisation

Für die erfolgreiche Umsetzung der Ziele und Aufgaben des hier skizzierten Kompetenzzentrum sollte eine breite Trägerschaft angestrebt werden, um zum einen die notwendige Akzeptanz des Kompetenzzentrums zu gewährleisten und zum anderen um notwendige Kompetenzen aus den beteiligten Trägereinrichtungen zeitnah und unkompliziert für konkrete Aktivitäten mobilisieren zu können. Als mögliche Partner für ein Kompetenzzentrum kommen etwa in Frage:

- Universität Bremen
- Hochschule Bremerhaven
- Alfred-Wegner-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI)
- Institut für marine Ressourcen“ (IMARE)
- Stadt Bremerhaven mit seiner Wirtschaftsförderung
- Weitere Gebietskörperschaften
- Industrie- und Handelskammer
- Weitere Partner

Die Partner der Wertschöpfungskette aus der Wirtschaft sollten in geeigneter Weise in das Kompetenzzentrum „Nachhaltige Fischzucht“ eingebunden werden, etwa über einen Beirat. Die

Aufnahme einzelner Unternehmen in den Trägerkreis des Kompetenzzentrums ließe sich mit der notwendigen Unabhängigkeit des Zentrums wohl nur schwer vereinbaren.

Weitere Aspekte der organisatorischen Ausgestaltung eines Kompetenzzentrums „Nachhaltige Fischzucht“ sollten in einem weiterführenden Planungsschritt angesprochen werden.

4. Finanzierung

Der Europäische Fond für regionale Entwicklung (EFRE) ist ein von der EU initiiertes und finanziell gestütztes Programm, dessen Ziel „die Stärkung der wirtschaftlichen und sozialen Kohäsion in der Europäischen Union durch Abbau der Ungleichheiten zwischen den einzelnen Regionen“¹ ist. Im Rahmen dieses Förderprojektes werden Regionen unter anderem bei Ausbau und Stärkung ihrer wirtschaftlichen Struktur unterstützt. Im Rahmen des „Operationellen Programms EFRE Bremen 2007 – 2013“ stehen den beiden Städten Bremen und Bremerhaven in den Jahren 2007 bis 2013, inklusive nationalen und privaten Mitteln, ein Budget in Höhe von rund 322 Mio. EUR für die Umsetzung des Programms zur Verfügung². Diese Mittel werden auf verschiedene Förderbereiche aufgeteilt, von denen der u.U. für die Konzeption und Umsetzung des Kompetenzzentrums „Nachhaltige Fischzucht“ geeignete Bereich 1.2 im Folgenden näher erläutert wird.

EFRE Bremen 2007-2013 – Förderbereich 1.2 Wissens- und Technologietransfer

Der Förderbereich wird auf der offiziellen Webseite des Programms „EFRE Bremen“ wie folgt konkretisiert:

„Im Förderbereich ‚Wissens- und Technologietransfer‘ soll die Kooperation von Wirtschaft und Wissenschaft weiter ausgebaut und ein Wissens- und Technologietransfer erleichtert werden. Dazu sollen Technologie- und Gründerzentren gezielt weiterentwickelt und gestärkt werden. Netzwerke zum Austausch von Erfahrungen und Kompetenzen sollen zu einem aktiven Wissensmanagement beitragen.“³

Explizit werden als Fördergegenstand auch Kompetenzzentren angesprochen, die durch Vernetzung das Gesamtpotential der Region unter anderem im Bereich „Maritime Wirtschaft“ steigern.

Ansprechpartner ist Herr Jörg Peters, Senator für Wirtschaft und Häfen, Referat 12, Zweite Schlachtpforte 3, 28195 Bremen, Tel.: 0421 / 361-8801, E-Mail: joerg.peters@wuh.bremen.de

¹ http://ec.europa.eu/regional_policy/funds/feder/index_de.htm

² www.efre-bremen.de/sixcms/media.php/13/Ultrakurzfassung__EFRE-Programm.pdf

³ www.efre-bremen.de/sixcms/detail.php?gsid=bremen59.c.2502.de

B Projektpartner Universität Rostock

1.0 Einleitung

Im Rahmen des Verbundvorhabens „AqualInno: Umweltverträgliches Aquakulturdesign in Form einer schwimmenden Durchfluss-Kläranlage für den In-, Near- und Offshore- Einsatz“ befasste sich der Lehrstuhl Meerestechnik der Universität Rostock sowohl mit speziellen Fragestellungen der Hydrostatik als auch mit auftretenden Phänomenen der Strömungs- und Hydrodynamik der schwimmenden Anlage. Ein wesentlicher Schwerpunkt der Untersuchungen war dabei die numerische Analyse unter Einbeziehung der bisher vorliegenden Konstruktion eines Süßwasser-Freilandmodells der Firma Aqualnova GmbH und die Applikation der Ergebnisse auf den Einsatz im Near- und Offshore-Bereich.



Abbildung 1.1: Prototyp I getestet in Boeck/Müritz

Im Einzelnen standen folgende Aufgaben definiert in den Arbeitspaketen des Verbundvorhabens im Fokus der Bearbeitung:

AP: 3.1 Strömungsanalyse

AP: 3.2 Bewegungsanalyse

Hydrostatisch und Hydrodynamisch

AP: 3.3 Experimentelle Untersuchungen zum Bewegungsverhalten

AP: 3.4 Sloshing - Analyse

Zusätzlich zu den genannten Aufgaben erfolgte im Rahmen der Bearbeitung des Projektes eine Abschätzung des thermischen Betriebsverhaltens der Anlage.

Im Zuge der konstruktiven Veränderungen der Modellanlage, der zusätzlichen Abschätzung des Wärmeverlustes und den Erkenntnissen aus den numerischen Simulationen der Struktur-Fluid-Wechselwirkungen zeichnete sich eine Anpassung der notwendigen Arbeiten ab. Gerade für die experimentellen Untersuchungen der geänderten Struktur war für das vorgegebene Zeitfenster eine sehr flexible Modifizierung des Versuchsablaufes notwendig geworden.

Das findet seinen Ausdruck auch in den folgenden Abschnitten mit der Darstellung der Detailergebnisse und den daraus gezogenen Schlussfolgerungen.

2.0 Strömungsanalyse

Es wurde eine Analyse der strömungsmechanischen Gegebenheiten für potentielle Erprobungsstandorte in Binnen- und Küstengewässern im Hinblick auf die Entwicklung eines numerischen Modells für die Simulation der Bewegungen der Anlage durchgeführt.

Die vorgesehene Konstruktion der Anlage mit einem in der Wasseroberfläche liegenden Schwimmkörper und dem damit verbunden Kulturbehälter steht vornehmlich mit den am Einsatzort herrschenden Seegangsbedingungen in Wechselwirkung.

Der Charakter der Wechselwirkung wird stark durch die Verhältnisse Wellenlänge zu Strukturlänge und Wellenhöhe zu Eintauchtiefe der Struktur beeinflusst.

Die Auswirkungen der hydrologischen und meteorologischen Parameter werden im Zusammenhang mit den numerischen Analysen und dem Bewegungsverhalten der Anlage detaillierter dargestellt.

3.0 Hydrostatische und hydrodynamische Bewegungsanalyse

3.1 Hydrostatische Untersuchungen

Schwerpunkt in diesem Aufgabenbereich bildete die Untersuchung der bestehenden Modellanlage hinsichtlich der Schwimmfähigkeit, der Gleichgewichtslage, des Einflusses von Masseverteilungen (durch z. B. Zusatzgeräte, Personal, Be- und Entladung) auf den Schwimmkörper bei Glattwasser.

Obgleich die statische Bewegungssimulation einen Spezialfall darstellt und somit ein Teilergebnis der dynamischen Bewegung ist, wurde zuerst ein separater Programmansatz für die Berechnung der statischen Schwimmage erstellt.

Diese Leistung wurde einmal auf Grund von Nachfragen einzelner Projektpartner zusätzlich erbracht und diente gleichzeitig als Ausgangspunkt für die Simulation. Die Kenntnis der statischen Schwimmage schuf ebenfalls die Bemessungsgrundlagen der für die Bewirtschaftung der Anlage benötigten Vorrichtungen hinsichtlich ihrer Masse und Masseverteilung, z.B. der Abfischvorrichtung.

3.2 Hydrodynamische Bewegungsanalyse

Zur systematischen Analyse der Wechselwirkungen zwischen den über die Strömungsanalyse ermittelten Seegangslasten und den Bewegungen der schwimmenden Durchfluss-Kläranlage als Starrkörper wurde ein Konzept erarbeitet. Starrkörper bedeutet in diesem Zusammenhang, dass elastische Deformationen des Kulturbehälters und des ringförmigen Auftriebskörpers im Vergleich zu den Hauptabmessungen vernachlässigbar klein bleiben.

Die Bewegungsanalyse der schwimmenden Struktur beruht auf der Anwendung des Impuls- und Drehimpulssatzes der Mechanik.

Die hydrodynamischen Belastungen auf die schwimmende Struktur infolge von Seegang und Strömung werden in der ingenieurwissenschaftlichen Meerestechnik im Allgemeinen als vektorielle Summe von Kräften dargestellt, die der Verteilung der lokalen Beschleunigung der Flüssigkeit auf der Strukturoberfläche, der Verteilung der Relativbeschleunigung zwischen Fluid und Strukturoberfläche sowie der Verteilung der Relativgeschwindigkeit zwischen Wasser und Strukturoberfläche proportional sind.

Bei der numerischen Umsetzung dieser Aufgabe wurden die Starrkörperbewegungen und die hydrodynamischen Belastungen zu jedem Zeitschritt iterativ ermittelt. Dazu wurden die Berechnungsrouti-

nen zur Voraussage der hydrodynamischen Belastungen in jene zur Ermittlung der Starrkörperbewegungen implementiert.

Die freie Wasseroberfläche wurde dazu durch eine parametrische Transformation auf das Rechengitter abgebildet. Dieses Verfahren ermöglicht trotz der Darstellung einer frei beweglichen Oberfläche die Verwendung eines festen Rechengitters, womit Rechenzeit eingespart werden kann.

Diffraction und Reflexion der Wellen können damit berücksichtigt werden. Brechende Wellen oder abgelöste Gebiete wie Tropfen können jedoch nicht berechnet werden, da in diesen Fällen keine eindeutige parametrische Transformation mehr möglich ist. Da vorausgesetzt werden kann, dass Aquakulturanlagen grundsätzlich nicht in Gebieten mit großer Wellensteilheit – zum Beispiel Brandungszonen – installiert werden, ist diese Einschränkung für die Forschungs- und Entwicklungsaufgabe unkritisch.

Bei der Berechnung des Bewegungsverhaltens der Aquakulturanlage erhält man plausible Ergebnisse solange der Behälter vollständig mit Wasser gefüllt ist. Sobald allerdings ein teilgefüllter schwimmender Tank betrachtet wird, können sich durch die Implementierung der Randbedingungen instabile Lösungen ausbilden.

Der im Projekt verfügbare Zeitrahmen ließ eine komplexere Behandlung von Wellenlasten, Körperbewegungen und Sloshing nicht zu.

Erste Rechenergebnisse zum Bewegungsverhalten und Erfahrungen aus dem Modellversuch in der Müritz haben jedoch ergeben, dass mit einer akuten Gefahr zum Sloshing zu rechnen ist. Die erhebliche freie Wasseroberfläche im Innern des Kulturtanks verstärkte diesen Eindruck noch. Da gerade die überschwappende Flüssigkeit (Sloshing) der Zielstellung des ökologisch geschlossenen Systems entgegenwirkt, wurden parallel am Lehrstuhl Meerestechnik der Universität Rostock durch Herrn Dr. Schreier Rechnungen zum Sloshing mit der Geometrie des ersten Prototypen durchgeführt. Die Ergebnisse werden im folgenden Abschnitt Sloshing - Analyse detaillierter dargestellt.

Zur Vorbereitung der experimentellen Analyse wurde die Anlage mit der Geometrie des bestehenden Prototyps auf die Eigenfrequenzen der starren Struktur untersucht.

Die potentialtheoretische Abschätzung der Eigenperiode für Tauchbewegungen ergibt einen Bereich von 5 bis 6 Sekunden. Dabei ist zu beachten, dass die nicht berücksichtigte Dämpfung die Periodendauer vergrößert.

Die Wellenlängen für eine Periodendauer von 5 Sekunden variieren in Abhängigkeit von der Wassertiefe über einen Bereich von 30 bis 40 Metern. Bei einer Abmessung der Anlage von ca. 10 Metern sind neben Tauchbewegungen auch Drehschwingungen um die horizontal liegenden Achsen zu erwarten. Die verschiedenen Messstationen des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie geben für Nord- und Ostsee einen Bereich der Wellenperioden von 2 bis 6 Sekunden an. Für Binnengewässer sind kleinere Periodendauern zu erwarten. Es ist also davon auszugehen, dass der Prototyp I bei starkem Wind in Resonanz angeregt werden kann.

4.0 Sloshing – Analyse

Auf Grund der Expertise des Lehrstuhls auf dem Gebiet der numerischen und experimentellen Sloshing-Analyse war es möglich, bereits frühzeitig und zeitlich parallel zum AP 3.2, der hydrostatischen und hydrodynamischen, mit einschlägigen numerischen Analysen zu beginnen. Die Motivation für diese frühzeitigen Untersuchungen resultierte aus den ersten Rechenergebnissen zum Bewegungsverhalten und der akut gegebenen Gefahr des Sloshings. Grundsätzlich sollte angestrebt werden, dass Sloshing innerhalb der Kulturbehälter vermieden wird, da dadurch die Fische nicht nur erheblich gestresst sondern auch signifikant verletzt werden können bis hin zu tödlichen Verletzungen zahlreicher Individuen.

Grundlage für die numerische Simulation war die Geometrie des existierenden Prototyps. Diese numerische Untersuchung wurde mit der kommerziellen Software ANSYS CFX 11 durchgeführt. Das für die zweidimensionale Berechnung erzeugte Gitter umfasst 34466 Zellen und bildet ein Gebiet von 20m Länge und 10m Höhe ab, in dem sich der Aufzuchtbehälter mit 6m Länge mal 2,2m Höhe befindet. Zur Vereinfachung wird die Strömung als zweidimensional angenommen. Die Oberflächenspannung zwischen dem Wasser und der Luft wird vernachlässigt. Zu Beginn war der Flüssigkeitsstand innerhalb und außerhalb des Tanks auf derselben Höhe und befand sich in Ruhelage. Als Anregung wurde eine harmonische Translation in horizontaler Richtung vorgegeben.

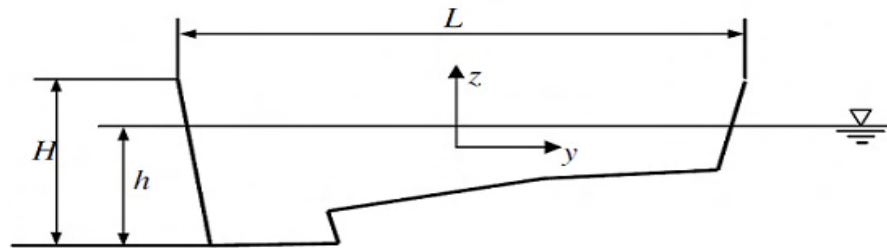


Abbildung 4.1: Geometrie des Aufzuchtbeckens und Definition des Koordinatensystems

Das Modell berücksichtigt keine Schwimmlagenänderungen. Das heißt, der Kulturbehälter wird während der Simulation in seiner Ausgangslage festgehalten. Durch diese Annahme können aus dieser Rechnung keine Aussagen zur Bewegung des Tanks selbst gemacht werden, jedoch gibt dieses Modell einen hervorragenden Einblick in die Bewegung des Wasserkörpers im Innern des Kulturtanks. Für diese Konfiguration wurden transiente Simulationen mit verschiedenen Füllständen sowie mit unterschiedlichen Anregungsfrequenzen durchgeführt. Die für die Anregung verwendeten Periodendauern liegen zwischen 3 und 5 Sekunden. Dies ist ein typischer Bereich für in der Nord- und Ostsee auftretende Wellenperioden.

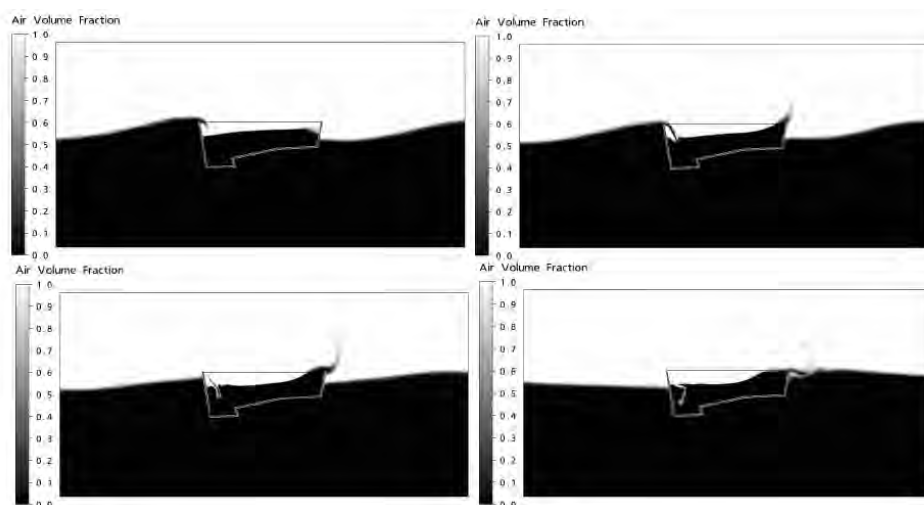


Abbildung 4.2: Die Bildfolge entstammt einer Simulation mit der Anregung $T = 3.14s$. Zwischen den einzelnen Bildern liegt eine Zeit von $\Delta t = 0.314s$.

Links oben läuft eine ankommende Welle mit zirka einem halben Meter Amplitude auf den Behälter auf. Der Impuls der Welle überträgt sich auf die Flüssigkeit im Innern und es bildet sich (wie rechts oben und links unten zu sehen ist) eine Welle im Kulturbehälter, deren Amplitude durch den flacher werdenden Behälter zunimmt und die Bordwand wiederum überspült. Es zeigt sich, dass durch die Anregung des Seeganges erhebliche Wellen im Kulturbehälter entstehen. Für die Einschätzung des Anregungsvorganges soll im Folgenden die Lage der Eigenfrequenz näher betrachtet werden.

Für den Einsatz der Anlage in seegangsexponierten Bereichen ist die Eigenperiode oder Eigenfrequenz von wesentlichem Interesse. Um eine starke Anfachung der Wellen im Inneren des Behälters zu vermeiden, sollte die Periodendauer der Anregung möglichst verschieden von der Eigenperiode sein. Aus der Variation der Anregungsfrequenz ergeben sich die in Abbildung 4.3 dargestellten Eigenschaften.

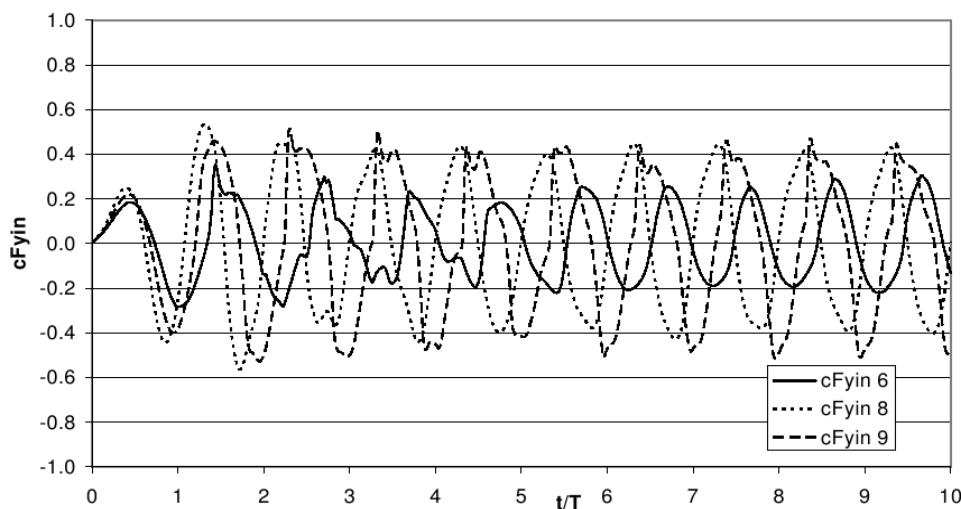


Abbildung 4.3: Vergleich der Kraftbeiwerte aus den Versuchen 6: $T = 3.14\text{s}$; 8: $T = 5\text{s}$ und 9: $T = 3.925\text{s}$

Die Abbildung 4.3 zeigt die resultierende Kraft im Inneren des Kulturbehälters im zeitlichen Verlauf. Für die Vergleichbarkeit sind sowohl die Kräfte als auch die Zeit als bezogene dimensionslose Größen dargestellt. Aus den Zeitverläufen werden unterschiedliche Verschiebungen der Phasenlagen ersichtlich. Es zeigt sich, dass die Anregung mit der Periode von $T = 3.14\text{s}$ unterkritisch, das heißt unterhalb der Eigenperiode stattfindet. Die Anregung mit der Periodendauer $T = 5\text{s}$ liegt allerdings bereits über der Eigenperiode der Modellanlage. Der Versuch mit der Anregung $T = 3.925\text{s}$ zeigt eine Phasenverschiebung von zirka $\pi/2$ und liegt nahe der Resonanz.

Die stärkste Anregung von Wellen in der Anlage ist also bei einer Seegangsperiode von ca. $T = 4\text{s}$ zu erwarten.

5.0 Experimentelle Analyse zum Bewegungsverhalten

5.1 Das Modell

Die Ergebnisse der numerischen Simulation der gekoppelten Strukturbewegungen und besonders der Sloshing – Untersuchungen der freien Oberfläche innerhalb der Kulturbehälter heben die Bedeutung der experimentellen Analyse zum Bewegungsverhalten hervor.

Ausgangspunkt für die experimentellen Untersuchungen war der Entwurf, der Bau und die Erprobung einer Modellanlage.

Die Anlage basiert auf der Geometrie des Prototypen I, der bei Boeck in der Müritz getestet wurde (siehe Abbildung 1.1). Dieser besteht aus einem Fischeaufzuchtbecken mit ringförmigen Auftriebskörper und Plattform.

Das Modell-Aufzuchtbecken wurde im Maßstab 1:6 mit vereinfachter Geometrie, zum Beispiel der Sedimentkammer, konstruiert und aus Polyacryl gebaut.

Da in der Zukunft auch der Verbund mehrerer Aquakulturbeden vorgesehen ist, besteht die Modellanlage aus zwei Kulturbeden und einem dazwischen liegenden Bioreaktor, die durch einen starren Rahmen verbunden sind. An diesem befinden sich vier quaderförmige Auftriebskörper.

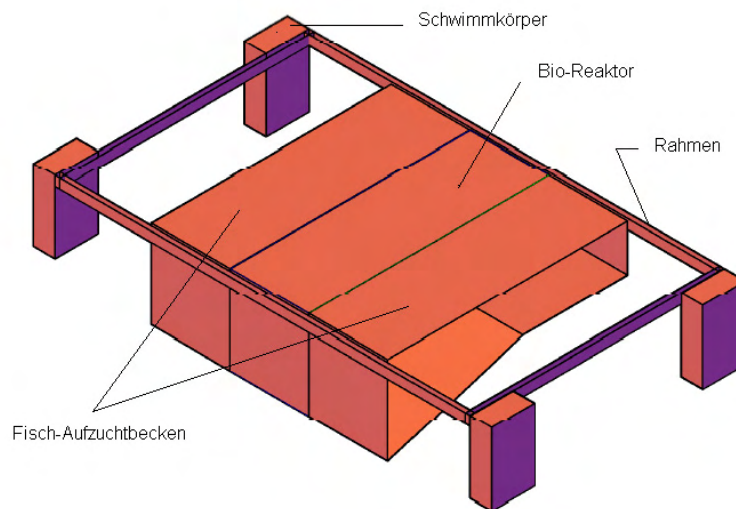


Abbildung 5.1: Schematische Darstellung des Modells

Die Becken wurden dicht nebeneinander liegend dargestellt. Der Rahmen wurde aber so konzipiert, dass auch das Bewegungsverhalten der Modell – Anlage mit weiter auseinander liegenden Kulturbeden experimentell analysiert werden kann. Es lassen sich einfach Variationen der Schwimm Lage und der Anordnung der Schwimmkörper vornehmen.



Abbildung 5.2: Modell – Anlage nach der Montage

Auf Grund der Berechnung der Eigenfrequenz und die Gefahr der Resonanz bei der existierenden Geometrie im Einsatzgebiet von Nord- und Ostsee wurde bei der Versuchsdurchführung das Hauptaugenmerk auf die Binnen- und Fließgewässer gerichtet. Die zu erwarteten Wellenperioden sind dort geringer und die Anlage liegt nicht mehr direkt im Bereich der Resonanz. Es ist aber auch hier mit beachtlichen Wellenhöhen zu rechnen (beispielsweise 1 - 2 Meter auf der Müritz), so dass auch die Einsatzmöglichkeiten für spezielle Binnengewässer geprüft werden müssen.

5.2 Die Versuchsanlage

Die experimentelle Datenerhebung der Wechselwirkungen zwischen den definierten Seegangslasten und den Bewegungen der schwimmenden Durchfluss-Kläranlage als Starrkörper erfolgten in der Längsschlepprinne der Strömungshalle des Lehrstuhles für Strömungsmechanik der Universität Rostock. Die Schlepprinne hat einen Querschnitt von 5m Breite und 3m Tiefe. Die nutzbare Länge beträgt zirka 30m mit einer maximalen Schleppgeschwindigkeit von 1,8 m/s. Mit dem Wellengenerator können Wellenlängen von 1-5m und Wellenhöhen von 0,04-0,25m erzeugt werden.

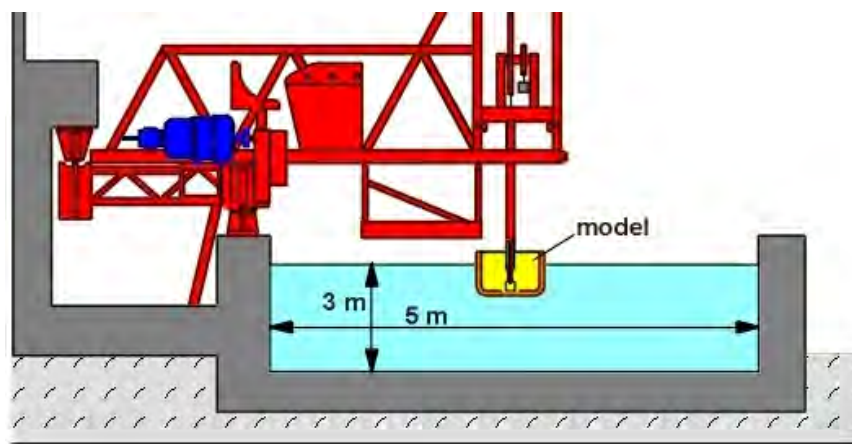


Abbildung 5.3: Schematische Darstellung der Versuchsanlage

Wie auf der schematischen Darstellung Abbildung 5.3 zu erkennen ist, erfolgte die Ausführung des Schleppwagens nicht als Portal über beide Seitenwände, sondern läuft nur einseitig auf einer Schiene. Das Widerlager ist außerhalb an der angrenzenden Wand angebracht. Der Ausleger ist verhältnismäßig biegeweich, so dass sich Schwingungen aufgrund von Unebenheiten in der Laufschiene, die Schleppanlage ist ca. 40 Jahre alt, und die Vibrationen des Antriebes gut bis in die Modellaufnahme fortsetzen können.

Bei den Messungen in der Längsschlepprinne wurde das Modell durch das unbewegte Wasser geschleppt. Nach der Beschleunigung aus der Ruhe heraus schloss sich ein Fahrtbereich mit konstanter Geschwindigkeit an, währenddessen die Messung erfolgte. Nach Beendigung der Messung musste der Schleppwagen vor Erreichen des Kanalendes wieder abgebremst werden. Hieraus resultierte ein nutzbarer Messbereich von etwa 10s.

5.3 Versuchsparameter und Versuchsdurchführung

Durch die Fokussierung der Einsatzmöglichkeiten auf Fließ- und Binnengewässer bedingt durch das Resonanzverhalten wurde die Modellanlage zuerst bei definierten Fließgeschwindigkeiten mit Seegang 0 getestet.

Da die Schleppversuche an der Phasengrenze zwischen Wasser und Luft durchgeführt werden, bilden sich auf Grund der Druckverhältnisse in der Umströmung Wellen an der Wasseroberfläche aus. Die

Struktur des Wellenbildes hängt von dem Verhältnis der Gewichtskräfte zu den konvektiven Trägheitskräften ab. Dieses Verhältnis wird in der Strömungsmechanik durch die Froudezahl Fr ausgedrückt.

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}} \quad (1)$$

Darin ist v die Geschwindigkeit der Anlage gegenüber dem Fluid, g die Erdbeschleunigung und L eine charakteristische Länge, die zumeist die Wasserlinienlänge ist.

Bei gleichen Froudezahlen im Modell und bei der Großausführung ist das Wellenbild ähnlich. Damit können vom Modell Rückschlüsse auf die Großausführung gezogen werden.

Laut Strömungsanalyse kann man mit durchschnittlichen Fließgeschwindigkeiten der Flüsse zwischen 3 und 8 km/h rechnen. Dieser Wert dient nur zur groben Abschätzung der maximal notwendigen Schleppgeschwindigkeit des Modells.

Bei gleicher Froudezahl ergibt sich folgende Gleichung:

$$Fr_M = Fr_G \quad (2)$$

$$\frac{v_M}{\sqrt{gL_M}} = \frac{v_G}{\sqrt{gL_G}} \quad (3)$$

Der Index M steht für das Modell und G bezeichnet die Großausführung.

Bei gleicher Erdbeschleunigung g ergibt sich daraus die Beziehung für die Modellgeschwindigkeit v_M .

$$v_M = v_G \sqrt{\frac{L_M}{L_G}} \quad (4)$$

Setzen wir hier eine maximale Fließgeschwindigkeit von 8 km/h ein, können wir mit einer maximalen Modell - Schleppgeschwindigkeit bis zu 0,9 m/s rechnen.

Die Froude'sche Ähnlichkeit wird dann bei der Auswertung der experimentellen Untersuchungen angewandt, um die kritische Fließgeschwindigkeit für die vorliegende Konstruktion festzustellen.

Basierend auf den technischen und zeitlichen Gegebenheiten und den Erkenntnissen der numerischen Simulationen und besonders aus der Sloshing - Analyse wurde das Versuchsprogramm aufgebaut.

Die Becken der Modell – Anlage wurden einmal mit einem Füllstand von 90% getestet. Das entspricht dem Test des Prototyps in der Müritz. Um auch eine Abhängigkeit der Füllhöhe zu untersuchen, wurde eine Messreihe mit 80% Füllung durchgeführt.

Die Modell-Anlage wurde mit Seilen an dem Schleppwagen befestigt, um freies Tauchen, Trimmen und Krängen zuzulassen. Die tatsächlich aufgetretene Zugkraft im Seil ist wesentlich geringer als die Bruchlast, so dass die Seildehnung vernachlässigt werden kann.

In der folgenden Skizze sind die durchgeführten Varianten der Verankerung dargestellt.

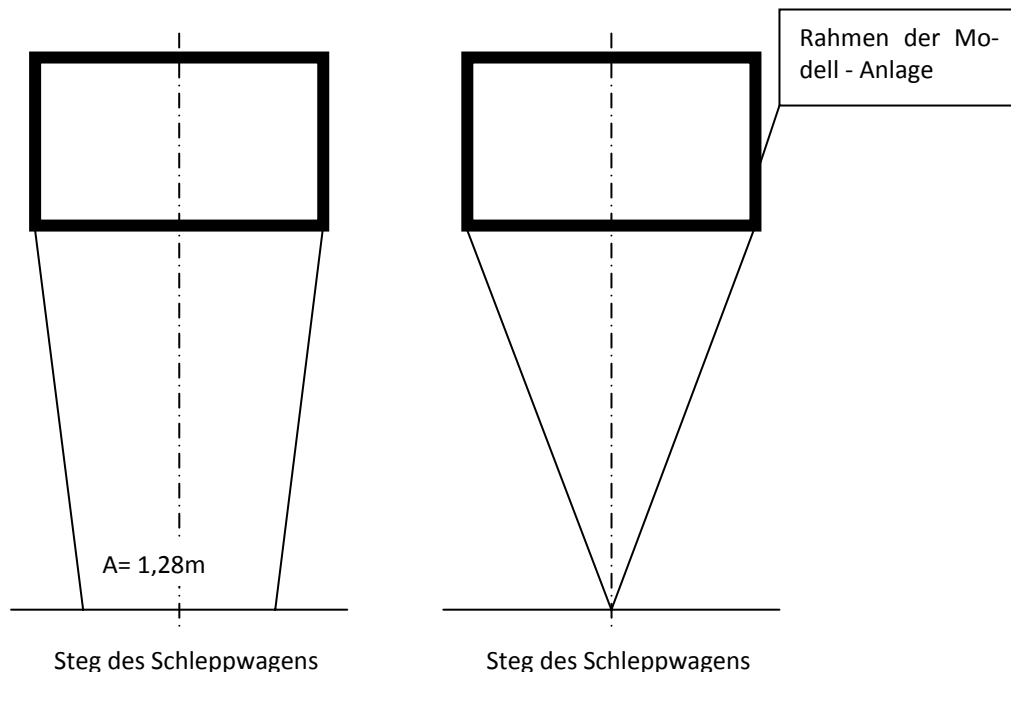


Abbildung 5.4: Schematische Darstellung der Befestigung des Modells am Schleppwagen

Einmal erfolgte die Befestigung trapezförmig, wobei $A = 1,28\text{m}$ der Abstand zwischen den Befestigungspunkten ist. Die Länge des Verankerungsseiles beträgt $2,44\text{m}$. Bei der zweiten Variante wurden die Seile mit einer Länge von $2,56\text{m}$ in einem Punkt zentriert angebracht.

Für die Schleppgeschwindigkeit wurde eine Abstufung von $0,1\text{ m/s}$ vorgesehen.

Die vertikale Bewegung der Modell – Anlage wurde mit einem Laser Typ optoNCDT aufgenommen und mit einem Transientenrekorder TRA 800 dokumentiert.

Die Modell – Anlage wurde in den Schlepptank gesetzt und zu 80% mit Wasser gefüllt. Mit der Wasserwaage wurde die horizontale Lage überprüft. Eine leichte Schiefelage, hervorgerufen durch die vereinfachte Konstruktion des Modells, wurde korrigiert, indem in das mittlere Becken ein Ausgleichsgewicht von 801g gelegt wurde.

Der Rahmen wurde trapezförmig mit Seilen an dem Steg des Schleppwagens verankert. Nach der Kalibrierung des Lasers wurde eine statische Nullmessung durchgeführt.

Dann erfolgte die Durchführung der Messreihe bis zur kritischen Fließgeschwindigkeit, dem Punkt an dem das Becken soweit eintaucht, dass das Wasser überschwappen kann. Zwischen den einzelnen Messfahrten wurden die erforderlichen Pausen zur Beruhigung des Wasserkörpers eingehalten.

Analog erfolgten die Messungen mit zentrierter Befestigung in einem Punkt und mit 90% Füllung und zwei Verankerungsvarianten.

Zum Abschluss wurden zwischen den Seilen und dem Schleppwagen Federwaagen (Messbereich $0\text{--}10\text{ kp}$) montiert und mit der trapezförmigen Befestigung und einem Füllvolumen von 80% eine Messreihe zur ersten Abschätzung der auftretenden Seilkräfte durchgeführt.

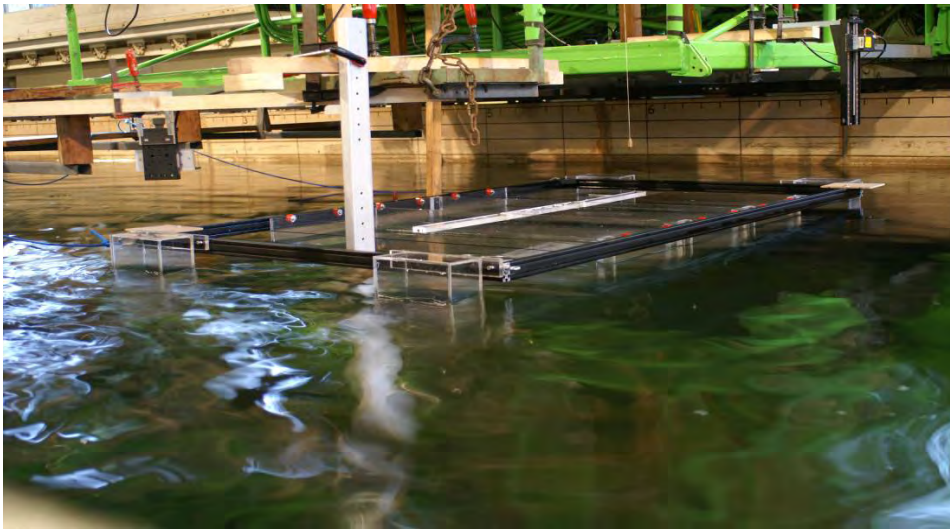


Abbildung 5.5: Modell-Anlage im Strömungskanal mit 80% Füllung

5.4 Auswertung

Die Auswertung der Messdaten erfolgte mit Microsoft Excel. Dazu wurden die mit einem Transienrekorder TRA 800 dokumentierten Daten konvertiert und nach Excel importiert.

Ein wichtiges Ergebnis für das Verhalten der Durchflusskläranlage ist die Ermittlung der kritischen Strömungsgeschwindigkeit, bei der es zum Überschwappen der Flüssigkeit in die Becken kommt. In Abbildung 5.5 wird das Eintauchen der Modell – Anlage in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit und dem Füllvolumen graphisch dargestellt.

Bei einem Füllstand von 80% schwappte das Wasser bei der Schleppgeschwindigkeit von 0,6m/s über. Dies ist auf dem Diagramm sehr gut dargestellt. Im Gegensatz zu den anderen relativ harmonisch verlaufenden Bewegungen weicht der Kurvenverlauf stark ab, weil nach dem massiven Überschwappen der Flüssigkeit der Schleppwagen sofort abgebremst wurde. Zur Kontrolle wurde eine Messfahrt mit 0,55 m/s durchgeführt, welche sich als Grenzgeschwindigkeit erwiesen hat.

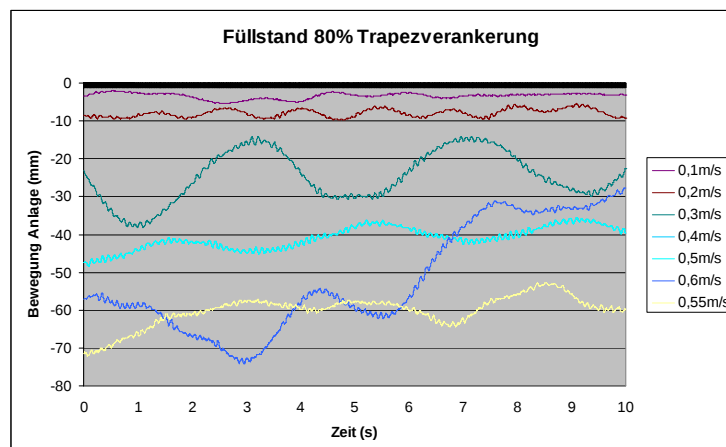


Abbildung 5.6: Eintauchen des Modells in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit

Nach der Froude'schen Ähnlichkeit ergibt sich aus Gleichung (1) und (2) für den realen Betrieb einer schwimmenden Durchfluss – Kläranlage von der Größe des Prototypen I mit einem Füllstand von 80% bei Seegang 0 eine kritische Strömungsgeschwindigkeit von 4,85 km/h (1,35 m/s).

In der graphischen Darstellung ist der starke Einfluss der Vibration der Schleppanlage anhand der Oberschwingungen gut zu erkennen.

Analoge Werte wurden auch für die Modellanlage mit dem gleichen Füllstand und einer zentrierten Verankerung in einem Punkt ermittelt.

Da damit gerechnet wurde, dass mit einer Füllung von 90% es bei wesentlich niedrigeren Schleppgeschwindigkeiten zum Überschwappen kommt, wurden die Messabstände auf 0,05m/s geändert, um für die Auswertung eine genügend große Anzahl Messpunkte zu erhalten.

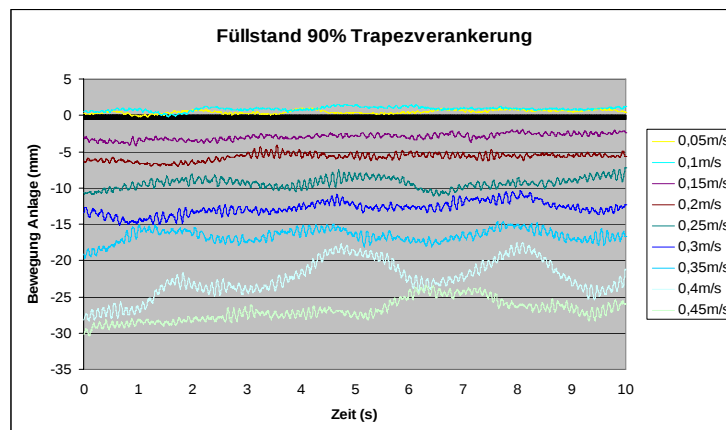


Abbildung 5.7: Eintauchen des Modells mit Trapezverankerung

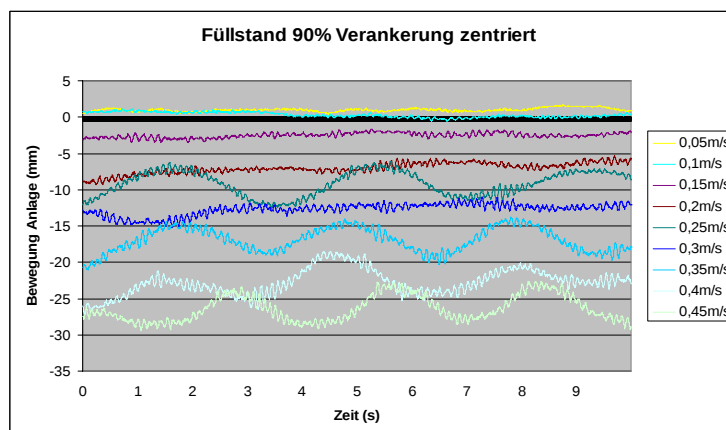


Abbildung 5.8: Eintauchen des Modells mit zentrierter Verankerung

Aus den Abbildungen 5.7-5.8 ist erkennbar, dass die Art der Verankerung bei den Versuchsparametern und definierten Belastungen noch keinen Einfluss zeigt.

Bei dem Füllstand von 90% konnte festgestellt werden, dass bis zu einer Schleppgeschwindigkeit von 0,15 m/s nach dem Beschleunigungsimpuls auf Grund der Trägheit auf der kurzen Strecke die Modell – Anlage schneller war als der Schleppwagen. Die Verankerungsseile waren nicht gespannt und aus der graphischen Darstellung ist ersichtlich, dass die Becken nicht eingetaucht sind.

Auch bei diesem Füllvolumen ist die harmonische Auf- und Abbewegung gut zu erkennen. Im Gegensatz zu den weniger vollen Becken zeigt sich, dass der Einfluss durch die Vibration der Schleppanlage etwas größer ist.

Die Berechnung der kritischen Strömung bei Seegang 0 für den Betrieb der schwimmenden Durchfluss – Kläranlage nach dem Froude'schen Ähnlichkeitsgesetz aus Gleichung (1) und (2) ergibt für den Füllstand 90% einen Wert von 3,97 km/h (1,10 m/s). Darüber hinaus kommt es zum Überschwappen der Flüssigkeit.

Um erste Erkenntnisse zum Strömungswiderstand zu erhalten, wurden Messungen mit einem Füllvolumen von 80% und trapezförmiger Verankerung durchgeführt. Bei der kritischen Fließgeschwindigkeit des Modells von $v = 0,55$ m/s wurde ein Strömungswiderstand von $F_W = 45,10$ N ermittelt.

$$c_w = \frac{2F_W}{\rho v^2 A} \quad (5)$$

Nach Gleichung (5) ergibt sich ein Widerstandsbeiwert von $c_w = 0,83$, wobei ρ die Dichte des Fluids, v die relative Geschwindigkeit zwischen Struktur und Fluid und A die Querschnittsfläche in Strömungsrichtung.

6.0 Abschätzung der erforderlichen Wärmemenge

Für die Schaffung von optimalen Bedingungen bei der Fischeaufzucht oder zum Beispiel der Garnelenaufzucht wurde seitens der Projektpartner eine Abschätzung des Wärmeverlustes oder die Bestimmung der notwendigen Heizleistung für die Kulturanlage angeregt.

Der Verlustwärmestrom wird durch eine Vielzahl von teilweise sehr schlecht bestimmbar Parametern beeinflusst. Daraus lassen sich zum einen verschiedene Mechanismen für die Temperaturregelung ableiten, zum anderen macht es die Vorhersage der Betriebszustände sehr schwierig. Für die Entwurfsphase ist ein Excel – Arbeitsblatt erstellt worden, um eine erste Abschätzung der Wärmeverluste vornehmen zu können. Mit dessen Hilfe kann für unterschiedliche Umgebungsparameter der Wärmeverlust überschlägig ermittelt werden. Es zeigt sich, dass die Wärmestrahlung für die Bilanz eine sehr geringe Rolle spielt.

Der Wärmeverlust entsteht zu ähnlichen Teilen durch die Verdunstung von Wasser und die freie Konvektion an der Wasseroberfläche. Diese Mechanismen werden beide wesentlich von der Größe der Wasseroberfläche und den meteorologischen Bedingungen, zum Beispiel der Windverhältnisse, bestimmt. Hieraus ergeben sich die praktischen Möglichkeiten der Regelung der Beckentemperatur zum Beispiel durch Abdeckungen.

Für den Vorgang des Beheizens ist weiterhin die Aufteilung des Heizwärmestroms zwischen dem Teich und der Kulturanlage von Interesse. Um die einzelnen Wärmeströme zu ermitteln, wurde ein kleines Programm geschrieben, dass in einer ersten Fassung vorliegt. Aus den Eingangsgrößen, dem Heizvolumenstrom und den Beharrungstemperaturen in der Anlage und dem Teich erhält man Heizwärmeströme, die in die Kulturbehälter und den Teich fließen.

Somit besteht in erstem Ansatz die Möglichkeit, für die Auslegung der Anlage grobe Richtwerte für den Wärmekreislauf zu ermitteln.

7.0 Zusammenfassung und Ausblick

Ausgehend von dem vorhandenen Prototyp einer schwimmenden Durchfluss- Kläranlage wurden umfangreiche numerische Simulationen einmal zum hydrodynamischen Betriebsverhalten und zum Sloshing – Verhalten der Anlage durchgeführt. Hierbei haben die Untersuchungen der Eigenfrequenzen für die Tauchbewegungen ergeben, dass die Resonanzfrequenzen der Wellen im Innern des Kulturbehälters und der Eigenbewegung der Anlage sehr dicht bei einander liegen. Beide Eigenfrequenzen liegen im Spektrum von Nord- und Ostsee.

Diese Konfiguration ist für eine ruhige Lage des Aufzuchtbeckens äußerst ungünstig. Hier ist eine Modifikation und Weiterentwicklung des Prototypen notwendig, um eine ruhige stabile Lage der Anlage und somit eine Fischaufzucht zu ermöglichen.

Dabei muss erreicht werden, dass die Anregung der freien Flüssigkeitsoberfläche im Innern der Aufzuchtbecken eingedämmt wird und der ungewollte Wasseraustausch mit der Umgebung vermieden wird.

Aus den Erkenntnissen der numerischen Simulation empfiehlt sich der Einsatz in Binnen- und Fließgewässern, wobei hier die Einsatzmöglichkeiten für jedes Gewässer oder Gewässerabschnitt hinsichtlich der hydrodynamischen Belastung separat geprüft werden muss.

Die Anpassung an die technischen Veränderungen an der Anlage, die Einbeziehung der Erkenntnisse der numerischen Simulation und vor allem an den zeitlichen Rahmen, bedingt durch die Laufzeit des Projektes, erforderte eine flexible Gestaltung der experimentellen Untersuchungen.

Eine Modell – Anlage wurde konstruiert, gebaut und ersten Tests auf Stabilität, Schwimmfähigkeit und Dichtheit besonders der Schwimmerkörper unterzogen.

Im Anschluss daran erfolgte die experimentelle Datenerhebung. Mit der Auswertung der Messreihen konnte eine kritische Strömungsgeschwindigkeit für verschiedene Füllstände bei Seegang 0 aufgezeigt werden. Weitere Untersuchungen waren aus zeitlichen Gründen nicht möglich, denn einer bereits im November 2008 beantragte kostenneutrale Laufzeitverlängerung für das Teilvorhaben Strömungs- und Hydrodynamik wurde nicht stattgegeben.

Zusätzlich zur ursprünglichen Aufgabenstellung erfolgte eine erste rechnerische Abschätzung zum Wärmeverlust.

Aus den numerischen Simulationen und den experimentell ermittelten Daten sind für die Verbesserung der Bewegungseigenschaften prinzipiell verschiedene Ansätze denkbar.

Ausgehend von der vorliegenden Konzeption mit starrer Struktur wäre eine Verkleinerung der freien Wasseroberfläche und eine Anpassung der Schwimmkörper nötig.

Eine einfache Möglichkeit zur Minimierung der freien Wasseroberfläche im Inneren der Becken ist es, den Kulturbehälter oben zu schließen. Auf diese Weise wird einmal der Wasseraustausch mit der Umgebung verhindert. Zum anderen ist der Einsatz einer Abdeckung auch eine Schlussfolgerung der Abschätzung des Wärmeverlustes, um die Beckentemperatur besser regeln zu können.

Bei einem geschlossenen Kulturbehälter ist es möglich, die Anlage für den Kulturbetrieb etwas abzusenken, indem der ringförmige Auftriebskörper geflutet wird. Kleinere Schwimmkörper müssten dann für ausreichend Restauftrieb sorgen. Werden diese senkrecht angeordnet, wird die Anregung zum Sloshing verringert. Für Abfisch- und Wartungsarbeiten muss der Hauptauftriebskörper gelenzt werden, um einen sicheren Betriebsablauf zu gewährleisten.

In Abbildung 7.1 ist eine mögliche Konstruktion skizziert.

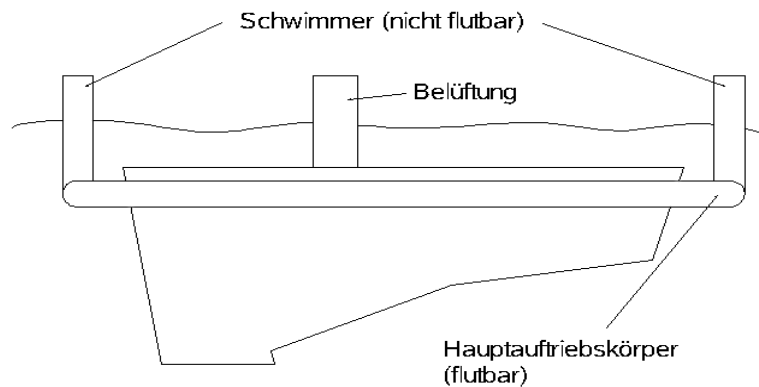


Abbildung 7.1: Mögliche Anordnung der Auftriebskörper

Eine weitere Möglichkeit ist im Gegensatz zu der Konzeption mit starren Wänden die Verwendung von Strukturen mit flexiblen Wänden. Damit wird die Anregung zum Sloshing im Inneren der Kulturbehälter vermieden, da die Wellen relativ ungehindert durch die flexible Struktur hindurchwandern können. Der Wasserkörper im Becken würde das gleiche Verhalten zeigen wie das umliegende Seegebiet. Ähnliche Konstruktionen mit diesem Prinzip werden zu anderen Zwecken bereits angewandt. In der Abbildung 6.2 ist eine Anlage zur Untersuchung von Bakterien dargestellt. Sie besteht aus einem Beutel, der von einem ebenso flexiblen Schwimmkörper an der Wasseroberfläche gehalten wird. Die Beutel reichen mehrere Meter in die Tiefe und werden für wissenschaftliche Untersuchungen genutzt.



Abbildung 7.2: Messstation mit vier Mesokosmen auf dem Dagowsee

Eine flexible Struktur bietet den Vorteil, dass sie den Seegangsbelastungen sehr wenig Widerstand entgegenbringt. Die Anregungskräfte der Wellen werden durch lokale Verformungen des Behälters ausgeglichen. Es kommt nicht wie bei der starren Ausführung zu Bewegungen der gesamten Struktur. Somit sind nur geringe Belastungen und Stressfaktoren für die Fische zu erwarten.

Das vorliegende Konzept für die starre Struktur beruht auf der Minimierung der anregenden Kräfte und der Anlagenoptimierung. Die Grundkonfiguration macht eine starke Sondierung der Betriebsmöglichkeiten notwendig. Der Vorteil dieses Konzeptes ist, dass die bestehende und bereits erprobte Filterung und Sedimentierung weitgehend Verwendung finden kann. Setzt aber auch gleichzeitig voraus, dass weitere Untersuchungen einmal der

Struktur – Fluid - Wechselwirkungen und vor allem auf dem Gebiet der gekoppelten schwimmenden Strukturen durchgeführt werden.

8.0 Referenzen

<http://www.bsh.de/de/Meeresdaten>

Markus Lichtmeß (2003) Analyse der theoretischen Kühlleistung eines Wasserbeckens in Gebäudenähe

Hansmann (2005) WK KST Mechanische Eigenschaften

Fröhle (2000) Dissertation zur Messung und statistische Analyse von Seegang als Eingangsgröße für den Entwurf und die Bemessung von Bauwerken des Küstenwasserbaus

Cezary Afeltowicz (2004) Numerische Analyse der Wechselwirkung von einem Trägerschiff mit entkoppeltem Ölskimmer im Seegang

Prof. em. Dr. Gerhard Schmitz (1980) Hydrodynamik Teil 1 und 2

Christian Haß (2002) Darstellung des Stabilitätsverhaltens im Seegang

Dinkler (1992) Nonlinear Dynamic Deformation Behaviour of Elastic Shells. EUROMECH 292 München

N. T. Wu, H. Oumeraci, H.-W. Partenschky (1994) Numerical Modelling of Breaking Wave Impacts on a Vertical Wall. ASCE, 24th ICCE'94, Kobe/Japan, Vol. II

Katja Jacobsen (2005) Dissertation: Hydrodynamisch gekoppelte Mehrkörpersysteme im Seegang; Bewegungssimulationen im Frequenz- und Zeitbereich

http://www.uni-leipzig.de/~grw/lit/texte_099/74__2000/die_Welle.htm

Lund (2006) Untersuchung des Seegangs an der Südspitze der Nordseeinsel Sylt mit Hilfe des radar-gestützten Wellenbeobachtungssystems WaMoS II

<http://www.schwimmende-insel.de>

Wagner (2004) Skriptum zur Vorlesung Meerestechnik RU Bochum

9.0 Anlagen

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart Schlussbericht
3a. Titel des Berichts Umweltverträgliches Aquakulturdiesign in Form einer schwimmenden Durchfluss – Kläranlage für den In-, Near- und Offshore – Einsatz.	
3b. Titel der Publikation	
4a. Autoren des Berichts (Name, Vorname(n)) Prof. Dr.-Ing. habil. Mathias Paschen Dipl.-Ing. Monika Lerahn	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30. September 2009
4b. Autoren der Publikation (Name, Vorname(n))	6. Veröffentlichungsdatum geplant
	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Universität Rostock Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik Lehrstuhl Meerestechnik Albert – Einstein – Straße 2 18059 Rostock	9. Ber.Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 16IN0432
	11a. Seitenzahl Bericht 21
	11b. Seitenzahl Publikation
13. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	12. Literaturangaben 15
	14. Tabellen
	15. Abbildungen 14
16. Zusätzliche Angaben -	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) -	
18. Kurzfassung Im Rahmen des Verbundvorhabens Aqualnno befasste sich der Lehrstuhl Meerestechnik der Universität Rostock sowohl mit speziellen Fragestellungen der Hydrostatik als auch mit auftretenden Phänomenen der Strömungs- und Hydrodynamik. Ausgangspunkt bildete die existierende Konstruktion eines Süßwasser - Freilandmodells der Firma Aquanova GmbH. Nach ersten hydrostatischen Berechnungen der Schwimmage erfolgte die numerische Simulation mit den relevanten Belastungskriterien für die vorgesehenen Einsatzgebiete. Die wichtigsten Erkenntnisse aus der numerischen Simulation waren einmal die akut gegebene Gefahr des Sloshing (schwappende Flüssigkeit) und zum anderen, dass die Eigenfrequenz der Durchfluss – Kläranlage im Frequenzspektrum von Nord- und Ostsee liegt und die Anlage in Resonanz angeregt werden kann. Da dadurch die Fische gestresst bzw. signifikant verletzt werden könnten, liegt der Fokus der Einsatzmöglichkeiten im Bereich der Binnen- und Fließgewässer. Zusätzlich zu den geplanten Aufgaben erfolgte eine Abschätzung des thermischen Betriebsverhaltes der Anlage. Nach Änderung der Hauptparameter der Anlage und den gesicherten Erkenntnissen aus der numerischen Simulation wurde ein Modell bestehend aus zwei Fisch-Aufzuchtbecken und einem dazwischen liegenden Bio-Reaktor im Maßstab 1:6 konstruiert und aus Polyacryl gebaut. Die experimentellen Untersuchungen erfolgten im Schlepptank der Strömungshalle der Universität Rostock. Das Modell wurde mit definierten Geschwindigkeiten bei Seegang Null geschleppt und kritische Strömungsgeschwindigkeiten für unterschiedliche Belastungen ermittelt. Als Schlussfolgerung können zwei Konzepte abgeleitet werden. Das erste Konzept für die starre Struktur beruht auf der Minimierung der anregenden Kräfte und der Anlagenoptimierung durch konstruktive Maßnahmen. Die Grundkonfiguration macht eine starke Sondierung der Betriebs- und Einsatzmöglichkeiten notwendig. Der Vorteil dieses Konzeptes ist, dass bereits erprobte Technologien zum Beispiel der Filterung und Sedimentierung weitgehend Verwendung finden können. Das zweite Konzept beinhaltet die Verwendung einer Struktur mit flexiblen Wänden. Damit wird die Anregung zum Sloshing im Inneren der Kulturbehälter vermieden, da die Wellen relativ ungehindert durch die flexible Struktur hindurchwandern können.	
19. Schlagwörter Aquakultur, Fischaufzucht, schwimmende Strukturen, Sloshing, schwappende Flüssigkeit, Struktur-Fluid-Wechselwirkungen	
20. Verlag	21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. Type of Report
3a. Report Title Environmentally friendly aquaculture design in terms of a floating discharge sewage plant for being applied inshore and offshore	
3b. Title of Publication	
4a. Author(s) of the Report (Family Name, First Name(s)) Prof. Dr.-Ing. habil. Mathias Paschen Dipl.-Ing. Monika Lerahn	5. End of Project 30. September 2009
4b. Author(s) of the Publication (Family Name, First Name(s))	6. Publication Date being planned
	7. Form of Publication
8. Performing Organization(s) (Name, Address) Universität Rostock Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik Lehrstuhl Meerestechnik Albert – Einstein – Straße 2 18059 Rostock	9. Originator's Report No. 10. Reference No. 16IN0432
	11a. No. of Pages Report 21
	11b. No. of Pages Publication
	12. No. of References 15
13. Sponsoring Agency (Name, Address) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	14. No. of Tables 15. No. of Figures 14
16. Supplementary Notes	
17. Presented at (Title, Place, Date)	
18. Abstract In the context of the joint project Aqualnno the Chair of Ocean Engineering at the Rostock University was concerned both with special questions of hydrostatics and with arising phenomena of flow and hydrodynamics. The given outdoor fresh water model constructed by the company Aquanova GmbH has formed the basis. After first hydrostatic computations of the floating position the numerical simulation with the relevant load criteria has been conducted for the intended operational areas. The most important findings from the numerical simulation were on the one hand the acutely given danger of sloshing (sloshing liquid) and on the other hand the fact that the resonant frequency of the discharge sewage plant is within the frequency spectrum of the North and the Baltic Sea and the plant can be excited in resonance. Since this might stress or even severely injure the fish, the possible applications are focussed on inland and flowing waters. In addition to the tasks planned the thermal operational behaviour of the plant has been assessed. After having changed the main parameters of the plant and according to solid results from the numerical simulation a model has been designed and built of polyacryl consisting of two fish farming basins with a bioreactor between them at a scale of 1:6. The experimental investigations have been performed in the towing tank of the Rostock University. The model has been towed at defined speeds in zero swell and critical flow rates have been determined for different loads. As conclusion two concepts can be derived. The first concept for the rigid structure is based on the minimization of the exciting forces and the plant optimization by constructional measures. The basic configuration requires a strong sounding of the operating and application type. The advantage of this concept is that technologies which had already been tested for filtering and sedimentation for example can be applied to a large extent. The second concept contains the application of a structure with flexible walls. Thus the excitation to sloshing is avoided inside the fish containers, since the waves can diffuse through the flexible structure relatively unrestricted.	
19. Keywords	
20. Publisher	21. Price

Erfolgskontrollbericht

(wird nicht veröffentlicht)

Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen des Förderprogrammes	Die Erkenntnisse der numerischen Simulationen und der experimentellen Untersuchungen schaffen die Voraussetzungen für den sicheren Einsatz der Durchfluss – Kläranlage in der Praxis, um auch in der Zukunft die Versorgung mit Fisch und Meerestieren zu gewährleisten ohne die Natur und Umwelt weiter zu belasten und zu schädigen.
Wissenschaftlicher und/oder technischer Erfolg des Vorhabens, erreichte Nebenergebnisse und gesammelte wesentliche Erfahrungen	Präzisere Darstellung der Struktur – Fluid – Wechselwirkungen speziell auf dem Gebiet des Sloshing (schwappende Flüssigkeiten). Verringerung der freien Wasseroberfläche für den stabilen Betrieb der Anlage notwendig. Spezifikation der Betriebsmöglichkeiten und Einsatzgebiete auf Binnen- und Fließgewässer. Abschätzung des thermischen Betriebsverhaltens.
Vom Zuwendungsempfänger oder von am Vorhaben Beteiligten gemachte oder in Anspruch genommene Erfindungen, Schutzrechtsanmeldungen und erteilten Schutzrechte sowie deren Verwertung	Es wurden keine Anmeldungen vorgenommen.
Einhaltung des Finanzierungs- und Zeitplans (ggf. Erläuterung von Abweichungen)	Durch Modifizierung der Anlage wurden angepasste Simulationen notwendig. Die Verschiebung der Betriebs- und Einsatzgebiete auf den In- und Nearshore - Bereich erforderte eine gesonderte Betrachtung des Verhaltens der Anlage bei geringen Wassertiefen und in Gebieten mit Strömung (zum Beispiel Flussmündungen). Die notwendige Anpassung der experimentellen Untersuchungen und die Übernahme der Abschätzung des Wärmeverlustes als zusätzliche Aufgabe sollte durch eine kostenneutrale Verlängerung ausgeglichen werden.
Arbeiten, die zu keiner Lösung führten	
Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche nächste Phase bzw. die nächsten innovatorischen Schritte	Das erste Konzept besteht in der konstruktiven Veränderung der existierenden starren Struktur zur Minimierung der anregenden Kräfte und zur Verhinderung des Überschwappens der Flüssigkeit. Bereits erprobte Bereiche wie Filterung und Sedimentierung und gefertigte Modelle können genutzt werden. Das zweite Konzept beinhaltet die Verwendung einer Struktur mit flexiblen Wänden, damit die Anregung zum Sloshing in den Kulturbehältern vermieden wird.

Rostock

01.12.2009

Ort

Datum

Rechtsverbindliche Unterschrift und Firmenstempel


 Universität Rostock
 Fakultät Maschinenbau und Schiffstechnik
 Lehrstuhl Meerestechnik
 Albert-Einstein-Str. 2
 D – 18059 Rostock

C Projektpartner GMA

1.0 Rechtliche Grundlagen für die Genehmigung von Aquakulturanlagen

Die Art und Größenordnung möglicher Auswirkungen von Aquakulturanlagen auf die Umwelt ist im Einzelfall zu prüfen. Sie ist u.a. abhängig vom Standort, der Anlagengröße sowie der jeweiligen Anlagentechnologie. Neben den umweltrechtlichen Genehmigungsverfahren sind je nach Lage des Einzelfalles zum Beispiel Genehmigungsverfahren nach Baurecht und nach Schifffahrtsrecht durchzuführen. Zu beachten ist, dass sich sowohl Gesetzeslage, einzelne Genehmigungsverfahren, als auch die jeweilige Zuständigkeit der einzelnen Behörden zum Teil zwischen den einzelnen Bundesländern unterscheiden können. Auf die Genehmigungsverfahren wird nachfolgend im Einzelnen eingegangen.

1.1 Umweltverträglichkeitsprüfung

Eine Umweltverträglichkeitsprüfung erfolgt zur wirksamen Umweltvorsorge nach einheitlichen Grundsätzen. Dabei sollen die Auswirkungen auf die Umwelt frühzeitig und umfassend ermittelt, beschrieben und bewertet werden. Das Ergebnis der Umweltverträglichkeitsprüfung soll so früh wie möglich bei allen behördlichen Entscheidungen über die Zulässigkeit berücksichtigt werden.

Die Umweltverträglichkeitsprüfung umfasst die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der unmittelbaren und mittelbaren Auswirkungen eines Vorhabens auf

- 1) Menschen, Tiere und Pflanzen,
- 2) Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft,
- 3) Kulturgüter und sonstige Sachgüter sowie
- 4) die Wechselwirkungen zwischen den vorgenannten Schutzgütern.

Derzeit ist für intensive Fischzuchten, die eine Einleitung von Stoffen in oberirdische Gewässer oder Küstengewässer bedingen, eine Allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls von der zuständigen Behörde durchzuführen. Da das „Einbringen oder Einleiten von Stoffen“ sachlich und begrifflich Voraussetzung für die UVP-Pflicht der Fischzuchtanlagen ist, entfällt diese bei geschlossenen Systemen, bei denen es nicht zu einer Einleitung in Gewässer kommt.

1.2 Genehmigung nach Wasserrecht

Aquakulturen sind zumeist mit einer Gewässerbenutzung im Sinne des Wasserrechts verbunden. So finden die Bestimmungen des Wasserrechts beispielsweise Anwendung auf die Entnahme und das Ableiten von Wasser aus einem Gewässer, sowie das Einleiten von Stoffen in Gewässer. Benutzungstatbestände können also im konkreten Fall die Entnahme von Wasser zur Speisung der Fischbehälter sowie das Einleiten von Wasser aus der Produktionsanlage sein. Aquakulturvorhaben bedürfen daher, wie jede andere Gewässerbenutzung auch, grundsätzlich einer wasserrechtlichen Erlaubnis. Aquakulturanlagen bedürfen auch in Küstengewässern einer wasserrechtlichen Erlaubnis. Die Erlaubnis erteilt die für das Gewässer zuständige untere Wasserbehörde. Zuständig für Gewässer erster sowie zweiter Ordnung sind zumeist die Landräte der Landkreise oder Oberbürgermeister/Bürgermeister der kreisfreien Städte.

Die Erlaubnis darf nur erteilt werden, wenn keine wesentliche Beeinträchtigung der vorhandenen Wasserbeschaffenheit gegeben ist, sie kann unter Festsetzung von Benutzungsbedingungen und Auflagen erteilt werden. Sie wird versagt, soweit durch die beabsichtigte Benutzung eine Beeinträchtigung des Wohles der Allgemeinheit zu erwarten ist, die nicht durch Auflagen oder Maßnahmen verhütet oder ausgeglichen werden kann. In Anlehnung an die Anforderungen an das Einleiten von Abwasser kann grundsätzlich gelten, dass die Schadstofffracht mindestens so gering gehalten werden

muss, wie dies bei Einhaltung der in Betracht kommenden Verfahren und Anforderungen nach neu-estem Stand der Technik möglich ist. Für das Einleiten von Abwasser in ein Gewässer ist generell eine Abgabe zu entrichten (Abwasserabgabe). Ein Einleiten von Abwasser in ein Gewässer liegt z.B. vor, wenn es ein Einleiten aus technischen Anlagen und Einrichtungen ist, da hier das Wasser aus dem unmittelbaren Zusammenhang des natürlichen Wasserhaushalts gelöst ist und damit an den Gewässerfunktionen keinen Anteil hat. Es handelt sich dabei um aus dem Wasserkreislauf ausgegliedertes Wasser. Ob die Voraussetzungen erfüllt werden, ist jeweils anhand des Einzelfalls zu beurteilen. Ein Beispiel für technische Anlagen sind Kreislaufanlagen.

Wer ein Gewässer benutzt oder einen Antrag auf Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis oder Bewilligung gestellt hat, ist verpflichtet, eine behördliche Überwachung der Anlagen, Einrichtungen und Vorgänge zu dulden, die für die Gewässerbenutzung von Bedeutung sind. Welche Stelle für die behördliche Überwachung zuständig ist, bestimmt das jeweilige Landesrecht. Die behördliche Überwachung umfasst die regelmäßige Überwachung der Anlagen zur Fischhaltung sowie die Kontrolle, ob eine ordnungsgemäße Eigenüberwachung durchgeführt wird.

1.3 Genehmigung nach Naturschutzrecht

Aquakulturanlagen können zu erheblichen und nachhaltigen Beeinträchtigungen der ökologischen Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts und des Landschaftsbildes führen und erfüllen dann den naturschutzrechtlichen Tatbestand eines Eingriffes in Natur und Landschaft.

Individualität und Schutzbedürftigkeit der vom Vorhaben in Anspruch genommenen naturräumlichen Situation bedingen bei der Antragstellung für Aquakulturanlagen immer eine Einzelfallprüfung.

Aquakulturanlagen sind so zu planen und zu betreiben, dass Beeinträchtigungen des Naturhaushalts und des Landschaftsbildes möglichst vermieden werden und unvermeidbare Beeinträchtigungen in einem ausgleichbaren Rahmen gehalten und ausgeglichen werden. Ist ein Ausgleich nicht möglich, sind die Beeinträchtigungen durch Ersatzmaßnahmen zu kompensieren. Für nachweisbar nicht kompensierbare Eingriffe ist eine Ausgleichszahlung zu leisten. Aufgrund der ihm auferlegten Vermeidungs-/Minimierungspflicht hat der Eingriffsverursacher nachzuweisen, dass sein Vorhaben hinsichtlich der Standortwahl und seiner technischen Ausgestaltung so optimiert wurde, dass die geringste mögliche Beeinträchtigung von Natur und Landschaft zu erwarten ist.

Es wird angeraten, sich gutachtlicher Hilfe zu bedienen, um sicherzustellen, dass zur Entscheidung über die Zulässigkeit eines Vorhabens aussagekräftige Unterlagen vorliegen. Diese Unterlagen dienen als Voraussetzung für die Prüfung durch die Naturschutzbehörde und ermöglichen es der Genehmigungsbehörde, eine sachgerechte Entscheidung zu treffen.

In Nationalparks, Naturschutzgebieten, Biosphärenreservaten, geschützten Landschaftsbestandteilen und in gesetzlich geschützten Biotopen ist die Errichtung von Aquakulturanlagen in der Regel nicht mit dem Schutzzweck vereinbar.

In Landschaftsschutzgebieten ist die Errichtung von Aquakulturanlagen von einer Einzelfallprüfung abhängig und kann bestimmten Einschränkungen unterworfen sein. Die Landschaftsschutzgebietsverordnungen enthalten zum Teil ganz unterschiedliche Regelungen über die Zulässigkeit von Aquakulturanlagen. So gelten zum einen Landschaftsschutzgebietsverordnungen, die ein konkretes Verbot intensiver Fischhaltung enthalten. Im Geltungsbereich derartiger Verordnungen besteht ein generelles Verbot für die Errichtung von Aquakulturen. Zum anderen gibt es Landschaftsschutzgebietsverordnungen, die kein ausdrückliches Verbot intensiver Fischhaltung in Gewässern enthalten. Allerdings beinhalten diese Verordnungen Verbote allgemeiner Art. Hier ist zunächst zu prüfen, ob ein konkretes Projekt im Einzelfall den Charakter des Gebietes verändert oder dem konkret in der Verordnung formulierten Schutzzweck zuwiderläuft. Hierzu können keine allgemeingültigen Aussagen getroffen werden. Vielmehr handelt es sich stets um eine Einzelfallbetrachtung, die von einer Vielzahl von Faktoren abhängt. Je nach Ergebnis dieser Prüfung unterliegt eine konkrete Aquakulturanlage einem Verbot oder nicht.

Soweit auf Basis der jeweils konkret geltenden Landschaftsschutzgebietsverordnungen im Einzelfall oder generell ein Verbotstatbestand für Fischintensivhaltungen besteht, steht damit die Unzulässig-

keit von derartigen Anlagen im Einzelfall noch nicht endgültig fest. Vielmehr ist in einem weiteren Schritt auf Antrag festzustellen, ob eine Ausnahme oder eine Befreiung für eine konkret geplante Anlage erteilt werden kann. Hierbei ist zunächst zu prüfen, ob eine Ausnahme erteilt werden kann. Diese ist möglich, sofern der Schutzzweck nicht beeinträchtigt wird. Das bedeutet, dass im Einzelfall unter Berücksichtigung der naturräumlichen Gegebenheiten, der konkreten Belastung des betroffenen Gewässers, der verwendeten Anlagentechnik usw. durch die untere Naturschutzbehörde zu prüfen und zu entscheiden ist, ob eine konkret geplante Anlage mit dem Schutzzweck des betroffenen Landschaftsschutzgebietes vereinbar ist.

Zudem gilt grundsätzlich, dass bei der Errichtung und beim Betrieb von Aquakulturanlagen den ökologischen Ansprüchen der geschützten Tier- und Pflanzengruppen Rechnung zu tragen ist.

Zur Findung eines relativ konfliktarmen Standorts für eine Aquakulturanlage und zur Vermeidung von Fehlplanungen sind zum frühestmöglichen Zeitpunkt die Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege zu berücksichtigen. So sollte der Standort sensible Bereiche weiträumig vermeiden, die baulichen Anlagen sollten sich in das Landschaftsbild einfügen und die Erholung in Natur und Landschaft wenig beeinträchtigen.

Eine Standortauswahl sollte in frühestmöglicher und enger Abstimmung mit der jeweils zuständigen Naturschutzbehörde erfolgen. Hier können die Staatlichen Ämter für Umwelt und Natur als die räumlich übergeordneten Fachbehörden für Naturschutz eine wichtige Beraterfunktion übernehmen.

Sofern die Standortfrage aus einer großräumigen Sicht heraus geklärt werden konnte (hierzu zählt insbesondere auch die Klärung der UVP-Pflichtigkeit), sollte mit der jeweils zuständigen Naturschutzbehörde die Detailstandortoptimierung im Gelände erfolgen. Dabei wären im Sinne der Eingriffsminimierung vor allem auch technische Fragen (Einsatz umwelt- und naturschonender Technologien, Ausmaß und Intensität des Eingriffs) zu erörtern und mit der Naturschutzbehörde abzustimmen. Der Antragsteller hat für diese im Rahmen der Vorgespräche gefundene Lösung antragsfähige Unterlagen zu erarbeiten.

1.4 Genehmigung nach Fischereirecht

Nach den fischereirechtlichen Vorschriften des Landes, des Bundes und der EU ist eine fischereirechtliche Genehmigung durch die Fischereibehörden nicht erforderlich. Die zuständigen Fischereibehörden sind jedoch bei Vorhaben an Gewässern (auch Aquakulturanlagen) am Genehmigungsverfahren zu beteiligen. Im Falle der Küstengewässer ist dies die obere Fischereibehörde, im Falle von Binnengewässern die zuständige untere Fischereibehörde. Die Fischereibehörden geben im Verfahren eine Stellungnahme ab, in der sie die fischereilichen und fischereirechtlichen Belange darstellen (z.B. besondere Schutzbedürftigkeit von Laichgebieten). Insbesondere darf es zu keiner Beeinträchtigung der etablierten Fischereimethoden (z.B. Behinderung der Schleppnetzfisherei durch den Standort) kommen. Schädigungen des Fischbestandes bzw. der Reproduktionsbedingungen sind zu vermeiden oder vom Betreiber der Anlage an den Fischereiberechtigten zu entschädigen.

1.5 Genehmigung nach Schifffahrtsrecht

Im Weiteren benötigt jede Aquakulturanlage aus schifffahrtsrechtlicher Sicht eine Strom- und Schifffahrtspolizeiliche Genehmigung (SSG). Diese wird nach Prüfung der schifffahrtsrechtlichen Belange der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs durch die Wasserstraßenverwaltung des Bundes erteilt. Durch die SSG wird auch das Befahrens-, Fischerei- und Ankerverbot für das betroffene Gebiet bestimmt.

1.6 Genehmigung nach Baurecht

Künstliche Teichanlagen, Becken-, Rinnen- oder Siloanlagen wie auch die Schwimmstege von Netzgeheganlagen sind bauliche Anlagen im Sinne des öffentlichen Baurechts.

Die Errichtung, Änderung, Nutzungsänderung und der Abbruch baulicher Anlagen bedürfen grundsätzlich der Baugenehmigung. Baugenehmigungsbehörden sind die unteren Bauaufsichtsbehörden, also die Oberbürgermeister der kreisfreien Städte und die Landräte.

Ein Bauvorhaben im Zusammenhang mit der Fischhaltung ist generell zulässig, wenn es einem landwirtschaftlichen Betrieb dient und nur einen untergeordneten Teil der Betriebsfläche einnimmt, wenn öffentliche Belange nicht entgegenstehen und die ausreichende Erschließung gesichert ist. Ob für die Errichtung von schwimmenden, geschlossenen Produktionssystemen eine Baugenehmigung erforderlich ist, sollte mit der zuständigen Baugenehmigungsbehörde geklärt werden.

1.7 Raumordnerische Belange

Aus Gründen der Planungssicherheit ist zudem eine frühzeitige Einbindung der Landesplanungsbehörde (Ämter für Raumordnung und Landesplanung) angeraten, um rechtzeitig das geplante Vorhaben auf Raumverträglichkeit prüfen zu lassen. Insbesondere ist zu prüfen, ob das geplante Vorhaben mit bestehenden Planungen bzw. anderen Vorhaben, wie z.B. Siedlungsentwicklung, Tourismusvorhaben, Rohstoffabbau u.a. in Konflikt geraten könnte. Ist dies der Fall, sind Konfliktlösungen in Form von Standortalternativen zu entwickeln.

1.8 Fischseuchenverordnung

Die Fischseuchenverordnung soll vor einer Ausbreitung von Fischseuchen schützen. Dabei gibt es Genehmigungs- und Anzeigepflichten für alle Fischhaltungen (Aquakulturbetriebe), die lebende Fische züchten, halten, halten oder schlachten. Von einer Registrierungspflicht sind auch private Fischhalter betroffen, sofern diese Anschluss an ein öffentliches Gewässer haben.

Die zuständige Behörde erteilt die Genehmigung auf Antrag, soweit sichergestellt ist, dass durch geeignete Maßnahmen keine Seuchenerreger in die Umwelt übertragen werden können.

Die Genehmigung kann - auch nachträglich - mit Auflagen verbunden werden, soweit dies erforderlich ist, um das Einhalten oder das Fortbestehen der Genehmigungsvoraussetzungen sicherzustellen.

Nach aktuellem Stand brauchen

- Aquakulturbetriebe, die Satzfische produzieren oder Speisefische in größeren Mengen abgeben (auch überregional), sowie
- Verarbeitungsbetriebe, in denen Fische aus Aquakulturen im Rahmen der Seuchenbekämpfung getötet werden,

eine Genehmigung durch das Landratsamt. Der Antrag auf Genehmigung muss folgende Angaben enthalten:

- Name und Anschrift des Betreibers
- Lage und Größe der Anlage
- Teichzahl
- Wasserversorgung
- Zuflussmenge
- gehaltene Tierarten und ihre Verwendung
- Darlegung, mit welchen Maßnahmen die Verschleppung von Seuchen verhindert wird
- ggf. Angaben zur Behandlung der Abwässer.

Die Fischseuchenverordnung des Bundes enthält außerdem Vorschriften zu regelmäßigen Untersuchungen der genehmigungspflichtigen Aquakulturbetriebe und zur Buchführung. Außerdem gibt es

Schutzmaßnahmen bei Verdacht oder Ausbruch bestimmter exotischer oder nicht exotischer Krankheiten.

2.0 Risikoanalyse zur Berücksichtigung beim Versicherungsschutz von Aquakulturanlagen

Bei der Planung eines Aquakulturbetriebes sollte dringend eine Risikoanalyse durchgeführt werden, um potentielle Risiken einschätzen und entsprechende Vorsichtsmaßnahmen treffen zu können. Eine Auflistung möglicher Unsicherheiten und Risiken dient zudem als Grundlage für die Evaluierung benötigter Versicherungen. Die einzelnen Betriebsrisiken in der Aquakultur lassen sich generell in die drei Kategorien Investitionsrisiko, Betriebsausfallrisiko und Umweltrisiko einteilen.

Folgende Risiken sind für den Betrieb einer schwimmenden Kreislaufanlage abhängig von Betriebsart und Standort denkbar:

- Starke Preisschwankungen – Einbruch des Marktpreises für die produzierten Produkte
- Stromausfall
- Beschädigung der Anlage durch Sturm, extremes Hochwasser, Kollision mit der Schifffahrt, etc.
- Vandalismus (Diebstahl)
- Ausfall der Anlagentechnik
- Einschleppen von Krankheiten durch Fischbesatz, das eingebrachte Wasser / Futter / Vögel, etc.
- Eintrag von toxischen Substanzen in das Produktionssystem (z.B. toxische Algenblüten, Schadstoffe des umgebenden Wassers)
- Fischverlust durch Räuber
- Beschränkungen durch Veränderungen in der Gesetzeslage

D Projektpartner Hochschule Bremerhaven und Optimare

Die Projektzeit für die Detailabschnitte, die von den Partnern Hochschule Bremerhaven und Optimare bearbeitet werden, wurde kostenneutral um ein halbes Jahr verlängert. In einem Projektabschlussbericht Teil B werden die jeweiligen Forschungsbereiche inklusiv Ergebnisse und Diskussion erläutert und veröffentlicht.

3. Gesamtdiskussion

Eine Gesamtdiskussion des Projektes Aqualnno ist erst nach Erstellung des Projektabschlussberichtes Teil B möglich und wird ebenso in Teil B einbezogen. Die Diskussionen der Projektpartnerabschnitte A-C sind in diesem Bericht bereits erhalten.

Der Projektabschlussbericht Teil B wird im Herbst 2010 abgeschlossen.

4. Danksagung

An dieser Stelle sei allen am Verbundprojekt Beteiligten für die Mitwirkung gedankt.

Dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gilt mein Dank für die finanzielle Förderung des Vorhabens.

Für die vertrauensvolle Zusammenarbeit bedanken wir uns insbesondere bei den verantwortlichen Mitarbeitern vom VDI / VDE als Vertreter des Zuwendungsgebers.

Unser Dank gilt ebenso den Mitarbeitern in der Verwaltung des Alfred-Wegener-Instituts, die für die haushaltstechnische Abwicklung dieses Projektes zuständig waren. Ebenso danken wir den koordinierenden Mitarbeitern des AWI für die vertrauensvolle Zusammenarbeit sowohl in der Antragsphase als auch während der Bearbeitung des Vorhabens, wobei die Projektleitung durch ausscheidende und wechselnde Projektpartner und –bearbeiter zusätzlich erschwert wurde.

