

Abschlussbericht zum Vorhaben ELASI: Einfluss von Lichtverschmutzung auf die Aktivität und das Siedlungsverhalten mariner benthischer Invertebraten im globalen Vergleich



Projektnummer: 00.011.2021

Laufzeit: August 2021 bis Juli 2024

Projektverantwortlicher: Dr. Mark Lenz, GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel, Marine Ökologie, Benthische Systeme, Wischhofstr. 1-3, 24148 Kiel, mlenz@geomar.de

Inhalt

Hintergrund und Stand der Forschung, an den angeknüpft wurde	3
Der globale experimentelle Ansatz	4
Zielsetzungen der Teilprojekte	5
Methoden und Ergebnisse	6
1. Teilprojekt: Auswirkungen von Lichtverschmutzung auf marine Weidegänger	6
2. Teilprojekt: Auswirkungen von Lichtverschmutzung auf marine Filtrierer	10
3. Teilprojekt: Auswirkungen von Lichtverschmutzung auf die Besiedlung mariner Hartböden	14
Bedeutung der Befunde für den Stand der Forschung und Ausblick	21
Anhang	26
Partnerinstitute.....	26
Teilnehmer:innen	26
Abschlussarbeiten.....	27
Publikationen und Manuskripte.....	29
Konferenzbeiträge	29
Öffentliche Vorträge	30
Ausstellungen	30
Medienbeiträge	30
Podcasts.....	31
Blogs	31
Stellungnahmen von Teilnehmer:innen.....	32
Gruppenfotos.....	34

Hintergrund und Stand der Forschung, an den angeknüpft wurde

Lebewesen haben sich im Laufe der Erdgeschichte an viele einschneidende Veränderungen in der unbelebten Umwelt angepasst. Dazu gehören Schwankungen in den Konzentrationen des atmosphärischen Sauerstoffs und des CO₂ sowie der Wechsel von Kalt- und Warmzeiten. Nur eines hat sich seit der Entstehung der Erde nicht verändert: Die Rhythmik von Sonnenauf- und untergang. Zwar unterliegt die Länge und Intensität des Tageslichts außerhalb der Äquatorregion saisonalen Schwankungen, aber diese kehren periodisch wieder und sind somit vorhersagbar. Seit Menschen begonnen haben, künstliches Licht zu verwenden, erfahren viele Lebensräume, sowohl an Land als auch in den Küstengewässern, starke Veränderungen hinsichtlich der Intensität, der spektralen Zusammensetzung und der zeitlichen Verfügbarkeit von Licht. Artificial Light at Night (ALAN) bzw. das Fehlen natürlicher Dunkelheit wurde daher bereits als ein globales Umweltproblem erkannt, das biologische Systeme von der Zelle bis zur Lebensgemeinschaft beeinflussen kann. Während Pflanzen Licht vor allem - aber nicht ausschließlich - als Ressource nutzen, dient es Tieren als Informationsquelle. Es steuert tägliche und jahreszeitliche Aktivitätsmuster und das Wanderverhalten vieler Arten. Veränderungen in seiner Verfügbarkeit, Intensität und spektralen Zusammensetzung können daher das Verhalten einzelner Arten beeinflussen, sie können Räuber-Beute Beziehungen verändern oder das Siedlungsverhalten von Larven beeinflussen. Solche Effekte haben das Potential sich auf höheren Organisationsebenen fortzupflanzen, was die Struktur und Funktionsweise von Ökosystemen beeinflussen kann.

Es wurden bereits Auswirkungen von Kunstlicht auf Organismen beschrieben, wobei aber der Fokus der meisten Studien entweder auf terrestrischen Tierarten oder dem Menschen lag (Svechkina et al. 2020). Die Zahl an Studien, die sich mit marinen Systemen beschäftigt, ist weitaus geringer, aber auch für diesen Lebensraum wurden bereits negative Auswirkungen von Lichtverschmutzung dokumentiert. Dabei standen oft einzelne Tierarten oder -gruppen im Fokus, beispielsweise Meeresschildkröten (z.B. Dimitriadis et al. 2018, Colman et al. 2020), Fische (z.B. Fobert et al. 2019, Pulgar et al. 2019), Korallen (z.B. Kaniewska et al. 2015, Ayalon et al. 2019), Meeresschnecken (z.B. Underwood et al. 2017, Manríquez et al. 2019) und Krebstiere (Navarro-Barranco & Hughes 2015, Luarte et al. 2016).

Im Gegensatz zu diesen Untersuchungen befasste ELASI sich in global replizierten Experimenten mit zwei für die Stabilität und Funktion benthischer Ökosysteme wichtigen Organismengruppen sowie mit den für Küstenökosysteme weltweit typischen sessilen

Hartbodengemeinschaften. Hierzu gab es bislang nur sehr wenige Studien. Nur Davies et al. (2015) untersuchten bislang die Auswirkungen von nächtlichem Kunstlicht auf das Siedungsverhalten von Larven sessiler und hemi-sessiler Organismen. In der Menai Strait in Wales exponierten die Autoren Besiedlungsplatten in einer Wassertiefe von 20 cm und beleuchteten einen Teil davon über einen Zeitraum von 12 Wochen nachts mit weißem LED-Licht, wobei sie zwei verschiedene Lichtintensitäten benutzten. Die Studie zeigte, dass das nächtliche Kunstlicht die Zusammensetzung der entstehenden Gemeinschaften deutlich beeinflusste.

Der globale experimentelle Ansatz

Alle Teilprojekte wurden im Rahmen des internationalen Forschungs- und Ausbildungsprogramm GAME (Global Approach by Modular Experiments) durchgeführt. GAME ist ein Programm der forschungsbasierten Lehre in der Meeresökologie am GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel. Im Rahmen des Programms werden die Auswirkungen des Globalen Wandels auf Meeresökosysteme untersucht. Hierfür werden zeitgleich an verschiedenen Standorten weltweit identische Experimente durchgeführt und die Ergebnisse anschließend miteinander verglichen. Auf diese Weise können Muster gefunden werden, die Allgemeingültigkeit besitzen und unabhängig sind von Klimazonen, Meeresgebieten oder biologischen Besonderheiten der untersuchten Systeme. In den letzten 22 Jahren wurde dafür ein weltweites Forschungsnetzwerk mit mittlerweile 41 Partnerinstituten in 31 Ländern geschaffen. Es besteht aus marinen Forschungseinrichtungen, die jeweils durch eine Wissenschaftler:in aus dem Bereich Meeresökologie vertreten sind. Diese betreuen die Experimente vor Ort, aber sie führen sie nicht selbst durch. Dies tun Studierende, die im Rahmen des Programms ihre Abschlussarbeiten anfertigen. An jedem Standort arbeiten in der Regel zwei Teilnehmer:innen zusammen. Dabei stammt ein Teammitglied aus dem Gastland und das andere aus Deutschland. So ergeben sich binationale Teams, die sich in der Vorbereitungs- (März) und Abschlussphase (Oktober bis Dezember) einer jeden Studie am GEOMAR zu einer großen multinationalen Gruppe zusammenfinden. Diese projektbegleitenden Aufenthalte am GEOMAR werden durch zahlreiche Trainingsmodule ergänzt, die die Teilnehmer:innen nicht nur auf ihre Arbeit im Rahmen des Programms, sondern auch auf eine spätere wissenschaftliche Karriere vorbereiten. Hierzu gehören u. a. Workshops zum Design von wissenschaftlichen Experimenten, zur Biostatistik, zum wissenschaftlichen Schreiben, zur erfolgreichen Kommunikation von

Forschungsergebnissen und zum kompetenten Umgang mit den Medien. Diese Kombination aus innovativer Forschung und einer sehr intensiven, praxisbezogenen Ausbildung, die zudem mit einem Auslandsaufenthalt verbunden ist, macht GAME weltweit zu einem einmaligen Beispiel für ein erfolgreiches Konzept in der forschungsbasierten Lehre.

An ELASI haben 43 Studierende aus 9 Nationen teilgenommen (Appendix: Tabelle 3). Die meisten von ihnen waren in Masterstudiengängen der Fachrichtungen Biologie, Ökologie, Meereskunde und Umweltwissenschaften eingeschrieben. Ein kleiner Teil waren Bachelorstudierende.

Zielsetzungen der Teilprojekte

Im ersten der drei durchgeführten Teilprojekte wurden die Auswirkungen von Lichtverschmutzung auf die Aktivitätsmuster mariner Weidegänger wie Krebse, Schnecken und Seeigel untersucht. Diese Organismen können durch ihre Aktivität ganze Ökosysteme strukturieren und eine Änderung in ihrem Fraßverhalten könnte die Abundanzen sowie die vertikale und horizontale Verbreitung von Makroalgen oder Seegräsern beeinflussen (Blamey & Branch 2021, Jessen & Wild 2013, Steneck 2013). Es ist von zahlreichen Arten aus den genannten Gruppen bekannt, dass sie entweder tag- oder nachtaktiv sind, und es lag daher nahe, dass nächtliches Kunstlicht ihre Aktivität beeinflussen kann. Wir haben untersucht, ob sich nächtliches Kunstlicht auf die Gesamtmenge an konsumierter Nahrung pro Tag und auf die zeitliche Verteilung der Fraßereignisse im Tageslauf auswirkt.

Im zweiten Teilprojekt wurde untersucht, ob nächtliches Kunstlicht Auswirkungen auf die Aktivität und die Filtrationsleistung von Miesmuscheln hat. Diese filtrierenden Organismen sind bedeutend für Küstenökosysteme, denn sie säubern durch ihre Aktivität das Meer von Schwebpartikeln und machen die in den Partikeln enthaltene Energie der Lebewelt des Meeresbodens zugänglich (Kent et al. 2017, Griffiths et al. 2017). Zudem bilden sie natürliche Riffe, mit denen eine Vielzahl von Organismen assoziiert ist (Underwood & Chapman 1996). Auch von Miesmuscheln ist bekannt, dass sie eine tageszeitliche Rhythmik aufweisen, die vom Kunstlicht beeinflusst werden könnte. Dementsprechend haben wir untersucht, ob sich nächtliches Kunstlicht auf die Filtrationsleistung und auf die zeitliche Verteilung der Aktivitäts- und Ruhephasen auswirkt.

In einem dritten Teilprojekt wurde untersucht, ob sich Lichtverschmutzung auf das Siedungsverhalten sessiler mariner Invertebraten, wie Nesseltiere, Muscheln, Manteltiere und Seepocken, sowie auf die fröhsukzessionale Entwicklung von Aufwuchsgemeinschaften

auswirkt. Letztere sind eine wichtige Komponente vieler Küstenökosysteme weltweit. Im Bereich technischer Anwendungen im Meer, z.B. Rohrleitungen oder Schiffsrümpfe, stellen Aufwuchsgemeinschaften zudem als sogenanntes Fouling ein Problem dar, so dass Wissen über die Auswirkungen von nächtlichem Kunstlicht auf diese Gemeinschaften auch von praktischem Nutzen im Bereich des Antifoulings sein könnte. Wir haben getestet, ob nächtliches Kunstlicht die Geschwindigkeit der Besiedlung, die Biomasse, die Diversität und die Zusammensetzung der entstehenden Lebensgemeinschaften beeinflusst.

Alle drei Teilprojekte konnten erfolgreich und ohne nennenswerte Abstriche im vorgeschlagenen Versuchsplan durchgeführt werden und haben hochinteressante Ergebnisse zum Einfluss von nächtlichem Kunstlicht auf marine Systeme geliefert.

Methoden und Ergebnisse

1. Teilprojekt: Auswirkungen von Lichtverschmutzung auf marine Weidegänger



Abbildung 1: Die Standorte des 1. Teilprojektes deckten insgesamt 54 Breitengrade ab. Dies war wichtig, da die Empfindlichkeit gegenüber Lichtverschmutzung möglicherweise mit der Saisonalität des Untersuchungssystems zusammenhängt.

An 6 Standorten haben 12 Studierende Laborexperimente zu der oben geschilderten Fragestellung durchgeführt. Ursprünglich war geplant das Projekt an 8 Standorten durchzuführen, aber aufgrund der Corona-Pandemie haben viele unserer Projektpartner, beispielsweise in Australien, Chile und Südafrika, ihre Teilnahme abgesagt. Die Studierenden wurden im März 2021 im Rahmen eines Kurses auf das Projekt vorbereitet, welcher, aufgrund der Corona-Situation im Winter 2020/2021, online durchgeführt wurde. Während der Vorbereitung konnten die Studierenden über zahlreiche Aspekte des experimentellen Ansatzes selbst entscheiden, so dass das Design der Studie ein Ergebnis der gemeinsamen Planung darstellt. Auf Grundlage der Überlegungen und der Diskussionen wurde ein umfangreiches Protokoll erstellt, das die technischen Details und Methoden des Vorhabens genau beschreibt. Dieses Protokoll diente den Teams und den sie betreuenden Wissenschaftler:innen als Leitfaden bei der Umsetzung der Experimente. Diese wurden dann

an den GAME-Partnerinstituten in Husö/Finnland, Akkeshi/Japan, Pula/Kroatien, Penang/Malaysia, Vigo/Spanien und in Quinta do Lorde/Portugal im Zeitraum von Mai bis Oktober 2021 durchgeführt (Abbildung 1).

Auch dieser praktische Teil des Vorhabens wurde in vielerlei Hinsicht von der Corona-Pandemie beeinflusst. So konnten die für Mindelo/Cabo Verde geplanten Experimente nicht im genannten Zeitraum durchgeführt werden. Dies wurde von der kapverdischen Projektteilnehmerin im Winter/Frühjahr 2022 nachgeholt. Die für das Team in Mindelo vorgesehene deutsche Studentin hatte ihre praktischen Arbeiten bereits in 2021 in Husö/Finnland durchgeführt. Dies tat sie gemeinsam mit einer weiteren deutschen Studentin, die ihr eigentliches Ziel, Akkeshi/Japan, aufgrund der Einreisebestimmungen für Japan nicht erreichen konnte. Mit dem gleichen Problem war eine dritte deutsche Studentin konfrontiert, die aufgrund nationaler Bestimmungen nicht nach Malaysia einreisen konnte. Sie schloss sich dem Team in Pula/Kroatien an. Leider mussten die jeweiligen Teampartner in Mindelo, Akkeshi und Penang ihre experimentellen Arbeiten alleine durchführen. Trotz dieser Schwierigkeiten und einer ebenfalls Corona-bedingten Verzögerung des Beginns der praktischen Arbeiten von bis zu 6 Wochen, konnten alle Experimente erfolgreich abgeschlossen werden.

Die Studierenden haben mit insgesamt 4 Seeigel-, 2 Schnecken- und einer Krabbenart gearbeitet, und haben diese Tiere in Laboren verschiedenen Lichtregimen ausgesetzt

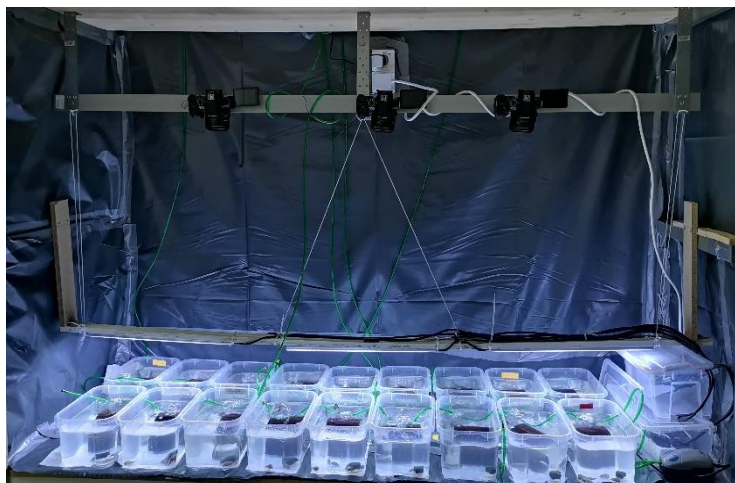


Abbildung 2: Versuchsaufbau im Labor am Standort Pula in Kroatien.

(Abbildung 2). Dies waren: 1. der natürliche Tag/Nachtrhythmus, 2. durchgehendes nächtliches Licht mit einer Intensität von entweder 3 oder 30 Lux, 3. Licht der genannten Intensitäten für 2 Stunden nach Sonnenuntergang und für 2 Stunden vor Sonnenaufgang.

Die Reaktion der Tiere auf diese Lichtregime wurde entweder sofort oder nach einer Gewöhnungsphase von 14 Tagen gemessen. Letzteres geschah zum einen über die Fraßraten oder über das Erfassen der Aktivitätsmuster. Beide Antwortvariablen wurden über einen Zeitraum von 24 h erhoben. Zum Erfassen der Aktivitätsmuster wurde die Tiere alle 15 Minuten fotografiert und jedem Foto wurde anschließend eine Verhaltenskategorie zugeordnet. Rotlicht mit einer Wellenlänge von 625 nm und einer Intensität von 10 Lux erlaubte das Fotografieren bei Dunkelheit. Die Wellenlängen des roten Spektralbereichs dringen nicht tief ins Wasser ein und sind daher für aquatische Organismen irrelevant. Dies wurde für die gewählten Tierarten in Vorversuchen jedoch nochmals bestätigt. Die experimentellen Gruppen hatten, je nach Standort, eine Replikatzahl von 10 bis 20 Individuen und die Lichtregime wurden mittels eines LED-Systems realisiert. Die LEDs wiesen ein Wellenlängenspektrum auf, das mittlerweile auch sehr häufig bei Straßenlampen zum Einsatz kommt.

Der Fortgang der Experimente an den verschiedenen Standorten wurde von den Studierenden in Blogs (www.oceanblogs.org/game) und mit Beiträgen auf Instagram (www.instagram.com/game_geomar) begleitet.

Nach Abschluss der experimentellen Arbeiten nahmen die Teilnehmer:innen an einem Auswertungskurs teil, der vom 18. Oktober bis zum 20. Dezember 2021 am GEOMAR stattfand. Im Rahmen dieses Kurses wurden die gewonnenen Daten von den Studierenden statistisch ausgewertet, interpretiert und in einem 45-minütigen Vortrag zusammengefasst. Dieser Vortrag wurde dann von den Teilnehmer:innen an den Universitäten Bremen, Kiel, Oldenburg, Rostock und am GEOMAR (online) gehalten, um Studierende und Wissenschaftler:innen über das Projekt zu informieren. Begleitend zu der Arbeit mit den eigenen Daten wurden mit den Studierenden Workshops zu den Themen a) statistische Auswertung ökologischer Experimente, b) Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse in Vorträgen, c) wissenschaftliches Schreiben und d) Karrierewege inner- und außerhalb der Naturwissenschaften durchgeführt. Weiterhin fand eine mehrtägige Exkursion in den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer und eine eintägige Autofahrt mit dem Forschungsschiff ALKOR statt.

Die Ergebnisse, die im 1. Teilprojekt gewonnen wurden, waren nicht einheitlich, belegen aber deutlich, dass Lichtverschmutzung einen Effekt auf Weidegänger wie beispielsweise Seeigel haben kann. Interessanterweise unterschieden sich die Effekte zwischen den verschiedenen

Testorganismen und, bei denjenigen Arten, die an mehreren Standorten untersucht wurden, auch zwischen den Standorten. Während einige Arten gar nicht auf die Lichtbehandlung reagierten, verringerten andere ihre Fraßaktivität (Abbildung 3).

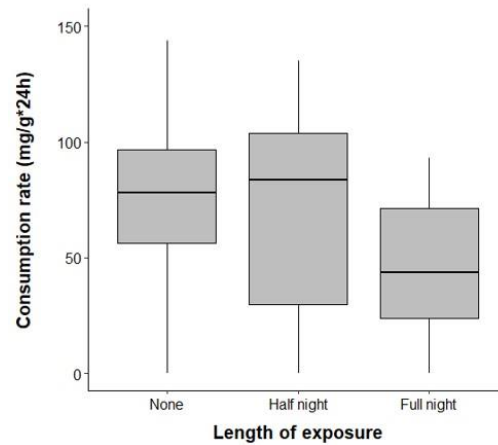


Abbildung 3: Nahrungskonsumption des Seeigels *Paracentrotus lividus* am Standort Quinta do Lorde, Portugal, nach 14 Tagen der Gewöhnung an verschiedene Lichtregime. Die Konsumptionsraten unterscheiden sich statistisch signifikant zwischen den Behandlungsgruppen (ANOVA: $p \leq 0.05$).

Jedoch wurde auch das Gegenteil beobachtet: einige Arten wiesen eine erhöhte Nahrungsaufnahme auf (Abbildung 4). Dabei wurden Effektstärken von 30 bis 40% erreicht, was darauf hindeutet, dass die Auswirkungen von Lichtverschmutzung ökologisch relevant

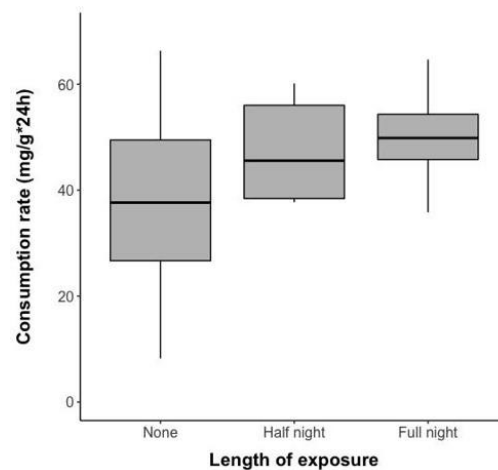


Abbildung 4: Nahrungskonsumption des Seeigels *Strongylocentrotus intermedius* am Standort Akkeshi, Japan, nach 14 Tagen der Gewöhnung an verschiedene Lichtregime. Die Konsumptionsraten unterscheiden sich statistisch signifikant zwischen den Behandlungsgruppen (ANOVA: $p \leq 0.05$).

sein können. Es wurde kein Zusammenhang zwischen der geographischen Breite und der Sensitivität der Tiere gegenüber Lichtverschmutzung gefunden. Die Ergebnisse des 1. Teilprojektes zeigen, dass die Effekte von Lichtverschmutzung auf marine Weidegänger stark vom Untersuchungssystem abhängen und sich daher keine pauschalen Aussagen über die Konsequenzen von Lichtverschmutzung machen lassen.

2. Teilprojekt: Auswirkungen von Lichtverschmutzung auf marine Filtrierer

Anfang März 2022 begann der 4-wöchige Vorbereitungskurs für das 2. Teilprojekt, der aufgrund der Corona-Situation wieder online stattfand. An dem Kurs nahmen 12 Studierende teil, die anschließend in 7 Ländern ihre Versuche durchführen. Als Grundlage für die experimentellen Arbeiten diente wieder ein umfangreiches Protokoll, das die Überlegungen und Entscheidungen der Gruppe hinsichtlich der Methoden zusammenfasste.

An folgenden Standorten konnten wie geplant Teams aus 2 Studierenden gebildet werden:



Abbildung 5: Die Standorte des 2. Teilprojektes.

Mindelo/Cabo Verde, Concepción/Chile, Husö/Finnland, Akkeshi/Japan und Penang/Malaysia. An zwei Standorten konnte das Teamkonzept leider nicht realisiert werden, da unsere wissenschaftlichen Partner keine Studierenden für das Projekt gewinnen konnten. Dies könnte eine Folge der Pandemie gewesen sein, die Studierende zögern ließ, an Projekten mit Auslandsaufenthalten teilzunehmen. An unseren Partnerinstituten in Vigo/Spanien, und Isafjörður/Island arbeitete daher zunächst nur ein Studierender/eine Studierende aus Deutschland (Abbildung 5).

Der experimentelle Ansatz und die technische Ausstattung entsprachen denen des Vorjahres und alle Versuche wurden in Laboren durchgeführt. Anders als in 2021 entschieden sich die Studierenden dafür nicht die Dauer der Lichtexposition pro Nacht zu variieren, sondern zwei verschiedene Lichtintensitäten (10 Lux, 30 Lux) zu verwenden. Alle Teams beschlossen zudem, mit Miesmuscheln als Versuchsorganismen zu arbeiten.

Die Aktivitätsmuster der Muscheln wurden mit Hilfe von Zeitraffer-Fotografie erfasst, die es erlaubte, über einen Zeitraum von 24 Stunden hinweg, die Phasen zu identifizieren, in denen die Muscheln filtrierte, und jene, in denen sie inaktiv waren. Die physiologische Leistungsfähigkeit wurde über die Produktion und die Stärke von Byssusfäden abgeschätzt. Die Bildung dieser Haftfäden ist energieaufwendig und wird durch ungünstige Umweltbedingungen beeinträchtigt (Abbildung 6). Eine Abnahme in der Anzahl und/oder in

der Qualität dieser Fäden ist daher ein Zeichen für das Wirken eines Stressors. Das Messen der Filtrationsleistung der Muscheln, die ebenfalls für alle Standorte geplant war, gelang aus technischen Gründen leider nicht überall zufriedenstellend, so dass einige Teams auf diese Antwortvariable verzichteten (Abbildung 7).

Die praktischen Arbeiten wurden an allen sieben Standorten wie geplant im September 2022



Abbildung 6: Byssusfäden erlauben es Miesmuscheln, sich am Untergrund anzuheften, und mit Artgenossen komplexe Riffe zu bilden. Die Produktion der Fäden ist energieaufwendig und wird durch Umweltstress beeinträchtigt.



Abbildung 7: Projektteilnehmer Fabian Löhr misst während des Versuchs die Filtrationsleistung der Muscheln im Labor am Standort in Vigo, Spanien.

abgeschlossen. Wie auch im Vorjahr wurden sie von den Studierenden in Blogs und mit Beiträgen auf Instagram begleitet. Zudem wurden drei Podcasts produziert (Gesamtdauer 133 Minuten), die den Verlauf des Teilprojektes dokumentieren. Diese sind über die Webseite des GEOMAR und über mehrere Streamingdienste verfügbar.

Für die Auswertung und die Interpretation der gewonnenen Daten reisten alle Teilnehmer:innen Anfang Oktober 2022 ans GEOMAR nach Kiel. Es zeigte sich, dass die

untersuchten Miesmuschelarten in der Mehrheit der Fälle (5 von 7) einen deutlich ausgeprägten Tag-Nacht-Rhythmus aufweisen (Tabelle 1). Allerdings war dieser nicht einheitlich, sondern variierte zwischen den Arten. Während in vier von fünf Fällen die Muscheln nachtaktiv waren, war die Art *Mytilus chilensis* tagaktiv. Es wird vermutet, dass die Aktivität von Miesmuscheln in der Hauptsache von den Aktivitätsmustern ihrer Fraßfeinde, wie beispielsweise Krabben, gesteuert wird. Wenn dies zutrifft, müssten die Antagonisten von *M. chilensis* am Standort in Concepción, Chile, nachtaktiv sein. Leider konnten aufgrund des engen Zeitplans keine zusätzlichen Untersuchungen im Feld durchgeführt werden, um diese Annahme zu prüfen.

Tabelle 1: Übersicht über die im 2. Teilprojekt verwendeten Muschelarten und die bei ihnen beobachteten Aktivitätsmuster.

Standort	Muschelart	Aktivitätsmuster
Cabo Verde	<i>Brachidontes puniceus</i>	-
Chile	<i>Mytilus chilensis</i>	tagaktiv
Finnland	<i>Mytilus edulis/Mytilus trossulus</i>	-
Island	<i>Mytilus edulis</i>	nachtaktiv
Japan	<i>Mytilus edulis/Mytilus trossulus</i>	nachtaktiv
Malaysia	<i>Perna viridis</i>	nachtaktiv
Spanien	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	nachtaktiv

In keinem der Fälle konnte ein Einfluss des nächtlichen Kunstlichts auf die Aktivität der Muscheln nachgewiesen werden. Die bereits vorhandenen Aktivitätsmuster blieben auch unter dem Einfluss des nächtlichen Lichts unverändert. Möglicherweise waren die Experimente mit einer Expositionsdauer von 17 Tagen zu kurz oder die gewählten Lichtintensitäten (10 Lux, 30 Lux), die sich an gemessenen Kunstlichtintensitäten orientierten, waren zu schwach, um eine Änderung in der Aktivität zu bewirken. Miesmuscheln verfügen über empfindliche Lichtsinnesorgane und es ist bekannt, dass sie ihre Aktivitätsmuster an veränderte Hell-/Dunkelphasen anpassen können. Allerdings wurde letzteres in Experimenten nachgewiesen, in denen wesentlich höhere Lichtintensitäten eingesetzt wurden als in dieser Studie. Dies könnte bedeuten, dass Miesmuscheln zumindest in dieser Hinsicht von nächtlichem Kunstlicht nicht beeinflusst werden. Experimente, die die Intensitätsschwelle

ermitteln ab welcher die Tiere eine Veränderung ihrer Aktivität zeigen, wären in diesem Zusammenhang sinnvoll.

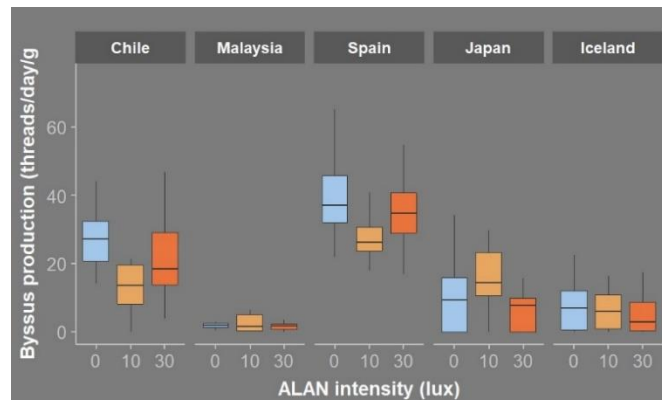


Abbildung 8: Einfluss des Kunstlichtes auf die Anzahl der pro Zeiteinheit von den Muscheln produzierten Byssusfäden an den verschiedenen Versuchsstandorten.

Anders als bei den Aktivitätsmustern stellte sich bei der Byssusproduktion an einigen Standorten (2 von 7) ein negativer Effekt des Kunstlichtes ein: Bei den Arten *Mytilus galloprovincialis* (Spanien) und *Mytilus chilensis* (Chile) ließ sich eine Abnahme der Byssusproduktion bzw. der Byssusstärke unter dem Einfluss des Kunstlichts nachweisen (Abbildung 8). Dies deutet an, dass das Licht, obwohl es keinen Einfluss auf die Aktivitätsmuster hatte, einen Stress für die Tiere darstellte, der die Byssusproduktion beeinträchtigte. Dieser Befund ist relevant, denn die Produktion von Byssus ist eng verknüpft mit der ökologischen Fitness von Miesmuscheln und mit den Ökosystemdienstleistungen, die sie erbringen. Eine verringerte Byssusproduktion kann die Stabilität von Muschelbänken gefährden und kann dazu führen, dass Muscheln durch Wellen und Stürme aus dem Verband gerissen werden und absterben.

Ein Einfluss des Versuchsstandortes bzw. seiner geographischen Breite auf die Sensitivität der Versuchsorganismen gegenüber nächtlichem Kunstlicht ließ sich in diesem Teilprojekt ebenfalls nicht nachweisen. Die Annahme, dass Tiere aus den Tropen, die einen im Jahresverlauf annähernd Tag-/Nachtrhythmus aufweisen, empfindlicher auf nächtliches Kunstlicht reagieren, hat sich damit nicht bestätigt.

Nach der Auswertung der Daten und einem Workshop über die Kommunikation wissenschaftlicher Ergebnisse in Form von Vorträgen erarbeitete die Gruppe eine englischsprachige Präsentation (45 Minuten) über das Projekt, die sie anschließend an den Universitäten Kiel, Rostock, Bremen, Oldenburg und Hamburg vorstellte. Ergänzt wurde dieser letzte Abschnitt durch Workshops zum wissenschaftlichen Schreiben und zur Karriereplanung.

Außerdem fand eine mehrtägige Exkursion in den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer statt.

3. Teilprojekt: Auswirkungen von Lichtverschmutzung auf die Besiedlung mariner Hartböden

Am 3. Teilprojekt nahmen 19 Studierende teil. Diese ungerade Zahl ergab sich, weil eine Studentin ihre Teilnahme kurzfristig absagte und nicht mehr durch eine andere Person ersetzt werden konnte. Die praktischen Arbeiten wurden an insgesamt 10 Standorten weltweit durchgeführt (Abbildung 9). Der Kurs im März fand in Präsenz statt und daher war es auch wieder möglich kurze Vorversuche und praktische Übungen in den Kursplan zu integrieren. Von dieser Möglichkeit wurde ausgiebig Gebrauch gemacht, indem beispielsweise die LED-Systeme für die Experimente getestet wurden oder im Rahmen von Übungen Kenntnisse zur taxonomischen Bestimmung von Benthosorganismen gesammelt wurden (Abbildung 10).



Abbildung 9: Die Standorte des 3. Teilprojektes.

Zudem unternahm die Gruppe eine viertägige Exkursion auf die Hallig Hooge. Diese diente einerseits der Gruppenbildung, andererseits brachte sie den Studierenden das Ökosystem Wattenmeer nahe. Auf Grundlage der Diskussionen, die die Gruppe im März führte, wurde wieder ein umfassendes Protokoll zu den geplanten Versuchen erstellt.



Abbildung 10: Im Vorbereitungskurs wurde auch das Arbeiten mit Bestimmungsschlüsseln für wirbellose Meerestiere trainiert.

Folgende Standorte konnten wie geplant mit Zweiertteams besetzt werden: Mindelo/Cabo Verde, Concepción/Chile, Husö/Finnland, Isafjörður/Island, Haifa/Israel, Akkeshi/Japan, Pula/Kroatien, Quinta do Lorde/Portugal, und Cadíz/Spanien. Lediglich in Penang/Malaysia arbeitete nur ein Student, da wie oben erwähnt eine deutsche Studentin ihre Teilnahme kurzfristig abgesagt hatte.

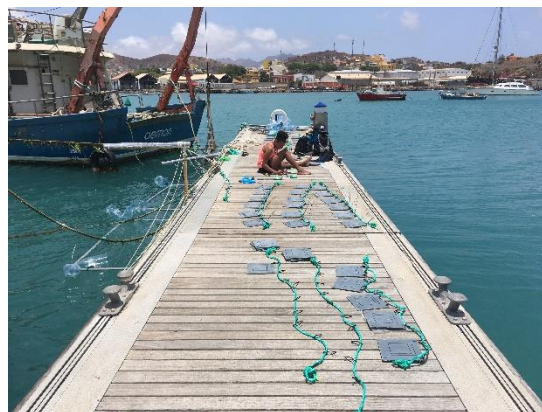


Abbildung 11: Versuchsvorbereitungen am Standort Mindelo. Auf den PVC-Platten haben sich später die Meeresorganismen angesiedelt.

Nach der Ankunft der Teams begannen an den Standorten dann die praktischen Vorbereitungen (Abbildung 11). Diese verliefen anders als in den beiden vorangegangenen Teilprojekten, da die Versuche in diesem Jahr im Freiwasser stattfanden. Dies war notwendig, da für die Besiedlung der Oberflächen der natürliche Larvenpool zur Verfügung stehen musste. Die Besiedlungsplatten, die für die Versuche genutzt wurden, wurden daher im Meer ausgebracht. Gleichzeitig wurde in ihrer unmittelbaren Nähe eine Lichtquelle installiert. Dafür verwendeten alle Teams dieselben LED-Systeme, die bereits für das erste und zweite Teilprojekt angeschafft wurden.

Eine Schwierigkeit bei der Umsetzung der Experimente bestand darin, einen Standort am Meer zu finden, der das Ausbringen der Platten erlaubte und gleichzeitig über eine



Abbildung 12: Versuchsvorbereitungen am Standort Husö. Die Rahmenkonstruktion trug die Besiedlungsplatten, die vertikal ausgerichtet und in Reihen angeordnet wurden.

Stromversorgung verfügte. Es ist jedoch allen Teams gelungen, einen solchen Standort zu finden. Außerdem mussten sie einen Versuchsaufbau realisieren, dessen Aussehen und Abmessungen während des Vorbereitungskurses am GEOMAR festgelegt worden waren (Abbildungen 12).

Diese Vorbereitungen haben 6 bis 8 Wochen in Anspruch genommen, so dass die ersten Versuche Mitte Juni begannen. Dafür wurden die Besiedlungsplatten im Meer ausgehängt, wo sie verschiedenen nächtlichen Lichtregimen ausgesetzt wurden (Abbildung 13). Auch hier entschied sich die Gruppe für einen anderen Ansatz als die beiden Vorgängergruppen. Während diese die Dauer der Lichtexposition pro Nacht (2021) und die Lichtintensität (2022) variiert hatten, entschied sich die Gruppe in 2023 dafür mit verschiedenen Lichtfarben zu arbeiten. Die Motivation hierfür war die bereits vielfach diskutierte Überlegung, dass Kunstlicht mit einem verringerten Blauanteil sich weniger stark auf Meeresorganismen auswirken sollte, da blaues Licht am weitesten in das Medium Wasser eindringen kann.



Abbildung 13: Der vollständige Versuchsaufbau nach dem Ausbringen in der Ostsee am Standort Husö, Finnland.

Weißes LED-Licht enthält einen hohen Blauanteil, den die Studierenden durch die Verwendung gelber Filterfolien reduzierten. An jedem Standort wurden daher Experimente mit weißem und mit gelbem Kunstlicht durchgeführt, um zu prüfen, ob gelbes Kunstlicht weniger starke Auswirkungen auf die Aufwuchsgemeinschaften hat als weißes Kunstlicht. Alle vier Wochen fand eine Untersuchung der Besiedlungsplatten statt (Abbildung 14). Dabei wurde die Anzahl der vorhandenen Arten erfasst und für jede Art deren Abundanz als prozentualer Anteil an der Gesamtbedeckung abgeschätzt. Mit Hilfe dieser Daten konnten nicht nur Rückschlüsse auf die Diversität der Gemeinschaften gezogen werden, sondern es konnte auch deren Zusammensetzung zwischen den Lichtregimen verglichen werden. Zudem wurde jede Besiedlungsplatte fotografiert und das Gewicht der auf ihr befindlichen Biomasse ermittelt.



Abbildung 14: Untersuchung der Besiedlungsplatten im Labor in Haifa.

Die praktischen Arbeiten wurden an allen 10 Standorten wie geplant im September 2023 abgeschlossen. Wie auch in den vorangegangenen Teilprojekten wurden sie von den Studierenden in Blogs und mit Beiträgen auf Instagram begleitet. Alle 10 Teams konnten relevante Daten über die Auswirkungen von nächtlichem Kunstlicht auf die Zusammensetzung, die Diversität und die Biomasse von Aufwuchsgemeinschaften sammeln. Für die Auswertung und die Interpretation der gewonnenen Daten reisten alle Teilnehmer:innen Anfang Oktober 2023 ans GEOMAR. Hier wurden ihnen zunächst die notwendigen Kenntnisse und Techniken in der uni- und multivariaten Datenanalyse vermittelt. Anschließend wurden die gewonnenen Datensätze ausgewertet, um zu ermitteln, ob das nächtliche Kunstlicht einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Zusammensetzung und die Struktur der Gemeinschaften hatte. Zudem wurde untersucht, ob sich die Stärke der

beobachteten Effekte zwischen den Lichtfarben und zwischen den Versuchsorten unterschieden.

Es ließen sich an allen Standorten Auswirkungen des nächtlichen Lichts auf die Gemeinschaften nachweisen. Die beobachteten Effekte unterschieden sich aber sowohl in ihrer Stärke als auch in ihrer Richtung teilweise deutlich zwischen den Standorten. Während, beispielsweise, in Madeira, Portugal, das nächtliche Licht dazu führte, dass sich mehr Arten auf den Besiedlungsplatten ansiedelten (Abbildung 15), hatte es im biogeographisch sehr ähnlichen System der Kapverden den gegenteiligen Effekt (Abbildung 16).

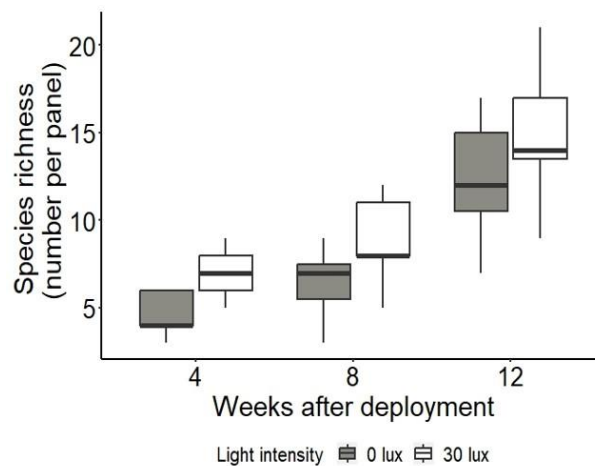


Abbildung 15: Die Artenzahl auf den Besiedlungsplatten am Standort Madeira, Portugal, als Funktion des Lichtregimes (weiße LEDs) und der Dauer des Versuchs.

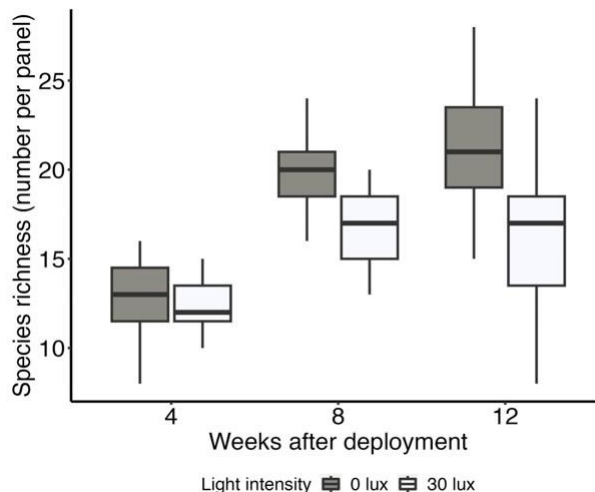


Abbildung 16: Die Artenzahl auf den Besiedlungsplatten am Standort Mindelo, Cabo Verde, als Funktion des Lichtregimes (weiße LEDs) und der Dauer des Versuchs.

Außerdem stellte sich am Standort Mindelo, Cabo Verde, ein positiver Effekt des Lichtes auf die Biomasseanreicherung auf den Besiedlungsplatten ein (Abbildung 17), während in

Akkeshi, Japan, das Gegenteil der Fall war (Abbildung 18). Hier war die Biomasse auf den beleuchteten Platten durchgehend geringer als auf den unbeleuchteten Platten.

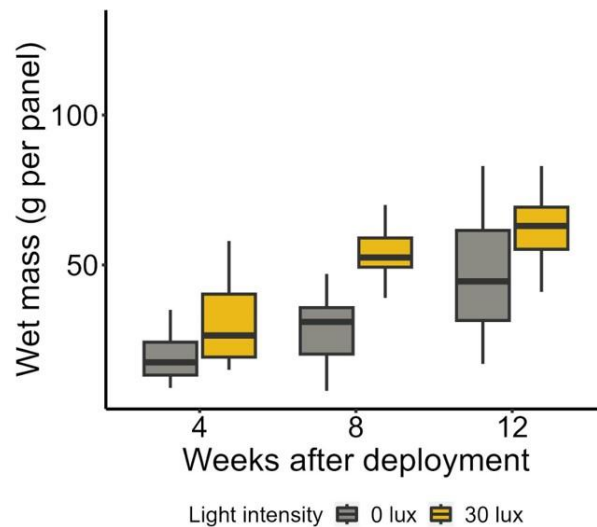


Abbildung 17: Biomasse auf den Besiedlungsplatten am Standort Mindelo (Cabo Verde) als Funktion des Lichtregimes (gelbe LEDs) und der Dauer des Versuchs.

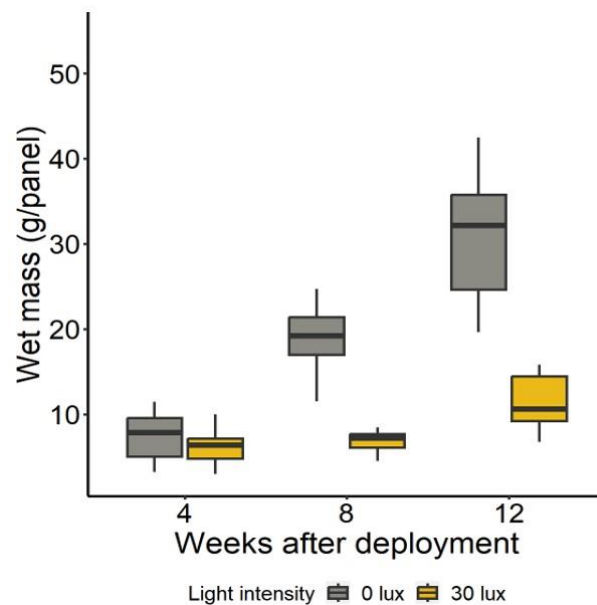


Abbildung 18: Biomasse auf den Besiedlungsplatten am Standort Akkeshi (Japan) als Funktion des Lichtregimes (gelbe LEDs) und der Dauer des Versuchs.

Auch die Gemeinschaftszusammensetzung wurde an vielen Standorten statistisch signifikant vom nächtlichen Licht beeinflusst (Abbildungen 19 + 20). Dies geschah meist dadurch, dass sich Unterschiede in den Abundanzen bestimmter Organismengruppen zwischen den Lichtregimen einstellten. Das heißt, es siedelten in der Regel nicht unterschiedliche Arten auf den beleuchteten und den unbeleuchteten Platten, sondern gleiche Arten in unterschiedlichen Dichten (Abbildung 21).

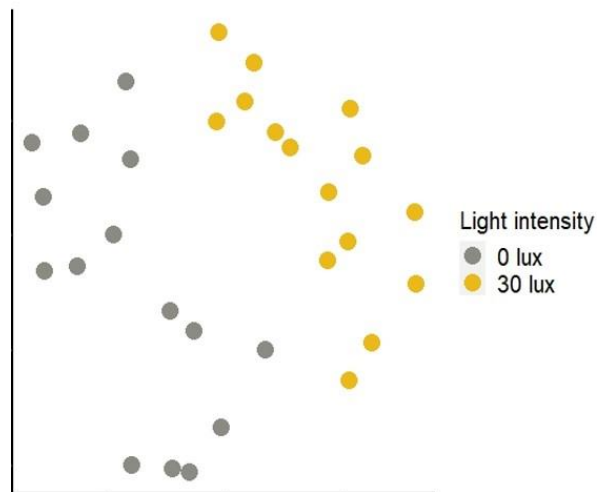


Abbildung 19: Ähnlichkeit zwischen den Gemeinschaften am Standort Madeira, Portugal, nach 8 Wochen Versuchsdauer. Jeder Punkt steht für ein Replikat (= Besiedlungsplatte) einer der beiden Behandlungsgruppen (nächtliches Licht: ja/nein). Die Darstellung ist das Ergebnis einer Ordination (MDS) auf Grundlage einer Ähnlichkeitsmatrix (Bray-Curtis-Index).

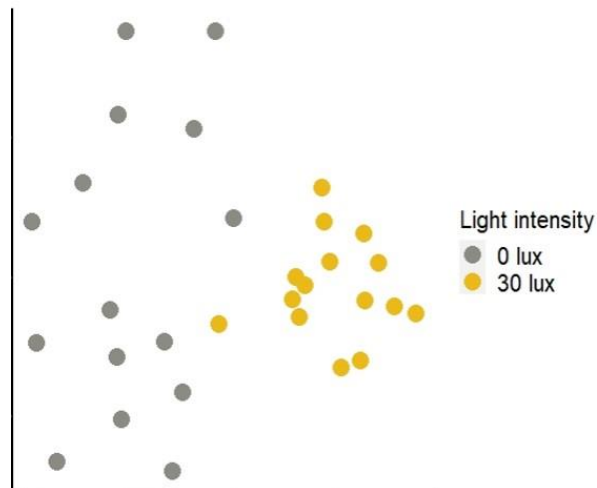


Abbildung 20: Ähnlichkeit zwischen den Gemeinschaften am Standort Madeira, Portugal, nach 12 Wochen Versuchsdauer. Jeder Punkt steht für ein Replikat (= Besiedlungsplatte) einer der beiden Behandlungsgruppen (nächtliches Licht: ja/nein). Die Darstellung ist das Ergebnis einer Ordination (MDS) auf Grundlage einer Ähnlichkeitsmatrix (Bray-Curtis-Index).

Das könnte daran gelegen haben, dass bestimmte Arten vom nächtlichen Licht angezogen wurden, während andere dieses eher mieden. Möglich ist auch, dass sich unter dem Einfluss des nächtlichen Lichtes die Konkurrenzverhältnisse zwischen Arten verschoben haben, was dann erst im Laufe der Sukzession zu Unterschieden in der Gemeinschaftszusammensetzung führte. Diese möglichen Mechanismen, die sich nicht gegenseitig ausschließen, müssten in Folgestudien genauer untersucht werden. Deutlich wurde im Rahmen dieses Teilprojektes jedoch, dass sich nächtliches Kunstlicht umfassend auf die Entwicklung von marinen Hartbodengemeinschaften auswirken kann, wobei Stärke und Richtung der Effekte je nach Untersuchungssystem verschieden ausfallen können. Die Erkenntnis, dass die Effekte des

nächtlichen Kunstlichts auf diese Art von marinen Lebensgemeinschaften sehr systemspezifisch sind, ist wichtig für unser Verständnis der Auswirkungen von Lichtverschmutzung im Meer. Sie zeigt, dass man bei der Abschätzung der Folgen auf höheren biologischen Organisationsebenen den Systemkontext berücksichtigen muss.

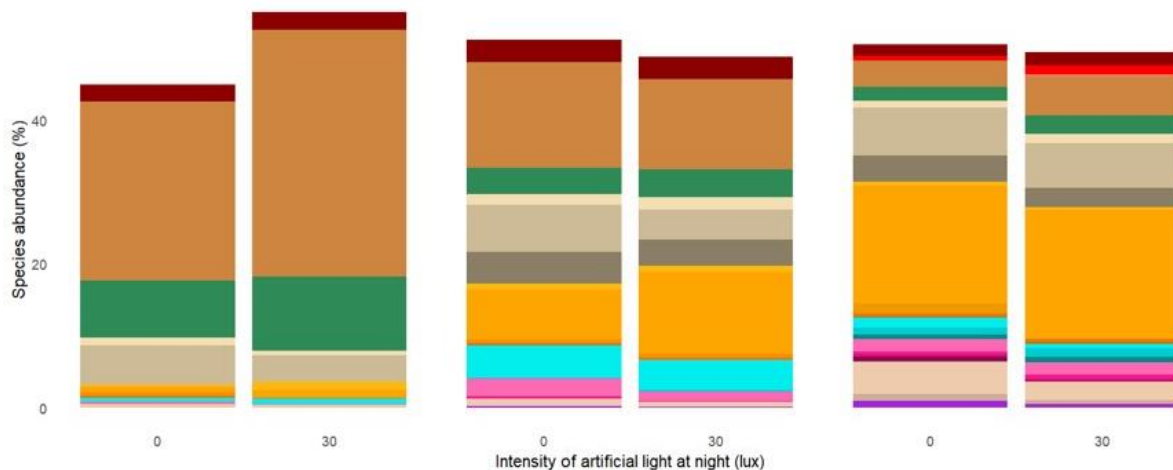


Abbildung 21: Zusammensetzung der Gemeinschaften am Standort Cadíz, Spanien, nach 4 (links), 8 (Mitte) und 12 (rechts) Wochen Versuchsdauer und als Funktion des nächtlichen Lichtregimes. Die Farben geben die Abundanzen verschiedener Besiedlerarten wieder.

Nach Abschluss der Datenauswertung und einem Workshop über die Kommunikation wissenschaftlicher Ergebnisse in Form von Vorträgen erarbeitete die Gruppe eine englischsprachige Präsentation (45 Minuten) über die gewonnenen Ergebnisse. Diese wurden von den Teilnehmer:innen an den Universitäten Kiel, Rostock, Bremen, Oldenburg und Hamburg vorgestellt. Zudem gab es eine Online-Präsentation für die ausländischen Betreuer:innen sowie für die Teilnehmer:innen der vorangegangenen Projekte. Ergänzt wurde dieser letzte Abschnitt des Projekts durch Workshops zum wissenschaftlichen Schreiben, zur Öffentlichkeitsarbeit in der Wissenschaft und zur Karriereplanung. Außerdem fand eine mehrtägige Exkursion an die Schlei statt, die die Ökologie und Geologie der westlichen Ostsee zum Inhalt hatte.

Bedeutung der Befunde für den Stand der Forschung und Ausblick

ELASI ist das erste Vorhaben, das die Auswirkungen von Lichtverschmutzung auf benthische Systeme global-vergleichend untersucht hat. Hierfür wurden Experimente in Systemen realisiert, die sich stark in ihrer Saisonalität, aber auch in ihrer Diversität und Produktivität unterscheiden. Alle drei Eigenschaften haben das Potenzial, die Auswirkungen von nächtlichem Kunstlicht auf benthische Systeme zu modifizieren. Zudem bediente sich ELASI eines sehr umfassenden Ansatzes, bei dem die Auswirkungen von Lichtverschmutzung auf die

Aktivität und Leistung einzelner Schlüsselarten (Jahr 1 und 2) und auf ganze Gemeinschaften (Jahr 3) untersucht wurden. Die Organismen, die dabei im Fokus standen, sind zentral für die Funktion und Stabilität von Küstenökosystemen.

Das Vorhaben hat zahlreiche neue Erkenntnisse über die Effekte von Kunstlicht auf Meeresorganismen und auf benthische Gemeinschaften erbracht. Zu den Auswirkungen von nächtlichem Kunstlicht auf die Aktivitätsmuster von Seeigeln und Miesmuscheln gab es vor dem Beginn der Teilprojekte keine Studien und auch während der Laufzeit von ELASI hat sich diese Situation nur geringfügig geändert. Das Projekt hat vor allem gezeigt, dass nächtliches Kunstlicht für benthische Meeresorganismen sehr relevant sein kann, und dass es Effekte generieren kann, die das Potential haben, sich über mehrere biologische Organisationsstufen hinweg fortzupflanzen. Ein Beispiel hierfür sind die veränderten Konsumptionsraten, die wir bei Seeigeln beobachtet haben. Eine gesteigerte oder eine verringerte Nahrungsaufnahme bei diesen wichtigen Konsumenten bedeuten eine Veränderung im Fraßdruck auf die jeweils vorhandenen Algenarten. Dadurch könnten deren Bestände ab- oder zunehmen und sich die Struktur des betroffenen Ökosystems verändern. Während dichte Algenbestände ein wertvolles Habitat für viele assoziierte Organismen darstellen und dadurch die Diversität eines Systems fördern, führt deren Ausdünnung oder Fehlen meist zu einer drastischen Abnahme der Diversität und zu einem Verlust von Ökosystemfunktionen. Wenn an einem Standort eine Abnahme der Algenbestände zu beobachten ist, könnte dies also durchaus auch die Folge von nächtlichem Kunstlicht sein.

Gleichzeitig haben die Ergebnisse aller Teilprojekte gezeigt, dass nicht in allen Systemen mit ökologischen Auswirkungen von Lichtverschmutzung zu rechnen ist. Für jeden Studienfokus (Weidegänger, Filtrierer, Hartbodengemeinschaften) ergab sich ein räumliches Mosaik von Standorten an denen Effekte auftraten oder ausblieben. Im Falle der Hartbodengemeinschaften haben wir dabei die meisten Effekte gefunden und für die Filtrierer die wenigsten. Dies ist zunächst eine gute Nachricht, denn sie bedeutet, dass möglicherweise nicht überall mit ökologischen Auswirkungen von nächtlichem Kunstlicht zu rechnen ist. Allerdings können wir auch nicht ausschließen, dass wir in bestimmten Fällen vorhandene Auswirkungen nicht nachweisen konnten. Beispielsweise dadurch, dass wir Antwortvariablen erfasst haben, die die Effekte nicht abgebildet haben. Gleichzeitig sind die räumlichen Muster hinsichtlich der An- und Abwesenheit von Effekten für die drei Untersuchungsschwerpunkte (Weidegänger, Filtrierer, Hartbodengemeinschaften) nicht deckungsgleich. Das bedeutet,

dass Lichtverschmutzung an einem gegebenen Standort möglicherweise eine Ökosystemkomponente unbeeinflusst lässt, eine andere aber durchaus verändert. Dies vermittelt einen Eindruck von der ökologischen Komplexität, mit der sich Wissenschaftler:innen aber auch Umweltmanager auseinandersetzen müssen, wenn sie die Folgen von Lichtverschmutzung auf marine Ökosysteme abschätzen wollen.

Ein weiteres zentrales Ergebnis von ELASI ist die Beobachtung, dass die Richtung und die Stärke der auftretenden Effekte systemspezifisch sind. Dies haben wir vor allem bei den Weidegängern (Teilprojekt 1) aber auch bei den Hartbodengemeinschaften (Teilprojekt 3) festgestellt. Nächtliches Kunstlicht kann bei Seeigeln zu einem Anstieg oder zu einer Abnahme der Fraßraten führen. Die Richtung des Effekts scheint davon abzuhängen, ob die Tiere eher tag- oder nachtaktiv sind, was wiederum möglicherweise dadurch bestimmt wird, welche Aktivitätsmuster ihre Fraßfeinde aufweisen. Bei Hartbodengemeinschaften kann nächtliches Kunstlicht zu einer höheren oder zu einer geringeren Diversität und/oder Biomasse als bei unbeleuchteten Referenzgemeinschaften führen. Dies scheint vor allem von der lokalen Zusammensetzung des Besiedlerpools abzuhängen. Zusammenfassend bedeutet dies, dass sich keine allgemeinen Aussagen über die Wirkweise von nächtlichem Kunstlicht auf marine Systeme treffen lassen. Vielmehr müssen die jeweiligen lokalen Bedingungen berücksichtigt werden. Dies ist eine wichtige Erkenntnis, die helfen kann, sinnvolle Maßnahmen zu ergreifen, um die Effekte von Lichtverschmutzung auf Küstenökosysteme zu reduzieren, oder um nächtliches Kunstlicht gezielt einzusetzen - beispielsweise um den Bewuchs auf Schiffsrümpfen oder auf Aquakulturanlagen zu reduzieren.

Beide Beobachtungen konnten nur dank des global-vergleichenden Forschungsansatzes von ELASI gemacht werden und dies belegt, wie sinnvoll diese Herangehensweise ist, wenn es darum geht, die Auswirkungen menschengemachter Veränderungen auf Meeresökosysteme zu erfassen. Gleichzeitig sind die gewonnenen Ergebnisse ein Ausgangspunkt für zukünftige Forschung, denn wir haben vor allem Muster beobachtet, ohne dabei Wirkweisen zu klären und mechanistische Zusammenhänge aufzudecken. Dies müssen zukünftige Studien tun, die sich beispielsweise damit befassen könnten, wie genau die Zusammensetzung eines Besiedlerpools den Einfluss von nächtlichem Kunstlicht auf eine entstehende Gemeinschaft bestimmt. Hier wäre es auch interessant zu klären, ob ein, an einem Standort auftretender Effekt über die Jahreszeiten konstant ist, oder ob sich die Stärke und möglicherweise auch die Richtung eines Einflusses ändert, wenn sich saisonbedingt die Zusammensetzung des Larven-

bzw. Sporenpools ändert. Auch könnten zukünftige Studien eine höhere Komplexität anstreben in dem sie beispielsweise nicht nur die Auswirkungen von nächtlichem Kunstlicht auf Weidegänger im Experiment untersuchen, sondern dabei auch deren Fraßfeinde miteinbeziehen. Verändern sich möglicherweise auch deren Aktivitätsmuster, wenn es nachts hell ist und wie wirkt sich so eine Veränderung auf das Untersuchungssystem aus? Weiterhin sollten zukünftige Studien klären, ab welcher Lichtintensität in bestimmten Untersuchungssystemen mit Effekten von nächtlichem Kunstlicht zu rechnen ist, und ob bestimmte Bereiche des Lichtspektrums möglicherweise ökologisch wirksamer sind als andere. Die letzte Frage haben wir im Rahmen von ELASI bereits untersucht (Teilprojekt 3) konnten aber keinen eindeutigen Unterschied in der Wirkweise von gelbem und weißem Licht feststellen.

Zitierte Literatur:

- Ayalon I, Marangoni LFD, Benichou JIC, Avisar D, Levy O (2019) Red Sea corals under Artificial Light Pollution at Night (ALAN) undergo oxidative stress and photosynthetic impairment. *Global Change Biology* 25: 4194-4207.
- Blamey LK, Branch GM (2012). Regime shift of kelp-forest community induced by an 'invasion' of the rock lobster *Jasus lalandii*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 420: 33-47.
- Colman LP, Lara PH, Bennie J, Broderick AC, Freitas JR, Marcondes A, Witt MJ, Godley BJ (2020) Assessing coastal artificial light and exposure of wildlife at a national scale: the case of marine turtles in Brazil. *Biodiversity and Conservation* 29: 1135-1152.
- Davies TW, Coleman M, Griffith KM, Jenkins SR (2015). Night-time lighting alters the composition of marine epifaunal communities. *Biology Letters* 11: 20150080.
- Dimitriadis C, Fournari-Konstantinidou I, Sourbes L, Koutsoubas D, Mazaris AD (2018) Reduction of sea turtle population recruitment caused by nightlight: Evidence from the Mediterranean region. *Ocean & Coastal Management* 153: 108-115.
- Fobert EK, Burke da Silva K, Swearer SE (2019). Artificial light at night causes reproductive failure in clownfish. *Biology Letters* 15: 20190272.
- Griffiths JR, Kadin M, Nascimento FJA, Tamelander T, Tornroos A, Bonaglia S, Bonsdorff E, Bruchert V, Gardmark A, Jarnstrom M, Kotta J, Lindegren M, Nordstrom MC, Norkko A, Olsson J, Weigel B, Zydelis R, Blenckner T, Niiranen S, Winder M (2017). The importance of benthic-pelagic coupling in a changing world. *Global Change Biology* 23: 2179-2196.
- Jessen C, Wild C (2013). Herbivory effects on benthic algal composition and growth on a coral reef flat in the Egyptian red sea. *Marine Ecology Progress Series* 476: 9-21.
- Kent FEA, Last KS, Harries DB, Sanderson WG (2017). *In situ* biodeposition measurements on a *Modiolus modiolus* (horse mussel) reef provide insights into ecosystem services. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 184: 151-157.
- Luarte T, Bonta CC, Silva-Rodriguez EA, Quijón PA, Miranda C, Farias AA, Duarte C (2016). Light pollution reduces activity, food consumption, and growth rates in a sandy beach invertebrate. *Environmental Pollution* 218: 1147-1153.
- Kaniewska P, Alon S, Karako-Lampert S, Hoegh-Guldberg, Levy O (2015). Signaling cascades and the importance of moonlight in coral broadcast mass spawning. *eLIFE* 4: e09991.
- Manríquez PH, Jara ME, Diaz MI, Quijón PA, Widdicombe S, Pulgar J, Manríquez K, Quintanilla-Ahumada D, Duarte C (2019). Artificial light pollution influences behavioral and physiological traits in a keystone predator species, *Concholepas concholepas*. *Science of the Total Environment* 661: 543-552.
- Navarro-Barranco C, Hughes LE (2015). Effects of light pollution on the emergent fauna of shallow marine ecosystems: Amphipods as a case study. *Marine Pollution Bulletin* 94: 235-240.

- Pulgar J, Zeballos D, Vargas J, Aldana M, Manríquez PH, Manríquez K, Quijón PA, Widdicombe S, Anguita C, Quintanilla D, Duarte C (2019). Endogenous cycles, activity patterns and energy expenditure of an intertidal fish is modified by artificial light pollution at night (ALAN). *Environmental Pollution* 244: 361-366.
- Steneck RS (2013) Sea urchins as drivers of shallow benthic marine community structure. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science* 38: 195–212.
- Svechkina A, Portnov BA, Trop T (2020). The impact of artificial light on human and ecosystem health: a systematic literature review. *Landscape Ecology* 35: 1725-1742.
- Underwood AJ, Chapman AG (1996). Scales of spatial patterns of distribution of intertidal invertebrates. *Oecologia* 107: 212-224.

Anhang

Partnerinstitute

Tabelle 2: Liste der wissenschaftlichen Einrichtungen, die an ELASI teilgenommen haben.

Institut	Land	Teilprojekt(e)
Abo Akademi University	Finnland	1,2,3
University of Hokkaido/Akkeshi Marine Station	Japan	1,2,3
Universidade Técnica do Atlântico	Cabo Verde	1,2,3
Universiti Sains Malaysia/CEMACS	Malaysia	1,2,3
University Center of the Westfjords	Island	2,3
Meeresschule Pula/Morska Škola	Kroatien	1,3
MARE (Marine Environmental Science Center) Madeira	Portugal	1,3
Universidad Católica de la Santísima Concepción	Chile	2,3
Instituto de Investigaciones Marinas- Consejo Superior de Investigaciones Científicas	Spanien	1,2
Unversidad de Cádiz	Spanien	3
Israel Oceanographic and Limnological Research (IOLR)	Israel	3

Teilnehmer:innen

Tabelle 3: Liste der Studierenden, die an ELASI teilgenommen haben.

	Name	Universität	Land¹	Teilprojekt
1	Abel Chamorro	Vigo	Spanien	1
2	Chikako Iio	Hokkaido University	Japan	1
3	Carla Soares	Universidade Técnica do Atlântico	Cabo Verde	1
4	Bruna Bernardino	MARE Madeira	Portugal	1
5	Leonard Tan	Universiti Sains Malaysia	Malaysia	1
6	Anamarija Siljeg	Zagreb	Kroatien	1
7	Marie Ritter	Kiel	Deutschland	1
8	Franz Bauer	Kiel	Deutschland	1
9	Helen Lichtenstein	Kiel	Deutschland	1
10	Maran Scheffler	Kiel	Deutschland	1
11	Sarah van Dahl	Rostock	Deutschland	1
12	Svea Vollstedt	Oldenburg	Deutschland	1
13	Javier Duarte	Universidad Católica de la Santísima Concepción	Chile	2
14	Song Xin Lim	Universiti Sains Malaysia	Malaysia	2
15	Itsuki Ariizumi	Hokkaido University	Japan	2

16	Karen da Graca	Universidade Técnica do Atlântico	Cabo Verde	2
17	Sofia von Nandelstadh	Åbo Akademi University	Finnland	2
18	Carmen Mroz	Rostock	Deutschland	2
19	Fabian Löhr	Rostock	Deutschland	2
20	Dario Dirks	Oldenburg	Deutschland	2
21	Jannis Hümmeling	Kiel	Deutschland	2
22	Melanie Stock	Tübingen	Deutschland	2
23	Linda Hemmetzberger	Hamburg	Deutschland	2
24	Luka Gruse	Hamburg	Deutschland	2
25	Muhammad Izzat Irfan Bin Rozlin Hisham	Universiti Sains Malaysia	Malaysia	3
26	Gabriela Belmar Stormesan	Universidad Austral de Chile	Chile	3
27	Oliver Baric	Zagreb	Kroatien	3
28	Kyoko Tsugane	Hokkaido University	Japan	3
29	Laura Piazzese	MARE Madeira	Portugal	3
30	Raquel Cerrato	Cádiz	Spanien	3
31	Isia Sousa	Universidade Técnica do Atlântico	Cabo Verde	3
32	Kira Lange	Kiel	Deutschland	3
33	Paul Kahles	Konstanz	Deutschland	3
34	Elisa Ramminger	Konstanz	Deutschland	3
35	Florentin Genth	Stuttgart	Deutschland	3
36	Lilli Lenzmann	Rostock	Deutschland	3
37	Chiara Dieing	Rostock	Deutschland	3
38	Saskia Funk	Tübingen	Deutschland	3
39	Julia Mangliers	Oldenburg	Deutschland	3
40	Sophia Walter	Kiel	Deutschland	3
41	Vanessa Leininger	Marburg	Deutschland	3
42	Marlene Oertel	Marburg	Deutschland	3
43	Amelie Muntschick	Kiel	Deutschland	3

Abschlussarbeiten

Bachelor of Science

Tan, Leonard (2022). "Influence of artificial lighting at night (ALAN) on food consumption rates and activity patterns of the sea urchin, *Temnopleurus toreumaticus*, from Penang Island, Malaysia".

Universiti Sains Malaysia, Malaysia, 78 Seiten

Da Graca Da Cruz, Karen Christie (2023) "Influence of artificial light at night (ALAN) on physiological, behavioral and physical traits of the mussel *Brachidontes puniceus* (Gmelin, 1791)." Universidade Tecnica do Atlantico, Cabo Verde, 59 Seiten

Tavares Soares, Carla Edvania (2023) "Influence of artificial lighting at night on feeding and activity patterns of the sea urchin *Echinometra lucunter*." Universidade Tecnica do Atlantico, Cabo Verde, 33 Seiten

Sousa, Isia. (2024). "The influence of artificial light at night on marine hard bottom communities at the Mindelo Marina, São Vicente, Cabo Verde". Instituto de Engenharias e Ciências do Mar (ISECMAR). Universidade Tecnica do Atlantico, Cabo Verde, 55 Seiten

Master of Science

Bauer, Franz (2022) „Influence of artificial light at night on the feeding activity of the sea urchin *Arbacia lixula* from the Adriatic Sea". CAU Kiel, 57 Seiten

Vollstedt, Svea Marie (2022) "The effect of artificial light at night on food consumption rate and activity pattern in the sea urchin *Paracentrotus lividus*". Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 65 Seiten

Van Dahl, Sarah Vanessa (2022) „Der Einfluss von künstlichem Licht in der Nacht auf das Fraßverhalten von *Rhithropanopeus harrisi* (Alandinseln, Finnland)" Universität Rostock, 67 Seiten.

Ritter, Marie (2022) "The influence of artificial light at night on feeding rates and activity patterns in the snail *Cerithium* spp. from the Adriatic Sea" CAU Kiel, 72 Seiten.

Scheffler, Marian (2022) "Influence of ALAN on the sea urchin *Paracentrotus lividus* from Madeira Island, NE Atlantic". CAU Kiel, 77 Seiten

Löhr, Fabian (2023) "Influence of artificial light at night (ALAN) on the filtration capacity, byssus formation and valve gaping activity of the mussel *Mytilus galloprovincialis*." Universität Rostock, 67 Seiten.

Hümmeling, Jannis (2023) „Impact of artificial light at night (ALAN) and predator stress on the activity of the blue mussel *Mytilus edulis*" Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 109 Seiten.

Stock, Melanie (2023) "Between harbor lights and midnight sun: Does artificial light at night affect the activity of a marine filter-feeder in a subarctic environment?" Eberhard Karls Universität Tübingen, 63 Seiten.

Hemmetzberger, Linda (2023) „Influence of artificial light at night (ALAN) on the blue mussel *Mytilus* spp. their activity pattern and their byssus formation. Universität Hamburg, 78 Seiten

Ramminger, Elisa (2024) Influence of artificial light at night on the colonization of hard-bottoms by sessile invertebrates and macroalgae at the coast of an island in the subtropical North-Atlantic. Universität Konstanz, 50 Seiten

Kahles, Paul (2024) The influence of artificial light at night on the colonization of hard bottoms by sessile invertebrates and macroalgae from the Levantine Sea at the coast of Israel. Universität Konstanz, 48 Seiten

Lichtenstein, Helen (2024) The effect of artificial light at night on the freshwater snail *Lymnea stagnalis* in the Aland Archipelago, Finland, in the Baltic Sea. CAU Kiel, 90 Seiten

Leininger, Vanessa (2024) Influence of Artificial Light at night on the colonization of hard-substrata in the north Adriatic Sea. Universität Marburg, 44 Seiten

Genth, Florentin (2024) The influence of artificial light at night on the settlement behaviour of benthic organisms of the Aland archipelago. Universität Stuttgart, 62 Seiten

Lenzmann, Lilli (2024) The influence of yellow artificial light at night on the colonisation of marine hard bottoms by sessile invertebrates and macroalgae in the temperate region of Akkeshi, Hokkaido, Japan. Universität Rostock, 60 Seiten

Dieing, Chiara (2024) The influence of artificial light at night on communities of sessile invertebrates and macroalgae on hard bottom substrates. Universität Rostock, 55 Seiten

Mangliers, Julia (2024) The influence of artificial light at night on marine hard-bottom communities in the Westfjords of Iceland. Universität Oldenburg, 73 Seiten

Oertel, Marlene (2024) The influence of artificial light at night on coastal hard-bottom communities in the Westfjords of Iceland. Universität Marburg, 59 Seiten

Belmar Stormesan, Gabriela (2024) Efectos de la luz artificial amarilla en la noche sobre la estructura del ensamble sésil de fondo duro en Talcahuano, Chile, Universidad Austral de Chile, 75 Seiten

Vera Duarte, Javier (2023) Effects of Artificial Light at Night (ALAN) on prey-predator interactions. A case study for the endemic mussel *Mytilus chilensis*. Universidad Católica de la Santísima Concepción, 95 Seiten

Funk, Saskia (2024) Benthic hardbottom communities of the Aland islands: Spatial diversity differences and sensitivity to artificial light at night. Universität Tübingen, 54 Seiten

Dirks, Dario León Robinson (2024) Influence of artificial light at night on byssus formation and activity patterns in *Mytilus chilensis*: Understanding behavioural adaptations to differing light levels. Universität Oldenburg, 87 Seiten

Lange, Kira (2024) The influence of white artificial light at night (ALAN) on marine hard-bottom communities in Talcahuano, Chile. Universität Kiel, 51 Seiten

Publikationen und Manuskripte

Bauer F, Ritter M, Siljeg A, Gretsches G, Lenz M (2022). Effects of artificial light at night on the feeding behaviour of three marine benthic grazers from the Adriatic Sea are species-specific and mostly short-lived. *Marine Pollution Bulletin* 185: 114303, DOI: 10.1016/j.marpolbul.2022.114303.

Piazzese L, Ramminger E, Ramalhosa P, Schäfer S, Canning-Clode J, Lenz M (XXXX). Lights on, night gone: Artificial light at night reduces the diversity and affects the composition of hard-bottom communities in Madeira island, NE Atlantic. *In prep.*

Funk SK, Weckström K, Pansch C, Lenz M (XXXX). The influence of artificial light at night on the structure of hard-bottom communities in the north-eastern Baltic Sea. *In prep.*

Hümmeling J, Weiss P, Lenz M (XXXX). Impact of artificial light at night and predator stress on the activity of the blue mussel *Mytilus edulis* in a subarctic environment. *In prep.*

Konferenzbeiträge

Poster

Tsugane, Kyoko (2024). The influence of artificial light at night (ALAN) on marine sessile community. 71st Annual Meeting of the Ecological Society of Japan. 16.-17. März 2024, Yokohama, Japan

Lenz, Mark (2023). Light pollution changes the performance of marine grazers and filter feeders – results from two projects in research-based education. POF Topic 6 Symposium, Alfred-Wegener-Institut, 22.06.2023, Bremerhaven, Deutschland

Belmar Stormesan, Gabriela (2024). Efectos de la luz artificial amarilla en la noche sobre la estructura del ensamble sésil de fondo duro". XLIII Congreso de Ciencias del Mar, 27.-31. Mai 2024, Hualpén, Chile

Tan, Leonard (2023). The influence of artificial lighting at night (ALAN) on food consumption rate and activity of the sea urchin, *Temnopleurus toreumaticus*. 6th World Conference on Marine Biodiversity, 02.-05. Juli 2023, Penang, Malaysia

Vorträge

Vollstedt, Svea (2021). Influence of artificial lighting at night on food consumption rates and activity patterns in the sea urchin *Paracentrotus lividus*. ICYMARE, 21-24.09.2021, online

Hemmetzberger, Linda (2023). Influence of artificial light at night (ALAN) on the blue mussel *Mytilus* spp. their activity pattern and their byssus formation in Japan. 11th International Deaf Academics and Researchers Conference, 6.-8.09.2023, Wien, Österreich

Öffentliche Vorträge

Teilnehmer:innen des 1. Teilprojektes (2021). „The influence of light pollution on marine benthic invertebrates“, 01.12.2021 (GEOMAR), 07.12.2021 (Uni Rostock), 13.12.2021 (Uni Kiel), 14.12.2021 (Uni Hamburg), 15.12.2021 (Uni Oldenburg), 16.12.2021 (offene Online-Präsentation), 22.12.2021 (Uni Bremen). Mehrheitlich Online-Präsentationen.

Lenz, Mark (2022). „Einfluss von Lichtverschmutzung auf Küstenökosysteme“, Naturerlebniszentrum Maasholm, 07.06.2022.

Lenz, Mark (2022). „Menschengemachte Gefahren für die Meere“, BNE Tage an der Johannes Brahms Schule Pinneberg (online), 29.06.2022.

Lenz, Mark (2022). „Beeinflusst Lichtverschmutzung die Biorhythmen von Meerestieren?“, Vortrag im Rahmen des Wissenschaftsfestivals, Kunsthalle Kiel, 30.09.2022.

Teilnehmer:innen des 2. Teilprojektes (2022) „Effects of artificial light at night on mussels“, 29.11.2022 (Uni Kiel), 30.11.2022 (GEOMAR), 07.12.2022 (Uni Oldenburg), 14.12.2022 (Uni Bremen), 16.12.2022 (Uni Hamburg).

Lenz, Mark (2023). „Blinded by the light: Wie beeinflusst Lichtverschmutzung die Aktivität und das Verhalten von wirbellosen Meerestieren? Vortrag im Rahmen von WissenSchaffen am GEOMAR 15.02.2023

Teilnehmer:innen des 3. Teilprojektes (2023) „Influence of artificial light at night on marine hard-bottom communities“ 28.11.2023 (Uni Hamburg), 05.12.2023 (Uni Kiel), 11.12.2023 (GEOMAR), 12.12.2023 (Uni Rostock) (online), 13.12.2023 (Uni Oldenburg), 13.12.2023 (Uni Bremen).

Lenz, Mark (2023) ‘Wenn die Dunkelheit fehlt: Wie sich Lichtverschmutzung auf Meerestiere auswirkt’ Ringvorlesung Ausgewählte Kapitel der Toxikologie und Umweltmedizin. CAU Kiel. 20.12.2023

Lenz, Mark (2024) ‘Wenn die Dunkelheit fehlt: Wie sich Lichtverschmutzung auf Meerestiere auswirkt’ Tag der offenen Tür am GEOMAR. 01.09.2024

Ausstellungen

„Was ist Lichtverschmutzung“ Infostand beim Lighthouse Swim, Kiellinie, 30.07.2022

Infostand zu Mikroplastik und Lichtverschmutzung. Tag der offenen Tür am GEOMAR. 21.08.2022

Infostand und Workshop zu Mikroplastik und Lichtverschmutzung im Rahmen des Tags der Meeresschutzstadt. Stand Ocean Summit/Kiellinie. 08.06.2023

Medienbeiträge

Interview für SWR 2 zum Thema „Auswirkungen von Lichtverschmutzung auf Meerestiere“. Gesendet am 18.11.2021

„Muschel im Lichtstress“ Mare Magazin Ausgabe Mai 2022

„Zu viel Licht als Gefahr für Ozean“ news@ORF.at <https://orf.at/stories/3268683/>

„Muscheln im grellen Licht“ <https://www.tauchen.de/wissen/biologie/muscheln-im-grellen-licht/>

Ocean Summit Magazin April 2022 “Projekt GAME: Wie beeinflusst Lichtverschmutzung die Ökosysteme unserer Küsten?” <https://ocean-summit.de/allgemein/projekt-game-wie-beeinflusst-lichtverschmutzung-die-oekosysteme-unserer-kuesten/>

„Wo Island zum Kieler Hotspot wird“ Kieler Nachrichten vom 16.05.2023

„Wenn wir Licht dazugeben, entfällt der Schutz“ TAZ, Rubrik „Nordkultur“ 20.12.2023

Podcasts

Podcast Ocean Five Talk, <https://anchor.fm/ocean-five-podcast/episodes/Ocean-Five-Aktuell-GAME--Mehr-als-nur-ein-Spiel-e1frfhg/a-a7jelt6>

Podcast zum 2. Teilprojekt von Bärbel Fening:

Episode 1: Start des internationalen Forschungsprogramms in Kiel

Episode 2: Die weltweiten Experimente

Episode 3: Das Finale in Kiel

Abrufbar über mehrere Streamingdienste und über www.geomar.de/game

Blogs

Living the light: What influence can artificial light at night have on the sea urchin *Paracentrotus lividus* in Madeira? (23.08.2021)

Terveisiä suomesta! We say "hello" from northern Europe (30.08.2021)

Research topic for GAME 2022: GAME continues with researching the effects of light pollution on marine benthic organisms (16.09.2021)

„Hola“ from the westernmost tip of Europe: Galicia (13.10.2021)

„Salam Sejathera“ from the tropical rainforests of Penang, Malaysia (11.11.2021)

Greetings from Akkeshi in the northeast verge of Japan (12.12.2021)

Shedding more light on the effects of light pollution: GAME 2022 has started (16.03.2022)

Team members of GAME 2022 arrive in their target countries: Hola from Vigo, Spain (23.05.2022)

A slow start and sunny days in Husö, Finland (05.07.2022)

66° north – between light pollution and midnight sun (20.07.2022)

Spotlight on and greetings from the southeastern Pacific coast (23.09.2022)

Hello from Akkeshi (09.12.2022)

Olá, manera bo ta? Welcome to warm and sunny Cabo Verde (22.05.2023)

GAME is back in Croatia: Does artificial light at night affect the settlement of benthic organisms in the Adriatic sea? (01.06.2023)

Hola from sunny Cádiz (07.07.2023)

No rest for the undeployed (17.07.2023)

Greetings from the Akkeshi Marine Station in Hokkaido (28.07.2023)

Iceland or rather the land of endless summer day light (04.09.2023)

Hello Darkness, night's old friend: Discovering the effects of light pollution on Madeira (20.09.2023)

Hej från Åland (28.09.2023)

Alle Blogs sind auf www.oceanblogs.org/game.

Stellungnahmen von Teilnehmer:innen

Zurück in Deutschland kann ich nur sagen, dass ich sehr froh bin und es sehr wertschätze, an GAME teilgenommen zu haben. Ich bin nun Teil einer Gemeinschaft, auf die ich immer zurückgreifen kann, ob nun freundschaftlich, in Bezug auf zukünftige Projekte oder international. Durch die Team- und Gruppenarbeit habe ich viel Unterstützung erfahren, für die ich sehr dankbar bin, und die mir gezeigt hat, wie wichtig ein gutes Team in Zukunft sein wird. Es hat mir viel Spaß gemacht, Teil dieser Gruppe zu sein, und mich für sie zu engagieren.

Lilli Lenzmann, Deutschland

I now have a distinct perspective on science. I shared thoughts and opinions with so many people with diverse backgrounds and heard from more experienced people, which are already long in this field. Not only did I get to experience research the best way possible, but there is so much more to GAME besides the science. For instance, I got the chance to be a part of this amazing and ever-growing network and got to meet people I will remember years down the road.

Isia Sousa, Cabo Verde

Ich würde das GAME-Programm definitiv anderen empfehlen, da es eine hervorragende Möglichkeit bietet, Einblicke in die Arbeitswelt im Ausland zu erhalten, und dies mit der Masterarbeit zu verbinden. Zudem halte ich die vielen zusätzlichen Angebote und Kurse für äußerst hilfreich und plane, auch zukünftig darauf zurückzugreifen.

Chiara Dieing, Deutschland

To be able to make friends from different institutes and research expertise is a wonderful opportunity to expand my network. I was also able to learn and understand better about different opinions and cultures. Lastly, I strongly believe that GAME is an excellent platform for someone to start their scientific journey and build their careers.

Izzat Irfan Rozlin bin Hisham, Malaysia

Abschließend kann ich sagen, dass ich sehr viel im Rahmen des GAME-Projekts gelernt habe, meine Erfahrungen mit dem Projekt sehr positiv waren und es mir sehr viel Spaß gemacht hat. Es hat mir mein Interesse am wissenschaftlichen Arbeiten aufgezeigt, so dass ich eine

berufliche Zukunft in der Forschung und der Wissenschaft nicht ausschließen werde und möchte. Außerdem habe ich enge Freundschaften in Spanien geschlossen und bin aufgeschlossen, vielleicht für ein genauso spannendes Projekt längere Zeit dort zu verbringen. Ich kann das GAME Programm von Herzen weiterempfehlen und hoffe, dass es noch lange fortgeführt werden kann.

Fabian Löhr, Deutschland

Overall, I would definitely recommend participating in a GAME project to other students. It is a great way to meet students in your line of study from all over the world, learn to work in a multinational team, make yourself more competitive when applying for positions, and live in a foreign country for a few months.

Oliver Barich, Kroatien

Ich sehe den durch GAME geförderten Auslandsaufenthalt an der Meeresschule Pula als eine der besten Studienerfahrungen meines Lebens an, sowohl aus menschlicher als auch aus wissenschaftlicher Perspektive. Das GAME-Programm hat es mir ermöglicht, sowohl Eigenständigkeit in der Umsetzung von wissenschaftlichen Projekten zu entwickeln, als auch neue kulturelle Eindrücke zu gewinnen.

Franz Bauer, Deutschland

My participation in the GAME project has undoubtedly and positively transformed my understanding of the world by allowing me to learn about the experiences of students from different cultures, while at the same time helping me to increase my cognitive and intellectual skills as a researcher, as well as improving my personal confidence. Given the above, it is important to recognize as a participant that the knowledge provided by the GAME project was and will be extremely valuable to successfully continue my postgraduate studies and my professional career.

Javier Duarte, Chile

Zusammenfassend stellt GAME eine unheimliche Bereicherung dar, sowohl persönlich als auch akademisch. Ich bin unsagbar froh und stolz, dass ich in diesem Projekt mitwirken durfte und hoffe sehr, dass GAME noch viele weitere Jahre fortbestehen wird

Marie Ritter, Deutschland

One thing I really treasure throughout my experience in GAME is being able to work together with scientists from all over the world in person. GAME has given me the opportunity to interact with scientists that come from different backgrounds and cultures and learning about them has helped to broaden my perspective on many things.

Leonard Tan, Malaysia

Gruppenfotos



Abbildung 22: Teilnehmer:innen des 1. Teilprojektes



Abbildung 23: Teilnehmer:innen des 2. Teilprojektes.



Abbildung 24: Die Teilnehmer:innen des 3. Teilprojektes.