

„Projektbericht zum Meeresforschungswettbewerb 2011“

Ascidien – Kläranlagen der Meere
Die Auswirkungen landwirtschaftlicher
Abwässer auf die Lebensweise sessiler
Organismen in Küstennähe

Meeresforschungsexpedition: 31.07.-05.08.2011

Anne Habben

Anne Brandes

Anne Habben
Udendorfer Teil 68
27478 Cuxhaven

Anne Brandes
Im Obsthof 2
27478 Cuxhaven

Schule: Amandus-Abendroth Gymnasium

Fachlehrer: Frau Dr. Katja Heise

Abgabetermin: 01.10.2011

Inhaltsverzeichnis

Abstract	3
1. Einleitung	4
2. Material und Methoden	7
2.1 Materialbeschaffung und Hälterungsbedingungen	7
2.2 Festlegung der Phosphatwerte für die Inkubation	8
2.3 Untersuchung der Auswirkung erhöhten Partikelregens auf die Filterleistung der Ascidien (Berieselungsversuch)	9
2.3.1 Durchführung der Berieselung	10
2.4 Vorversuch zur Feststellung der Farbart	10
2.5 Bestimmung der Messwellenlänge für die Aktivkohle	11
2.6 Bestimmung der Chlorophyllwerte	12
2.7 Bestimmungen der Nährstoffwerte	12
3. Ergebnisse	13
3.1 Beobachtungen am Verhalten der Organismen	13
3.2 Vergleich von berieselten Ascidien welche aus unterschiedlich belasteten Standorten stammen	15
3.3 Nährstoffgehalte von Dünenhafen und Vorhafen	16
3.4 Vergleich der Filtrierleistung von mit Schweinejauche inkubierten Ascidien zu unbelasteten Tieren	17
4. Diskussion	18
4.1 Kritik und Grenzen der Aussagekraft der Daten	18
4.1.1 Absorptionsspektrum der Aktivkohle	18
4.1.2 Probenumfang	18
4.1.3 Inkubationsversuch mit Schweinejauche	19
4.1.3.1 Inkubationszeit	19
4.1.3.2 Vorherige Hälterung der Versuchstiere	19
4.1.3.3 Feststellung der Phosphatkonzentration	19
4.1.3.4 Inkubation von Ascidien in mit Schweinejauche versetztem Wasser (0,5 mg Phosphat / Liter)	19
4.2 Diskussion der Ergebnisse	20
4.2.1 Vergleich der Filtrierleistung von Ascidien unterschiedlich belasteter Standorte	20

4.2.2	Vergleich der Filtrierleistung von berieselten Ascidien unterschiedlich belasteter Standorte	21
4.2.3	Vergleichbarkeit der Filtrationsrate	21
4.2.3.1	Zusammenhang von Filtration und Temperatur	21
4.2.3.2	Zusammenhang von Filtration und Hungerzustand der Organismen	22
4.2.3.3	Zusammenhang von Filtration und Größe der Versuchstiere	22
4.3	Vergleich der Filtrierleistung von Ascidien unterschiedlich belasteter Standorte mit der von Ascidien welche in unterschiedlich belastetem Wasser gehältert wurden	22
5.	Schlussfolgerung und Ausblick	23
6.	Literaturverzeichnis	24
	Danksagung	25

Abstract

Die vorgestellte Arbeit untersucht den Einfluss landwirtschaftlicher Abwässer und einige daraus folgende Konsequenzen, d.h. erhöhte Nährstoffkonzentrationen und Partikelregen durch abgestorbenes Plankton auf die Filtrierleistung der Ascidie *Ciona intestinalis*.

Die Versuche teilen sich in zwei Versuchsreihen auf: Zum einen wurde die Auswirkung von landwirtschaftlichen Abwässern auf Ascidien durch Inkubation der Tiere in mit Schweinejauche versetztem Wasser untersucht. Zum anderen wurden Ascidien aus unterschiedlich mit Nährstoffen belasteten Gewässern verglichen. In beiden Versuchsteilen wurde die Filtrationsrate über die Entfernung von zugegebener Aktivkohle aus dem Wasser mit und ohne Partikelregen bestimmt. Zur Simulation des Partikelregens wurde gesiebter Sand auf die Ascidien geträufelt.

Für alle Versuchsteile wurde nach einer Inkubationszeit der Tiere mit der Aktivkohle, die auf die Berieselung folgte, eine photometrische Messung zur Feststellung der Filtrationsrate durchgeführt. Des Weiteren wurden für die verschieden stark belasteten Standorte, von denen die Ascidien stammten, Nährstofftests (Phosphat, Nitrat, Nitrit, Ammonium) und Chlorophyllbestimmungen durchgeführt.

Als Ergebnis der Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Organismen unterschiedlich auf die Einwirkungen von Nährstoffen und erhöhtem Partikelregen reagiert haben. Es war zu bemerken, dass bei einer erhöhten Nährstoffzufuhr die Filtrierleistung der Ascidien zunimmt. Werden die Tiere jedoch durch verstärkten Partikelregen beeinflusst, so nimmt die Filtrierleistung wieder ab. Tiere, die sich in Wasser mit niedriger Nährstoffkonzentration befanden, reagierten nach Berieselung dagegen nicht mit einer Abnahme der Filtrierleistung.

Bei genauer Betrachtung der Ergebnisse ist festzustellen, dass beide Versuchsreihen, die Inkubationsexperimente und die Standortvergleiche, miteinander vergleichbar sind, da die Ascidien dieselben Reaktionen zeigen. Darüber hinaus bestätigen die Ergebnisse die vermutete Bedeutung der

Filtriertätigkeit Ascidien für die Säuberung des Meerwassers von enthaltenen Stoffen.

1. Einleitung

Die Verschmutzung durch Düngemittel in der Nordsee ist schon seit Jahren ein aktuelles Thema. Das Umweltbundesamt bestätigt dies:

„Eutrophierung ist die durch menschliche Aktivitäten verursachte Anreicherung des Wassers mit Nährstoffen. Dies bewirkt ein beschleunigtes Wachstum von Algen und höheren Formen pflanzlichen Lebens und führt zu einer unerwünschten Störung der im Wasser befindlichen Lebensgemeinschaften sowie der Qualität des Wassers. So kann es zu Verschiebungen der Artenzusammensetzung und Sauerstoffmangel wegen des bakteriellen Abbaus abgestorbenen pflanzlichen Materials kommen.“ (Quelle: www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de)

Die Quelle gibt eine Problematik wieder, die schon seit Jahren immer wieder ein aktuelles Thema ist. Nährstoffeinträge aus landwirtschaftlichen Abwässern, welche Ammonium, Nitrit sowie Nitrat und Phosphate enthalten, stellen schon in geringen Mengen eine Belastung für den natürlichen Lebensraum vieler Organismen dar. Trotz zahlreicher Verbesserungen und Linderungen der Nährstoffeinträge ist diesbezüglich noch immer keine Entwarnung für die Nordsee gegeben worden (www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de).

Eine der Auswirkungen der erhöhten Nährstoffwerte ist das verstärkte Algenwachstum sowie das immer stärkere Aufkommen des Zooplanktons. Stirbt das Plankton ab, sinkt es als Partikelregen zum Meeresboden (Bick, 1998).

Partikelregen hat auf festsitzende Organismen eine starke Auswirkung, da diese den feinen Partikeln nicht ausweichen können. In diesem Zusammenhang wurden Muscheln untersucht, da sie nicht nur eine menschliche Nahrungsquelle darstellen, sondern sich auch als gut geeignet für das Monitoring zur Beurteilung der Wasserqualität z.B. der Nordsee erwiesen haben (Schernewski, 2004). Doch Muscheln sind nicht die einzigen festsitzenden Organismen, die zu diesem Thema erforscht werden können.

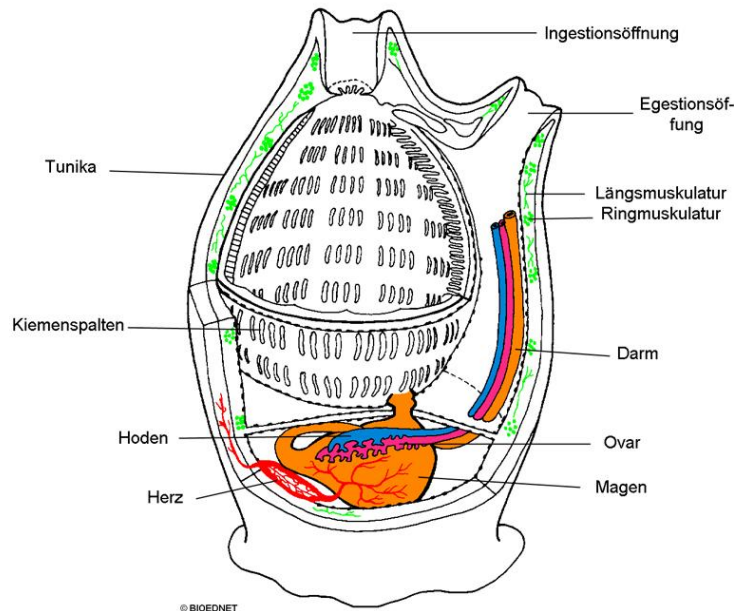


Abbildung 1.1: Bauplan einer Ascidie (<http://www.fsbio-hannover.de/>)

Ascidien gehören zur Gruppe der Chordatiere, weil sie als freischwimmende Larven einen wirbelsäulenähnlichen Stab haben (Braune, 2005). Erwachsene, festsitzende Ascidien haben zwei Öffnungen, zu einem die Einströmöffnung (Ingestionsöffnung) und zum anderen die Ausströmöffnung (Egestionsöffnung), Abb. 1.1. Die Organismen sind Suspensionsfresser. Sie erzeugen einen inneren Strudel, indem die Winpern ihres Kiemendarms einen Wasserstrom erzeugen. An den Kiemenspalten befindet sich eine Art Sieb, welches die Nahrung abfängt. Die Nahrung wird anschließend in Schleimbänder eingebettet und zum Magen transportiert (Barenbrock, 2004).

Aufgrund ihrer Filtriertätigkeit haben Ascidien zwei wichtige Rollen im Ökosystem: Sie säubern das Wasser von den Partikeln und sie nehmen Nahrung auf (Plankton) und zerlegen diese in kleinste Partikel, so dass diese von den Kleinstlebewesen am Boden aufgenommen werden können. Die Filtrierleistung eines einzelnen, erwachsenen Tieres beträgt zwei bis drei Liter in der Stunde. Die ausgewachsenen Tiere können bis zu 25 cm groß werden (Storch und Welsch, 1997).

Mittlerweile ist die Gruppe der Ascidien weltweit verbreitet. Zu finden sind diese Tiere an Felswänden oder in festsitzenden Algen bzw. in so genannten Fäulnisgemeinschaften (Braune, 2005).

Das Felswatt vor Helgoland stellt somit für Ascidien einen idealen Lebensraum dar. Die geographische Lage der Insel Helgoland ist in der Deutschen Bucht zwischen England und Dänemark. Rund um Helgoland findet man den für diese Gegend typischen Buntsandstein. Dieser wiederum bietet eine gute Grundlage und perfekte Lebensbedingungen für Ascidien und Algen. Abgesehen von der Buntsandsteinküste kann man das "Helgoländische Felswatt" sowie den sublitoralen Felssockel vorfinden. Die Insel besitzt außerdem eine vorgelagerte Düne und liegt im Gezeitenbereich. Dies bedeutet, dass sie stetig starkem Wellengang ausgesetzt ist. Die Wassertemperaturen der Nordsee liegen in dieser Lage zwischen 18°C im Sommer und 2°C im Winter (Barenbrock, 2004). Ascidien sammeln sich um Helgoland zwischen den Großalgen sowohl an den Hängen des Felssockels als auch an den Wänden der Hafengebrenzung an (P. Fischer, pers. Kommentar). Abbildung 1.2 zeigt den Lebensraum der für unsere Versuche verwendeten Ascidien.



Abbildung 1.2: Auf der Fotografie ist der natürliche Lebensraum der Ascidien dargestellt (Das Foto wurde von uns mithilfe einer Unterwasserkamera erstellt.)

Es stellt sich die Frage, inwiefern ein durch die landwirtschaftlichen Abwässer erhöhtes Nährstoffangebot und damit einhergehende erhöhte Planktonkonzentrationen sowie gesteigerter Partikelregen die Filtrierleistung beeinflussen oder sogar beeinträchtigen können. Aus diesem Grund sollten in unseren Untersuchungen verschiedene Ascidien aus Lebensräumen mit

unterschiedlicher Nährstoffbelastung verglichen werden. Konkret sollten folgende Fragen beantwortet werden:

- Gibt es Unterschiede in der Filtrierleistung bei Ascidien unterschiedlich stark mit landwirtschaftlichen Abwässern belasteter Standorte?
- Inwiefern beeinflusst der Partikelregen die Filtrierleistung der Ascidien?

2. Material und Methoden

2.1 Materialbeschaffung und Hälterungsbedingungen

Die Ascidien (*Ciona intestinalis*) für die ersten Versuche wurden durch Taucher des Alfred-Wegener Instituts Helgoland vier Tage vor unserem Eintreffen beschafft. Die Organismen wurden mit einem Spatel von den Steinwänden des Vorhafens in einer Tiefe von 4-5 m abgekratzt und anschließend in einem Plastikeimer von Mitarbeitern des Instituts im Keller gehältert. Der Eimer enthielt ein Volumen von fünf Liter Meerwasser. Nach dieser viertägigen Hälterung haben wir die Ascidien in ein 10Liter-Aquarium, welches mit frischem Meerwasser befüllt und an die Sauerstoffversorgung angeschlossen wurde, umgesetzt. Insgesamt wurden von uns vier Becken vorbereitet. Eines zur reinen Hälterung, sowie drei Versuchsbecken (eines mit normalem Meerwasser (Kontrolltiere) und zwei mit Jauche versetzte Becken). Die mit Jauche versetzten Becken wurden in der Konzentration von 1.) 0,5 Phosphat- /Liter und 2.) 1,5 Phosphat/ Liter vorbereitet. Die Füllmenge der Aquarien betrug genau 4 Liter. Pro Becken wurden fünf Tiere eingesetzt, welche ein durchschnittliches Gewicht von 15,83 Gramm hatten. Am folgenden Tag wurden die Ascidien mit Plankton gefüttert, welches mit einem Planktonnetz der Größe 50 µm aus dem Helgoländer Vorhafenbecken gesammelt wurde.

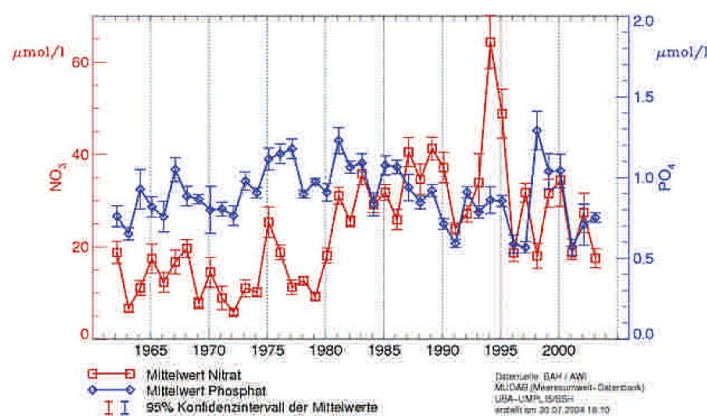
Die Tiere für den zweiten Versuchsteil haben wir zusammen mit Tauchern, welche in der Ausbildung waren, aus dem Vorhafenbecken sowie aus dem Helgoländer Dünenhafen geholt. Die genaue Position der Probenahmestelle im Vorhafen ist 54° 10,326'. Im Dünenhafen ist diese 7° 54,127'. Die Tiere wurden in einer Tiefe von 3-5 Metern geholt. Dieses Vorhaben wurde genau wie in Versuchsteil 1 mit

Spateln vollzogen. Nach einer Schifffahrt der Dauer von ca. 30 min wurden die Ascidien in die bereits vorbereiteten Hälterungsbecken gesetzt. Diese enthielten neben frischem Meerwasser eine Sauerstoffversorgung.

2.2 Festlegung der Phosphatwerte für die Inkubation

Um die Einträge landwirtschaftlicher Abwässer zu simulieren, wurde von einem Schweinebauernhof Jauche beschafft, die den Inkubationsbecken zugesetzt wurde. Schweinejauche enthält zu 80 % Phosphat (QUELLE). Daher wurde ihre Phosphatkonzentration mithilfe eines Farbttests bestimmt und durch entsprechende Verdünnung der Jauche in den Inkubationsbecken Werte von 0,5 bzw. 1,5 mg Phosphat/L eingestellt. Der niedrige Wert von 0,5 mg/l entspricht der durchschnittlichen Phosphatmenge im Seewasser (vgl. Abb. 2.2, Helgoland-Reede, 2004) während die hohe Dosis von 1,5 mg/l einem Spitzenwert entspricht (vgl. Abb. 2.1, Helgoland-Reede, 2004). Damit sollte eine übermäßige Zufuhr von Düngemitteln in das Meerwasser simulieren werden, die aber noch im Bereich tatsächlich möglicher Belastungswerte liegt.

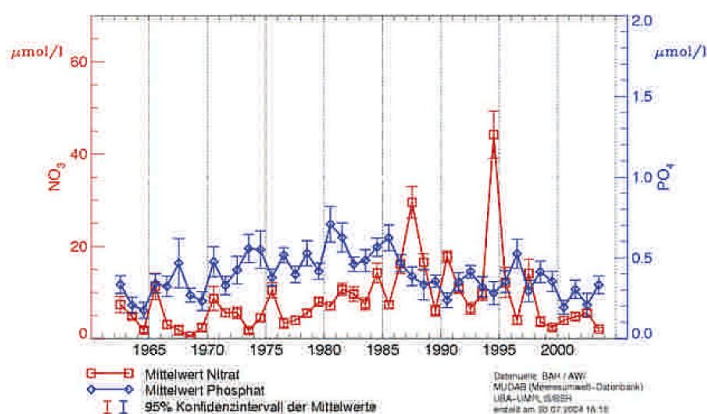
Nährstoffkonzentrationen Wintermonate Helgoland-Reede



Quelle: MUDAB (Umweltbundesamt, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie) 2004 – MUDAB 2004 (Meeresumwelt-Datenbank) Umweltbundesamt-UMPLIS/Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH); Bund-Länder-Messprogramm für die Nord- und Ostsee

Abbildung 2.1

Nährstoffkonzentrationen Sommermonate Helogland-Reede



Quelle: MUDAB (Umweltbundesamt, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie) 2004 – MUDAB 2004 (Meeresumwelt-Datenbank) Umweltbundesamt-UMPLIS/Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH); Bund-Länder-Messprogramm für die Nord- und Ostsee

Abbildung 2.2

Aufgrund der Farbähnlichkeiten der Farbttests für Nitrat mit der verdünnten Jauche konnte die Nitratkonzentration in unseren mit Jauche versetzten Becken nicht bestimmt werden.

2.3. Untersuchung der Auswirkung erhöhten Partikelregens auf die Filterleistung der Ascidien (Berieselungsversuch)

Es wurden 18 Bechergläser vorbereitet, von denen jeweils sechs für eine Wasserart stehen. Diese drei Arten des Wassers wurden wiederum in drei Gruppen aufgeteilt, welche als Kontrollbecher (K), berieselte Bechergläser (B) und Filtrationsbecher (F) bezeichnet wurden (Abb. 2.3). Die Kontrollbecher beinhalteten ausschließlich das mit Aktivkohle eingefärbte Meerwasser. Die Bechergläser, welche berieselte wurden, enthielten genau wie die Filtrationsbecher ein Tier und das mit Aktivkohle eingefärbte Meerwasser. Die als berieselte Bechergläser bezeichneten Behälter wurden innerhalb der Versuchsreihe mit Sand versetzt, welcher zuvor auf 300 µm gesiebt worden war. Die Proben für die photometrische Messung wurden nach ca. 4-5 h mithilfe einer Pipette aus dem Probenglas entnommen.

Anschließend wurden 18 Bechergläser vorbereitet, welche in je drei Gruppen aufgeteilt wurden: berieselte Bechergläser, Farbkontrollbecher und mit Aktivkohle versetzte Bechergläser. Es wurden je drei spezifische Gläser pro Versuchsreihe (n=3) aufgestellt. In die mit Aktivkohle versetzten Bechergläser und die berieselten Bechergläser wurde je ein Tier eingesetzt. (Abb. 2.3)

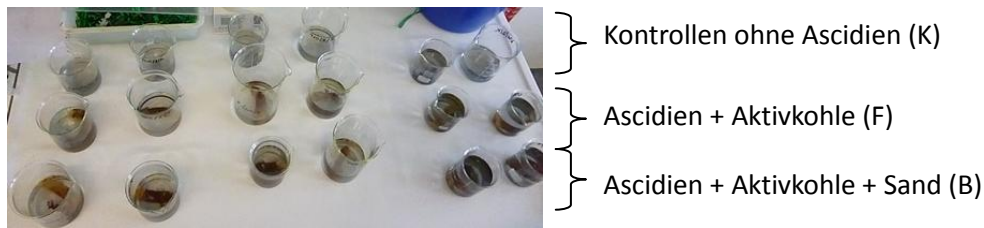


Abbildung 2.3: Auf der Fotografie wurde der Versuchsaufbau mit 18 Bechergläsern dokumentiert. Jedes Becherglas enthielt 200 ml Wasser. Die obere Reihe zeigt die Gläser zur Farbkontrolle ohne Ascidien, in der mittleren Reihe befinden sich die Gläser mit jeweils einer Ascidie und Aktivkohle zur Bestimmung der Filtrierleistung ohne Partikelregen. In der vorderen Reihe befinden sich die Gläser mit Aktivkohle und einer Ascidie sowie Sand zur Simulation des Partikelregens.

2.3.1 Durchführung der Berieselung

Der als Folge erhöhter Nährstoffeinträge durch landwirtschaftliche Abwässer und damit verbundener gesteigerter Algenkonzentration erhöhte Partikelregen sollte durch Sandberieselung der Organismen simuliert werden. Um eine Beschädigung der Tiere durch zu große Partikel zu verhindern, wurde der Sand auf 300 μm gesiebt. Eine Spatelspitze dieses feinen Sandes wurde dann in Abständen von ca. 5 min. dreimal mit Hilfe einer Pipette auf die Ascidien getropft.

2.4 Vorversuch zur Feststellung der Farbstoffart

Um herauszufinden, welcher Farbstoff sich am besten für die Visualisierung der Filtrierleistung der Organismen eignet, wurden drei Becken mit Carmin, Aktivkohle und roter Tinte vorbereitet, in welche wir anschließend je ein Versuchstier eingesetzt haben (Abb. 2.4). Nach einer Wartezeit von ca. 4 Stunden wurden dann die erkennbaren Unterschiede zwischen den Tieren der einzelnen Becken ermittelt. Wir haben uns auf dieser Basis für die Aktivkohle entschieden, da dieser Stoff die Filtrierleistung auch mit bloßem Auge erkennbar macht. Bei der Tinte und dem Carmin konnte man nur wenige Unterschiede in der Farbgebung feststellen.

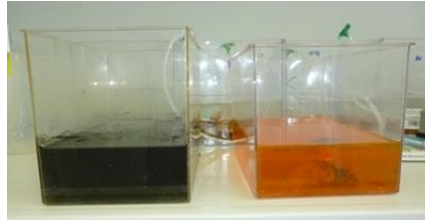
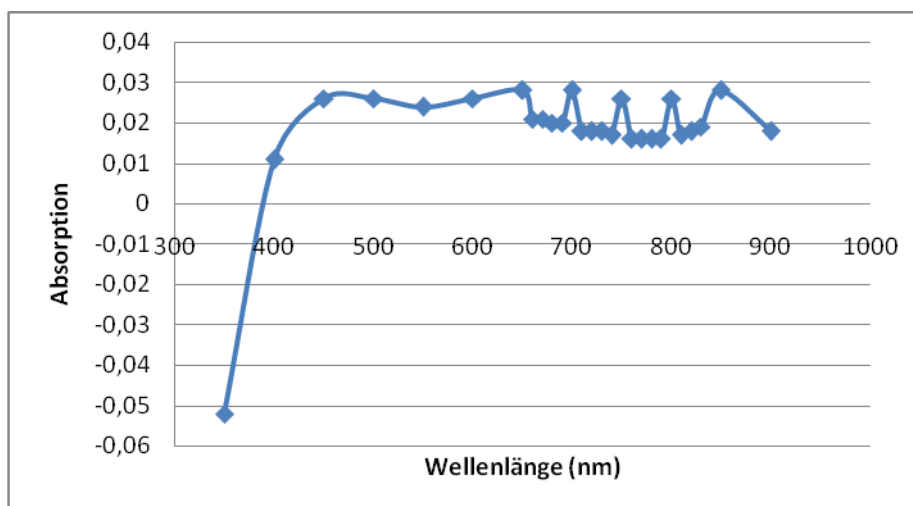


Abb. 2.4: Die Abbildung zeigt die Vorversuchsbecken, welche mit Aktivkohle (links) sowie Tinte (rechts) versetzt wurden, um den am besten geeigneten Indikator für die Filtrierleistung zu ermitteln.

2.5 Bestimmung der Messwellenlänge für die Aktivkohle

Die Filtrierleistung der Ascidien, die mithilfe der Aktivkohle beobachtet werden konnte, sollte außerdem photometrisch quantifiziert werden. Um die Wellenlänge für die Messungen mit dem Photometer zu bestimmen, wurde eine Probe (Wasser + zwei Spatelspitzen Aktivkohle) jeweils in 50 nm Schritten gemessen. So konnte der höchste Absorptionswert zwischen $\lambda = 600$ und 700 ermittelt werden (Abb. 2.5). Dieser Zahlenraum wurde nun erneut in 10 nm - Schritten gemessen, sodass wir auf ein Ergebnis von $\lambda=660$ nm als geeignete Messwellenlänge gekommen sind.



*Abb. 2.5: Absorptionsspektrum von Aktivkohle
Bei 660 nm liegt ein Absorptionsmaximum, so dass diese Wellenlänge für die photometrische Bestimmung der Filtrierleistung verwendet wurde.*

2.6 Bestimmung der Chlorophyllwerte

Mit einem Wasserschöpfer wurden von den Ursprungsorten der Versuchstiere (Vorhafen und Dünenhafen) Proben aus derselben Wassertiefe wie die Ascidien geholt. Der gesamte Inhalt des Wasserschöpfers (Volumen von 1,65 Liter) wurde in ein Planktonnetz mit einem Filter von 550 µm gegeben. Anschließend wurde der Rand des Netzes erneut mit Wasser gespült, um letzte Planktonreste in das Netz zu spülen. Die so entstandene Restprobe wurde anschließend in ein verschließbares Reagenzglas gefüllt und gekühlt gelagert.

Die Proben wurden mit einem Vakuumfilter von Wasserresten gelöst. Das Filterblättchen wurde nachfolgend gemörsert.

Anschließend wurden die Proben im Labor mit Aceton auf 15 ml aufgefüllt und in ein Zentrifugenröhrchen gegeben. Dieses wurde, nachdem es gut geschüttelt wurde, 10 Minuten bei 500 g zentrifugiert.

Das so erhaltene homogene Konzentrat wurde im Photometer bei 750 nm, 664 nm, 647 nm und 630 nm gegen Aceton gemessen. Die Messungen wurden für jeden Extrakt doppelt durchgeführt.

2.7 Bestimmungen der Nährstoffwerte

Die Nährstoffwerte wurden mit Hilfe von Farbstofftests eines Nährstoffkits bestimmt. Um die Tests durchzuführen, wurden die Wasserproben in ein spezielles Gefäß überführt, welches für die jeweilige Nachweisprobe von z.B. Phosphat bestimmt war. Anschließend wurden entsprechend der Vorgaben des Herstellers Substanzen hinzugefügt, die nach einer kurzen Dauer zu einer Verfärbung der Flüssigkeit führten. So konnte man anhand einer Farbskala feststellen, wie hoch die Konzentration der jeweiligen Probe war (Abb. 2.6). Auf diese Weise wurden sowohl die Phosphatkonzentration der Schweinejauche für die Inkubationsexperimente bestimmt als auch die Phosphat-, Nitrit- und Ammoniumwerte der Ascidienprobenahmestellen im Vorhafen und im Dünenhafen.

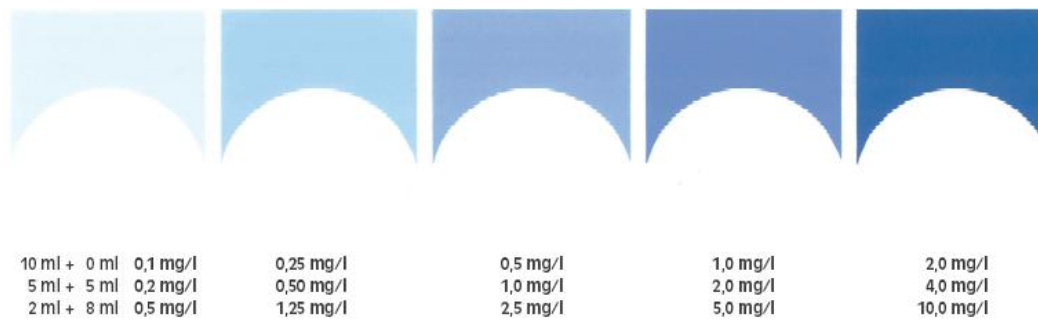


Abb. 2.6: www.mm-aquaristik.de, 2011. Die Grafik zeigt die Abstufungen des Farbttests zur Nachweisung von Phosphat.

3. Ergebnisse

Unser Projekt sollte die Auswirkungen landwirtschaftlicher Abwässer und den letztlich daraus entstehenden erhöhten Partikelregen auf die Filtrierleistung von Ascidien (*Ciona intestinalis*) untersuchen.

3.1 Beobachtungen am Verhalten der Organismen

An den Organismen konnten während der Hälterungszeit und der Versuche verschiedene Verhaltensweisen beobachtet werden. Zu diesen gehört zum einen, dass die Tiere sich im Ruhezustand auf ihre volle Körpergröße (Abb. 3.2) ausdehnen, bei jeglicher Form von Störung (z.B. Berühren mit einer Spatelspitze oder Bewegung der Probengläser) sich jedoch auf ungefähr die Hälfte zusammenziehen. Dabei stellen sie ihre Filtriertätigkeit ein. Gerade die Ein- und Ausströmöffnungen erwiesen sich als sehr empfindlich. Bei Berührung, z.B. bei Zugabe von Sand während der Simulation des Partikelregens reagieren die Ascidien sofort und ziehen die Öffnungen für einige Minuten ein.

Weitere interessante Beobachtungen konnten wir bei den Vorversuchen zur Bestimmung der geeigneten Farbstoffart machen: Die Tiere haben die Farbe des dem Wassers zugegebenen Farbstoffs schon nach 2-3 Minuten angenommen (Abb. 3.1). Die Ascidien beginnen allerdings nach einer Regenerationszeit von nur wenigen Minuten in normalem Meerwasser die Farbpartikel wieder abzugeben.



Abbildung 3.1: Auf der Fotografie wurden zwei Ascidien dokumentiert, welche mit Aktivkohle (oben) und roter Tinte (unten) inkubiert wurden. Beide Organismen demonstrieren geschlossene Ein- und Ausströmöffnungen.



Abbildung 3.2: Auf der Fotografie ist eine Ascidie im Ruhezustand dokumentiert, welche sich vollends ausgedehnt und ihre Atemöffnungen ausgestreckt hat.

Bei der Verwendung von roter Tinte konnte von uns der Filtriervorgang nicht beobachtet werden. Nach mehr als vier Stunden hat das Versuchstier dennoch die Farbe seiner Umgebungsflüssigkeit angenommen. Zur Bestimmung der Filtriertätigkeit war die Tinte daher ungeeignet.

Außerdem ist zu bemerken, dass eine zu hohe Konzentration an Aktivkohle dazu führt, dass die Ascidien eingehen. Dies wurde daran erkannt, dass sich die Tiere extrem zusammengezogen haben und die Filtriertätigkeit eingestellt wurde. Bei den Versuchen wurde daher stets darauf geachtet, die Aktivkohle nicht zu hoch zu dosieren.

Zuletzt ist aufzuführen, dass der Kot, der über die Ausströmöffnungen der Ascidien abgegeben wird, klumpenförmig oder fadenförmig und unter Einfluss von nicht mit Farbstoffen versetztem Meerwasser schwarz gefärbt ist.

3.2 Vergleich von berieselten Ascidiën, welche aus unterschiedlich belasteten Standorten stammen

In diesem Versuchsteil wurde die Filtrierleistung der Ascidiën mit und ohne Berieselung ermittelt. Dabei wurden frisch gefangene Tiere aus dem Vorhafenbecken mit frisch gefangenen Tieren aus dem Dünenhafen verglichen (Abb.3.3). Je geringer die Absorption der Wasserprobe im Vergleich zur Absorption der Kontrollprobe ohne Ascidie, desto höher war die Filtration der Ascidiën. Dementsprechend haben die Organismen aus dem Vorhafenbecken, welche nicht berieselt wurden (VH/F), deutlich mehr gefiltert, als diejenigen, die durch die Berieselung offensichtlich beeinträchtigt wurden (VH/B). Außerdem zeigen die Vorhafentiere (VH/F) eine deutlich höhere Filtrierleistung im Vergleich zu den Dünenhafentieren (DH/F).

Die Organismen aus dem Dünenhafenbecken hingegen zeigen keinerlei Unterschiede zwischen der Filterleistung unter Berieselung (DH/B) und ohne diese (DH/F). Dies bedeutet, dass diese Ascidiën von der Berieselung nicht beeinflusst wurden.

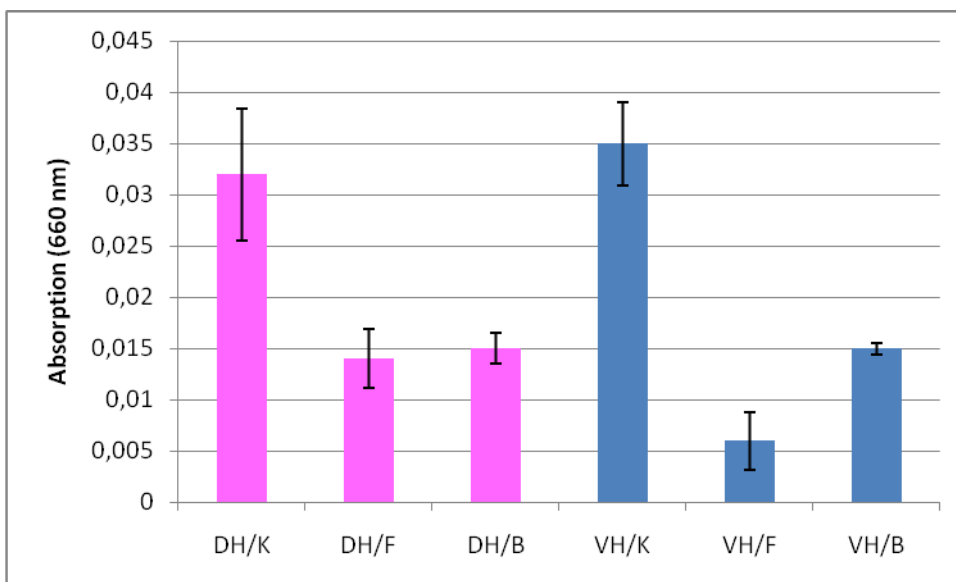


Abb. 3.3: Filtrierleistung des Ascidiën aus dem Dünenhafen (DH) und dem Vorhafen (VH) unter dem Einfluss erhöhten Partikelregens.

Dargestellt ist die Absorption der Aktivkohle nach 24 Stunde Filtration, d.h. je geringer die Absorption, desto höher die Filtrierleistung. K = Kontrollbecken ohne Tiere, F = reine Filtrierleistung der Ascidie, B = Filtrationsleistung der Ascidie nach Berieselung mit $\leq 300 \mu\text{m}$ Sandkörnern. $MW \pm STABW$, $n = 3$.

3.3 Nährstoffgehalte von Dünenhafen und Vorhafen

Im Vorhafen herrscht eine deutlich höhere Phosphatkonzentration, welche um 0,5 mg/l höher ist, als die des Dünenhafens (Tab. 3.4). Auch der Nitritwert war im Dünenhafen so gering, dass er nicht nachgewiesen werden konnte, im Vorhafen jedoch konnte ein Wert von unter 0,2 mg/l festgestellt werden. Der Ammoniumwert hingegen war im Dünenhafenbecken höher als der im Vorhafenbecken, was eine geringere Umwandlungsrate von Ammonium zu Nitrit an diesem Standort vermuten lässt. Der Chlorophyllgehalt, der ein Maß für die Menge an Phytoplankton darstellt, war im Vorhafen fast doppelt so hoch wie im Dünenhafenbecken, was vor allem auf den höheren Gehalt an Chlorophyll a (Tab.3.4) zurückzuführen ist. Auch wenn die Werte allesamt als gering einzustufen sind (Brockmann et al. 2003), so kann man dennoch sagen, dass die Nährstoffwerte insgesamt im Vorhafen höher als im Dünenhafen waren.

Des weiteren lässt sich erkennen, dass die Ascidien, die aus dem Vorhafen, also dem Standort mit höherem Nährstoff- und Chlorophyllgehalt stammten (Tab. 3.4), eine erhöhte Filtriertätigkeit zeigten, durch den simulierten Partikelregen im Berieselungsversuch jedoch beeinflusst wurden und eine erniedrigte Filtrierleistung zeigten (Abb.3.3).

Tab. 3.4: Nährstoffkonzentrationen und Chlorophyllgehalt der Ascidien-Probennahmestellen

	Dünenhafen	Vorhafen
Phosphat (mg/l)	(unterhalb Nachweisgrenze)	0,5
Ammonium (mg/l)	≤ 0,5	0,2
Nitrit (mg/l)	(unterhalb Nachweisgrenze)	≤ 0,2
Chlorophyll a (mg/m ³)	3,67	6,00
Chlorophyll b (mg/m ³)	0,70	(unterhalb Nachweisgrenze)
Chlorophyll c (mg/m ³)	0,27	0,24

3.4 Vergleich der Filtrierleistung von mit Schweinejauche inkubierten Ascidien mit unbelasteten Tieren

Im zweiten Versuchsteil sollte durch Zufügen von Schweinejauche zum Hälterungswasser eine erhöhte Nährstoffkonzentration simuliert werden.

Da die Versuche mit einer geringen Schweinejauchebelastung (0,5 mg Phosphat/L) zu keinem auswertbaren Ergebnis geführt haben, kann nur die Filterleistung der Ascidien, die 24 h in hoher Belastung (1,5 mg Phosphat/ L) verbracht haben mit der von Tieren in Normalwasser verglichen werden.

Die Organismen aus dem Normalwasser, welche nicht berieselt wurden (NW/F), haben eine höhere Filterleistung als jene, die jene, die im Nährstoffbelasteten Wasser gehältert wurden (1,5/F, Abb.3.5). Vergleicht man zusätzlich die Auswirkungen der Berieselung auf die Filterleistung, so zeigt sich bei den Normalwassertieren (NW/B) kein Effekt, vergleichbar den Ascidien aus dem geringer belasteten Dünenhafen (Abb. 3.5). Die mit Schweinejauche inkubierten Tiere zeigten dagegen eine verringerte Filtrierleistung nach Berieselung (1,5/B, Abb.3.5), vergleichbar mit den Tieren aus dem höher belasteten Vorhafen (Abb.3.3).

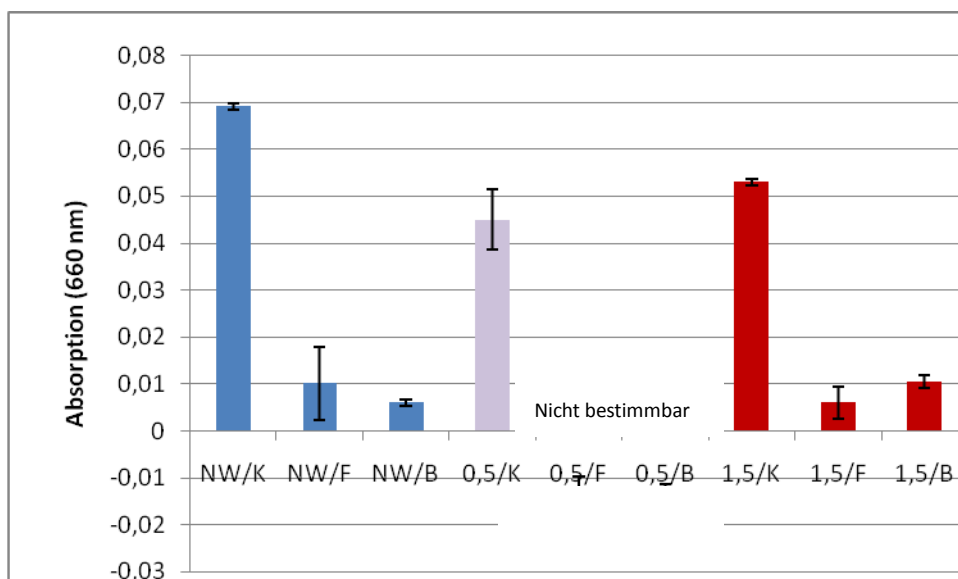


Abb. 3.5: Filtrierleistung des Ascidien nach Simulation der Einleitung landwirtschaftlicher Abwässer.

Dargestellt ist die Absorption der Aktivkohle nach 24 Stunde Filtration, d.h. je geringer die Absorption, desto höher die Filtrierleistung. NW (blaue Balken) = Hälterung für 24 h in normalem Seewasser; 0,5 (lila Balken) = Hälterung für 24

h in Seewasser mit Jauchezusatz (entsprechend 0,5 mg Phosphat/l; 1,5 (rote Balken) = Hälterung für 24 h in Seewasser mit Jauchezusatz (entsprechend 1,5 mg Phosphat/l; K = Kontrollbecken ohne Tiere, F = reine Filtrierleistung der Ascidie, B = Filtrierleistung der Ascidie nach Berieselung. MW ± STABW, n = 2.

4. Diskussion

In unserem Projekt sollte der Einfluss von Nährstoffeinträgen der Landwirtschaft in die Nordsee und von erhöhtem Partikelregen auf die Filtrierleistung von Ascidien festgestellt werden. Dies geschah zum einen durch die Simulation hoher Nährstoffgehalte mithilfe von Schweinejauche, sowie durch die Simulation von Partikelregen mithilfe von feinem Sand. Darüber hinaus wurde die Filtrierleistung von Ascidien unterschiedlich nährstoffbelasteter Standorte vor Helgoland verglichen.

4.1. Kritik und Grenzen der Aussagekraft der Daten

4.1.1. Absorptionsspektrum der Aktivkohle

Zur Bestimmung der Filtrierleistung sollte die Abnahme der Wasserfärbung durch Aktivkohle photometrisch gemessen werden. Ein Absorptionsspektrum sollte die optimale Messwellenlänge zeigen. Das von uns erstellte Absorptionsspektrum der Aktivkohle (Abb. 2.5) weist jedoch keine typische Glockenkurve mit einem Absorptionsmaximum auf. An dieser Stelle hätten andere Farbstoffe vermutlich ein klareres Ergebnis erzielt. Dadurch, dass nicht vom Anfang der Versuche an feststand, ob uns ein Photometer zur Verfügung stehen würde, hatten wir uns jedoch für Aktivkohle als Indikator der Filtrierleistung entschieden, da hier die Farbunterschiede vor und nach der Filtration auch mit bloßem Auge zu erkennen gewesen wären.

4.1.2 Probenumfang

Durch den geringen Probenumfang von n=2-3 pro Versuchsgruppe ist die statistische Standfestigkeit der Ergebnisse zweifelhaft, weshalb wir auch auf eine statistische Auswertung der Daten verzichtet haben. Im Rahmen der 5-tägigen

Expedition war es uns aufgrund der geringen Zeit jedoch nicht möglich, größere Versuchsreihen anzusetzen.

4.1.3 Inkubationsversuch mit Schweinejauche

4.1.3.1 Inkubationszeit

Der Inkubationsversuch mit der Schweinejauche wurde über den Zeitraum von 24 Stunden durchgeführt. Ob dieser Zeitraum ausreicht, bei den Tieren eine deutliche Veränderung gegenüber dem Normalwasser zu erzielen, ist fraglich. Ein längerer Zeitraum in den mit Schweinejauche versetzten Becken hätte möglicherweise klarere Ergebnisse geliefert. Dies war uns aber aufgrund der begrenzten Zeit im Labor nicht möglich.

4.1.3.2 Vorherige Hälterung der Versuchstiere

Für die Inkubationsversuche in Schweinejauche wurden Ascidien verwendet, die bereits einige Tage vor Beginn unserer Untersuchungen beschafft und gehältert worden waren. Die Bedingungen der Hälterung vor Beginn unserer Versuche waren nicht optimal (vgl. Material und Methoden): Die Tiere wurden in einem Eimer in zu geringem Wasservolumen und ohne Sauerstoffversorgung aufbewahrt. Dies könnte zur Stressung der Tiere geführt haben, was die Versuchsergebnisse nicht unbedeutend beeinflusst haben könnte.

4.1.3.3 Feststellung der Phosphatkonzentration

Die Menge der Schweinejauchezugabe wurde über ihre Phosphatkonzentration bestimmt. Diese wurde anhand eines handelsüblichen Farbtests (vgl. Material und Methoden, Abb. 2.6) für Wasseruntersuchungen ermittelt. Dabei können Konzentrationen, die zwischen den Werten der Farbskala liegen, nur abgeschätzt werden. Dieser Test ist dementsprechend ungenau, was Fehler nicht vermeiden lässt.

4.1.3.4 Inkubation von Ascidien in mit Schweinejauche versetztem Wasser (0,5 mg Phosphat / Liter)

Um den Einfluss erhöhter Nährstoffkonzentrationen im Wasser auf die Filtriertätigkeit zu untersuchen, sollten Ascidien in mit unterschiedlichen Mengen Schweinejauche versetztem Wasser inkubiert werden. Es ist unklar, weshalb die

Messungen der Proben aus dem Wasser mit 0,5 mg Phosphat/Liter keine auswertbaren Ergebnisse geliefert haben. Möglicherweise gab es Verunreinigungen in den Messgefäßen.

4.2. Diskussion der Versuchsergebnisse

4.2.1 Vergleich der Filtrierleistung von Ascidien unterschiedlich belasteter Standorte

Beide Tiergruppen, welche von uns im Rahmen des Standortvergleichs untersucht wurden, sind nur gering, aber dennoch erkenntlich unterschiedlich belastetem Wasser in ihrem Lebensraum ausgesetzt gewesen. In Gebieten mit höherer Nährstoffkonzentration in der Nordsee bestehen große Schwierigkeiten für die notwendigen Tauchgänge. Somit war es nicht möglich, an Tiere aus solchen hochbelasteten Gebieten zu kommen.

Doch die niedrige Belastung beider Standorte vor Helgoland stellt kein Problem dar, da Ascidien auch bei niedrigen Nährstoffwerten eine maximale Filtrationsleistung erreichen (Petersen und Riisgard, 1992).

Die Ascidien aus dem Vorhafenbecken mit der höheren Nährstoffkonzentration zeigten eine höhere Filtrationsrate als die aus dem Dünenhafen mit der niedrigeren Nährstoffkonzentration. Durch die Nährstoffe im Wasser wurden die Ascidien anscheinend zu einer erhöhten Filterleistung animiert (Abb.3.5). Als Auslöser für das Filtrierverhalten werden chemische Stimuli vermutet, welche ein Erkennen von einem Nahrungsangebot bewirken sollen (www.fsbio-hannover.de). Es ist unklar, wie schnell die Tiere ihr Filtrationsverhalten umstellen können, wenn sich die Nährstoffbedingungen ändern. Klar ist jedoch, dass Ascidien eine Anlaufphase benötigen, bis die maximale Filterleistung erreicht ist (Petersen und Riisgard, 1992). Die beobachteten Unterschiede können daher durchaus auf die unterschiedliche Vorbelastung im jeweiligen Lebensraum, Dünenhafen oder Vorhafen, zurückgeführt werden.

4.2.2 Vergleich der Filtrierleistung von berieselten Ascidien unterschiedlich belasteter Standorte

Während bei den Tieren des Dünenhafens die Filtrierleistung durch die Berieselung nicht verändert wurde, nahm die Filtrierleistung der Vorhafentiere ab (Abb.3.3).

Es stellt sich die Frage, ob die Partikel ein Verstopfen der Filtrieröffnung bewirken. Generell können die Organismen jedoch zu große Partikel durch die Einströmöffnung wieder ausstoßen (Petersen und Riisgard, 1992). Laut der Quelle filtern die Tiere auch Partikel, die nicht zu ihrer spezifischen Nahrungsgruppe, dem Plankton, gehören.

Frühe Studien in den 50ern zeigten für *C. intestinalis*, dass diese Ascidienart Aktivkohlepartikel von 1-2 μm Größe über ihren Filtrationsmechanismus zurückhalten kann. In den späten Siebzigern konnte gezeigt werden, dass sogar einzellige Algen von bis zu 30 μm Größe den Kiemendarm passieren können (Randlov und Riisgard, 1979).

Die Organismen können also Algen filtern, was bedeutet, dass natürlicher Partikelregen, der aus abgestorbenen Algen hervorgeht, die Einströmöffnung und Organe nicht verstopfen sollte. Dem zu Folge kann die maximale Partikelgröße, die filtrierte werden kann, also die Größe einer Algenzelle sein. Da der simulierte Partikelregen in unseren Versuchen eine im Vergleich hierzu große Größe hat (300 μm) und die Ergebnisse von Randlov und Riisgard (1979) nur für eine Partikelgröße von bis zu 30 μm gelten, kann der Sand in unserem Fall tatsächlich zu einer Verstopfung der Einströmöffnung geführt haben, die im natürlichen Lebensraum in dieser Form nicht zu erwarten ist. Der Effekt durch den Partikelregen könnte demnach von uns überschätzt worden sein.

4.2.3 Vergleichbarkeit der Filtrationsrate

4.2.3.1 Zusammenhang von Filtration und Temperatur

Die Filtrationsrate wird durch die Temperatur beeinflusst. Diese war bei unseren Versuchen stets konstant bei 23°C.

4.2.3.2 Zusammenhang von Filtration und Hungerzustand der Organismen

Auch die Füllung des Darms und das wahrscheinlich daraus folgende Hungergefühl wurden von uns stimuliert. Die Ascidien aus der Versuchsreihe der Inkubation mit Jauche wurden vor unseren Versuchen mit Plankton gefüttert, was eine ausgeglichene Basis für die Filtrationsversuche schafft, da der Sättigungszustand der Tiere so vergleichbar ist.

Bei den Tieren des Vorhafen – Dünenhafen Vergleichs ist es wahrscheinlich, dass die Tiere vergleichbar gesättigt waren. Dies lässt sich aber nicht genau nachvollziehen, da die Organismen aus ihrem natürlichen Lebensraum entnommen und unmittelbar danach untersucht wurden und so nicht zuvor beobachtet werden konnten.

4.2.3.3 Zusammenhang von Filtration und Größe der Versuchstiere

Kleinere Tiere haben einen kleineren Verdauungstrakt, was bedeutet, dass sie schneller gesättigt sind und schneller ihre maximale Filtrationsrate wieder reduzieren. Folglich sind größere Tiere später gesättigt und filtrieren länger mit maximaler Rate.

Aus diesem Grund sollten für die Versuche möglichst gleich große Tiere verwendet werden. Dies erwies sich in unserem Fall als schwierig, da die Auswahl der Ascidien sehr gering war. Auch die Größenbestimmung konnte nur indirekt durchgeführt werden, da die Tiere sich bei dem Herausnehmen aus dem Wasser zusammenziehen und so eine Messung erschwert wurde.

4.3 Vergleich der Filtrierleistung von Ascidien unterschiedlich belasteter Standorte mit der von Ascidien, welche in unterschiedlich belastetem Wasser gehältert wurden

Die an die Ascidien aus unterschiedlich stark belasteten Standorten beobachteten Veränderungen der Filtrierleistung sollten in einem Simulationsexperiment überprüft werden. Dazu wurde eine Gruppe Tiere für 24 h in mit Jauche versetztem Meerwasser (1,5 mg Phosphat/L) gehältert und eine Vergleichsgruppe in unverändertem Meerwasser.

Die Absorptionsmessungen der Aktivkohle bestätigen auf den ersten Blick die beim Standortvergleich festgestellte höhere Filtrierleistung bei den Tieren, die in nährstoffreichem Wasser gehältert wurden (Abb. 3.3 und Abb. 3.5).

Vergleicht man allerdings die Absorptionswerte der Kontrollen (nur Aktivkohle, ohne Tiere), so war die Anfangsabsorption des mit Jauche versetzten Wassers mit einem Wert von 0,053 wesentlich geringer als die Anfangsabsorption der Kontrolltiere von 0,069 (Abb. 3.5). Daher wäre der Absorptionsunterschied vor (1,5/K) und nach der Filtriertätigkeit (1,5/F) geringer als bei den Kontrolltieren NW/K und NW/F (Abb. 3.5). Das würde eine geringere Filtrierleistung der Ascidien im Wasser mit erhöhten Nährstoffwerten bedeuten und den Ergebnissen des Standortvergleichs widersprechen (Abb. 3.3 und Abb. 3.5). Die Ursache für die unterschiedlichen Anfangsabsorptionen ist uns jedoch nicht bekannt. Daher ist es schwierig zu beurteilen, ob die in Schweinejauche inkubierten Tiere nun stärker oder schwächer als die Normalwassertiere filtrierte haben.

Die beim Standortvergleich beobachtete Verringerung der Filtrierleistung nach der Berieselung bei den Ascidien, die aus nährstoffreicherem Wasser stammten (Abb. 3.3), wurde dagegen auch bei dem Hälterungsversuch mit Schweinejaucheversetztem Wasser beobachtet (Abb. 3.5). Daher kann man insgesamt vermuten, dass die gelösten Nährstoffe und die Partikelmenge im Wasser zusammen die Filtriertätigkeit der Ascidien beeinflussen. Während gelöste Stoffe die Filtration steigern könnten, scheint Partikelregen (von 300 µm Größe) diesem Effekt entgegenzuwirken. Auf welche Weise die Nährstoffe und der Partikelregen dies bewirken, lässt sich nicht sagen.

5. Schlussfolgerungen und Ausblick

Um die eingangs gestellten Fragen zu beantworten, können wir nun feststellen, dass es tatsächlich Unterschiede in der Filtrierleistung von Ascidien gibt, die aus verschiedenen belasteten Standorten stammen. Dabei scheint die Filtrierleistung durch hohe Nährstoffkonzentrationen gesteigert zu werden. Außerdem beeinträchtigt der Partikelregen die Filtrierleistung der Organismen aus hoch Nährstoff belastetem Wasser.

Aufgrund der zuvor genannten Diskussionsergebnisse macht es Sinn, in späteren Untersuchungen den genauen Zusammenhang der Auswirkungen von gelösten Nährstoffen und ungelösten Partikeln auf die Filtrierleistung zu erkunden. Dazu sollten nach Möglichkeit kleinere Partikel zur Simulation des Partikelregens verwendet werden. So könnte man mithilfe eines Planktonnetzes entsprechende Partikel aus dem Hafenbecken sammeln.

Generell sollten die von uns begonnenen Untersuchungen zu Auswirkungen landwirtschaftlicher Abwässer auf Ascidien fortgesetzt werden. Denn unsere Ergebnisse zeigen die Wichtigkeit dieser Organismen als Kläranlagen“ der Meere.- Vielleicht kann man sie in Zukunft gezielt dafür einsetzen?

Literaturverzeichnis

Barenbrock, 2004. Tunikaten (Ascidiacea) der Nordsee: Chemische Ökologie und pharmakologisches Potential.

H. Bick, Bonn, 1998. Grundzüge der Ökologie. Gustav Fischer Verlag

Braune, 2005. www.fsbio-hannover.de

Brockmann, U., Heyden, B., Schütt, M., Starke, A. und Topcu, D. 2003. Assessment Criteria for Eutrophication Areas – Emphasis German Bight-, Forschungsbericht 29825233 UBA-FB 000338.

Petersen und Riisgard, DK, 1992. Filtration capacity of the ascidian *Ciona intestinalis* and its grazing impact in a shallow fjord, marine ecology progress series. Mar. Ecol. Prog. Ser.

Randlov and Riisgard, 1979. Efficiency of Particle Retention and Filtration Rate in Four Species of Ascidiaceans.

Schernewski, G., 2004, Bioeffekt- und Schadstoffmonitoring an Muscheln, Leibnitz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde, http://www.ikzm-oder.de/steckbrief_muscheln.html, Abrufdatum: 29.09.2011

V.Storch und U.Welsch, Heidelberg/München, 1997. Systematische Zoologie. Gustav Fischer Verlag.

Danksagung

Wir möchten folgenden Personen für ihre tatkräftige Unterstützung und Engagement danken:

... Frank Schweikert, dem Eigner der Aldebaran. Ohne Sie wäre die Expedition gar nicht erst möglich geworden, vielen Dank, dass wir eine Woche auf ihrem Forschungs- und Medienschip verbringen durften.

... Tobias Mattfeld, unserem Wissenschaftspaten. Vielen Dank für die Unterstützung und Begleitung unseres Projektes, du warst uns wirklich eine große Hilfe!

... Dr. Emmanuel Hensel, unserem Wissenschaftspaten. An dieser Stelle möchten wir uns abermals für die tolle Führung durch das Aquarium bedanken!

... Mona Struckmann, unserem Science Coach. Vielen Dank für die Begleitung unserer Expedition!

... Dr. Patrick Wetzl, unserem Skipper. Auch dir danken wir für die tolle Woche unter deiner Aufsicht!

... Lea-Valeska Giebel, die unsere Exkursion organisiert und koordiniert hat. Vielen Dank für diese tolle Leistung!

... Dr. Katja Heise, die uns bei unserem gesamten Projekt begleitet hat. Sowohl als seelische Unterstützung als auch als die mit dem immer guten Rat waren Sie immer und in jeder Situation für uns da. Vielen Dank dafür!

... der Joachim Herz Stiftung

... der Körber Stiftung

... Magrit Krüß und Phillip Fischer mit seinen Assistenten, für die Unterstützung im Labor und die Beschaffung der Organismen!

... Panasonic, für die tollen Kameras die uns tolle Fotografien ermöglicht haben!

... Christopher Landerer und David Schnicke, unseren Kameramännern. Vielen Dank für den tollen Film. So werden wir unsere Expedition nie vergessen!