

Heimische Seegräser im Aquarium

Pflege von *Zostera marina* und *Zostera noltei*

Zweite überarbeitete Version

Gerald Wicht im November 2019



Echtes Seegras (*Zostera marina*) im Aquarium Anfang Juni 2017.

Email: gerald.wicht@meeresspezies.de

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	4
1 Bodengrund.....	5
1.1 Art des Bodengrundes.....	6
1.2 Höhe des Bodengrundes.....	6
2 Wasser.....	6
2.1 Salinität und Salz.....	6
2.2 Höhe der Wasserbedeckung.....	7
2.3 Wassertemperatur.....	7
2.4 Strömung.....	8
3 Licht.....	9
3.1 Lichtfarbe.....	9
3.2 Lichtintensität.....	10
3.3 Beleuchtungsdauer.....	10
4 Filterung und Nährstoffkontrolle.....	11
4.1 Filtertechnik.....	12
4.2 Nährstoffe.....	12
4.3 Wasserwechsel.....	14
5 Flora und Fauna.....	14
5.1 Flora mit positivem Einfluss.....	14
5.2 Flora ohne erkennbaren Einfluss.....	14
5.3 Flora mit negativem Einfluss.....	15
5.4 Fauna mit positivem Einfluss.....	16
5.5 Fauna ohne erkennbaren Einfluss.....	16
5.6 Fauna mit negativem Einfluss.....	17
6 Erstbepflanzung.....	19
6.1 Wo und wie entnehmen.....	19
6.2 Wann und wie pflanzen.....	19
7 Vermehrung.....	20
7.1 Vegetativ vermehren.....	20
7.2 Generativ vermehren.....	21
8 Regeneration.....	24
9 Fazit.....	25
Literatur.....	26

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: <i>Zostera marina</i> nach etwa 2,5 Jahren im Aquarium (September 2014).....	4
Abbildung 2: <i>Zostera noltei</i> nach etwa 0,5 Jahren im Aquarium (September 2014).....	5
Abbildung 3: Wassertemperaturverlauf im Seegrasaquarium 2014.....	8
Abbildung 4: Schwimmkörper während der Messung.....	8
Abbildung 5: Wege des Schwimmkörpers über der Seegraswiese.....	8
Abbildung 6: Sauerstoffbläschen steigen von Seegrasblättern empor.....	10
Abbildung 7: Beleuchtungsdauer im Seegrasaquarium 2014.....	11
Abbildung 8: Beleuchtungsdauer im Seegrasaquarium 2017.....	11
Abbildung 9: Felsen-Faseralge (<i>Ectocarpus siliculosus</i>) überwuchert Seegräser.....	15
Abbildung 10: Wattschnecken (<i>Peringia ulvae</i>) an Seegrasblättern.....	16
Abbildung 11: Eine Baltische Klippenassel (<i>Idotea Balthica</i>) am Seegrasblatt..	17
Abbildung 12: Ein Grüner Seeringelwurm (<i>Alitta virens</i>).....	18
Abbildung 13: Seegrasblatt wird in das Gangsystem von <i>Alitta virens</i> gezogen.....	18
Abbildung 14: Eine Seegraswiese aus Pflanzen des Zwerg-Seegrases (<i>Zostera noltei</i>).....	19
Abbildung 15: Seegräser <i>Zostera marina</i> und <i>Zostera noltei</i> in ihrem natürlichen Habitat bei Niedrigwasser.....	19
Abbildung 16: Seegrastriebe an einer Aquarienscheibe.....	20
Abbildung 17: <i>Zostera marina</i> Blätter mit Rhizomen und Wurzeln.....	21
Abbildung 18: <i>Zostera noltei</i> Blätter mit Rhizomen und Wurzeln.....	21
Abbildung 19: Die Staubbeutel von <i>Zostera marina</i> haben ihre Pollen entlassen.....	22
Abbildung 20: Einzelne Blüte von <i>Zostera marina</i>	22
Abbildung 21: Samen von <i>Zostera marina</i> noch vom Deckblatt umhüllt.....	22
Abbildung 22: Samen von <i>Zostera noltei</i> mit Deckblatt.....	22
Abbildung 23: Samen von <i>Zostera marina</i>	22
Abbildung 24: Samen von <i>Zostera noltei</i>	22
Abbildung 25: Eine aus Samen gezogene junge <i>Zostera marina</i> Pflanze im Aquarium.....	23
Abbildung 26: <i>Zostera marina</i> mit kräftigem Wuchs im Aquarium (Juli 2013)...	25

Einleitung

Schon wenige Monate nachdem ich im Jahr 2007 mein erstes Nordseeaquarium eingerichtet hatte, wuchs in mir der Wunsch, eine Seegraswiese im Aquarium nachzubilden. Bei Wattwanderungen im Sommer faszinierten mich diese trocken gefallenen, weiten, mit Seegräsern dicht bewachsenen Wattflächen. Die Seegraswiesen der Nordsee sind einer der wenigen strukturierten Bereiche des Wattenmeeres und gelten als Laichgründe von Fischen wie dem Atlantischen Hering (*Clupea harengus*) oder dem Gewöhnlichen Hornhecht (*Belone belone*) (Polte und Asmus 2006, 241).

Bei ersten Recherchen zum Thema Seegras im Aquarium stellte sich schnell heraus, dass Seegräser in heutigen Meerwasseraquarien als nahezu unhaltbar gelten. Dazu passen auch eigene Beobachtungen der letzten Jahre in öffentlichen Aquarien wie dem Ozeaneum in Stralsund (2012, 2013, 2016), dem Aquarium GEOMAR in Kiel (2011) und dem Multimar Wattforum in Tönning (2010, 2011, 2017). Entdeckte man dort ein Becken, in dem eine Szene aus einer Seegraswiese der Nord-



Abbildung 1: *Zostera marina* nach etwa 2,5 Jahren im Aquarium (September 2014).

oder Ostsee dargestellt wurde, so erkannte man bei genauerem Hinsehen schnell, dass das vermeintliche Seegras nur ein Kunststoffimitat war (Eigene Beobachtungen und Brasse *et al.* 2014, 49).

Erste eigene Versuche mit wenigen Seegraspflanzen (*Zostera marina*) in einem mit kleineren Tieren besetzten Nordseeaquarium verliefen dann doch deutlich positiver als befürchtet. Das Seegras hielt sich schon beim ersten Versuch etwa ein dreiviertel Jahr lang. Zudem stellte sich beim Studium älterer Literatur heraus, dass unsere heimischen Seegräser dort als durchaus für Aquarien geeignet beschrieben werden (Bade, E. 1907, 61; Harmsen 1936, 872; Lehmann und Lehmann 1978, 38).

Von diesen Erkenntnissen angetrieben startete ich weitere Versuche das Echte Seegras (*Zostera marina*), auch Gewöhnliches Seegras, Gemeines Seegras oder Großes Seegras genannt, unter unterschiedlichen Bedingungen und in

verschiedenen Becken zu kultivieren (Abbildung 1). Meine bisher längste Pflegezeit einer Kultur beträgt heute (im Herbst 2019) 7½ Jahre. Etwa vier Jahre lang pflegte ich auch eine kleine Zwerg-See gras Kultur (*Zostera noltei*) (Abbildung 2).

Auch wenn ich mehrere Versuche in verschiedenen Aquarien unternommen habe, erhebt die folgende Auflistung der Becken- und Pflanzparameter selbstverständlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Daher werde ich hier nur die Faktoren, die das Wachsen einer Seegraswiese in meinen Aquarien begünstigten, die, die nur geringen oder gar keinen Einfluss hatten und diejenigen, die das Wachsen einer



Abbildung 2: *Zostera noltei* nach etwa 0,5 Jahren im Aquarium (September 2014).

Seegraswiese in meinen Aquarien eher behinderten, berücksichtigen. Da viele der angesprochenen Faktoren sich gegenseitig beeinflussen und ich nur eine relativ kleine Anzahl möglicher Konfigurationen ausprobieren konnte, mögen auch komplett andere Beckenkonfigurationen gut funktionieren.

1 Bodengrund

Während der Bodengrund bei in Nord- und Ostsee lebenden höheren Algen und Tangen nur die Funktion der Verankerung erfüllen muss, sind die Anforderungen der Seegräser vielfältiger. Für Pflanzen wie *Zostera marina* und *Zostera noltei* muss das Substrat zusätzlich zur Verankerung auch noch als Nährstoffdepot dienen. So nehmen *Zostera marina* Pflanzen, wie Landpflanzen auch, verschiedene Nährstoffe über ihre Wurzeln aus dem Boden auf. Es werden z.B. Phosphor (Brix und Lyngby 1985, 114; Penhale und Thayer 1980, 113; Mc Roy *et al.* 1972, 64), Stickstoff (Pedersen und Borum 1992, 71) und auch Kohlenstoff (Penhale und Thayer 1980, 113) aus dem Substrat aufgenommen.

1.1 Art des Bodengrundes

Um den natürlichen Verhältnissen möglichst nahe zu kommen, wurden alle hier betrachteten Seegrasbecken mit Quarzsand (SiO_2) der Nordsee aus der Nähe einer Seegraswiese befüllt. Es ist feiner Sand mit einem höheren Anteil organischer Substanzen aus einem Mischwattgebiet.

1.2 Höhe des Bodengrundes

In der Natur wachsende *Zostera marina* Pflanzen wurzeln nicht sehr tief. So wurde z.B. im dänischen Öresund eine maximale Wurzeltiefe von 10 cm festgestellt (Pedersen und Borum 1992, 66). Auch in den von mir betriebenen Aquarien stellten sich unsere heimischen Seegräser, bezüglich der Höhe des Bodengrundes, als nicht besonders anspruchsvoll heraus. *Zostera marina* wächst bei Höhen von 3 cm, bei 5cm, bei 8 cm und bei 18 cm gut. Die *Zostera noltei* Pflanzen wuchsen in dem von mir betriebenen Becken bei etwa 4 cm Substrathöhe.

2 Wasser

Wie für die Landpflanzen die Luft ist für die Seegräser das Wasser das sie umgebende Medium. So findet bei Seegräsern wie bei *Zostera marina* der Sauerstoff- und Kohlendioxidaustausch mit dem Wasser über epidermale Zellen ihrer Blätter statt, die sowohl Eigenschaften von Landpflanzen als auch Eigenschaften von Makroalgen aufweisen (Olsen *et al.* 2016, 331). Im Eulitoral (trockenfallende Fläche zwischen Hoch- und Niedrigwasserlinie) wachsende Seegräser, wie sie heutzutage im Wattenmeer der Nordsee fast ausschließlich vorkommen, haben zusätzlich etwa zweimal pro Tag auch Luftkontakt.

Die Höhe der Wasserbedeckung hat, zusammen mit der Sichttiefe, einen großen Einfluss auf die Menge des Lichts, das zu den Pflanzen gelangt und damit auf deren Photosynthese.

Im Gegensatz zu Landpflanzen, bei denen die Temperatur der Luft den Beginn und das Ende der Vegetationsperiode bestimmt, ist bei Seegräsern die Temperatur des Wassers für das Wachstum von größter Wichtigkeit (siehe Abschnitt „Wassertemperatur“).

2.1 Salinität und Salz

Im natürlichen Habitat, aus dem meine Pflanzen entnommen wurden, habe ich zu unterschiedlichen Jahreszeiten Salinitäten von 30 ‰ bis 33 ‰ gemessen. Von mir betriebene Aquarien sind mit Meerwasser gefüllt, das aus synthetischem Meersalz und Umkehrosmose-Wasser gemischt wird. In unregel-

mäßigen Abständen werden dem Beckenwasser dann noch geringe Mengen natürlichen Nordseewassers zugegeben. Die Salinität wird auf etwa 30 ‰ eingestellt und steigt in zwei kleineren Becken durch langsame Verdunstung regelmäßig auf über 36 ‰ an. Auch die schnelle Reduzierung der Salinität durch Zugabe von Umkehrosmose-Wasser hat dort keinen erkennbar störenden Einfluss auf den Wuchs des Seegrases.

2.2 Höhe der Wasserbedeckung

In der Natur besteht zwischen der maximalen Besiedlungstiefe von Seegräsern und dem Lichtabsorptionskoeffizienten des jeweiligen Wassers ein linearer Zusammenhang (Duarte 1991, 365). Das heißt, möchte ich die maximale Besiedlungstiefe verdoppeln, so muss ich die Lichtabsorption halbieren. Für Aquarienverhältnisse bedeutet das, je tiefer das Becken (bei gleich hohem Bodengrund und gleicher Beleuchtung) gewählt wird, desto weniger darf das Licht im Wasser durch Schwebstoffe, Gelbstoffe, Algenblüten oder Ähnliches absorbiert werden. Eine zweite Möglichkeit, die jedoch nur in künstlichen Habitaten wie einem Aquarium besteht, wäre die Verbesserung der Beleuchtung. Bei Messungen der maximalen Besiedlungstiefe von *Zostera marina* in Europa, Nordamerika und Japan wurde ein mittlerer Wert von 5,5 Meter ermittelt (Duarte 1991, 366). In Nordamerika lagen einzelne Werte sogar bei 25m und 30m (Duarte 1991, 377).

In den von mir betriebenen Becken beträgt der Abstand vom Bodengrund zur Wasseroberfläche bei *Zostera marina* Pflanzungen 14 cm, 20 cm und 41 cm. Bei allen drei Wasserständen wächst das Seegras etwa gleich gut. Im *Zostera noltei* Aquarium betrug die Wasserhöhe 13 cm. In einem Becken mit einer Wasserhöhe von 41 cm konnten sich *Zostera noltei* Pflanzen gegen die Konkurrenz von *Zostera marina* nicht durchsetzen. Da *Zostera noltei* an den europäischen Küsten nicht unterhalb der Niedrigwasserlinie wächst (Green und Short 2003, 40), benötigt es wahrscheinlich wie im natürlichen Habitat ein regelmäßiges Trockenfallen oder zumindest sehr niedrige Wasserstände.

2.3 Wassertemperatur

Die Temperatur des Seewassers wird in den von mir betreuten Aquarien den Jahreszeiten entsprechend angepasst. In den aktiv gekühlten Becken wird die Wassertemperatur zwischen 8 °C im Winter und 15 bis 18 °C im Sommer geregelt (Abbildung 3). Diese Temperaturen, werden im natürlichen Habitat im Winter bei Eisbedeckung deutlich unterschritten. Die Wassertemperaturen im Sommer liegen noch unter der 20 °C Marke, bis zu der das Seegras *Zostera marina* im natürlichen Habitat noch Wachstum zeigt (Reusch *et al.* 2005, 2828).

In den kleinen unregulierten Becken lagen die Temperaturen zwischen 4 °C im Winter und bis zu 28 °C im Sommer. Die niedrigsten Wassertemperaturen in diesen Aquarien lagen auch hier noch über denen, die in der Natur im Winter auftreten. Die höchsten Wassertemperaturen dieser Aquarien im Sommer lagen

jedoch schon an der Grenze des Tolerierbaren. *Zostera marina* beginnt bei Dunkelheit schon bei Temperaturen oberhalb von etwa 25 °C (Greve *et al.* 2003, 213) und bei Beleuchtung mit Sonnenlicht bei Temperaturen oberhalb von etwa 30 °C abzusterben (Greve *et al.* 2003, 210).

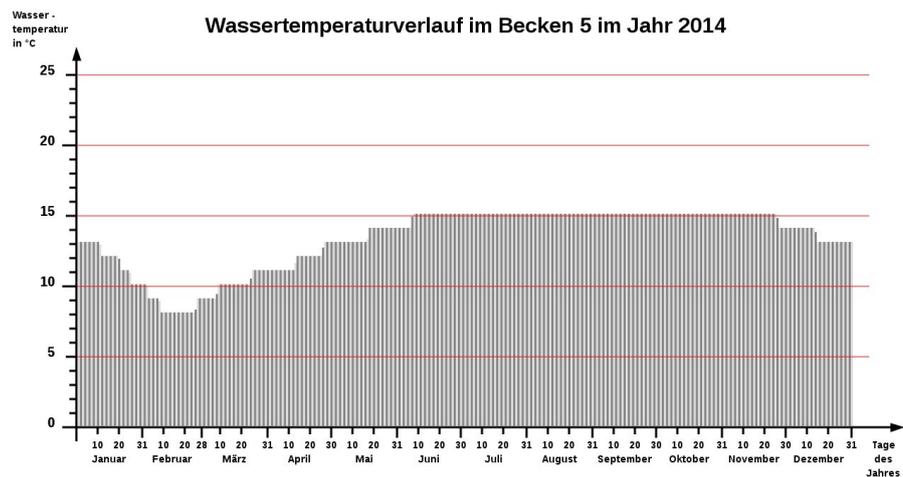


Abbildung 3: Wassertemperaturverlauf im Seegrasaquarium 2014.

2.4 Strömung

Um die im Aquarium benötigte Strömungsgeschwindigkeit abschätzen zu können, habe ich eigene Messungen in einer natürlichen Seegraswiese vorgenommen. Dazu wurde ein Datenlogger der mit Hilfe von GPS und Glonass in Abständen seine Position bestimmt, in einen Schwimmkörper (Abbildung 4) eingesetzt. Der Schwimmkörper wurde bei Wasserbedeckung über einer Seegraswiese eingesetzt und nach einer Strecke von etwa 75 m bis 100 m wieder entnommen. Um zu gewährleisten, dass für die Berechnungen nur Daten benutzt werden, bei denen der Schwimmkörper in etwa mit der gleichen Geschwindigkeit wie das umgebende Wasser unterwegs war, wurden am Anfang und am Ende der Aufzeichnungen einige Datensätze verworfen. Am Anfang der Messung dauert es eine Weile, bis der Schwimmkörper auf die Geschwindigkeit des Wassers beschleunigt wird, und am Ende verfälscht die Entnahme einige Werte. Der Schwimmkörper wurde so austariert, dass er nur noch zu einem sehr geringen Teil aus dem Wasser herausragte, um Verfälschungen der Messergebnisse durch die Windgeschwindigkeit möglichst gering zu halten.



Abbildung 4: Schwimmkörper während der Messung.



Abbildung 5: Wege des Schwimmkörpers über der Seegraswiese.

In vier Messungen (Abbildung 5) wurden Strömungsgeschwindigkeiten von 94,5 mm/s (0,0945 m/s oder 0,34 Km/h) bis 196 mm/s (0,196 m/s oder 0,704 Km/h) gemessen. Diese Werte dienen jedoch nur zur groben Abschätzung der möglichen Strömungsgeschwindigkeiten in Seegraswiesen, da sie nur eine Momentaufnahme einer einzigen Seegraswiese darstellen. Bei anderen Windgeschwindigkeiten (hier Windstärke 3 bis 4) oder anderen örtlichen Gegebenheiten mögen die Strömungsgeschwindigkeiten sowohl nach oben als auch nach unten erheblich abweichen.

Zostera marina wächst in den von mir betreuten Aquarien mit nur sehr schwacher, möglichst laminarer Strömung (Strömung ohne Turbulenzen) oder ganz ohne Strömung. Die nach der Durchflussmenge berechnete mittlere Strömungsgeschwindigkeit in den größeren von mir betriebenen Seegrassaquarien beträgt je nach Zustand der wasserfördernden Technik 0,18 mm/s bis 0,39 mm/s. Die Berechnung dieser Werte geht jedoch von der Annahme aus, dass die Strömungsgeschwindigkeit über den gesamten Aquarienquerschnitt gleich ist. Da aber der Wassereinlass in diesem Becken eher zwei punktförmigen Quellen und der Wasserauslass eher einer linienförmigen Mündung entspricht, beides weit entfernt von einer optimalen flächigen Ein- und Ausleitung, muss in manchen Bereichen von deutlich höheren Strömungsgeschwindigkeiten ausgegangen werden.

Das von mir betriebene *Zostera noltei* Aquarium lief die ganze Zeit ohne Strömung.

3 Licht

Licht in der richtigen Farbe, einer der Art entsprechenden Intensität und einer der Herkunft angepassten Beleuchtungsdauer ist für das Wachstum aller Pflanzen ein entscheidender Faktor. Eine Pflanze wie *Zostera marina*, die in den gemäßigten und subtropischen Zonen der gesamten Nordhalbkugel und in unterschiedlichen Wassertiefen vorkommt, kann sich, in gewissem Rahmen, an diese unterschiedlichen Lichtverhältnisse anpassen.

Eine einfache Art zu erkennen, dass das Licht für das Wachstum des Seegrases ausreicht, sind über mehrere Stunden an Seegrasblättern wie an einer Perlenschur emporsteigende kleine Sauerstoffbläschen (Abbildung 6; Eigene Beobachtungen 2013 - 2019).

3.1 Lichtfarbe

Bei den einheimischen Seegräsern handelt es sich um Flachwasserpflanzen, deren Tiefenverbreitung schon wenige Meter unterhalb der Wasseroberfläche endet wie bei *Zostera marina* oder die sogar regelmäßig trocken fallen wie *Zostera noltei*. Aus diesem Grund verwende ich in meinen künstlich beleuchteten Aquarien hochwertige Tageslicht-LED-Leuchten mit Lichtfarben von 5500 - 6500 Kelvin. Die Becken ohne Technik werden mit der sich über den Tag ändernden Lichtfarbe des natürlichen Sonnenlichts beleuchtet.

3.2 Lichtintensität

Bei der Lichtintensität gibt es zwei für die Photosynthese von Pflanzen relevante Grenzwerte, den Lichtkompensations- und den Lichtsättigungspunkt.

Als Lichtkompensationspunkt wird der Punkt bezeichnet, bei dem es einen Gleichstand zwischen der Aufnahme von CO₂ durch die Photosynthese und der Abgabe von CO₂ durch die Veratmung gibt und auch einen Gleichstand zwischen der Aufnahme von O₂ durch die Veratmung und der Abgabe von O₂ durch die Photosynthese. Erst bei Lichtintensitäten oberhalb dieses Punktes beginnt eine Pflanze zu wachsen. Als Lichtsättigungspunkt gilt der Punkt, an dem die maximale Photosyntheserate erreicht wird. Wird die Lichtintensität weiter erhöht, erhöht sich die Photosyntheserate nicht mehr.

Der Lichtkompensationspunkt für *Zostera marina* liegt bei 15 – 25 μmol m⁻² s⁻¹ (Dennison und Alberte 1985, 55). Bei einer neueren japanischen Studie wurde ein Lichtkompensationspunkt von 6,89 – 13,67 μmol m⁻² s⁻¹ bei Wassertemperaturen von 10 °C bis 25 °C ermittelt (Abe *et al.* 2003, 893).

Der Lichtsättigungspunkt für *Zostera marina* liegt bei 65 – 120 μmol m⁻² s⁻¹ (Dennison und Alberte 1985, 55).

Zostera marina kann sich in der Natur bis an Lichtintensitäten anpassen, die nur noch einem Fünftel der Intensitäten entsprechen, die an der Wasseroberfläche herrschen (Short *et al.* 1995, 748).

Die von mir betreuten, künstlich beleuchteten, Seegrasaquarien werden von hochwertigen LED-Leuchten mit etwa 0,55 bis etwa 0,75 Watt pro Liter Meerwasser beschienen.

Die Becken ohne Technik stehen an einem Nord-Fenster und werden so nur von indirektem Sonnenlicht beleuchtet.

3.3 Beleuchtungsdauer

Zostera marina benötigt für ein gesundes Wachstum mehr als 5 Stunden pro Tag mit Beleuchtungsintensitäten oberhalb des Lichtsättigungspunktes (Zimmermann *et al.* 1995, 81). In Anpflanzexperimenten in Kalifornien überlebten *Zostera marina* Pflanzen, wenn sie 7 Stunden pro Tag mit Beleuchtungsintensitäten oberhalb des Lichtsättigungspunktes beleuchtet wurden (Alcoverro *et al.* 1999, 121).



Abbildung 6: Sauerstoffbläschen steigen von Seegrasblättern empor.

In meinen künstlich beleuchteten Seegrasaquarien wird die Beleuchtungsdauer entsprechend der jeweiligen Tageslänge der Nordsee geregelt. Bis zum Ende des Jahres 2016 wurde die Ausschaltzeit auf 21:00 Uhr MEZ (keine Umstellung auf Sommerzeit) festgelegt und die unterschiedliche Beleuchtungsdauer nur über die Einschaltzeit geregelt (Abbildung 7). Durch diese Beleuchtungsregelung wurde ganzjährig gewährleistet, dass abends genug Zeit für Fütterung und Beobachtung blieb. Seit Anfang 2017 wird die Beleuchtungsdauer nun von einem Aquariencomputer geregelt. Dabei werden Sonnenauf- und -untergangszeit nach den Vorgaben der Natur berechnet. Die Zeiten werden aber um zwei Stunden in den Abend verschoben um wieder genug Zeit für Fütterung und Beobachtung zu erhalten (Abbildung 8).

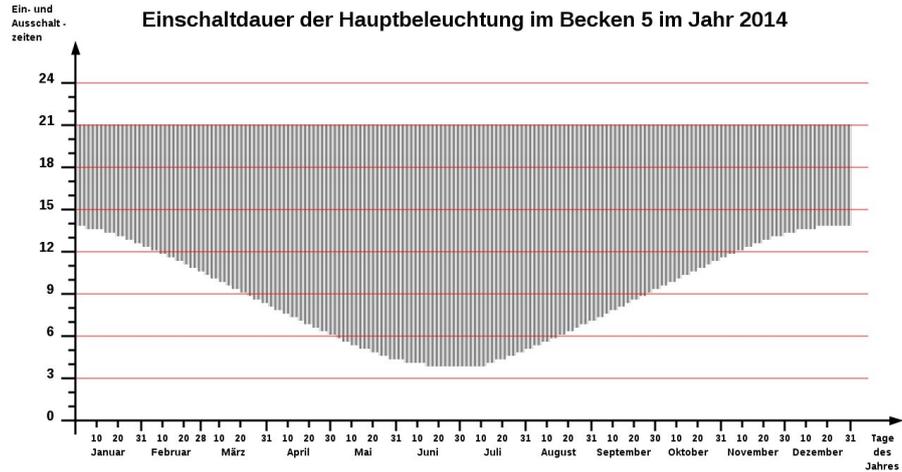


Abbildung 7: Beleuchtungsdauer im Seegrasaquarium 2014.

Kleine, ohne Technik betriebene *Zostera marina* Aquarien stehen an einem Nordfenster und werden so natürlich beleuchtet. Ein weiteres kleines, ohne Technik betriebenes, mit *Zostera noltei* bewachsenes Aquarium stand ebenfalls an einem Nordfenster.

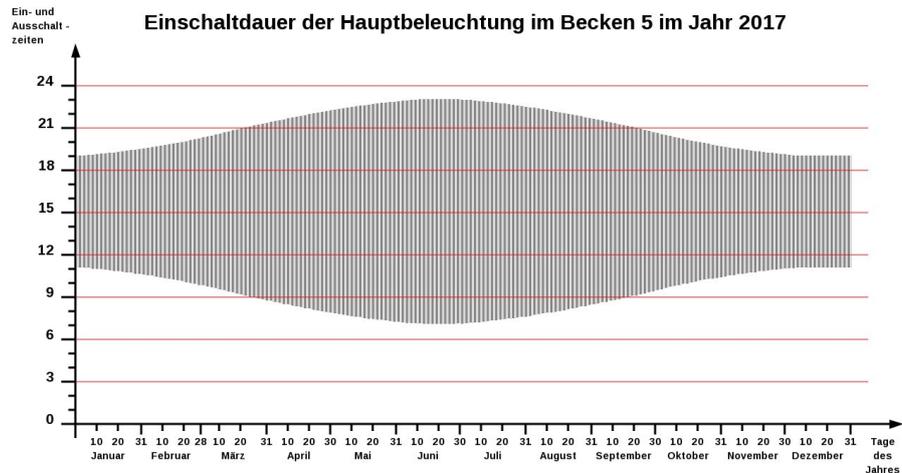


Abbildung 8: Beleuchtungsdauer im Seegrasaquarium 2017.

4 Filterung und Nährstoffkontrolle

Da Seegräser, im Gegensatz zu Algen, in der Lage sind, die für ihr Wachstum benötigten Nährstoffe zum Teil über ihre Wurzeln aus dem Boden aufzunehmen sind ihre Wuchsbedingungen im Vergleich zu denen von Aufwuchsalgen oder von planktonischen Algen besser, je geringer der Nährstoffgehalt des sie umgebenden Wassers ist. Um den Seegräsern einen Vorteil gegenüber ihrer Algenkonkurrenz zu verschaffen, gibt es zwei Möglichkeiten:

- 1.) Ich pflanze die Seegräser in ein Aquarium mit sehr geringer Nährstoffbelastung und gewährleiste, dass keine weiteren Nährstoffe dazukommen.
- 2.) Ich pflanze die Seegräser in ein Aquarium mit geringer Nährstoffbelastung und eliminiere Nährstoffe die, zum Beispiel durch Fütterung im gleichen Becken lebender Tiere, eingetragen werden durch eine möglichst schnelle und effektive Filterung.

4.1 Filtertechnik

Die Becken, in denen *Zostera marina* bei mir die besten Wuchsergebnisse zeigt, werden gar nicht oder mit luftbetriebenen Abschäumern und einem kombinierten Absetz- und Algenfilterbecken, bei dem der Wasserzulauf über Beutel mit absorbierendem und adsorbierendem Material geleitet wird, gefiltert. Ich habe aber auch über ein Jahr Pflanzen in einem Becken mit Abschäumer, der durch eine Dispergatorpumpe gespeist wurde, und Nitratreduzierung durch Ethanol dosierung, der sogenannten „Wodka-Methode“, gehalten.

Das kleine Aquarium, in dem die *Zostera noltei* Pflanzen wuchsen, hatte keinen Filter.

4.2 Nährstoffe

Um die anzustrebenden Nährstoffwerte abschätzen zu können, werfen wir als erstes einen Blick auf die Werte in der Natur. Im Januar 2012 wurden von einem irischen Forschungsschiff Seewasserproben in der Deutschen Bucht genommen und dann die Nährstoffgehalte bestimmt (BSH 2012). Wir betrachten hier nur die drei Messstationen, die dem nordfriesischen Wattenmeer mit seinen ausgedehnten eulitoral Seegraswiesen (Seegraswiesen, die bei Niedrigwasser trockenfallen) am nächsten liegen.

Die Werte der ersten Messstation (westlich von List auf Sylt):

DIN (Dissolved inorganic nitrogen - Ammonium, Nitrit, Nitrat)	= 27,2 µmol/l
NH ₄ -N (Ammonium - nur Stickstoffanteil)	= 4,7 µmol/l
NO ₂ -N (Nitrit - nur Stickstoffanteil)	= 0,09 µmol/l
PO ₄ -P (Phosphat - nur Phosphoranteil)	= 0,80 µmol/l

Daraus berechnen sich die für Aquarianer geläufigeren Werte:

NH ₄ ⁺ (Ammonium)	= 0,085 mg/l
NO ₂ ⁻ (Nitrit)	= 0,0041 mg/l
NO ₃ ⁻ (Nitrat)	= 1,4 mg/l
PO ₄ ³⁻ (Phosphat)	= 0,076 mg/l

Die Werte der zweiten Messstation (westlich von Hörnum auf Sylt):

DIN (Dissolved inorganic nitrogen - Ammonium, Nitrit, Nitrat)	= 34,3 µmol/l
NH ₄ -N (Ammonium - nur Stickstoffanteil)	= 4,9 µmol/l
NO ₂ -N (Nitrit - nur Stickstoffanteil)	= 0,3 µmol/l
PO ₄ -P (Phosphat - nur Phosphoranteil)	= 0,83 µmol/l

Daraus berechnen sich die für Aquarianer geläufigeren Werte:

NH ₄ ⁺ (Ammonium)	= 0,088 mg/l
NO ₂ ⁻ (Nitrit)	= 0,0138 mg/l
NO ₃ ⁻ (Nitrat)	= 1,8 mg/l
PO ₄ ³⁻ (Phosphat)	= 0,079 mg/l

Die Werte der dritten Messstation (südwestlich der Insel Amrum):

DIN (Dissolved inorganic nitrogen - Ammonium, Nitrit, Nitrat)	= 35,1 µmol/l
NH ₄ -N (Ammonium - nur Stickstoffanteil)	= 5,4 µmol/l
NO ₂ -N (Nitrit - nur Stickstoffanteil)	= 0,3 µmol/l
PO ₄ -P (Phosphat - nur Phosphoranteil)	= 0,84 µmol/l

Daraus berechnen sich die für Aquarianer geläufigeren Werte:

NH ₄ ⁺ (Ammonium)	= 0,097 mg/l
NO ₂ ⁻ (Nitrit)	= 0,0138 mg/l
NO ₃ ⁻ (Nitrat)	= 1,82 mg/l
PO ₄ ³⁻ (Phosphat)	= 0,08 mg/l

Die im Winter in der Natur gemessenen Werte für Phosphat von etwa 0,08 mg/l und für Nitrat von 1,4 bis 1,8 mg/l sollte man im Aquarium als Obergrenze ansehen. Schon nur einige Tage andauernde deutlich höhere Nährstoffwerte können Seegräser stark schädigen. So zeigten Versuche, dass Mengen von 25 µmol/l (0,45 mg/l) Ammonium und mehr für *Zostera marina* Pflanzen giftig sind und sie absterben lassen (Van Katwijk *et al.* 1997, 159).

Die Blätter von *Zostera marina* enthalten folgende Nährstoffmengen: Kohlenstoff im Mittel etwa 37% der Trockenmasse (28% bis 43%), Stickstoff im Mittel etwa 2,5% der Trockenmasse (1,2% bis 5,5%) und Phosphor im Mittel etwa 0,38% der Trockenmasse (0,16% bis 0,78%) (Duarte 1990, 204).

Nitrat (NO₃) muss, für eine längere Haltung von Seegräsern, auf jeden Fall niedrig gehalten werden. Bei höheren Nährstoffkonzentrationen im Seegrasaquarium riskiert man starken Bewuchs der Seegräsblätter mit epiphytischen Algen und Phytoplanktonblüten (Sand-Jensen und Borum 1991, 165).

Seegräser wie *Zostera marina* können sich nur bei niedrigen Nitratwerten gegen solche Algen durchsetzen (Bobsien und Munkes 2004, 18). Sowohl epiphytische Algen als auch Phytoplanktonblüten schatten die Seegräsblätter gegen die Beleuchtung ab, behindern so deren Photosynthese und beschränken dadurch den Wuchs der Seegräser oder lassen sie sogar absterben (Eigene Beobachtungen, 2014). Höhere Nitratwerte von etwa 8,7 mg/l bis 18,6 mg/l NO₃⁻ (140 µmol/l bis 300 µmol/l NO₃-N) reichen aus um *Zostera marina* Pflanzen innerhalb von 5 bis 7 Wochen auch ohne Abschattung direkt absterben zu lassen (Burkholder *et al.* 1992, 169).

In einem Seegrasaquarium, das als Vorbild die Nord- oder Ostsee hat, wird man die Wassertemperatur im Jahresverlauf verändern. Dabei sollte man beachten, dass nach der van-'t-Hoff'schen Regel (RGT-Regel) chemische Reaktionen, wie z.B. die Umwandlung von Nährstoffen, bei einer Erhöhung der Temperatur von Wintertemperaturen auf Sommertemperaturen um 10 °C doppelt bis dreimal so

schnell ablaufen. Beim Wechsel von sommerlichen zurück zu winterlichen Wassertemperaturen tritt entsprechend das gegenteilige Phänomen auf.

4.3 Wasserwechsel

In einem kleinen techniklosen Aquarium hat sich herausgestellt, dass ein mindestens 50% Wasserwechsel vor der Wachstumsperiode für den kräftigen Wuchs von *Zostera marina* in Frühjahr und Sommer unerlässlich ist. In Becken mit Futtereintrag ist ein mehrmals im Jahr stattfindender größerer Wasserwechsel sowohl zur Reduzierung von Nährstoffen als auch zum Ausgleichen eines eventuell aufgetretenen Spurenelementemangels nützlich.

5 Flora und Fauna

Die Begleitflora und -fauna von Seegräsern wie *Zostera marina* und *Zostera noltei* können deren Wachstum in positivem oder negativem Sinne beeinflussen. Manche Begleitspezies lassen auch gar keinen oder kaum einen Einfluss auf eine erfolgreiche Haltung von Seegräsern erkennen.

Im Folgenden gebe ich meine eigenen Beobachtungen mit im gleichen Aquarium gehaltener Flora und Fauna wieder. Darüber hinaus lasse ich auch Erkenntnisse aus wissenschaftlichen Veröffentlichungen in diese Betrachtungen mit einfließen.

5.1 Flora mit positivem Einfluss

Seegräser wie *Zostera marina* und *Zostera noltei* scheinen in größerer Anzahl besonders gut zu wachsen (eigene Beobachtungen, 2013 - 2017).

5.2 Flora ohne erkennbaren Einfluss

Der Knorpeltang (*Chondrus crispus*) und die Pinselalge (*Cladophora rupestris*) hatten keinen erkennbaren Einfluss auf das Wachstum von *Zostera marina*. Die Kalkrotalge (*Phymatholiton lenormandii*) wächst zwar auf Seegrasblättern, die aber zum Zeitpunkt des Bewuchses schon abgestorben waren. So kam es durch diese Rotalge zu keinen Schäden an der Seegraswiese im Aquarium. In kleineren Mengen schaden der Meersalat (*Ulva lactuca*), das Borstenhaar (*Chaetomorpha linum*) und die mittlerweile auch ins Schleswig-Holsteinische Wattenmeer eingeschleppte Braunalge Wakame (*Undaria pinnatifida*) dem Wachstum der Seegräser nach meinen Beobachtungen nicht, zumindest solange sie diese nicht abschatten.

5.3 Flora mit negativem Einfluss

Epiphytisch auf Seegras wachsende Algen wie zum Beispiel die Strand-Pylaiella (*Pylaiella littoralis*), die Felsen-Faseralge (*Ectocarpus siliculosus*) (Abbildung 9) oder die eingeschleppte (Lackschewitz *et al.* 2015, 27) Rotalge *Melanothamnus harveyi* (bis 2017 auch *Neosiphonia harveyi* oder *Polysiphonia harveyi*) haben negative Auswirkungen auf den Wuchs von *Zostera marina*. Das gleiche gilt auch für niedriger wachsende Arten. Besonders negative Einflüsse auf den Wuchs von Seegräsern haben Phytoplanktonblüten. Das kann, bei längerer Dauer, auch bis zum vollständigen Absterben der Seegraswiese im Aquarium führen (eigene Beobachtungen 2014). Sowohl epiphytischer Bewuchs als auch Phytoplanktonblüten nehmen den Seegräsern einen großen Teil des zur Photosynthese benötigten Lichts und schaden so dem Wuchs von *Zostera marina* erheblich. Durch ein Begrenzen der Nährstoffmengen auf ein sehr niedriges Niveau gelingt es jedoch, die meisten epiphytisch wachsenden Algen auf ein für die Seegraspflanzen erträgliches Maß zu reduzieren (siehe Abschnitt „Nährstoffe“).



Abbildung 9: Felsen-Faseralge (*Ectocarpus siliculosus*) überwuchert Seegräser.

Einzig die oben erwähnte aus dem Pazifik eingeschleppte Rotalge (*Melanothamnus harveyi*) scheint auch bei geringen Nährstoffmengen noch gut zu gedeihen (eigene Beobachtungen 2017 und 2018). Ein weiterer Grund warum diese Rotalge zum Problem im Seegrasaquarium werden kann liegt darin, dass sie offensichtlich Stoffe enthält (wahrscheinlich Bromphenole), die sie für algenabweidende Tiere wie etwa die Strandschnecke (*Littorina littorea*) ungenießbar machen (Maggs und Stegenga 1999, 253).

Zusätzlich zum Reduzieren der Nährstoffe hat sich der Einsatz von Abschäumern, in meinen Becken rein luftbetriebene Geräte, als sicheres Mittel zum Unterdrücken von Phytoplanktonblüten herausgestellt.

5.4 Fauna mit positivem Einfluss

Für das Gedeihen einer Seegraswiese im Aquarium sind möglichst viele Wattschnecken (*Peringia ulvae*) (Abbildung 10) nützlich. Sie sorgen dafür, dass nur wenige epiphytische Algen auf den Seegrasblättern wachsen können. Was diese nützlichen kleinen Schnecken jedoch nicht leisten können, ist die Reduzierung schon größer gewachsener epiphytischer Algen. Bei ihrer Arbeit wird die Wattschnecke (*Peringia ulvae*) unterstützt und ergänzt von jungen Exemplaren der Strandschnecke (*Littorina littorea*). Auch die Baltische Klippenassel (*Idotea balthica*) (Abbildung 11) lässt sich gut einsetzen, um die Epiphyten auf den Seegrasblättern zu bekämpfen. Sie ist sogar in der Lage, schon etwas größer gewachsene Algen auf den Seegrashalmen zu reduzieren. Um den Wuchs von Grünalgen wie *Ulva sp.* einzudämmen, eignen sich die Flohkrebse (*Gammarus locusta*) sehr gut. Um *Ulva sp.* mit einem Trockengewicht von einem Gramm in Schach zu halten, benötigt man bei normaler Nährstoffversorgung etwa 62 junge oder 27 ausgewachsene Flohkrebse (*Gammarus locusta*). Bei stärkerer Nährstoffbelastung benötigt man die 2,6 fache Menge an Tieren (Andersson *et al.* 2009, 969). Die Miesmuschel (*Mytilus edulis*) kann benutzt werden, um einer Phytoplanktonblüte schon im Ansatz zu begegnen. Dazu wird sie an durchströmten Bereichen des Beckens und in einer dem Beckeninhalte angepassten Menge eingesetzt. Bei nährstoffarmem Bodengrund kommt noch ein weiterer positiver Effekt dieser Muschel hinzu. Durch das Ablagern von verdautem Material im Bereich rund um die Muschel düngt sie den Boden in ihrer Umgebung (Reusch *et al.* 1994, 276).



Abbildung 10: Wattschnecken (*Peringia ulvae*) an Seegrasblättern.

5.5 Fauna ohne erkennbaren Einfluss

Der im Boden einer Aquarien-Seegraswiese lebende Bäumchenröhrenwurm (*Lanice conchilega*) beeinflusst das Wachstum der Seegräser nicht erkennbar. Auch Krebstiere (*Crustacea*) wie die Nordseegarnele (*Crangon crangon*), die Farbwechselnde Garnele (*Hippolyte varians*), die Brackwassergarnele (*Palaemonetes varians*), die Sägegarnale (*Palaemon serratus*), die Gebogene Schwebegarnele (*Praunus flexuosus*) oder die Gespensterkrabbe (*Macropodia rostrata*) beeinflussen den Wuchs einer Seegraswiese im Aquarium nicht erkennbar.

Im Aquarium gehaltene kleinere Fische (*Pisces*) wie die Sandgrundel (*Pomatoschistus minutus*), der Butterfisch (*Pholis gunnellus*), der Seestichling (*Spinachia spinachia*), der Dreistachlige Stichling (*Gasterosteus aculeatus aculeatus*), junge Schollen (*Pleuronectus platessa*), die Kleine Seenadel (*Syngnathus rostellatus*) die Grasnadel (*Syngnathus typhle*) und die Große Schlangennadel (*Entelurus aequoreus*) stören den Wuchs der Seegräser nicht direkt. Bei unzureichender Fütterung könnten sie durch das Erbeuten von Aufwuchsalgen vertilgenden Kleinlebewesen aber dennoch indirekt einen nicht gewünschten Effekt auf den Wuchs von Seegräsern haben.



Abbildung 11: Eine Baltische Klippenassel (*Idotea Balthica*) am Seegrasblatt.

Weichtiere (*Mollusca*) wie die Rändelkäferschnecke (*Lepidochitona (Lepidochitona) cinerea*), die Breitwarzige Fadenschnecke (*Aeolidia papillosa*), die Aschgraue Kreisel-schnecke (*Gibbula cineraria*), kleinere Exemplare der Wellhornschnecke (*Buccinum undatum*), die Sandklaffmuschel (*Mya arenaria*) oder die Herzmuschel (*Cerastoderma edule*) haben keinen erkennbar negativen Einfluss auf den Wuchs einer Seegraswiese.

Stachelhäuter (*Echinodermata*) wie der Zierliche Schlangensterne (*Amphiura filiformis*), der Große Schlangensterne (*Ophiura ophiura*) oder kleine Exemplare des Gemeinen Seesterns (*Asterias rubens*) behindern den Wuchs des Seegrases nicht.

Schwämme (*Porifera*) wie der Röhrenkalkschwamm (*Leucosolenia botryoides*) stören den Wuchs von Seegräsern nicht.

5.6 Fauna mit negativem Einfluss

Auf das Gedeihen einer Seegraswiese im Aquarium haben einige Krebstiere (*Crustacea*) einen negativen Einfluss. So kann ein Taschenkrebs (*Cancer pagurus*) durch seine Grabtätigkeit und durch das Hinterlassen von Schneisen durch die Seegrasbestände viele Seegraspflanzen vernichten. Die Schneisen durch die Seegraswiese entstehen durch die, bedingt durch die Enge eines Aquariums, immer gleichen Wege der Krebse. Ähnliche Probleme bereiten die Strandkrabbe (*Carcinus maenas*) und der Einsiedlerkrebs (*Pagurus bernhardus*). Nur kleine Krebse deren Panzer (*Carapax*) nicht breiter als etwa 10 mm ist, schädigen die Pflanzen kaum.

Der Strandseeigel (*Psammechinus miliaris*) kann durch seine Fraßtätigkeit Seegraspflanzen schädigen. Solange genügend fressbare Algen, wie zum Beispiel Kalkrotalgen (*Phymatholiton laevigatum*), im gleichen Becken vorhanden sind, werden die Halme der Seegräser aber kaum angerührt (eigene Beobachtungen, 2016 und 2019).

Ringelwürmer (*Annelida*) wie den Wattwurm (*Arenicola marina*), den Seeringelwurm (*Hediste diversicolor*) und den Grünen Seeringelwurm (*Alitta virens*) sollte man nicht in ein Seegrasaquarium setzen. In Aquarienversuchen haben niederländische Forscher festgestellt, dass *Zostera noltei* Pflanzen einmal durch die Grabtätigkeit des Wattwurms direkt geschädigt werden und zum anderen indirekt dadurch beeinträchtigt werden, dass er im Boden gespeicherte Nährstoffe wie Ammonium und Phosphat durch seine Pumpstätigkeit ins freie Wasser befördert (Govers *et al.* 2014, 677).

Freilandversuche an der englischen Küste haben gezeigt, dass der Seeringelwurm (*Hediste diversicolor*) nicht nur die Wurzeln des Zwerg-Seegrases (*Zostera noltei*) schädigt, sondern auch dessen auf dem Boden liegende Blätter in sein Gangsystem zieht (Hughes *et al.* 2000, 129). Auch der Grüne Seeringelwurm (*Alitta virens*) (Abbildung 12) zieht Seegrasblätter mit seinen starken Kiefern in sein Gangsystem (Abbildung 13) und schädigt durch seine Grabtätigkeit die Wurzeln von *Zostera marina* erheblich (eigene Beobachtungen 2016). Der Grüne Seeringelwurm (*Alitta virens*) kann *Zostera marina* Pflanzen zwar nicht so gut verwerten wie bestimmte Algenarten (Oliver *et al.* 1996, 693), aber dennoch gelingt es ihm, sich in einem reinen Seegrasaquarium lange Zeit nur von Seegras zu ernähren. Seegräser können, abhängig von ihrer Anzahl, der Größe des Aquariums und der Anzahl der Würmer, schneller vernichtet werden als sie nachwachsen (eigene Beobachtungen 2016 und 2017).



Abbildung 12: Ein Grüner Seeringelwurm (*Alitta virens*).



Abbildung 13: Seegrasblatt wird in das Gangsystem von *Alitta virens* gezogen.

6 Erstbepflanzung

Will man ein Aquarium mit Seegräsern besetzen so hat man, wie bei anderen Pflanzen auch, zwei Möglichkeiten dieses zu realisieren. Die einfachere und bisher wohl auch gebräuchlichste Art ist das Einsetzen an anderer Stelle, zumeist in der freien Natur, gewachsener Pflanzen. Die aufwändigere und auch bisher seltenere Art ist die Aufzucht aus zuvor in der Natur oder einem anderen Aquarium gesammelten Samen (siehe Abschnitt „Generativ vermehren“).

6.1 Wo und wie entnehmen

Bei jeder Entnahme von Tieren oder Pflanzen aus der Natur sind die Naturschutzvorschriften des jeweiligen Bundeslandes einzuhalten!

Die Seegraspflanzen wurden den sehr nah an der Hochwasserlinie liegenden Ausläufern einer Seegraswiese (Abbildungen 14 und 15) der Nordsee entnommen. Bei Niedrigwasser wurden die Pflanzen zusammen mit etwas Substrat, in diesem Fall einem Mischwattboden, mit der Hand entnommen. Es ist mir ab und zu auch gelungen Pflanzen, die ohne Substrat gesammelt wurden, wieder



Abbildung 14: Eine Seegraswiese aus Pflanzen des Zwerg-Seegrases (*Zostera noltei*).



Abbildung 15: Seegräser *Zostera marina* und *Zostera noltei* in ihrem natürlichen Habitat bei Niedrigwasser.

anzupflanzen. Bei dieser Vorgehensweise ist das erfolgreiche Anwachsen aber sehr viel weniger wahrscheinlich als bei der Entnahme mit Substrat.

6.2 Wann und wie pflanzen

Die besten Ergebnisse ergaben Pflanzungen im Frühjahr. Wenn in der Natur die Seegraspflanzen bei Wassertemperaturen, die an die 10 °C heranreichen kräftig zu wachsen beginnen (Bobsien und Munkes 2004, 17), beginnt auch eine gute Zeit für die Entnahme und eine erfolgreiche Anpflanzung im

Aquarium. Analog zum besten Pflanztermin für die meisten Landpflanzen werden auch die von ihnen abstammenden Seegräser am besten zu Beginn der Wachstumsphase gepflanzt. Bei der Überführung der Seegräser von der Natur ins Aquarium muss die Zeit, die sie ohne kräftige Beleuchtung (Sonne oder Aquarienbeleuchtung) verbringen müssen, möglichst gering gehalten werden. Mehr als einen Tag in Dunkelheit gehaltene Seegräser wachsen nicht so gut und schnell an. Zum eigentlichen Einpflanzen im Aquarium forme ich mit der Hand eine Vertiefung in den Bodengrund des Aquariums von der Größe der zu pflanzenden Seegräser mit anhaftendem Substrat. Dort hinein werden dann die Pflanzen mit ihrem Substrat gesetzt. Zum Abschluss wird dann der Bodengrund mit der Hand wieder angeglichen.

7 Vermehrung

Hat man einige Seegraspflanzen ins Aquarium eingesetzt oder sogar aus Samen im Aquarium gezogen, so möchte man wahrscheinlich auch, dass der Bewuchs dichter wird und sie einmal wie eine Seegraswiese erscheinen. Dazu gibt es zwei Möglichkeiten, die in der Natur aber auch im Aquarium häufig gemeinsam auftreten.

Einmal gibt es die vegetative Vermehrung wobei sich die Pflanze über Rhizome im Boden weiter ausbreitet (Abbildung 18). Diese Vermehrung beginnt unter optimalen Bedingungen schon kurz nachdem die Pflanze eingesetzt wurde und sich an ihre neue Umgebung angepasst hat.



Zum Zweiten besteht die Möglichkeit der generativen Vermehrung, also der Vermehrung aus Samen. Das Echte Seegras (*Zostera marina*) bildet

Abbildung 16: Seegrastriebe an einer Aquarienscheibe.

unter guten Bedingungen auch im Aquarium sehr viele Samen aus.

7.1 Vegetativ vermehren

Die vegetative Vermehrung ist eine sehr effektive Möglichkeit, für einen dichteren Bewuchs zu sorgen. Alles was man dafür tun muss ist, für gute Wachstumsbedingungen zu sorgen. Mit der richtigen Beleuchtung, einer

geeigneten Strömung und einem nährstoffarmen Aquarienwasser breiten sich die Pflanzen vor allem in der stärksten Wachstumsphase, an Nord- und Ostsee sind das die Monate Mai bis Juli, schnell aus.

Die Rhizome eines Seegrasbüschels (Abbildungen 16 und 17) von *Zostera marina* können horizontal pro Wachstumsphase bis zu 45 cm, im Mittel 16 cm, wachsen (Olesen und Sand-Jensen 1994, 150).

In der stärksten Wachstumsphase können *Zostera marina* Blätter bis zu 75 mm pro Tag wachsen. Zusätzlich können sie ihre Blattdichte alle drei Monate verdoppeln (Worm und Reusch 2000, 159).

So kann aus einer lockeren Erstbepflanzung im Frühjahr innerhalb einer Wachstumsperiode eine dichte Seegraswiese im Aquarium entstehen.

Durch dieses schnelle Wachstum ändern sich aber auch die Strömungsverhältnisse im jeweiligen Aquarium. Das kann dazu führen, dass sich durch die reduzierte Strömungsgeschwindigkeit in der Seegraswiese unseres Aquariums, wie häufig auch in der Natur, viele organische Ablagerungen absetzen. Dem muss man eventuell entgegenwirken, damit das Nährstoffdepot dort nicht zu groß und der Boden um die Seegraswurzeln nicht zu sauerstoffarm werden.



Abbildung 17: *Zostera marina* Blätter mit Rhizomen und Wurzeln.



Abbildung 18: *Zostera noltei* Blätter mit Rhizomen und Wurzeln.

7.2 Generativ vermehren

Die generative Vermehrung (Vermehrung über Samen) ist die zweite Möglichkeit, die Dichte der Seegräser im Aquarium zu erhöhen.

Zostera marina blüht (Abbildungen 19 und 20) in der Nord- und der Ostsee fünf Monate lang von Juni bis Oktober (Erftemeijer *et al.* 2008, 119; Meyer und Nehring 2006, 108; Infantes und Moksnes 2018, 12).

Seine Samen entlässt *Zostera marina* dann in der zweiten Sommerhälfte, im Skagerrak zum Beispiel von August bis September (Infantes und Moksnes 2018, 12) (Abbildung 21 und 23). *Zostera noltei* entlässt seine Samen im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer von August bis Oktober (Zipperle *et al.* 2010, 204) (Abbildung 22 und 24).



Abbildung 19: Die Staubbeutel von *Zostera marina* haben ihre Pollen entlassen.



Abbildung 20: Einzelne Blüte von *Zostera marina*.

Die Reifung der *Zostera marina* Samen kann man über deren Farbe erkennen. Sie verläuft vom perlweißen, unreifen Samen über den blau-grünen, halbreifen Samen zum braun bis schwarzen, reifen Samen (Xu et al. 2016, 4).



Abbildung 21: Samen von *Zostera marina* noch vom Deckblatt umhüllt.



Abbildung 22: Samen von *Zostera noltei* mit Deckblatt.

Zostera marina Samen von guter Qualität erkennt man daran, dass sie leichtem Druck mit einer Pinzette widerstehen, eine intakte Samenhülle haben und in Meerwasser schnell zu Boden sinken. Entsprechend sind Samen, die man leicht zusammendrücken kann, die beschädigt sind oder in Meerwasser nur langsam sinken für eine Aussaat nicht geeignet (Marion und Orth 2010, 517).



Abbildung 23: Samen von *Zostera marina*.



Abbildung 24: Samen von *Zostera noltei*.

Bei dem Sinktest in Meerwasser wurde eine Sinkgeschwindigkeit von 5,0 cm/s bis 5,5 cm/s als Grenze zwischen brauchbaren und unbrauchbaren Samen ermittelt. Samen, die schneller als 5,5 cm/s sanken keimten zu 89% während Samen, die langsamer als 5,0 cm/s sanken nur noch zu 14% keimten (Marion und Orth 2010, 520).

Wenn man *Zostera marina* Samen nicht sofort einsetzen möchte, kann man sie in Behältnissen mit umfließendem Meerwasser lagern. Zuvor muss man die Samen von allem organischen Material befreien. Die Samen sollten in den Behältnissen nur bis zu einer Höhe von 3 cm bis 4 cm aufgeschichtet und dann in Ruhe gelassen werden. Das umgebende Wasser könnte man mit Luftausströmern bewegen, um eine Wasserströmung zu erzeugen und das Wachsen anaerober Bakterien zu verhindern. Auch hierbei sollten die Samen nicht bewegt werden (Marion und Orth 2010, 523).

Die Aufbewahrung in Meerwasser bei 4°C - 5°C ist eine weitere Möglichkeit, Samen von *Zostera marina* für einen Zeitraum von möglichst nicht mehr als zwei Monaten aufzubewahren. Bei länger aufbewahrten Samen sinken die Keimungsraten sehr schnell ab (Park *et al.* 2014, 164; Infantes *et al.* 2016, 35).

Will man nun die Seegrassamen aussäen, stellt sich die Frage, wie man dafür sorgen kann, dass aus möglichst vielen der Samen Seegraspflanzen heranwachsen. In Freilandexperimenten mit kaum von Sediment bedeckten *Zostera marina* Samen in der Cheseapeake Bay (USA) und der Westküste Schwedens wurde herausgefunden, dass die geringe Ansiedlungsrate der Sämlinge nicht an der geringen Keimung sondern an Strömungen liegt, die die Samen oder die Sämlinge an ungünstige Stellen verbringen oder unter Sediment begraben, an Krabben, die die Samen fressen und bei hoher Wattwurmdichte daran, dass Wattwürmer (*Arenicola marina*) die Samen beim Umgraben des Wattbodens in Tiefen zurücklassen, die für ein Auskeimen ungeeignet sind (Marion und Orth 2012, 206; Infantes *et al.* 2016, 43).

Die Samen von *Zostera noltei* brauchen zur Keimung eine Bodenbedeckung von 1 bis 7 cm (Zipperle *et al.* 2009, 77).

In einer chinesischen Studie wurde herausgefunden, dass die Keimung von *Zostera marina* Samen bei niedrigen Salinitäten (20‰ und 10‰) bis hin zum Süßwasser mit über 80% am erfolgreichsten war. Die weitere Entwicklung des Sämlings verlief bei diesen Salinitäten aber meist erfolglos. Die Sämlinge wuchsen besser bei Salinitäten zwischen 20‰ und 30‰. Bei diesen Salinitäten war aber die Keimung mit unter 15% nicht sehr erfolgreich (Xu *et al.* 2016, 13). In der gleichen Studie wurden die höchsten Keimungsraten bei einer Temperatur von 15°C erreicht (Xu *et al.* 2016, 14).



Abbildung 25: Eine aus Samen gezogene junge *Zostera marina* Pflanze im Aquarium.

Die Keimung von *Zostera marina* Samen im Winter scheint vom Zusammenspiel von Temperatur und Sauerstoffarmut beeinflusst zu werden (Moore *et al.* 1993, 88). In Gegenden mit kalten Wintern (hier: Schweden) mit Wassertemperaturen um die 0°C beginnt die Keimung erst im Frühjahr bei Temperaturen über 5°C (Infantes *et al.* 2016, 39).

Wenn sich die Samen des Echten Seegrases (*Zostera marina*) nun zu Keimlingen entwickelt haben, benötigen sie deutlich länger als vier Stunden pro Tag eine Lichtintensität von mehr als 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ und eine mittlere tägliche photosynthetisch aktive Strahlung von mehr als 8 $\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$ während ihres ersten Sommers. Nur so können sie genügend Energie speichern, um damit durch den ersten Winter zu kommen und so eine dauerhafte Seegraswiese entstehen zu lassen (Bintz und Nixon 2001, 139).

Eigene Versuche zur generativen Vermehrung führten im Frühjahr 2016 in einem 12 Liter Aquarium zu drei *Zostera marina* Sämlingen (Abbildung 25). Die Sämlinge wuchsen aus 20 Samen, die Mitte November 2015 in einem kleinen Aquarium, das an einem Nordfenster stand, in etwa 3 - 5 cm Tiefe eingesetzt wurden. Die Samen stammten von generativen Seegrastrieben, die Ende September 2015 in einem von mir betriebenen, künstlich beleuchteten, Seegrasaquarium geerntet wurden. Die Seegrastriebe wurden bis zum Entlassen der Samen in einem gut belüfteten Behälter zwischengelagert.

8 Regeneration

Als Beispiel für die Regenerationsfähigkeit von *Zostera marina* Pflanzen sei folgende Beobachtung angeführt.

Ende April 2014 habe ich Seegräser am Rande einer Seegraswiese entnommen und mit dem anhaftenden Substrat gut verpackt zu den für sie schon vorbereiteten Aquarien gebracht. Während die *Zostera noltei* Pflanzen des einen Behälters am nächsten Tag eingepflanzt wurden, verzögerte sich das Einsetzen der *Zostera marina* Pflanzen um mehrere Tage. Als es dann endlich in einem 12 Liter Aquarium auf einem Fensterbrett eingepflanzt war, sah es, wahrscheinlich wegen des zu langen Lichtmangels, nicht mehr gesund aus. In den folgenden Wochen sind dann alle sichtbaren Pflanzenteile abgestorben. Da ich, für im Jahr 2015 geplante Versuche mit der Aussaat von Seegrassamen, drei weitere 12 Liter Aquarien auf dem Fensterbrett mit dem für Seegräser richtigen Bodengrund angesetzt hatte, wurde auch dieses Becken, in der Absicht es dann ab Herbst 2015 als Aussaatbecken zu nutzen, weiter betrieben. In der nächsten Wachstumsphase im Frühjahr 2015, fast ein Jahr später, trieben dann aus den offensichtlich unbeschädigten Rhizomen neue Seegrasblätter aus. Die Pflegezeit dieser *Zostera marina* Kultur beträgt nach dem Wiederaustreiben 4½ Jahre (Herbst 2019).

9 Fazit

Die ökologische Nische, in der Seegräser wie *Zostera marina* und *Zostera noltei* einen Vorteil gegenüber im gleichen Habitat lebenden Algen haben, sollte man im Seegrasaquarium so gut wie möglich nachbilden. Nährstoffe wie Phosphat (PO_4^{3-}), Ammonium (NH_4^+), Nitrit (NO_2^-) und Nitrat (NO_3^-) sollten nur in äußerst geringen Mengen im Wasser nachweisbar sein. Das Aquarium sollte gut beleuchtet und das Wasser nicht zu stark bewegt sein.

So sind die Seegräser in meinen Aquarien (Abbildung 26) immer dann am besten gewachsen, wenn die Beleuchtung, ob künstlich oder natürlich, dem Sonnenlicht so weit wie möglich entsprach, wenig oder gar keine Strömungs- und Filtertechnik zum Einsatz kam und das Wasser sehr nährstoffarm war.



Abbildung 26: *Zostera marina* mit kräftigem Wuchs im Aquarium (Juli 2013).

Literatur

- Abe, Mahiko; Hashimoto, Naoko; Kurashima, Akira; Maegawa, Miyuki (2003). Estimation of light requirement for the growth of *Zostera marina* in central Japan. *Fisheries Science* 2003; 69: 890-895.
- Alcoverro, Teresa; Zimmerman, Richard C.; Kohrs, Donald G.; Alberte, Randall S. (1999). Resource allocation and sucrose mobilization in light-limited eelgrass *Zostera marina*. *Mar Ecol. Progr. Ser.*, 187: 121-131.
- Andersson, Sandra; Persson, Malin; Moksnes, Per-Olav; Baden, Susanne (2009). The role of the amphipod *Gammarus locusta* as a grazer on macroalgae in Swedish seagrass meadows. *Marine Biology*, 156: 969-981
- Bade, E. (1907). *Das Seewasser Aquarium. Seine Einrichtung, seine Bewohner und seine Pflege. Mit einem Anhang: Das Brackwasser-Aquarium.* Magdeburg, Creutz'sche Verlagsbuchhandlung.
- Bintz, Joanne C.; Nixon, Scott W. (2001). Response of eelgrass *Zostera marina* seedlings to reduced light. *Mar Ecol. Progr. Ser.*, 223: 133-141.
- Bobsien, Ivo; Munkes, Britta (2004). Saisonale Variation der Fischgemeinschaft und Habitatstruktur einer Seegraswiese (*Zostera marina* L.) der südlichen Ostsee. *Rostocker Meeresbiologische Beiträge*, 12: 39-59.
- Brasse, Sabine; Oulwiger, Jens; Quade, Diana; Hinkeldey, Bernd; Korth, Thomas (2014). *Museumsführer Ozeaneum. Rundgang durch das Ozeaneum Stralsund.* Ozeaneum Stralsund GmbH.
- Brix, H.; Lyngby, J. E. (1985). Uptake and translocation of phosphorus in eelgrass (*Zostera marina*). *Marine Biology*, 90: 111-116
- BSH - Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (2012) Nährstoff-Monitoring in der Deutschen Bucht - Januar 2012. <http://www.bsh.de/de/Meeresdaten/Beobachtungen/MURSYS-Umweltreportsystem/Mursys_031/seiten/nona5_01.jsp#januar2012> [Stand: 10. August 2017]
- Burkholder, JoAnn M.; Mason, Katherine M.; Glasgow, Howard B. (1992). Water-column nitrate enrichment promotes decline of eelgrass *Zostera marina*: evidence from seasonal mesocosm experiments. *Mar Ecol. Progr. Ser.*, 81: 163-178.
- Dennison, William C.; Alberte, Randall S. (1985). Role of daily light period in the depth distribution of *Zostera marina* (eelgrass). *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 25: 51-61.
- Duarte, Carlos M. (1990) Seagrass nutrient content. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 67: 201-207
- Duarte, Carlos M. (1991) Seagrass depth limits. *Aquatic Botany*, 40: 363-377.
- Erttemeijer, Paul L. A.; van Beek, Jan K. L.; Ochieng, Caroline A.; Jager, Zwanette; Los, Hans j. (2008). Eelgrass seed dispersal via floating generative shoots in the Dutch Wadden Sea: a model approach. *Mar Ecol. Progr. Ser.*, 358: 115-124.
- Govers, Laura L.; Pieck, Timon; Bouma, Tjeerd J.; Suykerbuyk, Wouter; Smolders, Alfons J.P.; Van Katwijk, Marieke M. (2014) Seagrasses are negatively affected by organic matter loading and *Arenicola marina* activity in a laboratory experiment. *Oecologia* (2014), 175: 677-685.
- Green, Edmund P.; Short, Frederick T. (2003). *World Atlas of Seagrasses.* Prepared by the UIMEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley, USA.
- Greve, Tina Maria; Borum, Jens; Pedersen, Ole (2003). Meristematic oxygen variability in eelgrass (*Zostera marina*). *Limnol. Oceanogr.*, 48(1): 210-216.
- Harmsen, G. W. (1936). Systematische Beobachtungen der Nordwest- Europaeischen Seegrassenformen. Overgedrukt uit het Nederlandsch Kruidkundig Archief Deel 46. *Niederlandsche Botanische Vereeniging*. 853-877.
- Hughes, R.G.; Lloyd, D.; Ball, L.; Emson, D. (2000) The effects of the polychaete *Nereis diversicolor* on the distribution and transplanting success of *Zostera noltii*. *Helgoland Marine Research* (2000) 54: 129-136.
- Infantes, Eduardo; Eriander, Louise; Moksnes, Per-Olav (2016). Eelgrass (*Zostera marina*) restoration on the west coast of Sweden using seeds. *Mar Ecol. Progr. Ser.*, 546: 31-45.
- Infantes, Eduardo; Moksnes, Per-Olav (2018). Eelgrass seed harvesting: Flowering shoots development and restoration on Swedish west coast. *Aquatic Botany*, 144: 9-19
- Lackschewitz, Dagmar; Reise, Karsten; Buschbaum, Christian; Karez, Rolf (2015). Neobiota in deutschen Küstengewässern - Eingeschleppte und kryptogene Tier- und Pflanzenarten an der deutschen Nord- und Ostseeküste. *Kiel, LLUR SH*: 216 p.

- Lehmann, Jürgen; Lehmann, Heinrich (1978). Das Nord- und Ostseeaquarium. Besatz, Einrichtung und Pflege. 1. Auflage. Stuttgart, Kosmos Gesellschaft der Naturfreunde Franckh'sche Verlagshandlung.
- Maggs, Christine A.; Stegenga, Herre (1999) Red algal exotics on North Sea coasts. Helgoländer Meeresuntersuchungen (1999) 52: 243-258.
- Marion, Scott R.; Orth, Robert J. (2010). Innovative Techniques for Large-scale Seagrass Restoration Using *Zostera marina* (eelgrass) Seeds. Restoration Ecology Vol. 18(4): 514-526.
- Marion, Scott R.; Orth, Robert J. (2012). Seedling establishment in eelgrass: seed burial effects on winter losses of developing seedlings. Mar Ecol. Progr. Ser., 448: 197-207.
- Mc Roy, C. Peter; Barsdate, Robert J.; Nebert, Mary (1972). Phosphorus cycling in an eelgrass (*Zostera marina* L.) ecosystem. Limnology and Oceanography, Vol. 17: 58-67.
- Meyer, Thomas; Nehring, Stefan (2006). Anpflanzung von Seegraswiesen (*Zostera marina* L.) als interne Maßnahme zur Restaurierung der Ostsee. - Rostocker Meeresbiologische Beiträge 15: 105-119.
- Moore, Kenneth A.; Orth, Robert J.; Nowak, Judith F. (1993) Environmental regulation of seed germination in *Zostera marina* L. (eelgrass) in Chesapeake Bay: effects of light, oxygen and sediment burial. Aquatic Botany, 45: 79-91.
- Moore, Kenneth A.; Neckles, Hilary A.; Orth, Robert J. (1996). *Zostera marina* (eelgrass) growth and survival along a gradient of nutrients and turbidity in the lower Chesapeake Bay. Marine Ecology Progress Series Vol. 142: 247-259
- Olesen, Birgit; Sand-Jensen, Kaj (1994). Patch dynamics of eelgrass *Zostera marina*. Marine Ecology Progress Series Vol. 106: 147-156
- Oliver, M.; Desrosiers, G.; Caron, A.; Retière, C. (1996) Juvenile growth of the polychaete *Nereis virens* feeding on a range of marine vascular and macroalgal plant sources. Marine Biology, 125: 693-699.
- Olsen, Jeanine L.; Rouzé, Pierre; Verhelst, Bram; Lin, Yao-Cheng; Bayer, Till; Collen, Jonas; Dattolo, Emanuela; De Paoli, Emanuele; Dittami, Simon; Maumus, Florian; Michel, Gurvan; Kersting, Anna; Lauritano, Chiara; Lohaus, Rolf; Töpel, Mats; Tonon, Thierry; Vanneste, Kevin; Amirebrahimi, Mojgan; Brakel, Janina; Boström, Christoffer; Chovatia, Mansi; Grimwood, Jane; Jenkins, Jerry W.; Jueterbock, Alexander; Mraz, Amy; Stam, Wytze T.; Tice, Hope; Bornberg-Bauer, Erich; Green, Pamela J.; Pearson, Gareth A.; Procaccini, Gabriele; Duarte, Carlos M.; Schmutz, Jeremy; Reusch, Thorsten B. H.; Van de Peer, Yves (2016). The genome of the seagrass *Zostera marina* reveals angiosperm adaptation to the sea. Nature, 530: 331-335 (18 February 2016).
- Park, Jung-Im; Park, Jay Hee; Lee, Kun-Seop; Son, Min Ho (2014). Germination Rate of *Zostera marina* Seeds Relative to Storage Methods and Periods. The Sea - Journal of the Korean Society of Oceanography Vol. 19(2): 164-168.
- Pedersen, Morten Foldager; Borum, Jens (1992). Nitrogen dynamics of eelgrass *Zostera marina* during a late summer period of high growth and low nutrient availability. Marine Ecology Progress Series Vol. 80: 65-73
- Penhale, Polly A.; Thayer, Gordon W. (1980). Uptake and Transfer of Carbon and Phosphorus by Eelgrass (*Zostera marina* L.) and its Epiphytes. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 42: 113-123.
- Polte, Patrick; Asmus, Harald (2006) Intertidal seagrass beds (*Zostera noltii*) as spawning grounds for transient fishes in the Wadden Sea. Marine Ecology Progress Series Vol. 312: 235-243.
- Reusch, Thorsten B.H.; Chapman, Anthony R.O.; Gröger, Joachim P. (1994). Blue mussels *Mytilus edulis* do not interfere with eelgrass *Zostera marina* but fertilize shoot growth through biodeposition. Marine Ecology Progress Series Vol. 108: 265-282.
- Reusch, Thorsten B.H.; Ehlers, Anneli; Hämmerli, August; Worm, Boris (2005). Ecosystem recovery after climatic extremes enhanced by genotypic diversity. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 102: 2826-2831.
- Sand-Jensen, Kaj; Borum, Jens. (1991). Interactions among phytoplankton, periphyton, and macrophytes in temperate freshwaters and estuaries. Aquatic Botany, 41: 137-175.
- Short, Frederick T.; Burdick, David M.; Kaldy III, James E. (1995). Mesocosm experiments quantify the effects of eutrophication on eelgrass, *Zostera marina*. Limnology and Oceanography, Vol. 40(4): 740-749.
- Van Katwijk, Marieke M.; Vergeer, L.H.T.; Schmitz, G.H.W.; Roelofs, J.G.M. (1997). Ammonium toxicity in eelgrass *Zostera marina*. Marine Ecology Progress Series Vol. 157: 159-173.
- Worm, Boris; Reusch, Thorsten B.H. (2000). Do nutrient availability and plant density limit seagrass colonization in the Baltic Sea? Marine Ecology Progress Series Vol. 200: 159-166.
- Xu, Shaochun; Zhou, Yi; Wang, Pengmei; Wang, Feng; Zhang, Xiaomei; Gu, Ruiting (2016). Salinity and temperature significantly influence seed germination, seedling establishment, and seedling growth of eelgrass *Zostera marina* L.. PeerJ 4:e2697; DOI 10.7717/peerj. 2697: 1-21.

- Zimmerman, Richard C.; Reguzzoni, John L.; Alberte, Randall S. (1995). Eelgrass (*Zostera marina* L.) transplants in San Francisco Bay: Role of light availability on metabolism, growth and survival. *Aquatic Botany*, 51: 67-86
- Zipperle, Andreas M.; Coyer¹, James A.; Reise, Karsten; Stam, Wytze T.; Olsen, Jeanine L. (2009). Evidence for persistent seed banks in dwarf eelgrass *Zostera noltii* in the German Wadden Sea. *Marine Ecology Progress Series* Vol. 380: 73-80
- Zipperle, Andreas M.; Coyer, James A.; Reise, Karsten; Stam, Wytze T.; Olsen, Jeanine L. (2010) Waterfowl grazing in autumn enhances spring seedling recruitment of intertidal *Zostera noltii*. *Aquatic Botany*, 93: 202-205.