

Müll im Meer- Schülerinnen und Schüler forschen zu Ursachen und Vorkommen von Plastikmüll im Meer

Ein Projekt des
Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Biologische
Anstalt Helgoland, Schülerlabors OPENSEA

Gefördert durch
Deutsche Bundesstiftung Umwelt

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Abschlussbericht

DBU-AZ 33364/01

Projektlaufzeit

01.09.2017-31.05.2020

Projektmitarbeiter

Verfasser

Marie Fischer, Antje Wichels

Helgoland, den 29.05.2020



Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	33364/01	Referat	Fördersumme	113.000€
----	----------	---------	-------------	-----------------

Antragstitel Müll im Meer - Schülerinnen und Schüler forschen zu Ursachen und Vorkommen von Plastikmüll im Meer

Stichworte Plastikmüll im Meer, Bildung für nachhaltige Entwicklung, Lernmaterial für die Oberstufe, Schülerlabor OPENSEA

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
27 Monate	01.09.2017	31.05.2020	1
Zwischenberichte	01.03.2018 28.09.2019	31.08.2018	01.03.2019

Bewilligungsempfänger	Alfred-Wegner-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung Schülerlabor OPENSEA	Tel +49 441 798 3639 Fax +49 4725 819 3283
	Am Handelshafen 12 27570 Bremerhaven	Projektleitung Dr. Antje Wichels Prof. Dr. rer. nat. Corinna Hößle
		Bearbeiter M.Sc. Christina Kieserg M.Sc. Marie Fischer

Kooperationspartner

Dr. Holger Winkler
Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg
Institut für Chemie und Biologie des Meeres
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11 26111 Oldenburg

Dipl. Biologin Anja Wübben
Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg
Institut für Biologie und Umweltwissenschaften
Lernlabor Wattenmeer
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11, 26111 Oldenburg

Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens

Das Thema Müll im Meer, insbesondere Plastikmüll und Mikroplastik, ist seit einiger Zeit in den Fokus des öffentlichen Interesses gerückt. Die Belastung aquatischer Ökosysteme mit Mikroplastik wird in der Wissenschaft aber auch in der Öffentlichkeit zunehmend wahrgenommen. Seit den 50iger Jahren des letzten Jahrtausends ist die Weltproduktion an Kunststoffen von 0,5 Mio t auf heutzutage mehr als 300 Mio t angestiegen. Damit einhergehend stieg auch die Menge an Plastikmüll in den Weltmeeren kontinuierlich an. Laut OSPAR werden gegenwärtig jährlich ca. 20.000 t Abfall in die Nordsee eingetragen, ein Großteil dieser Menge besteht aus Plastik.

Im Projekt wird aktuelles Expertenwissen über die Verteilung und Auswirkung von Plastikmüll im Meer didaktisch für die Sekundarstufe II aufbereitet. Ziel ist es, ein 3-4-tägiges Lernmodul für den Schulunterricht und außerschulische Lernorte zu entwickeln.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Um Konzepte für SuS anzubieten, die sie dazu befähigen, die Folgen einer Belastung mit Plastikmüll selber einschätzen zu können und sich ein eigenes wissensbasiertes Urteil zu bilden, werden Schülervorstellungen aufgenommen. Dafür wurde ein Fragebogen, der ihr Fachwissen und Einstellung zu Plastik aufnimmt, entwickelt. Auf dessen Auswertung bauen die entwickelten Lerneinheiten auf. Die Lerneinheiten werden im Sinne der Bildung für nachhaltige Entwicklung und forschend-entdeckendes Lernen aufgebaut. Sie werden im Schülerlabor OPENSEA adaptiert, erprobt und optimiert. Im weiteren Verlauf werden die neu entwickelten Einheiten für die Umsetzung im Schulunterricht angepasst

Ergebnisse und Diskussion

Das Projektziel, das vorhandene Expertenwissen über Plastikmüll im Meer didaktisch für SuS der Sek. II aufzubereiten, konnte im Projektzeitraum sehr gut umgesetzt werden. Es entstanden acht Lerneinheiten x im Sinne der Bildung für nachhaltige Entwicklung, die alle in einem Modul Müll im Meer gebündelt sind. Die Lerneinheiten können unabhängig voneinander durchgeführt werden, aber auch als aufbauende Einheit verwendet werden.

Es wurde innerhalb des Projektes auch ein Planspiel zum Thema Müll im Meer entwickelt, was die Besonderheit aufweist, dass die entwickelten Lerneinheiten in den Ablauf des Planspiels integriert sind. Die Durchführung des Lernmoduls kann in Form der einzelnen Lerneinheiten erfolgen oder im Rahmen des Planspiels. Das Lernmodul erstreckt sich über drei bis vier Tage am außerschulischen Lernort (Schülerlabor OPENSEA). Im Zuge der Entwicklung des Planspiels wurden die Einheiten so optimiert und angepasst, dass sie in Schulen und deren Umgebung durchführbar sind.

Die didaktische Begleitforschung hat deutlich gezeigt, dass mit der Durchführung der Lernmodule die angestrebten Ziele erreicht werden. Durch die Bearbeitung der Lerneinheiten und die aktive Probennahme lernen die SuS im Sinne des forschend-entdeckendes Lernens die Situation mit dem Plastikmüll in unseren Meeren selber ein zu schätzen. Durch die Aufnahme von Fachwissen und die Förderung des Systemischen Wissens als Folge der Durchführung der Lerneinheiten können SuS sich ihr eigenes wissensbasiertes Urteil bilden. Die Umsetzung der Lernmodule hat gezeigt, dass die SuS deutlich motivierter sind, wenn die Lerneinheiten als Teil des Planspiels durchgeführt werden, da die Lernenden so ein klares Ziel haben.

Das Projekt hat ein Lernmodul geschaffen, was auf den Daten der aktuellen Forschung zum Thema Müll im Meer basiert und vermittelt Expertenwissen auf dem Niveau der Sek. II. Es stellt eine Sammlung von Materialien und Hintergrundwissen dar, die sowohl am außerschulischen Standort als auch in Schulen durchgeführt werden können. Es bietet eine Abwechslung zum Schulalltag durch die Freilandexperimente und fördert die wissenschaftliche Arbeitsweise der SuS.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Das Projekt wurde auf Fachtagungen in Form von Postern und Vorträgen vorgestellt. Zudem war das Projekt jährlich mit Mitmach-Experimenten beim öffentlichkeitswirksamen World Ocean Day auf Helgoland vertreten. In mehreren Veranstaltungen mit unterschiedlichen Schwerpunkten wurden Bildungsmultiplikatoren fortgebildet und werden es auch über die Laufzeit des Projekts hinaus.

Das entwickelte Material steht interessierten Lehrkräften nach Anfrage von OPENSEA über die OPENSEA-Website (<https://www.awi.de/arbeiten-lernen/aus-der-schule/ins-schuelerlabor/opensea-helgoland.html>) zur Verfügung. Des Weiteren beinhaltet das Planspiel das erarbeitete Material, welches nach der Veröffentlichung ebenso Bildungsmultiplikatoren zur Verfügung steht.

Fazit

Abschließend kann festgestellt werden, dass das Projekt eine positive Resonanz erfahren hat. Es konnten mehrere praxistaugliche Lerneinheiten für das Modul Müll im Meer entwickelt werden, die im Schülerlabor, aber auch an Schulen durchführbar sind. Die entwickelten Lerneinheiten fanden großen Zuspruch, sowohl bei den SuS als auch bei den Lehrkräften.

Die Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Partnern war sehr konstruktiv und hat zu der erfolgreichen Fertigstellung des Planspiels geführt. Das Planspiel bietet dem Lernmodul den idealen Rahmen für die Durchführung der Lerneinheiten in der Schule.

Das Lernmodul wird auch in Zukunft weiterhin fester Bestandteil des Angebotes im Schülerlabor sein und so können noch viele SuS von den Lerneinheiten profitieren und sich ein eigenes wissensbasiertes Urteil über das Problem Müll im Meer bilden.

Allgemeine Angaben

Titel: Müll im Meer - Schülerinnen und Schüler forschen zu Ursachen und Vorkommen von Plastikmüll im Meer

Auftragnehmer:

Alfred-Wegener-Institut
Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung
Am Handelshafen 12 27570 Bremerhaven

Projektleitung:

Dr. Antje Wichels
Alfred-Wegener-Institut
Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung
Biologische Anstalt Helgoland
Schülerlabor OPENSEA
27498 Helgoland
Tel.: +49 4725 819 3257 Fax: +49 4725 819 3283
Email: Antje.Wichels@awi.de

Prof. Dr. rer. nat. Corinna Hößle
Leiterin der Arbeitsgruppe Didaktik der Biologie
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Fakultät V - Institut für Biologie und Umweltwissenschaften
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11 26111 Oldenburg
Tel.: +49 441 798 3639
Email: Corinna.Hoefle@uni-oldenburg.de

Projektpartner:

Dr. Holger Winkler
Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg
Institut für Chemie und Biologie des Meeres
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11 26111 Oldenburg
Tel.: +49 441 798 2084
Email: Holger.Winkler@uni-oldenburg.de

Dipl. Biologin Anja Wübben (bis Juni 2019)
Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg
Institut für Biologie und Umweltwissenschaften
Lernlabor Wattenmeer
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26111 Oldenburg
Tel.: +49 441 798 3295
Email: Anja.Wuebben@uni-oldenburg.de

Projektbearbeitung

M.Sc. Christina Kieserg (09.2017 – 02.2019)
M.Sc. Marie Fischer (04.2019 – 05.2020)
Alfred-Wegener-Institut
Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung
Biologische Anstalt Helgoland
Schülerlabor OPENSEA
27498 Helgoland
Tel.: +49 4725 819 3137
Email: marie.fischer@awi.de

Projektlaufzeit:

27 Monate
01.09.2017 bis 31.05.2020

Inhaltsverzeichnis

Allgemeine Angaben	4
Abbildungsverzeichnis.....	6
Tabellenverzeichnis.....	6
1. Zusammenfassung.....	7
2. Projektidee und Hintergrund.....	7
2.1. Projektidee.....	8
2.2. Projektziel	9
3. Lehrmaterial (des erarbeiteten Projektmoduls)	10
3.1. Modulentwicklung	10
3.2. Die Lerneinheiten des Moduls (Schülermaterial).....	12
3.3. Lehrermaterial und Lehrerfortbildung	18
3.4. Planspiel	22
3.5. Projektumsetzung im Schülerlabor.....	25
6. Didaktische Begleitforschung	29
6.1. Ergebnisse der Evaluation	30
7. Zusätzliche Aktivitäten.....	31
7.1. <i>“Mit Humboldt lernen”</i> PASCH Camp Teilnahme in Südamerika.....	32
7.2. Weitere Aktivitäten	35
8. Veranstaltungen und Öffentlichkeitsarbeit	36
9. Literatur	38
10. Anhang.....	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Schülerinnen untersuchen Kunststoff auf seine Schmelzeigenschaften.....	13
Abbildung 2 Lernende beobachten die Schichtung von Wasser unterschiedlicher Dichten.....	14
Abbildung 3 SuS sammeln Müll am Strand von Helgoland im abgesteckten Bereich	15
Abbildung 4 SuS bereiten die Salzlösung für die Dichte Separation vor	16
Abbildung 5 Müllfischen mit modifizierten Planktonnetz im Hafenbecken Helgoland	17
Abbildung 6 Schülerinnen waschen ein Fleecetuch im Metalleimer und wiegen einen Filter	17
Abbildung 7 Diskussion zu Vor- und Nachteilen der Strategien verschiedener Organisation	18
Abbildung 8 Auszug aus dem Material für Lehrer, Kurzüberblick am Beispiel der Lerneinheit „Physikalische Eigenschaften von Plastik“	19
Abbildung 9 Ergebnisse ausgewählter Fragen der Post-Befragung der Teilnehmer der Lehrerfortbildung durch das OFZ.....	21
Abbildung 10 Die fünf Phasen des Planspiels	24
Abbildung 11 Auszug aus dem Wochenplan eines Kurses, des Plastikmoduls in Form des Planspiels.....	27
Abbildung 12 Übersicht über die Bundesländer aller Kursteilnehmer im Projektzeitraum	29
Abbildung 13 ConceptionMap Begleitforschung PASCH-Camp, Prä Befragungsbeispiel	33
Abbildung 14 ConceptionMap Auswertung PASCH-Camp	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Lerneinheiten des Moduls Müll im Meer in der Übersicht	12
Tabelle 2 Lehrerfortbildungen im Projektzeitraum in der Übersicht.....	20
Tabelle 3 Kurse des Schülerlabors mit Plastikmodul im Projektzeitraum	28
Tabelle 4 Übersicht der gefallenen Wissenskategorien aus den ConceptionMaps.....	35

1. Zusammenfassung

Das Projekt „Müll im Meer – Schülerinnen und Schüler forschen zu Ursachen und Vorkommen von Plastikmüll im Meer“ bereitet aktuelles Expertenwissen über die Verteilung und Auswirkungen von Plastikmüll didaktisch für die Sekundarstufe II auf. In fundierter und praxisorientierter Weise erlangen die Schülerinnen und Schüler Wissen über Eigenschaften von Plastik, Eintragswege, wissenschaftliche Nachweismethoden, Nutzung von Ressourcen sowie nachhaltigen Konsum. Zusätzlich wird die Kompetenz des ethischen Bewertens gefördert. Die Wissensvermittlung findet innerhalb von 3-5-tägigen Lernmodulen am außerschulischen Lernort *Schülerlabor OPENSEA* statt. Die Lerneinheiten des Lernmoduls werden durch ein interdisziplinäres Team des Alfred-Wegener-Instituts und der Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg nach dem Prinzip der Bildung für nachhaltige Entwicklung konzipiert. Die Lerneinheiten sind auch dazu ausgelegt im Rahmen von Naturschutz und nachhaltiger Nutzung von Ressourcen in Schulen durchgeführt zu werden, da sie nach Abschluss des Projektes Lehrkräften frei zur Verfügung stehen. Ein weiterer Aspekt des Projekts sind Lehrerfortbildungen. Sie thematisieren das aktuelle Wissen der Forschung zu Plastik, behandeln die Probennahme, Analytik und Quantifizierung von Plastik im Meer. So werden die Lehrkräfte, denen das Modulmaterial zur Verfügung gestellt wird und deren Schülerinnen und Schüler, welche das Modul Müll im Meer durchlaufen haben, zu Multiplikatoren der Problematik.

2. Projektidee und Hintergrund

„...Die Belastung mit Abfällen, insbesondere Plastikmüll, ist besorgniserregend. Deshalb müssen wir dafür sorgen, dass auch künftige Generationen eine gesunde Meeresumwelt vorfinden...“ (Wenzel 2016)

Der Plastikkonsum unserer heutigen Gesellschaft scheint ins Unermessliche zu wachsen. Die Produktionsmengen nehmen von Jahr zu Jahr zu. Wurden 2017 noch 348 Millionen Tonnen Plastik weltweit produziert, so waren es Jahr 2018 schon 359 Millionen Tonnen Plastik, die weltweit neu produziert wurden (Quelle: Plastic Europe, 2019). Mit der Produktion steigt auch die Menge an Plastik, die in die Umwelt eingebracht wird. Im Allgemeinen wird der Begriff Kunststoff für den Rohstoff, den eigentlichen Werkstoff, verwendet und Plastik als Bezeichnung für das fertige Produkt. Plastik weist im Sprachgebrauch häufig eine negative Dotierung auf, da der Begriff mit Wegwerfprodukten und der Umweltverschmutzung durch Einwegprodukte aus dieser Stoffklasse in Verbindung gebracht wird. Im Folgenden werden die Begriffe Kunststoff und Plastik als gleichwertige Synonyme (ohne Wertung) verwendet, wobei im Text häufig die Rede von Kunststoffen ist, wenn die Eigenschaften der Stoffe thematisiert werden und das Wort Plastik, wenn es um den Stoff im Zusammenhang mit der Umweltbelastung geht. Auf chemischer Ebene betrachtet, bezeichnet man Kunststoffe auch als Polymere auf Grundlage ihres chemischen Aufbaus. Dabei ist es wichtig, zwischen synthetischen und natürlichen Polymeren zu unterscheiden, Plastikpolymere, unabhängig von dem Rohmaterial, aus dem sie hergestellt werden, gehören zu den künstlichen.

Plastik findet sich heute überall in unserer Umwelt und vieles davon gelangt ins Meer. In den Ökosystemen unserer Meere richtet Plastik in all seinen Erscheinungsformen viel Schaden an.

Diese Auswirkungen bleiben auch der Gesellschaft nicht verborgen und so gibt es viele Maßnahmen und Ideen Plastikmüll, der bereits in die Meere gelangt ist, wieder zu entfernen. Aber all diese Maßnahmen sind nicht effektiv und zeigen wenig bis kaum einen Nutzen.

Es benötigt also einer anderen Strategie. Allen voran sollte der Eintrag ins Meer verhindert oder zuerst verringert werden. Dafür ist es wichtig aktuelle relevante Wissenschaft zu kommunizieren und so eine Sensibilisierung für das Thema zu schaffen. Besonders vielversprechend scheint dieser Ansatz, wenn man bei der heranwachsenden Gesellschaft, der Generation von morgen, ansetzt. Bei den jungen Menschen zeichnet sich der Trend ab, dass im Laufe der Schulzeit das Interesse an Naturwissenschaften abnimmt (Krapp and Prenzel 2011). Daher ist eine Aufgabe unserer Gesellschaft ein neues Bewusstsein für die Natur und ihren Schutz bei den jungen Menschen zu schaffen. Neben der Schulung des Bewusstseins für die Natur spielt auch der nachhaltige Umgang mit Ressourcen eine entscheidende Rolle. Beides sollte gefördert werden.

Drei verschiedene Nachhaltigkeitsstrategien müssen in diesem Zusammenhang mit Schülern und Schülerinnen (im nachfolgenden kurz SuS) hinsichtlich ihrer alltäglichen Umsetzung reflektiert werden (Huber 2011): Effizienz, Suffizienz und Konsistenz. Effizienzforderungen zielen darauf ab, Ressourcen ergiebiger einzusetzen und zu nutzen, wohingegen Suffizienzforderungen daraufsetzen, dass der Ressourcenverbrauch sinkt, weil weniger Güter nachgefragt werden. Konsistenzforderungen beziehen sich auf Industrien, die so umstrukturiert werden sollen, dass industrielle Stoffwechselprozesse die Stoffwechselprozesse der Ökosysteme nicht beeinträchtigen, Ressourcen und Senken sollen dabei nicht weniger, sondern anders genutzt werden (Huber 2011).

Um eine andere Nutzung zu gewährleisten, wird auf Innovationen gesetzt, die meist technologisch ausgerichtet sind, aber auch institutionell oder sozial sein können. Im Falle dieses neuen noch wenig beforschten Themas „Plastikmüll im Meer“ sind jedoch individuelle und prinzipielle Wissensdefizite gegeben, da KonsumentInnen in vielen Fällen nicht über die notwendigen Informationen verfügen. An dieser Stelle setzte das Projekt an, indem es versucht, SuS als junge Konsumenten über die Erforschung der Thematik anhand naturwissenschaftlicher Konzepte zu den Konsequenzen von Plastikmüll in der marinen Umwelt einen Zugang zu vermitteln. Es werden Fähigkeiten und Fertigkeiten erworben, um über die Vor- und Nachteile von Plastikkonsumgütern zu entscheiden, sowie alternative Handlungsoptionen erarbeitet, um nachhaltiges Konsumverhalten in Bezug auf Plastikprodukte vorzubereiten.

2.1. Projektidee

Die Intention des Projektes ist, aktuell gesellschaftlich relevantes Expertenwissen in die Gesellschaft, allen voran gerichtet an die Jugendlichen, zu kommunizieren. Dafür ist das Expertenwissen über die Meeresverschmutzung mit Plastik und die Analytik von Plastikmüll aus Umweltproben für SuS der Sekundarstufe II (Sek II) didaktisch aufgearbeitet wurden. Das aktuelle Wissen in der Forschung wurde genutzt, um innerhalb des 35 monatigen Projektes Lerneinheiten eines Lernmodules Müll im Meer zu entwickeln (inklusive 3-monatige Vorbereitungsphase), um SuS und Lehrenden an außerschulischen Lernorten sowie in der Schule die Möglichkeit zu geben, das aktuelle Thema „Plastikmüll im Meer“ fundiert in sehr praxisorientierter Weise im Unterricht umzusetzen.

Unser Konzept sieht vor, das Projekt „Plastikmüll im Meer“ im naturwissenschaftlichen Unterricht zu integrieren. Es kann im Zusammenhang mit der Thematik Umweltschutz und nachhaltige Nutzung von Ressourcen in den Lehrplan eingebettet werden. Es ist ein 4-5 tages Lernmodul am AWI Schülerlabor OPENSEA entstanden, welches ein fundiertes und umfassendes Wissen zum Themenschwerpunkt Plastikmüll im Meer zur Verfügung stellt. Fachliches Wissen, ethische Bewertungskompetenz sowie nachhaltiges Konsumverhalten und Systemdenken von SuS wird gefördert. Die Konzeption des Lehrmoduls mit seinen Lerneinheiten erfolgte nach dem Prinzip der symbiotischen Implementationsstrategie. Durch die enge Vernetzung der interdisziplinären Kompetenzen des Schülerlabors mit einer erfahrenen Lehrkraft, AWI Fachwissenschaftlern und der Biologiedidaktik der Universität Oldenburg (IBU, ICBM, Lernlabor Wattenmeer), ist für die Sek II ein Lernmodul Angebot entstanden, was sich ganz im Sinne der Bildung für nachhaltige Entwicklung unter besonderer Berücksichtigung des Aspektes des nachhaltigen Konsumverhaltens versteht. Das Thema Umweltschutz und nachhaltige Nutzung von Ressourcen, das in unserer Gesellschaft ein wichtiges und aktuell vielseitig diskutiertes Spannungsfeld darstellt, wird durch dieses Projekt sehr praxisnah behandelt. Langfristiges Ziel ist es, einen verantwortungsbewussten und reflektierten Umgang mit Plastikprodukten bei den SuS zu fördern.

2.2. Projektziel

Das Ziel des DBU Projektes „Müll im Meer- Schülerinnen und Schüler forschen zu Ursachen und Vorkommen von Plastikmüll im Meer“ vom Schülerlabor OPENSEA ist, für SuS der Sek II ein didaktisches Konzept im Sinne der Bildung für nachhaltige Entwicklung und nachhaltigen Konsum anzubieten, das es erlaubt, das Thema Umweltschutz und nachhaltige Nutzung von Ressourcen anhand von Plastikmüll sehr praxisnah zu behandeln. Die Erstellung des Konzeptes und des Lernmoduls erfolgte in enger Kooperation mit Prof. Corinna Hößle von der Biologiedidaktik, Institut für Biologie und Umweltwissenschaften der Universität Oldenburg. Auch die Expertise und langjährige Erfahrung vom außerschulischem Lernort Lernlabor Wattenmeer der Universität Oldenburg in Person von Dr. Holger Winkler vom Institut für Chemie und Biologie des Meeres und Dipl. Biologin Anja Wübben vom Institut für Biologie und Umweltwissenschaften flossen bei der Entwicklung der Lerneinheiten mit ein.

Durch die Bearbeitung der Lerneinheiten des Lernmoduls Müll im Meer sollen den SuS Bewertungs- und Handlungskompetenzen vermittelt werden. Das Projekt hat das Ziel, für dieses aktuelle Themenfeld Konzepte für SuS anzubieten, die sie dazu befähigen, die Folgen einer Belastung mit Plastikmüll selber einschätzen zu können. Daneben bietet das Projekt die Möglichkeit, den Fachunterricht durch Einblicke in wissenschaftliche Arbeitsweisen gewinnbringend zu ergänzen und experimentelle Kompetenzen an die SuS zu vermitteln. Das Lernmodul zielt darauf ab, SuS aktiv am Prozess der Erkenntnisgewinnung zu beteiligen. Dies fördert laut Allchin (2011) das bessere Verständnis und die Reflektion des erlernten Wissens bei den SuS. Die Lerneinheiten wurden daher so entwickelt, dass die SuS größtenteils eigenverantwortlich und kooperativ mit Hilfe von Experimenten und Freilandarbeit Wissen erarbeiten, was nicht nur die Motivation der Lernenden am Wissenszuwachs zum Thema Müll im Meer fördert, sondern auch die Kompetenzentwicklung in Bereich Erkenntnisgewinnung. Zudem unterstützt es den Neuaufbau das veränderte Naturverständnis der SuS von heute durch die direkte Interaktion mit der Natur (Kühnis 2019).

Experimentieren allein ändert jedoch kein Bewusstsein und hilft nicht, nachhaltiges Konsumverhalten zu fördern. Neben dem Experimentieren werden deshalb ethische Bewertungsprozesse anhand unterschiedlicher Methoden (6-Schritte moralischer Urteilsfähigkeit, Dilemma-Methode, Kriterienanalyse) geübt und nachhaltiges bzw. nicht-nachhaltiges Konsumverhalten in Bezug auf Plastikprodukte in Diskursen, Rollenspielen und Zukunftsszenarien reflektiert.

Auch Lehrkräfte sind in diesem Zusammenhang entscheidende Multiplikatoren für gesellschaftlich relevante Themen, die Schule ist eine wichtige Plattform um Wissen und Handlungskompetenzen in die junge Gesellschaft zu transportieren. Daher stellte ein Teil des Projektes die Vermittlung von Fachwissen und der Methoden, wie die Thematik Müll im Meer didaktisch im Unterricht betrachtet werden kann, dar. Um dieses Projektziel umzusetzen, fanden mehrere Lehrfortbildungen zum Thema Müll im Meer statt, wo die Experimente im Vordergrund standen.

Besonders SuS können in der Gesellschaft als entscheidende Multiplikatoren agieren. Das Projekt Müll im Meer – SchülerInnen forschen zu Ursachen und Vorkommen von Plastikmüll im Meer unterstützt SuS, sich ein eigenes wissenschaftsbasiertes Urteil zu bilden. Bei der Zielgruppe soll durch die Veränderung des Bewusstseins langfristig eine Weichenstellung im Umgang mit Plastik erreicht werden.

3. Lehrmaterial (des erarbeiteten Projektmoduls)

3.1. Modulentwicklung

Um Lerneinheiten im Sinne der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und forschend-entdeckenden Lernens zu entwickeln, wurden zu Beginn der Projektlaufzeit Schülervorstellungen erfasst. Dafür wurde im Januar 2018 eine Vorabbefragung, mit Hilfe eines zuvor entwickelten Fragebogens, mit SuS der James-Krüss-Gemeinschaftsschule Helgoland (9. und 10. Klasse, n=9) durchgeführt. Neben ihrem aktuellen Wissensstand zu Kunststoffen wurde zudem ihr Verhältnis zum Thema Plastik im Meer aufgenommen. Im Fragenkomplex (siehe Fragebogen im Anhang) über den Alltagsbezug zeigte sich bei den Antworten, dass alle SuS über die Medien, wie Fernsehen und Onlinemedien, sowie Sozialen Netzwerken, Wissen zum Thema Plastik aufnehmen. Ein Fünftel der Befragten gab allerdings an, in der Schule noch nie etwas zu Plastik gelernt zu haben. Das unterstreicht die Notwendigkeit des Projekts und des entwickelten Lernmoduls zu diesem Thema. Für die Themenbereiche, bei denen durch die Befragung ein sehr hohes Wissensdefizit bei einer Mehrheit der SuS festgestellt werden konnte, wurden entsprechend Lerneinheiten passgenau entwickelt, welche direkt auf diese Wissenslücke abzielen. Dies war zum Beispiel bei der Einordnung von Makro- und Mikroplastik und bei dem Thema Bedeutung von Mikroplastikbelastung in der Umwelt durch Kleidung und durch das Waschen von Kleidungsstücken der Fall.

Die Befragung hat außerdem ergeben, dass vor allem die Kompetenz, vermittelt werden sollte, zwischen dem Nutzen und der Notwendigkeit von Plastik im Alltag, und der Entsorgungsproblematik von Plastik als Müll, zu differenzieren mit dem Ziel, das Systemdenken der SuS bezüglich des Plastikkreislaufs zu stärken. Auf Grundlage der Ergebnisse aus der

Vorbefragung war es möglich, Experimente und Lerneinheiten zu entwickeln, die an dem aktuellen Wissensstand der SuS anknüpfen, sodass ihre Vorstellungen zum Thema einbezogen werden können.

Ergänzend wurde zu Beginn der ersten Projektphase eine intensive Literaturrecherche zum aktuellen Stand der Forschung zu Plastik in der Umwelt betrieben und ein Netzwerk u. a. mit den Wissenschaftlern der Mikroplastikarbeitsgruppe des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung (AWI) geknüpft. Dies ermöglichte einen permanenten Austausch zur aktuellen Plastikforschung und lieferte Ansätze, die in einem zweiten Schritt einer didaktischen Reduzierung unterzogen wurden. Weitere Partner im Netzwerk sind die Plastikpiraten in Kiel, das Schülerlabor am IOW in Warnemünde und an der Universität in Bayreuth, die sich ebenfalls mit dem Themenkomplex Plastik und Bildung auseinandersetzen.

In der folgenden Projektphase wurde das Expertenwissen zum Thema Müll im Meer in Lerneinheiten verarbeitet und so didaktisch aufbereitet, dass es für SuS verständlich ist und selbstständig erarbeitet werden kann. Laut einer Studie von Hemmer (2010) interessieren sich SuS besonders für Naturkatastrophen und Umweltprobleme, hier zumeist für die Gewässerverschmutzung. Das Interesse der Lernenden an diesem Thema ist also durchaus gegeben, zumal sie damit in ihrem täglichen Leben konfrontiert werden. Die Lerneinheiten mussten entsprechend so aufgebaut werden, dass sie die SuS auf dem Wissensstand abholen, den sie sich im Alltag zum Thema Müll im Meer erworben haben und so interessant gestaltet werden, dass die Lernmotivation während der Durchführung nicht verloren geht. Dies ist auch ein Grund, warum die Lerneinheiten relativ viel Freilandarbeit enthalten. Freilandarbeit verbunden mit dem Draußen Lernen stellt eine deutliche Abwechslung zum Schulalltag dar, die SuS nehmen es als Autonomie wahr, sie erhöht deutlich die Motivation zum Lernen (Dillon et al. 2006). Dieser Aspekt kommt vor allem bei der Umsetzung des Lernmoduls in der Schule zum Tragen, aber auch der Besuch des Schülerlabors und die Freilandarbeit haben einen ähnlichen Effekt. Die Lerneinheiten des erarbeiteten Moduls können ohne fachliches Vorwissen von den Lernenden ausgeführt werden. Zudem bietet das Modul eine hohe Flexibilität durch seinen modularen Aufbau mit den einzelnen Lerneinheiten, die unabhängig voneinander durchgeführt werden können. Jede Einheit betrachte ein Feld der „Müll im Meer“ Thematik und vermittelt die entsprechenden Hintergrundinformationen. Das gesamte Modul bildet ein sehr umfangreiches Bild der Umweltsituation rund um Plastik im Meer ab. Bei der Konzeption wurde zusätzlich darauf hingearbeitet, dass Elemente, wie der Erwerb von Fachwissen, Systemdenken, ethische Bewertungskompetenz und die nachhaltige Nutzung von Ressourcen, sowie ein reflektiertes Konsumverhalten berücksichtigt sind (Bildung für nachhaltige Entwicklung). Bei der Umsetzung wurde darauf geachtet, dass die SuS sich die Experimente eigenverantwortlich erarbeiten. Ein weiterer wichtiger Aspekt war, dass den SuS verständlich wird, welche Relevanz der experimentelle Ansatz für die Ökosysteme hat. Die Lernenden müssen das Experiment als Model in die Umwelt übertragen und Schlussfolgerungen daraus ziehen, was die beobachteten Ereignisse für Konsequenzen für das Ökosystem haben.

Die Konzeption der Lehrmodule erfolgt nach dem Prinzip der symbiotischen Implementationsstrategie (Alfs, Hößle and Alfs, 2011, Menthe et al., 2013). Es bestand eine enge Zusammenarbeit der Mitarbeiter des Schülerlabors mit den Didaktikern der Biologie Didaktik und den Mitarbeiter des Lernlabors Wattenmeer der Universität Oldenburg. In mehreren Kooperationstreffen wurden die Lerneinheiten besprochen und hinsichtlich der gesammelten

Erfahrungen bei den Durchführungen mit mehreren Kursen angepasst und verbessert. Nach jeder Durchführung im Schülerlabor OPENSEA wurde mündlich und zu Beginn in Form einer Feedback-Zielscheibe eine Rückmeldung zu den angebotenen Lerneinheiten eingeholt. Nachfolgend wurden die einzelnen Einheiten auf Basis des Feedbacks verbessert und angepasst, sodass diese in einem stetigen Prozess optimiert und entsprechend neue Einheiten in das Modul eingeführt werden konnten.

3.2. Die Lerneinheiten des Moduls (Schülermaterial)

Im Folgenden werden die konzipierten Lerneinheiten vorgestellt. Sie bilden einen ganzheitlichen Überblick über die Eigenschaften von Kunststoffen und die Verbreitung, sowie Herkunft von Plastik im Meer. Tabelle 1 bietet einen Überblick über die Auswahl der Lerneinheiten des Moduls, wo die Einheit stattfindet und beschreibt die optimale Größe der Kleingruppe an SuS, welche die Einheit in kooperativer Arbeit bzw. das Experiment gemeinsam ausführt. Dies schließt nicht aus, dass mehrere Kleingruppen die gleiche Einheit parallel ausführen können.

Tabelle 1 Lerneinheiten des Moduls Müll im Meer in der Übersicht

Name der Lerneinheit	Freiland / Labor	Zeitaufwand (h)	Größe (max.) Kleingruppen
Chemische Eigenschaften von Kunststoffen	Labor	1-1,5	4
Physikalische Eigenschaften von Kunststoffen	Labor	1-1,5	4
Müllmonitoring	Freiland/Labor	2-3	10
Plastik im Sand	Freiland/Labor	4-5t	3
Plastik im Meer	Freiland/Labor	3	3
Verstecktes Plastik	Labor	1-1,5	3
Lösungsansätze	Theorie	1-2	3

Chemische Eigenschaften von Kunststoff



Abbildung 1 Schülerinnen untersuchen Kunststoff auf seine Schmelzeigenschaften

Kunststoffe werden hergestellt, um verschiedenen Anforderungen standzuhalten und weisen daher je nach Art des Kunststoffes unterschiedliche Eigenschaften auf. In der Einheit zu den chemischen Eigenschaften von Kunststoffen werden verschiedene kleinere Experimente angeboten, die die Vielseitigkeit des Materials verdeutlichen. Es werden z.B. die Brennbarkeit, Wärmeleitfähigkeit und die Dichte unterschiedlicher Kunststoffe (auch Polymere genannt) untersucht. Dazu erhalten die SuS verschiedene Polymere, welche sie eigenständig in selbstgewählten kleinen Experimenten auf ihre speziellen Eigenschaften untersuchen. Die Polymere dürfen sie unter anderem durch Brechen auf ihre Elastizität untersuchen oder durch Verbrennen herausfinden, ob die Stoffe rußen und/oder schmelzen. Zusätzlich werden in der Lerneinheit auch die Entstehung und das Recycling von Plastik thematisiert.

Am Ende der Einheit sollen die SuS die Klassifizierungen von Plastik in Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere kennen und die untersuchten Kunststoffe diesen Kategorien anhand ihrer Eigenschaften zuordnen können. Außerdem sollten SuS die Nutzungshäufigkeiten nachvollziehen können, sowie den Bezug zu Ersatzprodukten herstellen. Der Fokus liegt auf dem Erlangen von Fachwissen und Experimentierkompetenz. Das Zuordnen der einzelnen untersuchten Polymere zu den jeweiligen Plastikklassen fordert Systemdenken von der Lernenden.

Physikalische Eigenschaften von Kunststoff

Aufhänger dieser Einheit sind die viel diskutierten Müllstrudel im Meer. Allerdings wird gleich zu Beginn dargestellt, dass die Müllstrudel nicht nur durch Strömungen im Meer entstehen, sondern auch andere Treibkräfte wie Winde zu ihrer Entstehung beitragen. Dennoch untersucht diese Lerneinheit unterschiedliche Faktoren, die die horizontale sowie die vertikale Verteilung von Plastik im Meer beeinflussen. Dazu gehören chemische und physikalische Eigenschaften, welche die Dichte von Wasser beeinflussen und wie aufgrund von Mischung von Wasser unterschiedlicher Dichte Strömungen entstehen. Am Anfang werden diese Eigenschaften durch eigene Recherche der SuS in Erfahrung gebracht. Die SuS erhalten zusätzlich Material zur Thermohalinen Zirkulation, welche die Haupttriebkraft für die globale Wassermassenbewegung ist.



Abbildung 2 Lernende beobachten die Schichtung von Wasser unterschiedlicher Dichten

Die SuS erarbeiten sich aus den Informationen ein oder zwei Experimente, um den Einfluss der genannten Faktoren auf Plastik zu erforschen. Um Wasserschichten zu simulieren, wird Wasser mit unterschiedlichen Dichten hergestellt (Salzwasser-Süßwasser, warmes Wasser–kaltes Wasser) und zur besseren Veranschaulichung angefärbt. Anschließend wird beobachtet, wie sich die unterschiedlichen Wasserkörper zueinander verhalten. Durch Hinzugeben von unterschiedlichen Plastikpolymeren in Form von kleinen Plastikteilchen wird zusätzlich das Verhalten dieser verschiedenen Polymere bei unterschiedlichen Umgebungsdichten untersucht. Dadurch können Rückschlüsse auf die vertikale Verteilung des Plastikmülls im Meer geschlossen werden. Die horizontale Verteilung des Plastiks im Meer kann in diesem Versuch nur theoretisch mit Hilfe der Thermohalinen Zirkulation thematisiert werden. Dadurch erhalten die SuS ein möglichst umfassendes Bild über die vertikale Verteilung von Plastik im Meer durch die Schichtung und die horizontale Verteilung durch die genannten Strömungen.

Bei diesem Versuch erwerben SuS die Kompetenz des wissenschaftlichen Arbeitens durch das forschend-entdeckende Lernen und die Kompetenz des Systemdenkens. Zusätzlich wird Fachwissen zur Thermohalinen Zirkulation generiert. Das Verständnis der Thermohalinen Zirkulation, sowie der Einfluss der Dichte hilft den SuS für Überlegungen zur Verteilung und Vorkommen von Plastikmüll im Meer.

Müllmonitoring

Beim OSPAR Spülsaum-Monitoring wird an Stränden nach offiziellen EU-Regularien Müll gesammelt und in verschiedene Kategorien sortiert ("Photo Guide for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Area 100 m Edition 1.0" 2010). OSPAR steht für den Zusammenschluss der Abkommen von Paris und Oslo im September 1992 im Rahmen eines neuen Abkommens. Die Abkürzung wird sowohl für das geschlossene Abkommen, als auch für die entstandene Kommission verwendet. Die OSPAR-Kommission ist zuständig für alles, was im Nordostatlantik (inklusive der Nordsee) eingebracht wird. Unterzeichnet haben OSPAR neben Finnland, Schweiz und Luxemburg, alle Anrainerstaaten des Nordostatlantiks. Im komplettierten Abkommen von 1998 wurde eine weitere Anlage zum Schutz und der Erhaltung der Ökosysteme und der biologischen Vielfalt der Meeressysteme hinzugefügt. Darin ist ein verstärktes Monitoring der Gewässer in Bezug auf die Müllverschmutzung festgeschrieben, ein Teil dieses Monitorings stellt das OSPAR- Spülsaum-Monitoring an Stränden dar.



Abbildung 3 SuS sammeln Müll am Strand von Helgoland im abgesteckten Bereich (mit roten Holzstäben markiert)

Dieses europäische Monitoring Programm dient in dieser Lerneinheit als Grundlage und wurde entsprechend adaptiert. In einer definierten Fläche werden am Strand systematisch alle Müllteile eingesammelt und dokumentiert. Anschließend erfolgt die Kategorisierung des Mülls mit Hilfe des OSPAR - Photoguides. Die von den SuS erhobenen Daten über die Art und Menge des gefundenen Materials werden mit zuvor erhobenen Daten vom gleichen Standort verglichen. Das Besondere dieser Lerneinheit ist die Beprobung einer festen Versuchsfläche, welche immer wieder, nach einem vorgegebenen Protokoll, für diese Untersuchung genutzt wird. Der Monitoring Charakter des OSPAR Programmes wird umgesetzt, wodurch die Beprobung einen realen und sehr wissenschaftlichen Charakter erhält.

In dieser Einheit wird, neben der wissenschaftlichen Arbeitsweise, systemisches Denken gefördert, sowie der nachhaltige Umgang mit Ressourcen. Zusätzlich bietet es den Lernenden die Möglichkeit ihr eigenes Konsumverhalten zu reflektieren. Die SuS erkennen durch die Einheit, dass Makromüll am Strand aus verschiedenen Materialien und nicht ausschließlich aus Plastik besteht und dass der Müll unterschiedliche Ursprünge (Eintragungswege/Quellen) haben kann. Außerdem zielt die Einheit darauf ab, dass SuS ihr gewonnenes Wissen anwenden können und im Vergleich der Daten erkennen, dass die Menge Müll an Stränden von bestimmten Faktoren abhängt. Die Variabilität der Daten lässt sich einerseits auf die unterschiedlichen Wetter und Windlagen zurückführen. Ein anderer ganz entscheidender Faktor ist aber die An- oder Abwesenheit von Touristen am Strand. Die Daten zeigen eine deutliche saisonale Abhängigkeit.

Plastik im Sand

Studien zeigen, dass Sedimente eine Senke von Mikroplastik (Plastikpartikel unter 5mm) darstellen. Häufig werden auch die Strände auf Plastikpartikel in dieser Größenordnung untersucht. Die gefundenen Mengen unterscheiden sich sehr stark. In der Einheit zu Plastik im Sand werden die Strände von Helgoland untersucht und die Funde ins Verhältnis zu anderen Ergebnissen aus der Literatur gesetzt. Diese Einheit lässt sich ohne weiteres an jedem Strand eines jeden Gewässertyps durchführen.

Die SuS bekommen eine Einführung in die Thematik und erarbeiten sich eigenständig die Versuchsdurchführung. Dabei wird ein Forschungsprozess komplett durchlaufen: von der Hypothesenbildung bis zur Auswertung und Interpretation der erhobenen Daten. Es werden Proben entlang des Spülsaums oder mittig vom Strand genommen. Die Sandprobe wird nach der Aufbereitung mittels Infrarotspektroskopie auf Plastik untersucht. Das Messverfahren der Infrarotspektroskopie wird erklärt und geübt. Außerdem werden die erhobenen Daten mit anderen Daten aus der Literatur verglichen.



Abbildung 4 SuS bereiten die Salzlösung für die Dichte Separation vor

Dieser Versuch dient unter anderem dazu, SuS auf mögliche Kontaminationsquellen während der Probennahme und Aufbereitung aufmerksam zu machen und ihnen vor Augen zu führen, was wissenschaftlich sauberes und korrektes Arbeiten beinhaltet. Diese Lerneinheit zeigt, wie arbeitsintensiv die Beantwortung einer Forschungsfrage sein kann und welche Schritte dafür benötigt werden. Auch die gewählte Methode ist direkt aus der Forschung übernommen (Quelle). Die Einheit Plastik im Meer vermittelt den SuS Fachwissen, Systemdenken und wissenschaftliches Arbeiten.

Plastik im Meer

Müll wird überwiegend durch Winde und Oberflächenströmungen verfrachtet und so über den ganzen Globus verteilt (Howell et al. 2012). Auf Grund dieser Tatsache findet sich Plastikabfall und anderer Müll oft an sehr unzugänglichen Orten, wo man ihn nicht vermutet hätte. In dieser Einheit bekommen die SuS die Möglichkeit, die Wege des Mülls in der Nordsee nachzuvollziehen. Um mögliche Wege des Mülls zu erkennen, werden mit den SuS aktuelle Strömungs- und Wetterkarten des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) analysiert. Mit Hilfe der daraus gewonnenen Informationen wird durch die SuS ein Ort bestimmt, an dem mit einem umgebauten Planktonnetz vom Oberflächenwasser rund um Helgoland Proben von Makromüll genommen werden. Dabei bestimmten die SuS einen Ort, wo laut der aktuell vorherrschenden Strömungs- und/oder Windrichtung angespülter Müll zu erwarten ist und welcher gleichzeitig zugänglich ist. Der entnommene Müll wird anschließend nach OSPAR-



Abbildung 5 Müllfischen mit modifizierten Planktonnetz im Hafenbecken Helgoland

Kriterien (OSPAR Photoguide) kategorisiert und die Müllzusammensetzung untersucht. Die Analyse und graphische Darstellung der Daten veranschaulicht, dass der größte Anteil des gesammelten Mülls auf Plastikteile entfällt. Außerdem zeigt sich bei genauer Betrachtung der Fundstücke oft, dass der Müll nicht direkt von der Insel stammt, da er teilweise schon recht lange im Wasser war und andererseits oft aus anderen Ländern stammt (nachvollziehbar an Sprache der Aufdrucke oder Verkäufererkennung).

Diese Lerneinheit bietet den SuS die Möglichkeit, Zusammenhänge zwischen der Verteilung von Müll, Oberflächenströmungen und Windrichtungen zu erkennen. In diesem Zusammenhang werden auch die Entstehung, das Erscheinungsbild, sowie die geographische Lage der Müllstrudel theoretisch

besprochen. Neben dem Erwerb von Fachwissen und dem Einsatz von Systemdenken wird auch die wissenschaftliche Arbeitsweise durch die eigenständige Versuchsplanung und Durchführung gefördert.

Verstecktes Plastik

Zu den Quellen für Mikroplastik im Meer gehören die Abwässer, die über die Flüsse ins Meer gelangen. Diese Abwässer sind unter anderem mit Fasern von Kleidung oder Mikroplastikrückständen von Kosmetika belastet (Napper and Thompson, 2016, Bertling, Harmann Leandra and Hiebel Markus, 2018, Pirc *et al.*, 2016).

In dieser Einheit werden die Mikroplastikeinträge über häusliche Abwässer thematisiert und stellvertretend dafür der Eintragungsweg über die Waschmaschine näher betrachtet. Die Sus erhalten die Aufgabe, ein Fleece-tuch oder -pullover zu waschen. Anschließend wird das Waschwasser über einen zuvor gewogenen Filter geben. Die nach dem Filtrieren des Waschwassers zurückbleibenden Fasern werden mittels Stereomikroskopie und Infrarotspektroskopie analysiert. Zudem kann das Gewicht der im Filter zurückbleibenden Fasern bestimmt und auf eine volle Waschmaschinenfüllung hochgerechnet werden.



Abbildung 6 Schülerinnen waschen ein Fleece-tuch im Metalleimer und wiegen einen Filter

Das Ziel der Einheit ist es, den SuS einerseits vor Augen zu führen, wie vielseitig die Eintragswege von Plastik ins Meer sind und andererseits, wie unscheinbar diese sein können. Diese Einheit zeigt, dass ein für uns völlig alltäglicher Vorgang einen großen Effekt auf die Umwelt haben kann, erst recht, wenn einem dieser als Eintragsquelle nicht bewusst ist. Das Thema dieser Einheit soll SuS helfen ihr eigenes Konsumverhalten zu überdenken und zu bewerten. Anhand der Thematisierung der Eintragungswege von Mikroplastik in marine Systeme wird darüber hinaus das Fachwissen und Systemdenken geschult.

Lösungsansätze

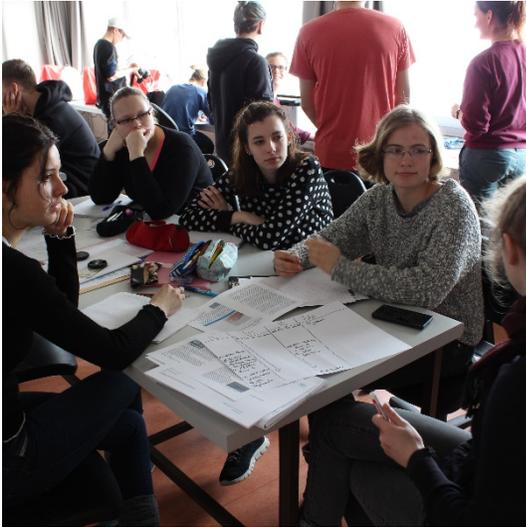


Abbildung 7 Diskussion zu Vor- und Nachteilen der Strategien verschiedener Organisation

Weltweit gibt es unterschiedliche Ansichten und Strategien der Gewässerverschmutzung durch Plastik entgegenzuwirken. Einige Menschen und Organisationen haben gute Ideen und innovative Lösungsansätze in den letzten Jahren entwickelt, um Plastik aus der Umwelt zu entfernen oder den Eintrag zu verhindern. Dazu gehören unter anderem Unverpackt-Läden, Strandsäuberungsaktionen, Fishing for Litter und Technologien, um Müll aus dem Meer zu entfernen. Diese Strategien und Lösungsansätze zur Vermeidung und Reinigung werden in dieser Lerneinheit thematisiert. Die SuS müssen sich mit den vorgestellten Ideen auseinandersetzen und auf Praktikabilität und Effizienz prüfen. Dafür müssen sie im Internet recherchieren, aber auch ihr bisher erlangtes Wissen anwenden. Im Anschluss wird mit Hilfe der Entscheidungsbaum-

Methode der Lösungsansatz ermittelt, welcher den SuS in Umsetzung und Effizienz am vielversprechendsten erscheint. Neben dem Anwenden des Systemischen Wissens fordert diese Einheit auch die Bewertungskompetenz der Lernenden.

3.3. Lehrmaterial und Lehrerfortbildung

Lehrmaterial

Zu jeder in Abschnitt 3.2. Die Lerneinheiten des Moduls (Schülermaterial) vorgestellten Einheit wurde Material für die Lehrkräfte erarbeitet. Dieses Material befähigt die Lehrkräfte, die Versuche eigenständig und unterstützt durch das erforderliche Hintergrundwissen durchzuführen. Zu jeder Lerneinheit enthält das Lehrmaterial umfangreiches Fachwissen, was bei der Durchführung der Lerninhalte mit SuS benötigt wird. Dieses Fachwissen ist zusätzlich durch wissenschaftliche Quellen belegt und kann in der Literatur individuell ergänzt werden. Des Weiteren beinhaltet das Material zu jeder Lerneinheit einen Kurzüberblick mit den wichtigsten Informationen (Inhalt, Dauer, Gruppengröße...), sowie den genauen Ablauf eines jeden Experimentes. Dies ermöglicht den Lehrkräften jede Lerneinheit zielgerichtet vorzubereiten, da auch die Grob- und Feinlernziele aufgeschlüsselt dargestellt werden. Die Lösungen für die gestellten Aufgaben und Fragen werden chronologisch und zum Teil graphisch gezeigt.

		Plastik-im-Meer	Seite 1
Physikalische Eigenschaften von Plastik – Lehrer			
Praktische Hinweise			
Zeitdauer der Veranstaltung:	ca. 45 Minuten		
Gruppengröße / Sozialform:	Bis 30 Personen in Gruppenarbeit		
Alter der Zielgruppe:	ab 16 Jahren		
Raum:	Labor		
benötigte Materialien:	<ul style="list-style-type: none"> • → Wassertank (50x20x2cm [b/h/t]) mit Trennwand • → oder Messzylinder (500ml) • → Leitungswasser: warm und kalt • → Kochsalz (NaCl) • → Thermometer • → 2 Bechergläser • → Lebensmittelfarbe • → Plastikpartikel mit unterschiedlicher Dichte • → (Refraktometer (mit Pipette)) 		
Bezugsquellen der Materialien:	Laborfachhandel, Supermarkt, Plastikproben können kostenfrei bei PlastikEurope angefordert werden.		
Entsorgung der Versuchsmaterialien:	Kunststoffe und Reagenzien, soweit möglich, recyceln und wiederverwenden. Plastik-Abfälle im Restmüll entsorgen.		

Abbildung 8 Auszug aus dem Material für Lehrer, Kurzüberblick am Beispiel der Lerneinheit „Physikalische Eigenschaften von Plastik“

Lehrerfortbildungen

Teil des Projektes „Müll im Meer- Schülerinnen und Schüler forschen zu Ursachen und Vorkommen von Plastikmüll im Meer“ war es Bildungsmultiplikatoren fortzubilden. Im Laufe des Projekts erfolgten fünf Lehrerfortbildungen (siehe Tabelle 2) drei davon in Zusammenarbeit mit dem Oldenburger Fortbildungszentrum (OFZ), der Universität Oldenburg.

Die Fortbildungen fanden jeweils unter verschiedenen Schwerpunkten statt:

- Experimente für den Unterricht
- Experimente und Freilandversuche im Schülerlabor
- Experimente und Lerneinheiten in der Praxis: Lehrkräfte begleiten einen Schülerkurs

- ein Planspiel zum Thema Plastik (Reflektion und Austausch)

Tabelle 2 Lehrerfortbildungen im Projektzeitraum in der Übersicht

Teilnehmer	Schulform	Einzugsgebiet	Ort der Veranstaltung	Dauer (d)	Zeitraum
13	gemischt	bundesweit	Helgoland	1	Juli 18
20	gemischt	Niedersachsen	Oldenburg	1	März 19
17	Gymnasium	Bayern	Helgoland	5	August 19
19	gemischt	Niedersachsen	Helgoland	5	Oktober 19
10	gemischt	Niedersachsen	Oldenburg	1	November 19

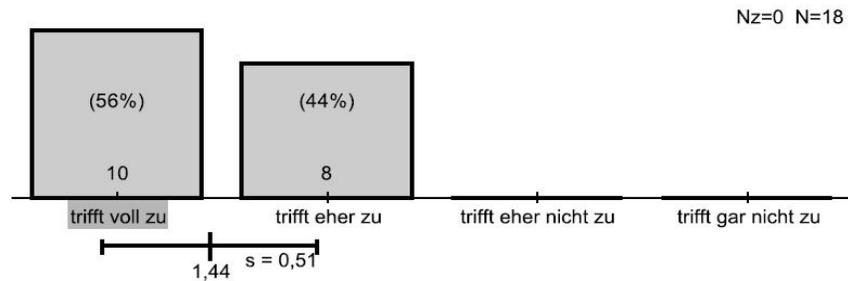
Experimente für den Unterricht

Am 14.03.2019 fand in Oldenburg eine Veranstaltung in Zusammenarbeit mit dem OFZ statt, wo Experimente für den Unterricht im Vordergrund standen. Nach einer theoretischen Einführung konnten die Lehrkräfte selbstständig Experimente forschend entdeckend durchführen. Sie lernten die einzelnen Polymersorten und deren Eigenschaften kennen und führten Versuche zur Vertikalverteilung von Plastik im Wasser, sowie Sinkeigenschaften von Plastikpartikeln, die die Bedeutung physikalischer Eigenschaften von Plastikpartikeln im Salzwasser am Modell veranschaulichen, durch. In einem abschließenden Plenum wurden die Erfahrungen reflektiert und Anwendungsmöglichkeiten im Unterricht diskutiert. Für weitere Informationen bekamen alle Lehrkräfte eine Mappe mit Hintergrundwissen zum Thema, den durchgeführten Versuchen, Fachwissen zu den in den Versuchen behandelten Problematiken und hilfreichen Links zu Verfügung gestellt.

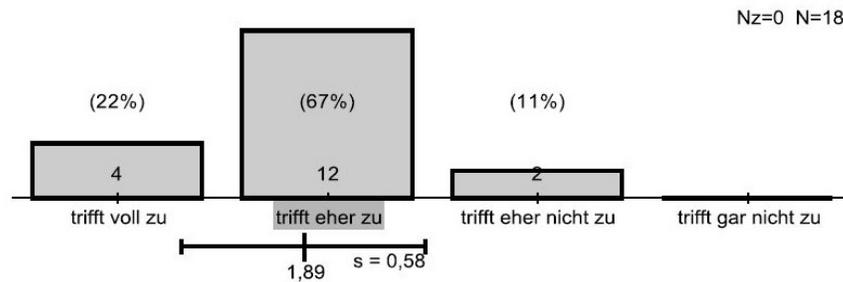
Die erste Lehrerfortbildung zu diesem Schwerpunkt fand am 2. Juli 2018 auf Helgoland statt. Bei der eintägigen Veranstaltung wurden Elemente aus bereits erarbeiteten Lerneinheiten zum Thema „Müll im Meer“ vorgestellt und von den teilnehmenden Lehrkräften praktisch erfahren. Nach einer theoretischen Einführung gab es zwei praktische Elemente, bei denen sich die Teilnehmer über die Sauberkeit Helgolands informierten. Sie führten das Spülsaum-Monitoring nach OSPAR- Richtlinien und die Lerneinheit Müll im Meer durch. Hierfür wurden Proben vom Südhafen auf Müll untersucht. Die Erfahrungen aus dieser Fortbildung wurden in Vorbereitung für die mehrtägige Fortbildung genutzt.

Die zweite Fortbildung mit dem Schwerpunkt Experimente und Freilandversuche im Schülerlabor fand im Oktober 2019 (7.10.19 bis 11.10.) auf Helgoland statt. Ziel dieser Veranstaltung war das Kennenlernen und Ausprobieren der Experimente und Freilandversuche des Lernmoduls Müll im Meer, die nur im Schülerlabor möglich sind. Ein wichtiger Teil dieser Fortbildung war die Planung der Umsetzung der Lerneinheiten im Unterricht. Des Weiteren haben die Lehrkräfte das Planspiel „Das Plastik Dilemma“ (siehe Kapitel 5. Planspiel) kennengelernt, was sie im Anschluss an die Fortbildung mit ihren SuS durchführen konnten. Auf großen Zuspruch stießen die Fachvorträge zur Analytik von Plastik in Umweltproben und zur Erforschung der Auswirkungen von Plastik als Nistmaterial bei den Basstölpeln.

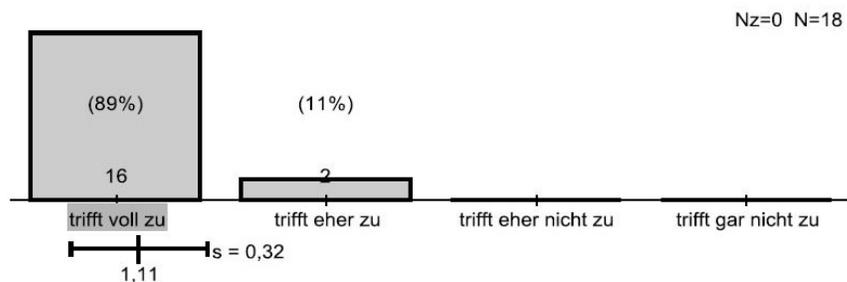
Die Teilnehmer lernten die Besonderheiten des Schülerlabors OPENSEA kennen. Durch die Lage auf der Hochseeinsel Helgoland und der Nähe zur aktuellen Forschung des Alfred-Wegener-Instituts Helmholtz Zentrum für Polar- und Meeresforschung stellt es für Schulklassen eine einmalige Möglichkeit dar, Ökosystemforschung zu erleben und selbstständig durchzuführen. Außerdem kann im Schülerlabor ein Thema bzw. Modul sehr intensiv und über eine Woche lang bearbeitet werden, was das Schülerlabor OPENSEA von anderen Schülerlaboren separiert.



1. Ich konnte meine Kompetenzen erweitern.



1. Die Inhalte der Veranstaltung entsprachen meinen Erwartungen.



12. Die Veranstaltung bot Gelegenheit zur aktiven Auseinandersetzung mit dem Thema.

Abbildung 9 Ergebnisse ausgewählter Fragen der Post-Befragung der Teilnehmer der Lehrerfortbildung durch das OFZ

Experimente und Lerneinheiten in der Praxis: Lehrkräfte begleiten einen Schülerkurs

Zusätzlich zu den mit dem OFZ organisierten Fortbildungen fand im Zeitraum vom 02.09. bis 06.09. auf Helgoland eine Fortbildung für Gymnasiallehrkräfte aus Bayern statt. Sie lief unter dem Titel „Helgoland als außerschulischen Lernort kennenlernen“. Die teilnehmenden Lehrkräfte haben in dieser Woche einen Schülerkurs begleitet, welcher das Lernmodul Müll im Meer im Schülerlabor OPENSEA belegt hat. Sie waren parallel mit den SuS im Freiland unterwegs. Zusätzlich haben die Lehrkräfte die Experimente und Lerneinheiten in der Praxis kennengelernt und Hintergrundinformationen zur Hand bekommen, sodass sie die vorgestellten Versuche eigenständig in der Schule anwenden können. Die Lehrkräfte haben das Thema Müll im Meer als sehr relevant eingestuft, großes Interesse an der aktuellen Forschung zu diesem Thema gezeigt und viele zusätzliche Informationen für ihren Unterricht mitgenommen.

Ein Planspiel zum Thema Plastik (Reflektion und Austausch)

Der dritte Teil der vom OFZ mitorganisierten Fortbildung, vom 11.10.2019, stand ganz im Sinne der Reflexion und des Erfahrungsaustausches. Allem voran ging es um das Planspiel (siehe 3.4), welches die Lehrkräfte zuvor kennengelernt und zum Teil bereits mit ihren SuS durchgeführt hatten. Das Planspiel wurde angespielt und die Rolle als Spieleiter im Planspiel geprobt. Im Anschluss wurde das Spiel und alle Aspekte, die das Spiel beeinflussen, mit Hilfe der Worldcafe Methode analysiert. Zum Ende hatten die Lehrkräfte die Möglichkeit, ihre Erlebnisse bei der Umsetzung der Lerneinheiten im Unterricht vorzustellen und zu diskutieren. Verbesserungsvorschläge wurden entgegengenommen und Ideen diskutiert.

Evaluation der Lehrerfortbildungen in Zusammenarbeit im dem OFZ

Die Evaluation erfolgte in Form eines Fragebogens und die Auswertung wurde durch das OFZ vorgenommen. Die Befragung ergab in Bezug auf die Inhalte der Fortbildung, dass bei 89% der befragten die Erwartungen erfüllt wurden (siehe Abbildung 9). Alle Lehrenden fanden, dass ihr Vorwissen während der Fortbildung mit einbezogen und die Inhalte verständlich dargelegt wurden. Allerdings waren nur 54%, also knapp die Hälfte der Teilnehmenden, der Meinung, dass sie die Inhalte der Fortbildung mit ihrer Praxis im Schultag verbinden können. Wie in Abbildung 9 auch sehen, bot die Veranstaltung die Gelegenheit, sich aktiv mit dem Thema Müll im Meer auseinanderzusetzen. Erfreulich ist auch die Tatsache, dass alle Lehrkräfte angaben, ihre Kompetenzen hätten sich durch die Fortbildung erweitert und 89% von ihnen gaben an, diese auch in der Schule einzusetzen (siehe Abbildung 9).

Darüber hinaus hat die Postbefragung nach der Fortbildung gezeigt, dass den Teilnehmern vor allem der hohe Praxisanteil und das eigenständige Ausprobieren der Versuche besonders gefallen haben. Die Idee und Umsetzung des Planspiels, sowie die Bereitstellung des Materials stießen auf sehr viel Zuspruch. Zwei der teilnehmenden Lehrkräfte meldeten im Schülerlabor für ihre Schulen einen Besuch für das Jahr 2020 an.

3.4. Planspiel

Um die Schülerinnen und Schüler in dieses komplexe Thema Plastikmüll in der Umwelt einzubeziehen, wurde ein Rollenspiel, als ein wirksames Instrument, entwickelt. In einem solchen Spiel werden die TeilnehmerInnen mit einem komplexen Thema, wie den vielfältigen

Folgen von Plastikmüll und den Konsequenzen für die Umwelt konfrontiert. Durch das Integrieren von politischen, gesellschaftlichen und sozioökonomischen Perspektiven entsteht ein tiefes Verständnis, das sonst nur schwer zu erreichen ist. Die erarbeiteten Lerneinheiten des Moduls sind Teil dieses Planspiels. In Planspielen werden aktuelle oder soziale Situationen szenisch simuliert, erkundet, erprobt und reflektiert. Ziel ist das Erkunden von Entscheidungs- und Handlungsstrukturen in Konflikt- oder Dilemma Situationen, in diesem Fall im Hinblick auf das Plastikproblem. In Interessengruppen mit definierten Rollen werden gesellschaftliche Konflikte simuliert, um Verhandlungs- und Entscheidungsprozesse besser zu verstehen und verschiedene Perspektiven kennenzulernen. Dadurch wird ein Bewusstsein für ethische Fragen und Probleme innerhalb der Gesellschaft bei den SuS gefördert. In diesem Fall geht es um den nachhaltigen Umgang mit Ressourcen und das eigene Konsumverhalten. Somit wird der Lernort zu einem gesellschaftlichen Mikrokosmos, in dem soziale Strukturen erfahren, analysiert und kritisiert werden (Eilks et al. 2011).

Ablauf des Planspiels

Das im Zuge des Projektes entwickelte Planspiel „Das Plastik Dilemma“ versetzt die SuS in eine fiktive Stadt, Siebenstadt, mit einem sehr realistischen Umweltverschmutzungsproblem durch Plastikmüll. Plastik ist omnipräsent. Sowohl aus unserem alltäglichen Leben wie auch aus den Schlagzeilen der Medien, ist es nicht mehr wegzudenken. Seine für uns im Alltag so nützlichen Eigenschaften, wie Langlebigkeit und Stabilität, machen es bei unsachgemäßer Entsorgung zu einer Gefahr für die Umwelt. Mit dieser Dilemma Situation sehen sich auch viele SuS konfrontiert. Das Planspiel gibt SuS der Sekundarstufe II die Möglichkeit, sich mit dem Thema intensiv zu befassen. Hierbei stellen die im Planspiel verankerten Lernmodule und Experiment zum Wissensgewinn eine Besonderheit dar. Die SuS werden sich selbstständig entlang einer Problemstellung nach dem Prinzip des forschend-entdeckenden Lernens durch die Einheiten arbeiten. Hierfür nehmen sie verschiedene Rollen ein.

Das Planspiel ist in fünf Phasen unterteilt (siehe Abbildung 10). Die erste Phase dient dem Einstieg. Es werden die Regeln eines Planspiels erklärt und der Ablauf erläutert. Danach schließt sich der Einstieg ins eigentliche Thema an. Auf der Grundlage von aktuellen Bildern werden den SuS die Vor- und Nachteile von Plastik vor Augen geführt und darüber die Dilemma Situation herausgearbeitet. Darauf folgt die Zuordnung zu den Rollen in den fünf Interessensgruppen. Jeder Schüler erhält eine eigene Rollenbeschreibung, die gleichzeitig die Zuordnung zu einer Interessengruppe, den Naturwissenschaftlern, den Umweltschützern, den Bürgern, den Politikern und den Vertretern der Plastikindustrie, beinhaltet.



Abbildung 10 Die fünf Phasen des Planspiels

Im Laufe der zweiten Phase bilden sich die SuS aus den jeweiligen Blickwinkeln ihrer Rollen auf der Grundlage verschiedener Aufgaben und Experimente eine auf Fakten basierte Meinung über die Umweltsituation Siebenstadts in Bezug auf die Plastikmüllverschmutzung. Dafür wird zunächst die Ausgangssituation dargestellt und die Aufgaben verteilt. Die Arbeit innerhalb der Interessengruppen besteht in dieser Phase darin, sich einerseits eine Argumentationsstrategie für die Ausschusssitzung in Phase 4 zu überlegen. Dafür muss innerhalb der Gruppe ein Kompromiss erarbeitet werden, der die Interessen der einzelnen Rollen bestmöglich vertritt. In der Arbeitsphase (Phase 3) werden die einzelnen Lerneinheiten durchgeführt und die Strategie der Gruppe für ein sauberes Siebenstadt gebildet, sowie durch Argumente durch die Experimente und Versuche gefestigt. In dieser Phase erfolgt die Ergebnissicherung. In den einzelnen Interessengruppen werden die Ergebnisse der Experimente diskutiert und für die eigene Argumentation gedeutet. Jede Gruppe erarbeitet eine Präsentation auf Grundlage ihrer Erkenntnisse und Argumentationsstrategie für die anstehende Sitzung.

Darauf folgt in Phase vier: die Diskussion in Form einer Ausschusssitzung, welche der Lösungsfindung dient. Alle Interessensgruppen stellen ihre Ergebnisse der Untersuchung zum

Plastikmüll Problem und ihre Strategie zur Rettung von Siebenstadt vor. Die Gruppe der Politiker leiten die Ausschusssitzung und die Diskussion, die im Anschluss an die Präsentationen folgt. Aus den Argumenten der Diskussion soll sich ein gemeinsames Ziel entwickeln. Die endgültige Entscheidung aber treffen die Politiker nach einer Beratung unter Ausschluss der anderen Gruppen. Dabei soll möglichst ein Kompromiss auf Basis des Stadthaushaltes gefunden werden, mit dem alle Interessengruppen leben können. Nach der Verkündung der Entscheidung durch die Politiker schließt sich die Reflexionsphase an.

Die letzte Phase dient dem Abschluss und der Reflexion. Zunächst verlassen die SuS ihre Rolle, sodass sie wieder selber Feedback geben können. Sie reflektieren ihre Erfahrungen im Spiel und können das Erlernete auf ihr tägliches Leben übertragen. Ihnen wird bewusst, wie aufwendig es ist, eine fundierte Entscheidung, welche die Interessen unterschiedlichster Gruppen berücksichtigt, zu treffen und wie wichtig der nachhaltige Umgang mit den begrenzten Ressourcen ist.

Aktueller Stand zur Veröffentlichung

Die Entwicklung des Planspiels „Das Plastik Dilemma“ ist nahezu fertiggestellt und befindet sich in der Veröffentlichung. Es wurde mehrfach durchgespielt, getestet und angepasst. Eine letzte umfangreiche Überarbeitung erfolgte nach der konstruktiven Kritik durch die Lehrkräfte als Testpersonen im Zuge einer Lehrerfortbildung. Das Planspiel als Multiplikationswerkzeug wird der Öffentlichkeit in Form einer Buchveröffentlichung zugänglich gemacht. Im Moment laufen Verhandlungen mit dem Schneider Verlag Hohengehren GmbH (D-73666 Baltmannsweiler, <https://www.paedagogik.de/>), an den eine Verlagsprobe übermittelt wurde (siehe Anhang).

Das Material ist wie folgt aufgebaut. Im Einleitungsteil werden die Lehrkräfte an das Thema herangeführt und ihnen wird umfangreiches Fachwissen zur Verfügung gestellt. Der didaktische Abschnitt erklärt die Methode des Planspiels und im Anschluss den Ablauf und welche Aufgaben die Spielleitung während der Durchführung zu übernehmen hat. Im Materialteil befindet sich alles, was für die Umsetzung des Planspiels benötigt wird. Das Besondere an dem Planspiel stellen die eingearbeiteten Lerneinheiten dar. Diese sind so konzipiert, dass sie auf jedem Schulhof und an einem benachbarten Gewässer umsetzbar sind. Es muss nicht zwangsläufig ein Zugang zum Meer bestehen. In der Umsetzung des Planspiels, z.B. im Unterricht, kommt auch das Prinzip der arbeitsteiligen Gruppenarbeit zum Tragen.

3.5. Projektumsetzung im Schülerlabor

Die vorliegenden Einheiten (siehe Kapitel3.2) wurden so konzipiert, dass die Lernenden mit dem Forschungsobjekt, sprich dem Müll im Meer vor Helgoland, direkt konfrontiert werden. Das Sammeln von Plastikmüll am Meer in den Freilandexperimenten verdeutlicht die Relevanz des Problems. Während dieser Arbeit entsteht das Bewusstsein, dass diese Vermüllung direkt vor der eigenen Haustür auftritt, dass jede*r also einen Bezug dazu hat. Das einige der Lerneinheiten mit der Arbeit im Feld ablaufen, bietet die Chance, Erkenntnisse direkt durch eigenständiges Erarbeiten zu gewinnen und bringt auch die Vorteile des Outdoorlernen mit sich. Mehrere Studien (Louv, 2008, Leske and Bögeholz, 2008, Kahn and Weiss, 2017) zeigen, dass Outdoorerlebnisse die Wahrnehmung seines Selbst als Teil der Natur fördern und somit das Umweltbewusstsein. Zudem ermöglicht Outdoorlernen das selbstständige Erfahren und die

Erprobung von wissenschaftlichen Arbeitsweisen in konkreten Situationen (Killermann, Hering, and Starosta 2011). Damit komplementiert Outdoorlernen den Kompetenzerwerb des wissenschaftlichen Arbeitens um die Erfahrungen von Freilandprobenahmen im Vergleich zu Laborversuchen.

Die Durchführung der Lerneinheiten fördert das Erlernen der wissenschaftlichen Arbeitsweise bei SuS. Den Lerneinheiten liegen die Kriterien der wissenschaftlichen Arbeitsweise zu Grunde. Während der Durchführung kommen diese in jeder Phase zur Anwendung: 1) Erstellen einer Fragestellung, 2) Bildung einer Hypothese, 3) Planung des Experimentes, 4) Durchführung mit Protokollierung der Ergebnisse, 5) Analyse der Ergebnisse und Vergleich zu anderen Datensätzen und zum Schluss, 6) Präsentation der Ergebnisse und anschließende Diskussion. Während der Durchführung mussten die Ergebnisse möglichst genau dokumentiert werden. Den Abschluss einer jeden Projektwoche im Schülerlabor bildet die Präsentation der Ergebnisse vor den Teilnehmern des Kurses. Teil dieser Präsentation sind auch eine Diskussion und Fehlerbetrachtung. Die SuS lernen klar zu formulieren und zu argumentieren, aber auch ihre eigenen Ergebnisse darzustellen, zu bewerten. Durch das Teilen der Erkenntnisse, die durch die Einheiten Müll im Meer gewonnen und generiert wurden, bietet das Lernmodul den Effekt der arbeitsteiligen Gruppenarbeit. Ein Lernender muss nicht alle Lerneinheiten selbst durchgeführt haben, um am Ende Kenntnisse zu haben, was die Inhalte von Lerneinheiten sind, die eine anderer Lernender durchgeführt und präsentiert hat.

Während der Projektlaufzeit wählten 37 der 50 Kurse, die in diesem Zeitraum das Schülerlabor OPENSEA auf Helgoland besucht haben, das Plastikmodul. Insgesamt 578 Schüler, was 2363 Schülertagen entspricht, bearbeitet die Lerneinheiten Müll im Meer. Tabelle 2 zeigt einen Überblick über alle Kurse, die während der Projektlaufzeit Lerneinheiten zum Thema Müll im Meer, durchgeführt haben. Dabei sind alle in Blau gekennzeichnet, die ausschließlich das Plastikmodul während ihres Aufenthaltes auf der Insel bearbeitet haben. In diesen Fällen wurde das Planspiel „Das Plastik Dilemma“ (siehe Kapitel 05. Planspiel) mit den integrierten Lerneinheiten über die ganze Woche gespielt. Der typische Ablaufplan einer solchen Woche ist in Abbildung 11 dargestellt.

<p>Di 24.09</p>	<p>NW: 14:21h HW: 7:20h</p>	<p>09:00h Treffpunkt Schülerlabor</p> <ul style="list-style-type: none"> •→ Vorstellung des Planspiels und Einarbeiten in die Rolle •→ Sedimentproben Nordstrand nehmen •→ Fleece-Versuch und Salzlösung vorbereiten 	<p>13h Entsalzungsanlage</p> <p>14:30h Treffpunkt Haus C:</p> <ul style="list-style-type: none"> •→ Sedimentprobe Südstrand •→ Plastik fischen
<p>Mi 25.09</p>	<p>NW: 15:58h HW: 8:53h Sonnenuntergang 19:20h</p>	<p>9:00h Treffpunkt Haus C</p> <ul style="list-style-type: none"> •→ OSPAR im Krügel und am Nordstrand •→ Auswertung der Proben und Vorbereitung der Ausschusssitzung •→ Auswertung Sedimentproben 	<p>13:00h Treffpunkt Schülerlabor</p> <ul style="list-style-type: none"> •→ Plastik fischen und Sediment auswerten •→ Sediment auswerten und Fleeceversuch
<p>Do 26.09</p>	<p>NW: 17:18h HW: 10:16h</p>	<p>09:00h Treffpunkt Schülerlabor</p> <ul style="list-style-type: none"> •→ Auswerten der Daten und Vorbereitung der Ausschusssitzung •→ Strömungsversuch und Gasaustauschversuch zusammen 	<p>Vorschlag: Besuch der Düne auf eigene Faust oder über Verein Jordsand eine Dünenführung buchen.</p>

Abbildung 11 Auszug aus dem Wochenplan eines Kurses, des Plastikmoduls in Form des Planspiels

Tabelle 3 Kurse des Schülerlabors mit Plastikmodul im Projektzeitraum (blau hinterlegt sind alle Kurse die ausschließlich, dass Plastikmodul belegt haben)

SuS Anzahl	Schulform	Ort	Bundesland	Dauer (d)	Alter SuS
2017					
22	Gymnasium	Bad Nenndorf	Niedersachsen	5	17-18
12	Gymnasium	München	Bayern	5	17-18
18	Gymnasium	Dortmund	Nordrhein-Westfalen	5	18
18	Gymnasium	Wuppertal	Nordrhein-Westfalen	5	14-15
2018					
6	Schülerpraktikanten		bundesweit	4	16
25	Gymnasium	Wesel	Nordrhein-Westfalen	5	15-18
13	Weiterbildungskolleg	Hagen	Nordrhein-Westfalen	5	18+
20	Gymnasium	Sylt	Schleswig-Holstein	3	13-16
13	Gymnasium	Landau/Pfalz	Rheinland-Pfalz	5	17-20
24	Berufliche	Coburg	Bayern	5	18-20
19	Gymnasium	Neudietendorf	Thüringen	5	16-19
17	Gymnasium	Hamburg	Hamburg	5	16-18
15	Gymnasium	Singen	Baden-Württemberg	5	12-17
15	Gymnasium	Nürnberg	Bayern	3	13-15
12	Gesamtschule	Hannover	Niedersachsen	5	14-16
9	Gesamtschule	Hannover	Niedersachsen	4	15-17
15	Gymnasium	Wuppertal	Nordrhein-Westfalen	5	17-18
11	Gymnasium	Cadenberge	Niedersachsen	5	15-16
13	Gesamtschule	Olfen	Nordrhein-Westfalen	5	18-19
8	Gymnasium	München	Bayern	5	16-18
2019					
6	Schülerpraktikanten		bundesweit	3	16-17
40	Gesamtschule	Oldenburg	Niedersachsen	2	14-17
10	Gymnasium	Bremen	Bremen	5	16-19
7	Gymnasium	Husum	Schleswig-Holstein	4	16-17
13	Gemeinschafts-	Helgoland	Schleswig-Holstein	5	14-16
20	Gymnasium	Sylt	Schleswig-Holstein	3	14-18
26	Gymnasium	Plön	Schleswig-Holstein	5	18+
24	Gymnasium	Hamburg	Hamburg	5	16-17
19	Gemeinschafts-	Helgoland	Schleswig-Holstein	5	15-17
19	Gymnasium	Neumarkt	Bayern	5	16-20
16	Gymnasium	Nürnberg	Bayern	5	14-16
10	Realschule	Renchen	Baden-Württemberg	5	11-15
14	Gymnasium	Bad Kissingen	Bayern	5	17
15	Gymnasium	Witten	Nordrhein-Westfalen	5	17-18
18	Gymnasium	Hamburg	Hamburg	5	16-18
9	Berufskolleg	Minden	Nordrhein-Westfalen	5	18-22
18	Gymnasium	Timmendorfer	Schleswig-Holstein	3	16
2020					
17	Berufsbildende	Cloppenburg	Niedersachsen	5	18-20

Für den Zeitraum März bis Mai 2020 waren weitere fünf Kurse angemeldet, darunter ein schwedischer Kurs, die das Lernmodul Müll im Meer teilweise oder vollständig während ihres Inselbesuches absolvieren wollten. Aufgrund der Corona Lage und der Abriegelung der Insel konnten in diesem Zeitraum keine Kurse durchgeführt werden.



Abbildung 12 Übersicht über die Bundesländer aller Kursteilnehmer im Projektzeitraum

Die 37 Kurse, die über die Projektlaufzeit das Lernmodul Müll im Meer belegt haben, kamen aus neun Bundesländern. Abbildung 12. zeigt, dass aus drei Bundesländern häufiger Kurse Helgoland besucht haben, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein und Bayern. Dabei stechen Bayern und Nordrhein-Westfalen durch ihre lange Anreise nach Helgoland hervor. Das Modul ist für Klassen einzigartig und in einer Weise ansprechend, sodass eine Anreisen von bis zu zwei Tagen von den Lehrkräften trotzdem umgesetzt wird. Auffällig ist, dass nur ein Kurs aus den neuen Bundesländern über den kompletten Projektzeitraum Helgoland besucht hat und das Lernmodul bearbeitete.

6. Didaktische Begleitforschung

Die Lerneinheiten des Moduls Müll im Meer sind so konzipiert, dass unterschiedliche Kompetenzen durch die Durchführung gesteigert werden sollen. Die begleitende Evaluation hatte entsprechend des Ziels zu untersuchen, ob eine Entwicklung der Kompetenzen (Fachwissen und Systemwissen, siehe auch Kapitel 2.2 und 3.2) tatsächlich stattgefunden hat. Die folgenden Forschungsfragen wurden zu Grunde gelegt: Werden Inhalte der Teilkompetenzen des theoretischen Kompetenzmodells zur Bewertung von den Lernenden/Lehrenden im Interview angesprochen? Welche Teilkompetenz ist bei den Lernenden/Lehrenden besonders ausgeprägt? Gibt es Teilkompetenzen, die unberücksichtigt bleiben?

Die Evaluation der Lerneinheiten wurde von der Universität Oldenburg geleitet und im Rahmen von Masterarbeiten von Lehramtsstudierenden durchgeführt. Auf Helgoland führten die Lehramtsstudierenden Interviews, sowohl mit SuS als auch mit den begleitenden Lehrkräften, die im Schülerlabor das Plastikmodul bearbeitet haben. Auf diesem Weg zeigt sich auch, ob nach der Durchführung der Einheit schwerpunktmäßig andere Teilkompetenzen betrachtet

werden und ob Rückschlüsse auf das eigenen Konsumverhalten von den Lernenden/Lehrenden gezogen werden.

Die Interviews wurden nach MAYRING kategorisiert und analysiert. Der eingesetzte Interviewleitfaden beinhaltet Fragen zum Fachwissen, Systemdenken, ethischer Bewertungskompetenz und Konsumverhalten. Die Interviews wurden vor und nach der Teilnahme an der Woche im Schülerlabor OPENSEA geführt, um zu evaluieren, ob die Lernziele der Einheiten zu Müll im Meer erreicht wurden. Um die Lerneinheiten zu evaluieren, wurden die Interviews in Form einer Prä- und Post- Interviews durchgeführt.

6.1. Ergebnisse der Evaluation

Interview mit Lernenden: Fachwissen und systemisches Wissen von Lernenden zum Thema ‚Plastikmüll im Meer‘ (A. Hiemstra, 2019)

Die Effekte der Lernmodule auf das Fachwissen und systemische Wissen von Lernenden wurden mithilfe von problemzentrierten Interviews im Rahmen eines Prä-Post-Vergleichs evaluiert. Hierfür wurden im AWI Schülerlabor OPENSEA Interviews mit zwei Lernenden der gymnasialen Oberstufe eines Bremer Gymnasiums durchgeführt. Beide Probanden (männlich und weiblich) waren 18 Jahre alt, besuchten den zwölften Jahrgang und hatten Biologie als Leistungskurs gewählt. Die Interviews wurden nach der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) ausgewertet.

Die Analyse der Interviews zeigt, dass besonders die Teilkompetenz des Fachwissens einen Zuwachs unterliegt. Zum Beispiel hat bei beiden Probanden nach der Intervention eine Ausdifferenzierung des Fachwissens zu Größenkategorien, Nutzungsmöglichkeiten und Einsatzbereiche von Plastik stattgefunden. Im Bereich der Kompetenzerweiterung rund um das Fachwissen wurde aber auch deutlich, dass gewisse Bereiche noch stärker thematisiert werden müssen. So zeigt sich, dass Fachwissen über Vor- und Nachteile von Plastik gefördert werden konnten, dies aber nicht im ausreichenden Maß erfolgte.

Die Teilkompetenz des Aufbaus von Systemischen Wissen hingegen konnte deutlich gefördert werden. Nach der Intervention ist unter anderem Systemischen Wissens zu den Auswirkungen von Plastik auf das Ökosystem Meer und die Nahrungskette, sowie zur Lokalisation von Plastikmüll im Meer vorhanden, was in den Prä-Interviews nicht zur Sprache kam. Dies wird auch deutlich daran, dass in den Post-Interviews schwerpunktmäßig mehr systemisches Wissen Anwendung findet, als in den zuvor gehaltenen Interviews.

Des Weiteren konnte durch die Evaluation festgestellt werden, dass die SuS wichtige Informationen aus dem Hintergrundmaterial ziehen und sich das Fachwissen eigenständige aneignen. Allerdings reicht die eigenverantwortliche Durchführung nicht aus, um sicher zu stellen, dass die SuS die Hintergrundinformationen auch im vollen Umfang durcharbeiten. Eine Auswertung und Besprechung der Daten und Erkenntnisse ist also für die Festigung und Überprüfung des Wissens und der Richtigkeit wichtig. Die Untersuchung hat zeigen können, dass das Prinzip der arbeitsteiligen Gruppenarbeit erfolgreich ist. Ein Transfer von Fachwissen von einem Teilnehmer zum anderen, welcher das Wissen nicht in einer Lerneinheit zur Verfügung hatte, ist nachweisbar. Die Module können ohne Vorwissen ausgeführt werden und führen zum Aufbau von Wissen.

Bewertungskompetenz von Lehrkräften als Element des fachdidaktischen Wissens zum bioethischen Kontextthema Plastikmüll (S. Rosenbohm, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 2019)

Die Analyse zur Ausdifferenzierung des fachdidaktischen Wissens zur „Bewertungskompetenz“ von Biologielehrkräften erfolgte anhand des Themas Plastikmüll mittels leitfadengestützter Experteninterviews und deren Auswertung durch die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2010). Die Auswertung der Ergebnisse basierte unter anderem auf dem Kompetenzstrukturmodell von C. Hößle. Die Datenerhebung erfolgte auf der Basis einer qualitativen Interview-Studie (Prä- und Postbefragung) zur Abfrage von fachdidaktischem Wissen (Alfs 2012). Interviewt wurden die mitgereisten Lehrkräfte eines gymnasialen Biologie Leistungskurses aus Bremen. Dabei handelte es sich um eine Seiteneinsteigerin (53 Jahre) mit der Fächerkombination Chemie und Biologie und eine Lehrkraft im Referendariat (28 Jahre) mit der Kombination Französisch und Biologie.

Die Auswertung der Interviews zeigt, dass die Lehrkräfte bereits vorab über Fachwissen verfügt haben. Allerdings erwies sich das Wissen in einigen Punkten, unter anderem hinsichtlich der Herstellung von Kunststoffen und der Alterung von Plastik, als lückenhaft. Wichtig war die Erkenntnis, dass dies sowohl vorab als auch in den Postinterviews zu erkennen war und ein wichtigen Hinweis ist, dass die Teilkompetenz des Fachwissens bei den Lehrkräften durch die Intervention am Schülerlabor nicht im ausreichenden Maß gefördert wurde. Um diesem Mangel entgegen zu wirken, werden alle Lehrkräfte in zukünftigen Kursen das Hintergrundmaterial für jede Lerneinheit ebenfalls ausgehändigt bekommen, um potenzielle Lücken zu füllen.

Die Evaluation zeigt, dass die Lehrkräfte nach der Intervention einen deutlichen Zuwachs im Bereich der Methodenkompetenzen erlangt haben. Der Besuch des Schülerlabors mit der Bearbeitung des Lernmoduls Müll im Meer bestärkte die Lehrkräfte darin, selber Experimente häufiger im Unterricht einzusetzen. Sie waren sich sicherer und zeigten sich motiviert einige Experimente für ihren Unterricht zu übernehmen. Die Methode des Planspiels hat die Lehrkräfte begeistert und inspiriert. Durch die Lerneinheiten des Moduls Müll im Meer kam es bei den Lehrkräften zu einer Erweiterung der Bewertungskompetenz und sie erkannten in dem Thema Müll im Meer nach der Durchführung der Lernmodule ein hohes didaktisches Potenzial, es eignet sich ihrer Ansicht nach gut zur Förderung der Bewertungskompetenzen bei SuS.

7. Zusätzliche Aktivitäten

Während der Laufzeit des Projektes ergaben sich mehrere Möglichkeiten den Handlungsraum des Projektes zu erweitern. Das Thema Plastikmüll im Meer ist bei Jugendlichen äußerst präsent. Das Interesse aktiv an dem Thema zu forschen, sowohl theoretisch als auch praktisch, ist ungebrochen. Im Folgenden sind nur einige der vielen „side projects“, die während dieses DBU Projektes mit tatkräftiger Unterstützung der Projektmitarbeiterinnen durchgeführt werden konnten, dargestellt. Ein besonders umfangreiches und intensives Projekt wollen wir dabei herausstellen.

7.1. "Mit Humboldt lernen" PASCH Camp Teilnahme in Südamerika

„Aus Anlass des 250. Geburtstages von Alexander von Humboldt lädt das Goethe-Institut die Schülerinnen und Schüler der PASCH-Schulen ein, an den diesjährigen Schülercamps im Pantanal, Brasilien, und Punta de Tralca, Chile teilzunehmen. Unter dem Leitspruch "Mit Humboldt lernen" gibt das Treffen den Teilnehmerinnen und Teilnehmern die Möglichkeit, neue Erfahrungen und Kenntnisse über die Region zu erwerben und gemeinsam mit einer Gruppe von Lehrkräften und Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus Deutschland ihre Kenntnisse in den Naturwissenschaften zu erweitern und dabei dem Beispiel der Forschungen und Beobachtungen von Alexander von Humboldt zu folgen.“

(<https://blog.pasch-net.de/paschnobrasil/archives/651-Das-PASCH-Jugendcamp-Suedamerika-2019.html>)

Tabelle 4 Übersicht der genannten Wissenskategorien aus den ConceptionMaps. Prä- und Postbefragung, der relativen Häufigkeit Prozent der Befragten eine Aussage getroffen haben, die dieser Kategorie zugeordnet werden kann (Prä n=8, Post n=7). Die Aussagen der Postbefragung sind den Lerneinheiten zugeordnet, aus denen das Wissen stammt und zu welcher Kompetenzebene es gezählt wird.

Befragungszeitpunkt	Wissenskategorie	Relative Häufigkeit [%]	Lerneinheit	Kompetenzzuwachs
Prä	Plastik ist Umweltverschmutzung	75		
Prä	Plastikinseln im Meer	50		
Prä	Folgen der Verschmutzung Umweltzerstörung	75		
Prä	hoher Plastikkonsum (Herstellung und Entsorgung)	37,5		
Prä	Ölverschmutzung	12,5		
Prä	Nuklearer Müll im Meer	12,5		
Prä	Fischerei als Müllverursacher	12,5		
Prä	Beeinträchtigung der Reproduktion	12,5		
Post	Polymerearten (PET, PS, PU...)	14,3	chemische Eigenschaften	Fachwissen
Post	Müllkategorien (Plastik, Papier, Holz; Metall...)	85,7	Müllmonitoring	Fachwissen
Post	Degradation von Plastik	42,9	physikalische Eigenschaften	Fachwissen
Post	Plastikklassen (Duroplaste, Thermoplaste...)	57,1	chemische Eigenschaften	Fachwissen
Post	Lokalisation Plastik im Wasser	28,6	physikalische Eigenschaften	Fachwissen
Post	Mikroplastik im Sand	57,1	Plastik im Sand	Fachwissen
Post	Zusammenhang Meer/Fluss	14,3	physikalische Eigenschaften	Systemisches Wissen
Post	Plastik/Dichte Verhältnis	85,7	physikalische Eigenschaften	Systemisches Wissen
Post	Ansporn Ökosystem zu Schützen	57,1	alle Einheiten	Bewertungskompetenz
Post	Eigenes Konsumbewusstsein	42,9	alle Einheiten	Bewertungskompetenz

Mit der Zustimmung der DBU folgten wir dieser Einladung, an den von den Goethe-Schulen organisierten PASCH-Camps 2019 in Südamerika teilzunehmen. Das AWI Schülerlabor OPENSEA hat mit Marie Fischer als Leiterin des Workshops dieses Projekt unterstützt und dort im Camp in Patanal/Brasilien (26.10.-01.11. 2019) und anschließend in mehreren Schulen in ganz Brasilien Workshops zum Thema „Müll in Gewässern“ für Schüler von Goethe-Schulen aus ganz Südamerika in deutscher Sprache angeboten.

Die eingesetzten Materialien wurden im Rahmen des aktuellen Projektes erarbeitet. Eine Anpassung für die Zielgruppe, jüngeren Schüler*innen mit Deutsch als Fremdsprache, wurde mit einfacher Sprache und mit umfangreichem Zusatzmaterial für ein verständliches Hintergrundwissen vorgenommen, sodass das Wissen einfacher erarbeitet werden konnte.

Um die Qualität der Materialien auch für diese neue Zielgruppe zu gewährleisten, wurde in einer Begleitstudie erfasst, wie das gewonnene Wissen über Kunststoff und Plastikmüll und die Handlungskompetenz der Schüler im Zusammenhang mit diesem Thema zu Beginn und am Ende des Kurses sich verändert hat. Die Erhebung wurde in Form einer ConceptionMap durchgeführt (Clausen and Christian 2012). Ein Beispiel für eine solche ConceptionMap ist in Abbildung 13 gezeigt.



Abbildung 13 ConceptionMap Begleitforschung PASCH_Camp, Prä Befragungsbeispiel

Auswertung der Begleitstudie:

Betrachtet wurden acht SuS zwischen 14-17 Jahre alt (5 weiblich, 3 männlich) aus Peru, Argentinien, Chile und Brasilien. Die erstellten ConceptionMaps der SuS wurden nach der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) ausgewertet. Vor der Intervention mit Hilfe der Lerneinheiten verbanden 75% der Teilnehmer das Thema Müll im Gewässer mit der Verschmutzung der Meere und dem damit verbunden Sterben von Fischen an Plastikpartikel (75% der Befragten). Die Hälfte gab an, dass es Plastikinseln im Meer zu finden gibt. Es war also in Ansätzen Fachwissen vorhanden, wo das Plastik sich im Meer befindet. Interessanterweise notierten mehrere SuS, dass es auch andere Verschmutzungen neben Plastik im Meer gibt, zum Beispiel Ölteppiche (siehe Tabelle 4).

Nach der Woche mit den Interventionen durch die Lerneinheiten zeigt sich ein deutlicher Anstieg des Fachwissens (Abbildung 14 blaue Balken), vor allem in Bezug auf die Eigenschaften von Plastik, das Degradationsverhalten und die Lokalisation von Plastik im Meer. Sehr gut erkennen lässt sich auch der Aufbau des Systemischen Wissens im Zusammenhang mit der Müllproblematik (rote Balken) im Themenbereich Dichte von Plastik. Hier zeigten fast alle Teilnehmer nach der Intervention eine Zunahme in diesem Kompetenzbereich. Dies ist auch in Tabelle 4 dargestellt. Das neuaufgebaute Wissen lässt sich deutlich den Inhalten von einzelnen Lerneinheiten zuordnen. Die Maps der SuS zeigen deutlich, dass sie mit dem neu erworbenen Wissen ihr eigenes Verhalten reflektieren, ihr Konsumverhalten hinterfragen und sich ein neues Bewusstsein für den Umweltschutz abzeichnet (Abbildung 14 grüne Balken). Die Evaluation zeigt somit deutlich, dass das entwickelte Material und die Experimente auch in diesem Rahmen die Ziele der Erweiterung von Fachwissen und Systemischen Wissen bei den SuS erreichen konnten und ein deutlich gesteigertes Interesse an der Umwelt und ihren Schutz durch die Teilnehmer erkennbar ist. Weiterhin hinterfragten sie ihr Konsumverhalten in Hinblick auf Plastikprodukte.

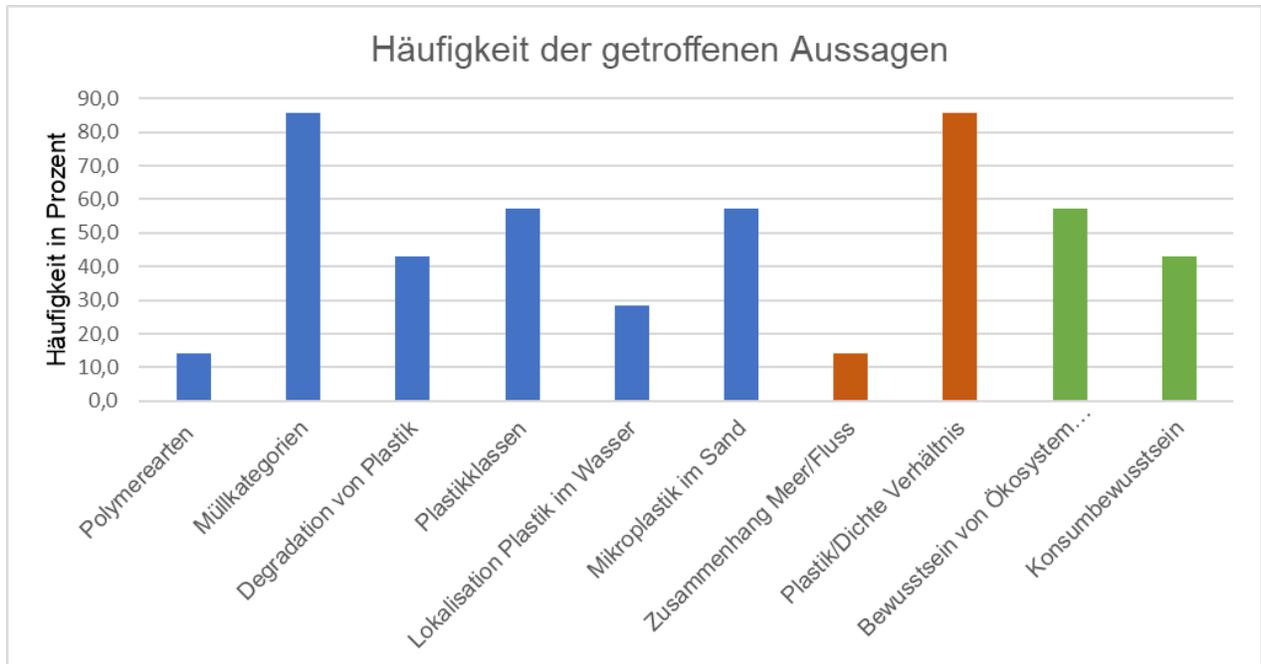


Abbildung 14 **ConzeptionMap Begleitforschung PASCH-Camp, Postbefragung aller Teilnehmer (n=7, 100% \triangle 7)**, Dargestellt sind die Anzahl der Teilnehmerantworten als relative Häufigkeit, in blau den Kompetenzbereich Fachwissen, rot Systemisches Wissen und in grün Bewertungskompetenz

7.2. Weitere Aktivitäten

Jugend forscht Betreuung

- Zwei Jugend forscht Arbeiten (Schuljahr 18/19 und 19/20) in Zusammenarbeit mit AWI Schülerlabor OPENSEA zum Thema Plastikdetektion in Sedimentproben
- Vortrag der JF-Arbeit im Schülerlabor Mai 2019 vor einem Plastikkurs
- Besuch im Schülerlabor im Dezember 2019 mit intensiver Analyse und Auswertung des aktuellen Beitrages zu Jugend forscht. Konzeption des Projektes und Darstellungen für die Präsentation wurden durch Marie Fischer betreut, die auch einen Kontakt zu den Fachwissenschaftlern vor Ort herstellte (Dr. G Gerdts).
- 1. Platz in der Sparte Geo- und Raumwissenschaften im Regionalwettbewerb Bremerhaven, Sonderpreis für Qualitätssicherung

Skype Gespräch mit der Polarsterncrew

- Zwei Kurse (50 SuS) aus Hamburg und Plön führten im Juni 2019 Skype Interview mit Wissenschaftlern der FS Polarstern
- Atlantik Transits, Ausfahrt PS120 unter dem Projektamen SoNoAT19, mit internationalen Nachwuchswissenschaftler an Bord
- Fragen zu Mikroplastik im Wasser und dessen Erforschung und zu Müllstrudeln

Betreuung von Schülerpraktikanten

- 2 Schüler, März 2019

- Preisträger eines Forscherpreises eines Gymnasiums in Niedersachsen (Schule XXX), Betreuung einer Projektwoche zum Thema Plastik Müll im Meer und Analyse von Plastik in Sedimenten (Test von Plastikanfärbung mit Nilrot)

Betreuung von drei Seminararbeiten

- 3 Lernende der Oberstufe eines Jena Gymnasiums, Fachseminararbeit zum Thema Plastik im Meer aus ökologischer und sozioökonomischer Sicht
- Betreuung von Antje Wichels und Marie Fischer, Juni bis September 2019

Lerneinheiten zum Thema Nilrot und Plastikanalyse

- Masterarbeit der Lehramtsstudierenden Denis Hart, Januar bis September 2020
- Erweiterung der bereits vorhandenen Einheiten zum Thema Müll im Meer
- Fluoreszenzfarbstoff Nilrot und dessen Einsatz zur Analyse von Mikroplastik in Umweltproben
- Umsetzen der Ideen für ein neues Lernmodul im Schülerlabor

8. Veranstaltungen und Öffentlichkeitsarbeit

Während der Projektlaufzeit war auch die Öffentlichkeitsarbeit eine zentrale Aufgabe. Neben der Durchführung des Moduls auf Helgoland mit Bildungsmultiplikatoren und der Erarbeitung des Planspiels als Multiplikatorwerkzeug war das DBU Projekt auf mehreren Veranstaltungen und Fachtagungen präsent. Es wurden Poster präsentiert und Vorträge gehalten. Der World Ocean Day (WOD) auf Helgoland jährlich mit Beteiligung des AWI Schülerlabors OPENSEA, wurde auch von der DBU Mitarbeiterin mit organisiert und mit dem Thema „Müll im Meer“ gestaltet. Eine Liste der Veranstaltungen ist im Folgenden zu finden.

- LeLa Tagung „Von der MINT.Umweltbildung zur MINT.Nachhaltigkeitsbildung“ 24. November 2017, Osnabrück, Poster „Müll im Meer- Schülerinnen und Schüler forschen zu Ursachen und Vorkommen von Plastikmüll im Meer“ (C.Kieserg)
- World Ocean Day, 08.Juni 2018, Helgoland, Aktionsstand mit Mitmachexperimenten, (C.Kieserg)
- Besuch von Aved Fuchs im Schülerlabor, 10. Juli 2018, Helgoland, Thema des Besuches Plastik in der Nordsee
- Sendung mit der Maus, August 2018, Helgoland, „Plastikmüll im Meer“, Dreharbeiten mit C.Kieserg, Ausstrahlung ARD 19.05. 2019
- MICRO 2018 Fate and Impact of Microplastics: Knowledge, Actions and Solutions, 19-23. November 2018, Lanzarote, Poster “Narrative role playing – a science multiplication tool-at the AWI school lab OPENSEA on Helgoland” (A.Wichels und C.Kieserg)
- Treffen der Helmholtzschülerlabore, Vortrag (A.Wichels)
- World Ocean Day, 08.Juni 2019, Helgoland, Aktionsstand mit Mitmachexperimenten, z.B. das Strandmonitoring nach OSPAR, (M.Fischer)
- DBU Sommerakademie (Un-) Vermeidbar? - Kunststoff in der Umwelt, 17./18. Juni 2019, Loccum, Vortrag „Umweltbildung im AWI Schülerlabor OPENSEA zum Thema Plastik im Meer“ (A.Wichels) und Aktionsstand auf dem Markt der Möglichkeiten mit

Mitmachexperimenten und Poster „OSPAR-Müllsammlung - Citizen Science Projekt am Strand Helgolands“ (A.Wichels und M.Fischer)

- Radio Interview mit Radio Corax, 26. Juni 2019 Halle (Saale), Thema Plastik im Meer und die Sensibilisierung der Gesellschaft (M.Fischer)

Damit das Plastikmodul auch als Multiplikator Werkzeug dienen kann, wird das Material über die Website des Schülerlabors zur Verfügung stehen. Auf der Seite mit den Informationen für die Lehrkräfte, wird es einen permanenten Hinweis darauf geben. Alle interessierten Lehrkräfte erhalten das Material, inklusive der Hintergrundinformationen auf Nachfrage. Zudem laufen die Verhandlungen mit dem Verlag zur Veröffentlichung des Planspiels. Auch dieses wird den Lehrkräften zeitnah als gebundene Version zur Verfügung stehen.

9. Literatur

- Alfs, Neele. 2012. *Ethisches Bewerten Fördern: Eine Qualitative Untersuchung Zum Fachdidaktischen Wissen von Biologielehrkräften Zum Kompetenzbereich „Bewertung“*. Hamburg: Kovač.
- Alfs, Neele, Corina Hößle, and Thale Alfs. 2011. *Eine Interventionsstudie Zur Entwicklung Der Bewertungskompetenz Bei Schülerinnen Und Schülern Im Rahmen Des Projektes HannoverGEN*. Oldenburg: Univ., Didaktisches Zentrum.
- Bertling, Jürgen, Harmann Leandra, and Hiebel Markus. 2018. "Mikroplastik Und Synthetische Polymere in Kosmetikprodukten Sowie Wasch-, Putz- Und Reinigungsmitteln." Stuttgart. <https://doi.org/10.24406/UMSICHT-N-490773>.
- Clausen, Simon, and Andreas Christian. 2012. "Concept Mapping Als Messverfahren Für Den Außerschulischen Bereich Concept Mapping for Measurement in a Non Scholar Context."
- Dillon, Justin, Mark Rickinson, Kelly Teamey, Marian Morris, Mee Young Choi, Dawn Sanders, and Pauline Benefield. 2006. "The Value of Outdoor Learning: Evidence from Research in the UK and Elsewhere." *School Science Review*. Vol. 87.
- Eilks, I., T. Feierabend, Corina Hößle, D. Höttecke, J. Menthe, and M. Mrochen. 2011. *Der Klimawandel Vor Gericht*. 1st ed. Köln: Auslis Verlag.
- Hemmer, Ingrid. 2010. *Schülerinteresse an Themen, Regionen Und Arbeitsweisen Des Geographieunterrichts : Ergebnisse Der Empirischen Forschung Und Deren Konsequenzen Für Die Unterrichtspraxis*. Selbstverl. des Hochschulverb. für Geographie und ihre Didaktik.
- Howell, Evan A., Steven J. Bograd, Carey Morishige, Michael P. Seki, and Jeffrey J. Polovina. 2012. "On North Pacific Circulation and Associated Marine Debris Concentration." *Marine Pollution Bulletin* 65 (1–3): 16–22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.04.034>.
- Huber, Joseph. 2011. *Allgemeine Umweltsoziologie*. 2nd ed. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- Kahn, Peter H. Jr., and Thea Weiss. 2017. "The Importance of Children Interacting with Big Nature." *Children, Youth and Environments* 27 (2): 7–24. <https://doi.org/DOI:10.7721/chilyoutenvi.27.2.0007>.
- Killermann, W., P. Hiering, and B. Starosta. 2011. *Biologieunterricht Heute: Eine Moderne Fachdidaktik*. Donauwörth: Auer-Verlag.
- Krapp, Andreas, and Manfred Prenzel. 2011. "Research on Interest in Science: Theories, Methods and Findings." *Research on Interest in Science: Theories, Methods and Findings. International Journal of Science Education*, no. 01: 27–50. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518645i>.
- Kühnis, Jürgen. 2019. "Lernort Natur – Viel Mehr Als Nur Grüne Kulisse. Bildungs- Potential Und Herausforderungen Für Die Schulpraxis." In *Requirements and Approaches for Contemporary Teacher Training*, edited by Oliver Holz Marijana Županić Beni ´ c and Melissa Michielsen, 287–98. Münster: LIT VERLAG.
- Leske, S., and S. Bögeholz. 2008. "Vielfalt Regional Und Weltweit Erhalten–Zur Bedeutung von Naturerfahrung, Interesse an Natur, Bewusstsein Über Deren Gefährdung Und Verantwortung." *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften* 14: 167–84.
- Louv, Richard. 2008. *Last Child in the Woods: Saving Our Children from Nature-Deficit Disorder*. Algonquin books.
- Menthe, J., D. Höttecke, I. Eilks, and C. Hößle. 2013. *Handeln in Zeiten Des Klimawandels*.

Bewerten Lernen Als Bildungsaufgabe. Waxmann.

Napper, Imogen E., and Richard C. Thompson. 2016. "Release of Synthetic Microplastic Plastic Fibres from Domestic Washing Machines: Effects of Fabric Type and Washing Conditions." *Marine Pollution Bulletin* 112 (1–2): 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.025>.

"Photo Guide for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Area 100 m Edition 1.0." 2010.

Pirc, U., M. Vidmar, A. Mozer, and A. Kržan. 2016. "Emissions of Microplastic Fibers from Microfiber Fleece during Domestic Washing." *Environmental Science and Pollution Research* 23 (21): 22206–11. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7703-0>.

Plastic Europe. 2019. "Plastics-the Facts 2019 An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data."

10. Anhang

Fragebogen der Vorabbefragung

Poster Planspiel Lanzarote

Poster LeLa

Poster OSPAR DBU Tagung

Material Brasilien PASCH

Verlagsprobe Planspiel

Lernmodule neustes Material (Lösungsansätze Arbeitsblatt)

Fragebogen zum Thema Plastik für die Vorabbefragung

Fragebogen zum Thema Plastik

Alter _____

Klasse _____

Geschlecht weiblich männlich

Hast du schon mal etwas zum Thema Plastik

.... gelesen, wo? Nein Ja _____

.... im Fernseher gesehen,
wo? Nein Ja _____

.... in der Schule gelernt, wo? Nein Ja _____

.... irgendwo anders gehört,
wo? Nein Ja _____

Hast du heute schon Plastik verwendet, wenn ja wo?

Was ist Plastik?

Was ist (primäres/sekundäres) Mikroplastik?

Nenne 3 Vor- und Nachteile von Plastik

Vorteile	Nachteile
<hr/>	<hr/>
<hr/>	<hr/>
<hr/>	<hr/>

Lese dir folgende Aussagen genau durch und kreuze Zutreffendes an.

	Ich stimme überhaupt nicht zu	Ich stimme eher nicht zu	Ich stimme eher zu	Ich stimme voll und ganz zu
Plastik ist die Lösung für alles.				
Wir können auf Plastik verzichten.				
In Kosmetik befindet sich kein Plastik.				
Plastik ist biologisch abbaubar.				
Plastik zerfällt mit der Zeit in immer kleinere Fragmente.				
Viele Tiere sterben an Plastikmüll.				
Plastik bleibt für immer in der Umwelt.				
Plastik wird von vielen Tieren z.B. Vögeln als eine alternativ zu natürlichen Materialien verwendet.				
In Kosmetik befindet sich immer Plastik.				
Ohne Plastik kein Fortschritt.				
Plastik zerstört unsere Erde.				
Der Gebrauch von Plastiktüten sollte verboten werden.				
Etwa 1% des Meeresmülls ist Plastik.				
Plastik erleichtert unser Leben.				
Beim Waschen unserer Kleidung entsteht viel (Mikro-)Plastikmüll.				
Plastik befindet sich überall, vom Weltraum bis in die Tiefsee.				
Plastik wurde bereits im menschlichen Blut nachgewiesen.				
Plastik ist steril und überträgt keine Schadstoffe und Krankheitserreger.				
Plastik wird ausschließlich aus Erdöl hergestellt.				
Wir leben im Zeitalter des Plastiks.				

Narrative role playing – a science multiplication tool- at the AWI school lab OPENSEA on Helgoland

Laura Thiel^{1*}, Christina Kieserg¹ and Antje Wichels¹

* contact: laura.thiel@awi.de

¹ Alfred-Wegener-Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Biologische Anstalt Helgoland (BAH), OPENSEA, Germany



Abstract Over the last decades there has been an increasing awareness within the scientific community concerning the importance of communicating science. To date, there are multiple citizen science programs aimed at facilitating the sharing of scientific knowledge with the public. One approach adopts narrative role plays, involving interactive games which simulate real-life situations in a safe environment. During these simulations, participants adopt different roles or interest groups (scientist, politician) and are posed with a specific research question relevant to e.g. environmental protection. In this study the AWI school lab OPENSEA developed a narrative role play that included two citizen science projects, surrounding the theme of marine litter.

Run of the play

Marine litter, in view of political interest, is an ethical dilemma offering no easy or clear solution. In form of a microcosm, the narrative role play of the AWI school lab OPENSEA simulates a municipal-political debate on the topic: "Helgoland: nature reserve or garbage dump in the North Sea". The high school students are divided in four different interest groups and get the opportunity at hands-on research and discovery of plastic pollution in the North Sea. Using recent scientific findings/literature, interactive modules were designed to be contended on in five phases by students in the field and in the laboratory as well as in classroom settings. This approach has the potential to be implemented in education systems for the purpose of sustainable development.

Five phases

In **phase 1** the students are introduced to narrative role play as a science multiplication tool and the rules are fixed. The subject is announced and the students are distributed into four interest groups.

Phase 2 is the most active phase. Here the groups work independently on different learning modules. The aim is to explore Helgoland and to learn about the topic to strengthen their own positions. Through conversations with all the other groups, they are requested to search-for allies.

In **phase 3** the first results are summarized into a small press report and the high school students receive feedback from the game master. Afterwards, they revise their argumentation and prepare a presentation for the debate.

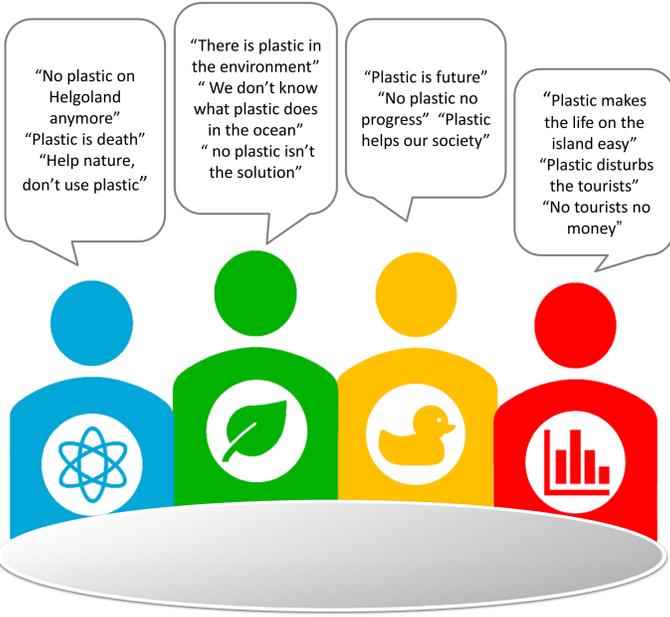
In the **4th phase**, all interest groups get involved in a debate. The students are requested to present their knowledge and discuss their statements. In the end all groups together have to find a decision for the future of plastic on Helgoland.

In the **5th phase**, the game is reflected and the students get the opportunity to talk about the problems during the game and to ask questions. They also tell their emotional experiences that they make in the various interest groups.



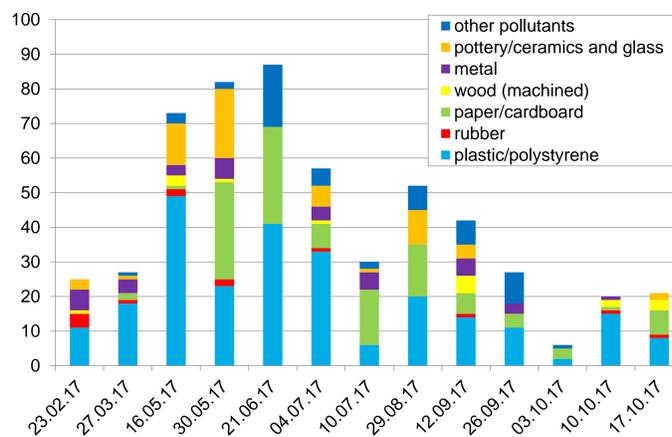
Interest groups

Each interest group consists of 3-6 students. In the group they work together on specific questions to get their arguments for the debate. Out of six learning modules every group compile their learning plan. Each topic includes different exercises for the different groups, which can be completed independently. For questions and assistance the high school students can ask the game master.



Graphic 1: The four interest groups with typical statements, the students have to find good arguments to strengthen them (blue symbolizes scientists, green environmentalists, yellow the plastic industry and red the local politicians)

Included citizen science projects



Graphic 2: Collected macro beach litter data from 2017, North Beach Helgoland. In total 46% of the collected items were plastic.

In the narrative role play two citizen science projects with the topics macro beach litter and micro plastic are included in the learning modules. For the macro beach litter project students collect marine litter, in alternate, at two beaches on Helgoland. In the school lab they categorize and evaluate their finds.

In the micro plastics project the students collect sediment samples at the defined areas at different beaches. Each section, made up of an area of 50cm x 50cm, are sampled and analyzed. An ATR-IR spectrometer is used for analysis of micro plastic.

In this study, all data will be continuously collected over one year and the marine litter at the different beaches are analyzed.

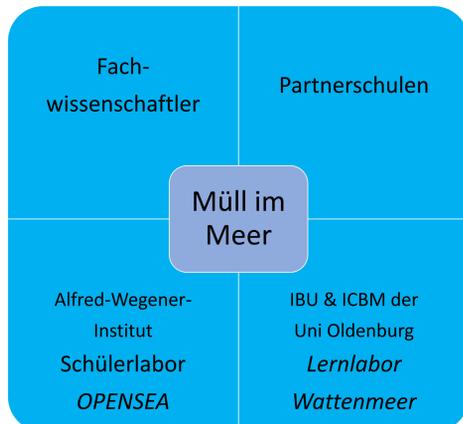
Müll im Meer- Schülerinnen und Schüler forschen zu Ursachen und Vorkommen von Plastikmüll im Meer

Christina Kieserg¹; Corinna Hößle²; Laura Thiel¹; Holger Winkler³; Anja Wübben²; Antje Wichels¹

¹Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar und Meeresforschung, Biologische Anstalt Helgoland, Deutschland

²Institut für Biologie und Umweltwissenschaften, Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg, Deutschland

³Institut für Biologie und Chemie des Meeres, Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg, Deutschland



Kooperationspartner für die Entwicklung der Lerneinheiten

Das Projekt „Müll im Meer“ bereitet Expertenwissen zu Strategien der Probennahme, Analytik und Quantifizierung von Mikroplastik im Meer didaktisch mit vier Kooperationspartnern auf. Ziel ist es, fundierte und praxisorientierte Lernmodule für Schulen und außerschulische Lernorte zu entwickeln. Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II führen diese in vier bis fünf Tagen durch. Die Lernmodule werden thematisch in naturwissenschaftliche Fächer integriert und sind im Zusammenhang mit Umweltschutz und nachhaltiger Nutzung von Ressourcen zu behandeln.

Kompetenzerwerb

- fachliches Wissen
- Systemdenken
- naturwissenschaftliche Arbeitsweisen
- ethische Bewertungs- und Handlungskompetenz
- reflektiertes Konsumverhalten

Entwicklungskonzepte

- Symbiotische Implementationsstrategie
- Bildung für nachhaltige Entwicklung
- forschend-entdeckendes Lernen

Mögliche Lernsequenzen

Makroplastik

- OSPAR Strand Monitoring
- Alterungsprozesse von Plastik
- Plastik im Nahrungsnetz
- Ziel: Müllvermeidung

Mikroplastik

- Entstehung primäres und sekundäres Mikroplastik
- Probennahme, Aufbereitung, Identifizierung und Auswertung von Mikroplastik
- Quellen und Senken von Mikroplastik
- Ziel: Sensibilisierung



Probennahme im Feld
Projekt Mehr Meer/ Hannah Buntenkötter



Planspiel über die Folgen des Klimawandels
Projekt Mehr Meer/ Joachim Dengg



Arbeit im Labor
Projekt Mehr Meer/ Joachim Dengg

Verbreitungswege

über Schulen, Lehrerfortbildungen und Lernlabore

- Lehrkräfte
- Lehramtsstudentinnen und -studenten
- Schülerinnen und Schüler
- Ziel: Multiplikatorenengewinnung

Was ist OSPAR?

Um den Einfluss und die Ausmaße in Europa durch Müll im Meer einschätzen zu können, haben sich die **15 EU-Küstenstaaten im Oslo-Paris-Abkommen (OSPAR)** zusammen getan.

Es werden Monitorings (Langzeitstudien) von Müll in drei verschiedenen Bereichen der marinen Umwelt durchgeführt:

- Strandmüll,
- Müll auf dem Meeresboden
- in den Mägen von Eissturmvögeln.

Die gesammelten Informationen geben Aufschluss über Menge, Art und Trend des Mülls in Europas Meeren.

Für die Datenaufnahme wurde von der OSPAR-Kommission eine Guideline herausgegeben, nach der die Beprobung **standardisiert** überall an Europas Stränden als **Citizen Science Projekte** ablaufen kann.

Umsetzung am Strand von Helgoland

Am Nordstrand von Helgoland wird durch das **Schülerlabor OPENSEA** immer der gleiche Abschnitt, **100 m lang** und **30 m breit**, beprobt.

Dieser Transekt wird markiert und mit mehreren Schülerinnen und Schülern **systematisch** abgelaufen. Anschließend werden die Funde mit dem **OSPAR-Photoguide** nach ihrer Herkunft kategorisiert.



Luftbild des Monitoring-Abschnitts des Nordstrandes.



Ausmessen und Markieren der Beprobungsfläche.



Schülergruppe beim Sammeln von Müll.



Kategorisierung der Fundstücke mit Photoguide.

Monitoring vom 04. Juni 2019

Sammelvorgang des Müllmonitorings

Der Strand wurde von sechs **Schülerinnen und Schülern** beprobt. Die letzte vorangegangene Beprobung fand eine Woche zuvor statt. Es wurden **14 Müllstücke** gefunden, die in die vier Kategorien **Plastik, Papier, Metall und Porzellan** der 12 OSPAR-Kategorien nach ihrer Herkunft eingeordnet werden konnten.



Kleiner Plastikmüll.



Zerbrochener Teller.

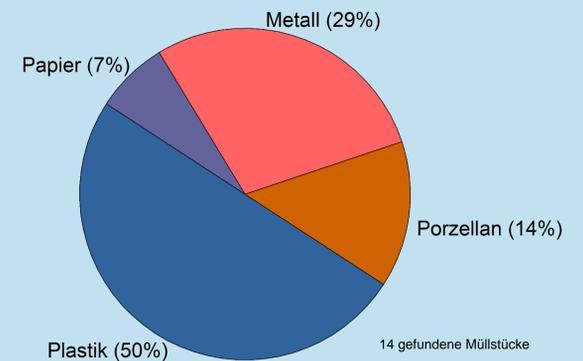


Plastikschnur.



Gefundene Müllstücke, ohne die Keramikteile.

Prozentuale Verteilung der Fundstücke

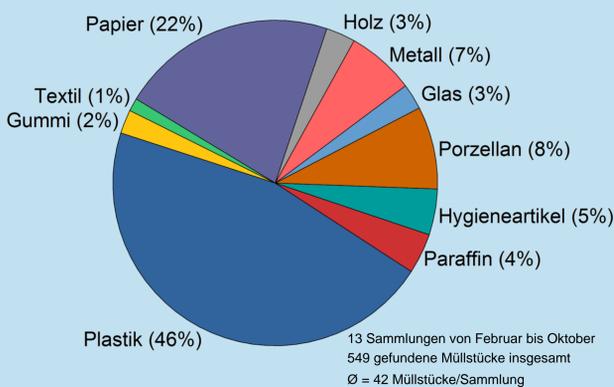


- Hohe Belastung mit Plastikmüll (50%)
- Geringer Anteil an schneller abbaubarem Müll (Papier)

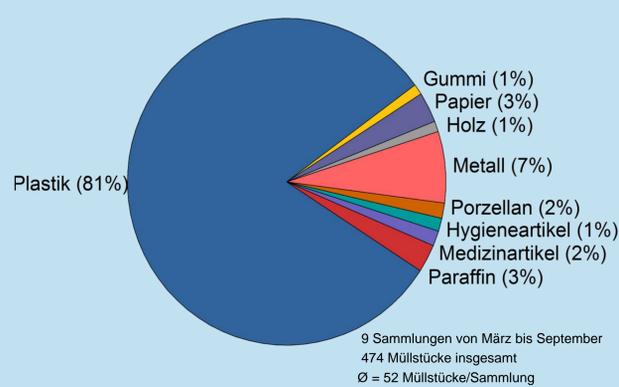
Vergleich der Müllbelastung in den letzten Jahren

Resultate aller Müllsammlungen als prozentuale Gesamtübersicht.

2017



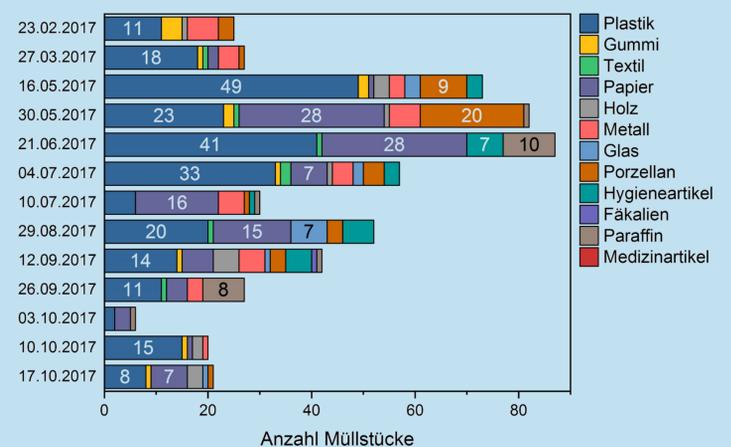
2018



- Größter Anteil entfällt auf Plastik
- 2017 größere Variabilität der Fundstücke
- 2018 höhere Anzahl der Müllstücke pro Sammlung

Übersicht im Jahresverlauf

2017



- Erhöhte Anzahl von Müllfundstücken in den Sommermonaten
- Auffinden von Papier saisonabhängig

Das Team des OPENSEA Schülerlabors

Antje Wichels Marie Fischer
Brigitte Harth OPENSEA Schülerlabor Helgoland Laura Thiel
Christina Kieserg Linnart Busse

Kontakt: marie.fischer@awi.de

Danksagung

Die Autoren danken für die Unterstützung durch das AWI und der finanziellen Unterstützung durch das DBU Projekt Müll im Meer – Schülerinnen und Schüler forschen zu Ursachen und Vorkommen von Plastikmüll im Meer.

Mind-Map



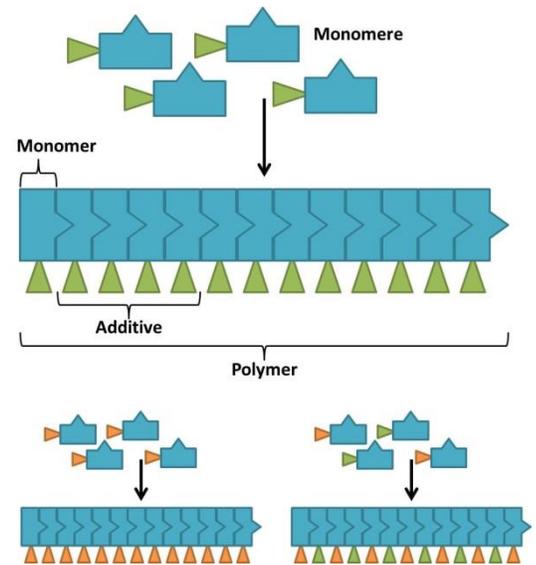
Mind-Map

**Müll im
Gewässer**

Chemische Eigenschaften von Plastik

Plastik ist überall in unserem Leben. Wir brauchen es jeden Tag. Plastik heißt auch Kunststoff. Kunststoffe haben viele Eigenschaften. Kunststoffe sind die Summe vieler kleiner Bausteine (Monomere). Alle Bausteine zusammen sind lange Ketten (Polymere). Zu den Bausteinen kommen besondere Stoffe (Additive), welche die Eigenschaften der Kunststoffe bestimmen. Das macht den Kunststoff ideal nutzbar.

Wir wollen sehen, welche Eigenschaften Plastik hat. Sehen wir Unterschiede?



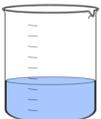
Versuch:

Material

- Streichhölzer
- Teelicht
- Plastikpartikel
 - PE
 - PVC
 - PS
 - Gummiband
 - UP



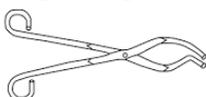
- Becherglas



- Wasser



- Tiegelzange



Aufgabe

1. Schau dir die Kunststoffe an. Werden sie brennen, schmelzen oder brechen? Füllt dazu die Tabelle aus!
2. Untersucht die Kunststoffe auf ihre Eigenschaften!
Brechen
Brennen
Schmelzen
3. Schaut euch eure Beobachtungen an! Ordnet eure Ergebnisse den Plastikklassen zu.
4. Waren eure Aussagen aus (1) richtig?
5. Wo nutzen wir die Eigenschaften im Leben?

Kleine Hilfe

Das Plastik = el plástico / o plástico
 Die Eigenschaft = la característica / a característica
 Die Struktur = la estructura/ a estructura
 Die Beobachtung = la observación/ a observação
 Das Beispiel = el ejemplo/ o exemplo
 Der Baustein = el módulo/ o tijolo
 Die Kette = la cadena/ o colar
 Der Stoff = la materia/ o tema

Chemische Eigenschaften von Plastik

Plastikklassen:

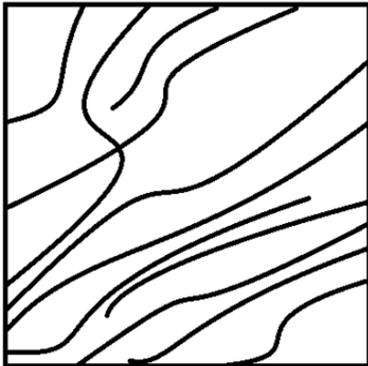


Abbildung 2: Struktur
Thermoplast

Thermoplaste

Thermoplaste haben eine lange Struktur. Durch Erhitzen sind sie leicht formbar. Monomere sind nur leicht verbunden.
Beispiele: Verpackungsmaterial, Angelschnüre, Schläuche.

Duroplaste

Duroplaste haben eine Struktur wie ein Netz. Die Monomere sind fest verbunden. Bei Wärme behalten Duroplaste ihre Form. Sie können nicht brennen, aber verkohlen.
Beispiele: Bügeleisen, Steckdose

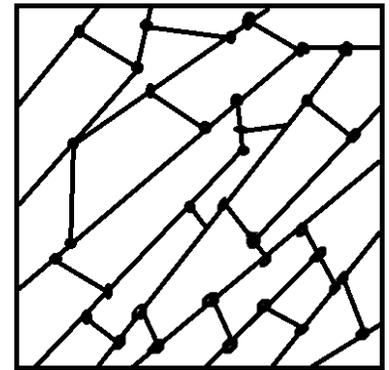


Abbildung 3: Struktur Duroplast

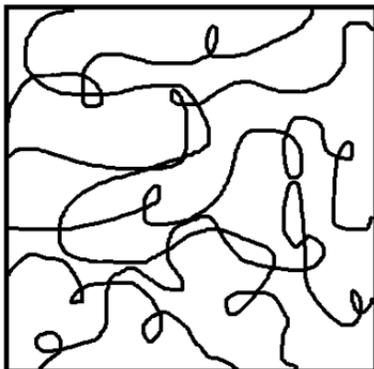


Abbildung 4: Struktur
Elastomer

Elastomere

Die Struktur von Elastomeren ist ein Netz mit größeren Löchern (Loch). Durch Wärme wird der Kunststoff kleiner. Elastomere können ihre ursprüngliche Form wieder annehmen.
Beispiele: Matratzen, Schuhsohle, Tischtennisschläger.

Chemische Eigenschaften von Plastik

Auswertung:

Kunststoff	Eigen- schaften	Vermutung/ Annahme (1)	Untersuchung/ Experiment (2)	Kunststoff- klasse (3)
Gummiband	brechen			
	brennen			
	schmelzen			
PE (Polyethylen)	brechen			
	brennen			
	schmelzen			
PVC (Polyvinylchlorid)	brechen			
	brennen			
	schmelzen			
UP (Ungesättigtes Polyesterharz)	brechen			
	brennen			
	schmelzen			
PS (Polystyrol)	brechen			
	brennen			
	schmelzen			

Kleine Hilfe

Die Beobachtung = la observación/ a observação
 Die Auswertung = la interpretación/ a análise
 Das Experiment = el experimento / o experimento
 Das Gummiband = la cinta de goma/a fita de borracha
 brennen = arder / queimar
 brechen = romper/ quebrar
 schmelzen = derretir/ derreter

Müllmonitoring

Alle sprechen über Plastik im Meer, in Zeitung, Nachrichten und im Internet. Wir kennen Bilder von toten Tieren mit Plastik oder Stränden mit Plastik.

In Europa arbeiten Länder zusammen um Plastik im Meer zu finden. Sie wollen Plastik beobachten. Dafür sammeln Menschen am Strand vom Meer und Flüssen (Fluss) Müll. Die Daten werden gesammelt. Forscher sehen so, was für Müll sich im Wasser befindet.



1: Plastikmüll am Strand (Luftballon)

Wir werden Forscher und sammeln Müll am Strand oder Ufer.

Versuch:

Material

- Markierungsmaterial



- Kameras



- Protokoll



- GPS Gerät



- 50 m Maßband



- Eimer



- Stifte



Aufgabe

1. Überlegung: Wie viel Müll befindet sich im Gewässer? Was denkt ihr?
2. Wir suchen einen 50x20 m Abschnitt am Gewässer.
3. Wir messen und markieren die Fläche.
4. Sucht allen Müll auf der Fläche!
Macht ein Bild vom Müll.
Alles kommt in die Eimer!
5. Wir brauchen die GPS-Koordinaten und Daten im Protokoll. Tragt alle Informationen ein.



2: Vermessen der Fläche und markieren der Fläche



3: Müll sammeln und ins Protokoll schreiben

Müllmonitoring

Auswertung:

Material

- Stift



- Photoguide



- Laptop



- Aufnahmebögen



- Zollstock



Auswertung

1. Sortiert eure Funde. Erstellt eine Tabelle.
2. Entsorgt den Müll in den Mülleimer.
3. Wie viel Plastik haben wir gefunden (Prozent %)?
4. Erstellt ein Diagramm.
5. Ist eure Aussage aus (1) richtig?
6. Was könnt ihr machen um weniger Müll zu haben?

Kleine Hilfe

Der Fluss = el río/ o rio
Das Ufer = la orilla/ a praia
Die Tabelle = la tabla/a tabela
Das Diagramm = o diagrama
Die Aussage = la declaración/ a afirmação
Das Protokoll = el protocolo / o protocolo

Müllmonitoring (Protokoll)

Fragen zur Datenerhebung



Datum _____



Uhrzeit _____



GPS Koordinaten Start: _____

GPS Koordinaten Ende: _____



Woher kommt die Strömung? _____ N O S W _____



Woher kommt der Wind? _____ N O S W _____

Aus was besteht das Ufer/der Strand (in %) _____

Gibt es Objekte im Fluss/ im Meer, die die Strömung beeinflussen (z.B. Brücken, Buhnen, Mole)

Hauptsächliche Strandnutzung (schwimmen, surfen, fischen usw.)

Zugang zum Ufer/ Strand: _____ Fahrzeuge _____ Fußgänger _____ Boote

Zusätzliche Informationen

Wurde Müll gefunden? Ja _____ Nein _____

Hat einer der folgenden Wetterbedingungen die Datenerhebung beeinflusst?

Regen _____ Wind _____ Schnee _____ Eis _____ Nebel _____ Hochwasser _____ Sandsturm _____

Habt ihr ein totes Tier gefunden? Ja _____ Nein _____

Wenn ja, wie viele? _____

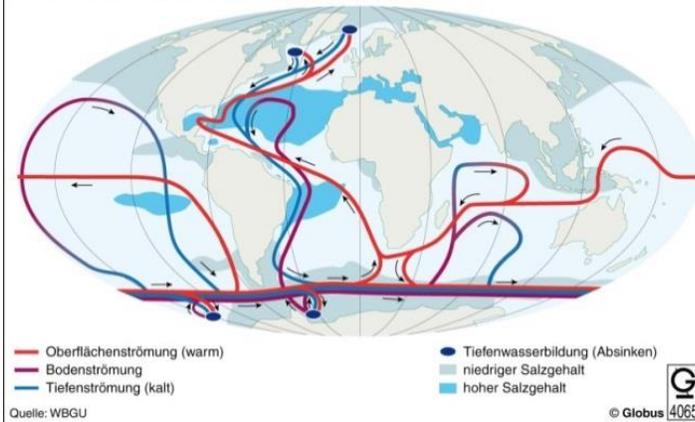
Ist das Tier in Müll eingewickelt? _____ Ja _____ Nein _____

Wenn ja, in welcher Art von Müll? _____

Physikalische Eigenschaften von Kunststoffen

Meeresströmungen der Erde

Die globalen Meeresströmungen werden vor allem durch Temperatur- und Salzgehaltsunterschiede bestimmt. Diese „thermohalinen“ Wasserkreisläufe werden hier dargestellt:



Forscher wissen durch Beobachtungen, das Plastik im Meer gibt. An der Oberfläche, im Wasser und am Grund (Meeresboden) finden Forscher Plastik.

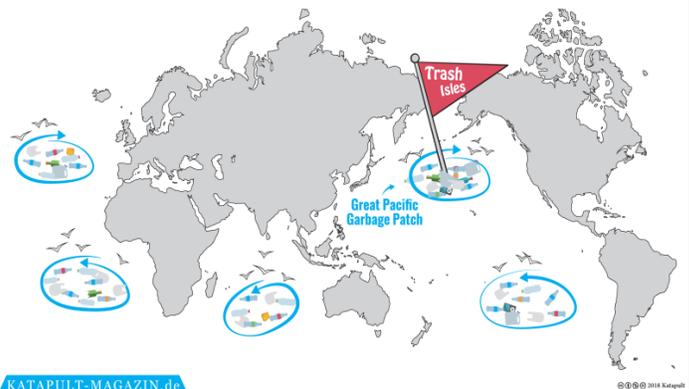
Wo das Plastik ist, bestimmen seine Eigenschaften und sein Alter. Plastik kann sehr lange im Wasser sein (50-300 Jahre) Plastik verändert sich im Meer.

Die Strömungen bewegen unsere Meere. Salz und Temperatur bewegen das Wasser. Wind, Gezeiten und die Drehung der Erde helfen dabei.

Müll wird so im Meer bewegt. An bestimmten Orten im Meer sammelt sich der Müll in „garbage patches“ (Müllstrudeln). An den Orten ist keine Strömung an der Oberfläche. Der Müll hängt fest.

Wir wollen untersuchen, was Strömung mit Plastik macht.

Die fünf größten Müllstrudel der Ozeane



Kleine Hilfe

- Die Strömung = la corriente/
- Der Wind = el viento/ o vento
- Die Oberfläche = la superficie/ a superficie
- Der Forscher = el investigador/ o cientista
- Die Gezeiten = la marea/ a maré
- Der Müll = los desperdicios / o lixo
- Der Strudel = el remolino / o redemoinho
- Der Grund/ der Meeresboden = el fondo del mar

Physikalische Eigenschaften von Kunststoffen

Versuch 1: Temperatur

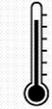


Material

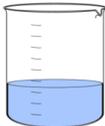
- Wassertank (50x20x2cm) mit Trennstab
- Wasser (warm und kalt)



- Thermometer



- 2 Bechergläser



- Eis(-würfel)



- Lebensmittelfarbe



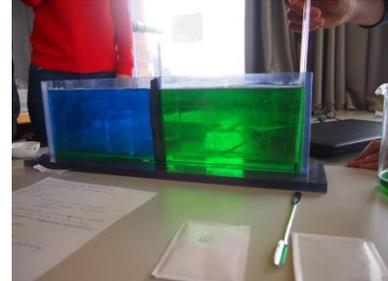
- 2 Spatel



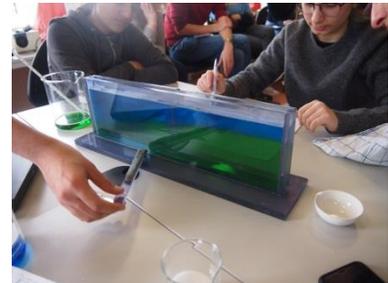
- Plastikpartikel

Aufgabe

1. Was denkt ihr, was macht Plastik im warmen und kalten Wasser?
2. Wir teilen den Tank mit dem Stab in zwei Hälften.
3. Wir färben 300 ml warmes Wasser und 300 ml kaltes Wasser mit Farbe.
4. Messt die Temperatur des Wassers.
5. Füllt das Wasser in den Tank, in jede Hälfte ein Becherglas.
6. Wir geben die Partikel ins Wasser. Entfernt den Stab.
7. Was sehen wir? Zeichnet eine Skizze zu eurer Beobachtungen.
8. Welches Wasser hat die größere Dichte?
9. Was macht Plastik in kaltem und im Warmen Wasser?



1: Wassertank mit Stab und Wasser in zwei Farben



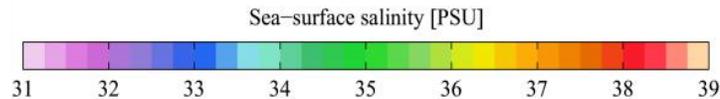
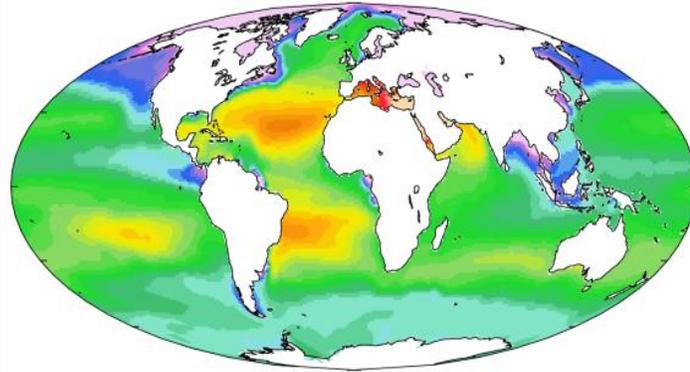
2: Wassertank ohne Stab. Das Wasser hat eine Schichtung

Kleine Hilfe

- Der Versuch = el intento/ a tentativa
- Die Dichte = la densidad/ a densidade
- Das Eis = el hielo /o gelo
- Die Temperatur = la temperatura/ a temperatura
- Die Messung = la medición / a medição
- etwas messen = medir algo
- schwimmen = nadar/ nadar
- sinken= hundirse/ afundar
- schweben= flotar/ flutuar
- kalt = frío/ frio
- warm = caliente/ quente

Physikalische Eigenschaften von Kunststoffen

**Versuch 2:
Salzgehalt**



3: Salzgehalte der Meere auf der Erde

Material

- Wassertank (50x20x2cm) mit Trennstab



- Leitungswasser



- Refraktometer

- Pipette



- Salz (NaCl)



- Waage



- 2 Bechergläser



- Lebensmittelfarbe



- 2 Spatel

- Plastikpartikel

Aufgabe

- 1) Was glaubt ihr? Was macht das Plastik im Salzwasser?
- 2) Trennt den Tank mit dem Stab in zwei Hälften.
- 3) Färbt 300 ml Süßwasser mit Lebensmittelfarbe.
- 4) Im 2. Becherglas machen wir Salzwasser. 300ml Wasser + 90 g Salz
- 5) Füllt das Süßwasser in eine Hälfte des Tanks und das Salzwasser in die andere Hälfte des Tanks und
- 6) Gebt die Plastikpartikel ins Wasser.
- 7) Bestimmt mit Hilfe des Refraktometers den Salzgehalt.
- 8) Zeichnet eine Skizze zu eurer Beobachtung.
- 9) Welche Lösung hat die größere Dichte?
- 10) Was macht Plastik im salzigen Wasser?

Kleine Hilfe

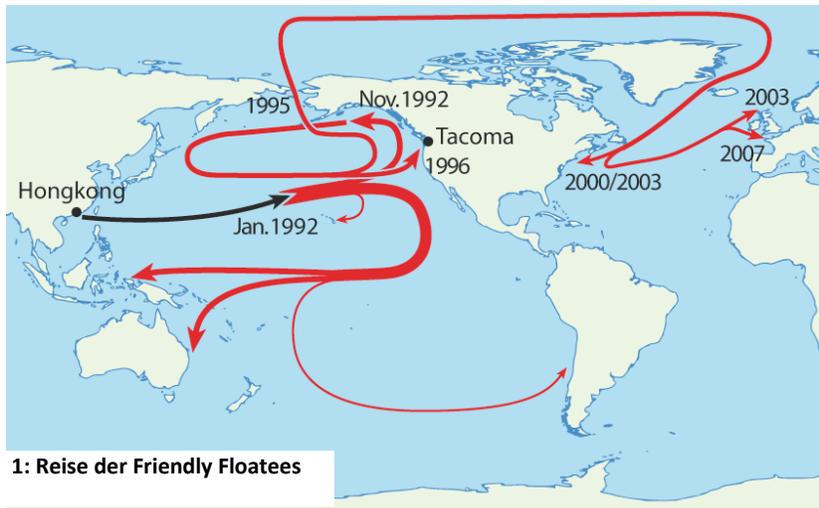
Der Salzgehalt = el contenido de sal / salino
 salzig = salino/ salgado
 Das Salzwasser = el agua de mar (de salada)
 Das Süßwasser = el agua dulce
 Die Beobachtung = la observación/
 a observação
 Die Skizze = el esbozo/ o bosquejo

Physikalische Eigenschaften von Kunststoffen

Plastik im Meer

Plastik kommt über viele Wege ins Meer. Wind und Strömungen bringen Plastik an den Strand. Entfernte Orte sind miteinander verbunden, durch Strömungen.

Drifter und andere Gegenstände zeigen den Weg des Plastiks im Meer. Drifter helfen Forschern Zusammenhänge (Zusammenhang) zu verstehen.



2: Friendly Floater am Strand

Ein Schiff verlor 30.000 Plastiktiere. Die Tiere schwammen im Meer. Die Strömungen haben sie verteilt.

Wir wollen untersuchen, wo wir Plastik finden.

Versuch:

Material

- Netz 
- Eimer 
- Landkarte 

Aufgabe

1. Nehmt die Landkarte!
Wo kommen wir ans Wasser?
Kennzeichnet/Markiert diesen Ort auf der Karte!
2. Nehmt das Netz!
Wir gehen zu dem Ort auf der Karte. Wir nehmen eine Probe von der Oberfläche.
3. Wie kommt das Plastik hier her?



3: Die Probennahme

Plastik im Meer

Auswertung:

Material

- Photoguide 
- Stereomikroskop 
- Petrischale 
- Pinzette 

Aufgabe

1. Vergleicht eure Probe mit dem Photoguide!
2. Tragt euer Ergebnis in die Tabelle ein.
3. Ist etwas unklar/undeutlich oder besonders, schauen wir es unter dem Stereomikroskop an.
4. Woher kommt der gefundene Müll? Wir schauen auf die Karte.



4: Vergleich mit dem Photoguide

Kleine Hilfe

Der Müll = el basura/ o lixo
 Die Strömung = la corriente/
 Der Gegenstand = el objeto/ o objeto
 Der Wind = el viento/ o vento
 Der Strand = la playa/a praia
 Die Reise = la viaje/a viagem
 Die Oberfläche = la superficie/ a superficie
 Der Versuch = el intento/ a tentativa
 Die Auswertung = la interpretación/ a análise
 Der Zusammenhang = el contexto / o contexto
 vergleichen = comparar/comparar
 schwimmen = nadar/ nadar

Plastik im Sand

Im Meer sind nicht nur große Plastikpartikel, sondern auch Kunststoffpartikel. Forscher nennen es Mikroplastik (<5mm). Mikroplastik ist überall im Meer, sogar im Eis. Forscher nehmen Sedimentproben überall im und am Meer. Diese Proben zeigen, ob Mikroplastik da ist.



1: Mikroplastik aus einer Sandprobe

Bild: MehrMeer K.Schöne

Untersucht den Strand vor Ort. Finden wir mehr Mikroplastik als an anderen Orten?

Versuch:

Material a)

- Zollstock

- Esslöffel

- Eimer

- Handwagen

- Siebe (5 mm, 1 mm)

- Wasser

- Spatel

- Stifte

- Karte

- Protokoll


Aufgabe a)

1. Wie viel Mikroplastik werden wir finden? Was denkt ihr?
2. Wir schauen auf die Karte. Wo können wir unsere Probe nehmen?
3. Wir nehmen alles Material mit ans Wasser.
4. Wir suchen eine Stelle nah am Wasser.
5. Messt eine Fläche 50x50 cm ab!
6. Wir nehmen die oberen 2cm ab. Der Sand kommt in den Eimer.
7. Füllt das Protokoll aus.



2: Probennahme am Strand

Tipps

Denkt daran eure Probe nicht schmutzig zu machen. Wir tragen Plastik an uns (Kleidung). Das darf nicht in die Probe.

Kleine Hilfe

Der Partikel = la partícula
Das Sediment = el sedimento/ o sedimento
Das Mikroplastik = el microplástico
Das Eis = el hielo /o gelo
Die Probe = la prueba / a prova
micro- = micro-

Plastik im Sand

Material b)

- Bechergläser

- Alufolie

- Metallring

- Petrischalen

- Pinzette

- Spritzflasche

- Löffel

- Wasser

- Waage

- Salz (NaCl)

- Stereomikroskop


Aufgabe b)

1. Wir wiegen die Probe im Eimer.
2. Wiegt die Petrischale.
3. Füllt das Protokoll aus.
4. Messt 10 g vom Sand ab, in einer Petrischale.
5. Der Sand in der Petrischale muss trocknen.
6. Wir sieben unsere Probe durch.
7. Nehmt ein Becherglas und füllt es mit Wasser.
8. In das Wasser kommen 3 Löffel Salz. Es wird alles vermischt
9. Wir geben unsere Probe (Sand) in das Wasser. Wir decken es mit Alufolie ab. Es bleibt lange stehen.
10. Wir gießen das Wasser durchs Sieb. Unsere Plastikprobe bringen wir in eine Petrischale.
11. Unsere Probe schauen wir uns mit dem Stereomikroskop an.



2: Die Probe wird durch das Sieb gegeben.

Haben wir Mikroplastik gefunden?

Kleine Hilfe

- Das Datum = la fecha/ a data
- Die Koordinate = la coordenada /a coordenada
- Das Gewicht = el peso/ o peso
- Die Anzahl = la cantidad/ a quantidade
- Die Strömung = la corriente / a corrente
- Der Verlust = la pérdida/ a perda
- Das Stereomikroskop = el microscopio estereoscópico / o microscópio estereoscópico
- Das Protokoll = el protocolo / o protocolo
- etwas messen = medir algo
- etwas trocknen = secar algo / secar

Plastik im Sand

Auswertung:

Material

- Laptop



Aufgabe

1. Wieviel Mikroplastik haben wir gefunden? Ist es mehr oder weniger als ihr bei (1) gesagt habt?
2. Gibt es an anderen Orten mehr Mikroplastik?

Table 2

Abundance of microplastics in sediments worldwide. Location and location specification (i.e. 'sediment type') are provided, as well as the microplastic size range (particle size) applied during the assessment.

Continent	Location	Location specification	Particle size	Measured abundance	Reference
Africa	Canary Islands	Beach	1 mm–5 mm	<1 – >100 g/L	Baztan et al., 2014
America	Hawaii	Beach	1 mm–15 mm	541–18,559 items/260 L	McDermid and McMullen, 2004
	US	Florida subtidal	250 µm–4 mm	116–215 items/L	Graham and Thompson, 2009
		Maine subtidal		105 items/L	
	Brazil	Beach	2 mm–5 mm	60 items/m ²	Ivar do Sul et al., 2009
	Brazil	Beach	0.5 mm–1 mm	200 items/0.01 m ²	Costa et al., 2010
			1 mm–20 mm	100 items/0.01 m ²	
	Hawaii	Beach	250 µm–10 mm	0.12%–3.3% plastic by weight	Carson et al., 2011
	Brazil	Tidal plain	1 mm–10 cm	6.36–15.89 items/m ²	Costa et al., 2011
	Chile	Beach	1 mm–4.75 mm	<1–805 items/m ²	Hidalgo-Ruz and Thiel, 2013
	Québec	River sediment	400 µm–2.16 mm	52–13,832 beads/m ²	Castañeda et al., 2014
	Nova Scotia	Beach	0.8 µm–5 mm	20–80 fibres/10 g	Mathalon and Hill, 2014
Asia	Singapore	Beach	1.6 µm–5 mm	0–4 items/250 g dry	Ng and Obbard, 2006
	India	Ship-breaking yard	1.6 µm–5 mm	81.4 mg/kg	Reddy et al., 2006
	South Korea	High tide line	2 mm–10 mm	913 items/m ²	Heo et al., 2013
	India	Beach	1 mm–5 mm	10–180 items/m ²	Jayasiri et al., 2013
	South Korea	Beach dry season	1 mm–5 mm	8205 items/m ²	Lee et al., 2013
		Beach rainy season		27,606 items/m ²	
	Singapore	Mangrove	1.6 µm–5 mm	36.8 items/kg dry	Nor and Obbard, 2014
	NW Pacific	Deep sea trench	300 µm–5 mm	60–2020 items/m ²	Fisher et al., 2015
	South Korea	Beach	50 µm–5 mm	56–285,673 items/m ²	Kim et al., 2015
Europe	UK	Beach	1.6 µm–5 mm	0.4 fibres/50 mL	Thompson et al., 2004
		Estuary		2.4 fibres/50 mL	
		Subtidal		5.6 fibres/50 mL	
	Sweden	Subtidal	2 µm–5 mm	2–332 items/100 mL	Norén, 2007
	UK	Beach	1.6 µm–1 mm	<1–8 items/50 mL	Browne et al., 2010
	UK	North Sea beach	38 µm–1 mm	0.2–0.8 fibres/50 mL	Browne et al., 2011
		English Ch. beach		0.4–1 fibres/50 mL	
	Belgium	Harbour	38 µm–1 mm	166.7 items/kg dry	Claessens et al., 2011
		Continental Shelf		97.2 items/kg dry	
		Beach		92.8 items/kg dry	
	Portugal	Beach	1.2 µm–5 mm	133.3 items/m ²	Martins and Sobral, 2011
	Germany	Urban beach	1 mm–15 mm	5000–7000 items/m ³	Ballent et al., 2012
		Rural beach		150–700 items/m ²	
	Germany	Tidal flat	1.2 µm–5 mm	0–621 items/10 g	Liebezeit and Dubaish, 2012
	Italy	Sub-alpine lake	9 µm–5 mm	1108 items/m ²	Imhof et al., 2013
	Greece	Beach	1 mm–2 mm	57–602 items/m ²	Kaberi et al., 2013
			2 mm–4 mm	10–575 items/m ²	
	Belgium	High tide line	38 µm–1 mm	9.2 items/kg dry	Van Cauwenberghe et al., 2013
		Low tide line		17.7 items/kg dry	
	Italy	Subtidal	0.7 µm–1 mm	672–2175 items/kg dry	Vianello et al., 2013
	Germany	Beach	<1 mm	1.3–2.3 items/kg dry	Dekiff et al., 2014
	Slovenia	Beach	0.25–5 mm	177.8 items/kg dry	Lagbauer et al., 2014
		Infralittoral		170.4 items/kg dry	
Worldwide		Deep sea	5 µm–1 mm	0.5 items/cm ²	Van Cauwenberghe et al., 2013

Abbildung 2: Auflistung weltweiter Mikroplastikfunde in Sedimenten von Van Cauwenberghe et al. (2015)

Plastik im Sand

Daten zur Probennahme



Datum _____



Uhrzeit _____

Standort der Probenahme _____



GPS Koordinaten: _____



Woher kommt die Strömung? _____ N O S W _____



Woher kommt der Wind? _____ N O S W _____

Daten zur Probe (im Labor)

Gewicht

Gewicht der Sedimentprobe _____

Gewicht der Petrischale _____ Gewicht des Eimers _____

Gewicht der Unterprobe vor _____ und nach _____ der Trocknung

Gewichtsverlust der Unterprobe in g und % _____ nach der Trocknung

Trockengewicht der Gesamtprobe _____

Anzahl der gefundenen Partikel _____

Ergebnis der Untersuchung

Anzahl Partikel pro kg Trockengewicht _____

Vergleich zu anderen Orten: _____



Plastik ist ein wichtiger Bestandteil unseres alltäglichen Lebens. Dabei ist Plastik Segen und Fluch zugleich. Das Planspiel vermittelt Schüler*innen der Sekundarstufe II durch forschend-entdeckendes Experimentieren Fachwissen zum Thema Plastik und unterstützt bei der Suche nach Lösungsansätzen zur Reduzierung von Plastik im Alltag. Dabei fördert es die ethische Bewertungskompetenz der Teilnehmenden und ermöglicht somit die Partizipation an gesellschaftlichen Diskussionen.

Das Plastik-Dilemma

Planspiel, Unterrichtseinheiten und Experimente zum Thema „Plastik im Meer“ für den Naturwissenschaftsunterricht, der Sekundarstufe II.

Marie Fischer, Corinna Hößle, Christina Kieserg, Laura Thiel, Antje Wichels, Holger Winkler

Inhaltsverzeichnis

Das Plastik-Dilemma.....III

 Didaktische Analyse.....1

 Lernvoraussetzungen.....2

 Theoretischer Hintergrund zum Thema Kunststoff und Plastik3

 Aufbau von Kunststoffen

 Herstellung von Kunststoffen

 Biokunststoffe

 Plastik im Meer

 Argumente zum Thema Plastik.....

 Methode des Planspiels.....

 „Das Plastik Dilemma“

 Spielablauf

 Spielphasen im Überblick.....

 Planspielrollen

 Experimente zur fachlichen Fundierung des Rollenspiels **F.**

 Berichte zu politischen Entscheidungen zum Thema Plastik

 Wissenswertes zu Siebenstadt.....

 Eigenschaften von Plastik

 Müllmonitoring nach OSPAR.....

 Verhalten von Plastik in Wasser

 Plastik im Alltag.....

 Plastik in Kleidung

 Mikroplastik

Spielanleitung für den Spielleiter*in

 Raumgestaltung.....

 Phase 2: Experimentier- und Recherchephase (3-4 Stunden).....

 Phase 3: Transferphase (45 min).....

 Phase 4: Diskussionsrunde/ Treffen des Untersuchungsausschusses (30-45 Minuten).....

Das Plastik-Dilemma

Schlagzeilen wie „Plastikabfälle: Der vermüllte Planet“¹ und „Kampf dem Plastik - Sind die Meere noch zu retten?“² begegnen uns überall. Die Gefahr, die eine unsachgemäße Entsorgung von Plastik in sich birgt, ist bekannt, dennoch scheint ein Leben ohne Plastik unmöglich zu sein. Plastik ist omnipräsent. Allein im medizinischen Bereich findet Plastik eine umfangreiche Anwendung, ohne die unser Gesundheitssystem nicht mehr denkbar wäre (Spritzen, Schläuche, Mundschutz etc.). Auch im Alltag begegnet uns Plastik in großen Mengen. So wollen wir nicht mehr auf Plastik und seine Anwendung z.B. in den Bereichen Digitalisierung, Hausbau und Küchenausstattung verzichten. Anders als diese wertigen und langlebigen Plastikprodukten, nutzen wir das meiste Plastik nur sehr kurz. Dieses sogenannte Einwegplastik in z.B. Lebensmittelverpackungen, Hygieneartikeln, wird nach seinem Gebrauch weggeworfen und führt zu riesigen Mengen an Müll. Auch das Einwegplastik zeigt die für uns im Alltag nützlichen Eigenschaften, wie Langlebigkeit und Stabilität. Diese stellen jedoch, wenn sie in die Umwelt gelangen eine große Gefahr dar.

Mit dieser Dilemma-Situation sehen sich auch viele Schüler*innen konfrontiert. Das Planspiel ermöglicht es Schüler*innen der Sekundarstufe II, sich mit dem Thema intensiv und umfassend auseinanderzusetzen. Hierbei stellen die im Planspiel verankerten Lernmodule zum Kompetenzerwerb eine Besonderheit dar. So werden neben naturwissenschaftlichen Kompetenzen wie das Experimentieren und Modellieren auch Bewertungs- und Kommunikationskompetenz gefördert und die Teilhabe an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen vorbereitet.

Das Planspiel entstand im Rahmen eines Kooperationsprojektes (PLAWES) des Alfred-Wegner-Instituts Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI) und der AG Biologiedidaktik sowie dem Institut für Chemie und Biologie des Meeres, beide der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg zugehörig. In den institutseigenen Schüler- und Lernlaboren (OPENSEA Helgoland und Lernlabor-Wattenmeer.de) wurden die Lernmodule mit Schüler*innen und Lehramtsstudierenden erprobt, mit erfahrenen Lehrkräften reflektiert und im Anschluss optimiert. Alle Module wurden in Anlehnung an die aktuellen Erkenntnisse der aktuellen Forschung des AWI zum Thema Meeremüll und der Lehr-Lernforschung konzipiert und können von den Schüler*innen eigenständig in Kleingruppen bearbeitet werden. Darüber hinaus werden den Schüler*innen Bewertungsmethoden vermittelt, die helfen, nachhaltige Entscheidungen im Umgang mit Plastik zu fällen und sich an gesellschaftlichen Diskussionen aktiv zu beteiligen. Alle Fachinhalte werden von den Schüler*innen mittels forschend-entdeckendem Lernen erarbeitet. Bei der Entwicklung aller Einheiten wurde darauf Wert gelegt, im Sinne des Konzepts „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ zu handeln.

¹ Hecking, C., Martin, A., & Voss, L. (27. August 2018). Der vermüllte Planet. Von Spiegel online: <https://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/plastikmuell-welche-wege-fuehren-aus-der-abfallkrise-a-1223743.html> abgerufen

² Schalg, G., & Wenz, B. (23. April 2019). SWR2 Wissen. Von SWR2 : <https://www.swr.de/swr2/wissen/kampf-dem-plastik,broadcastcontrib-swr-11532.html> abgerufen

**Hintergrundinformationen
für Lehrer*innen und Spielleiter*innen**

Didaktische Analyse

Das Planspiel „Das Plastik-Dilemma“ erfasst das Thema Plastik interdisziplinär. Es ist für den Biologie- (Ökosysteme, Naturschutz und Nachhaltigkeit), Erdkunde- (Nachhaltigkeit) und Chemieunterricht (Kunststoffe) konzipiert und ist für eine Gruppengröße von 12 bis 29 Schüler*innen geeignet. Auch lässt sich das Planspiel fächerübergreifend einsetzen. Dabei empfiehlt es sich, mit Lehrkräften des Ethik-, Philosophie- und Religionsunterrichts zusammenzuarbeiten und sich hinsichtlich der Einführung normativer Begriffe abzustimmen.

Ziel des Planspiels ist es, die folgenden Kompetenzen zu fördern:

- Fachwissen
- Ethische Bewertungskompetenz
- Kommunikationskompetenz
- Wege der Erkenntnisgewinnung

Curriculare Verankerung

Das Planspiel ist für Schüler*innen der Sekundarstufe II konzipiert.

Das Planspiel ist forschend-entdeckend konzipiert, so dass die Schüler*innen eigenständig naturwissenschaftliche und gesellschaftswissenschaftliche Kompetenzen erwerben. Dabei baut es auf bereits bestehende Konzepte und Fertigkeiten auf und erweitert diese um Einblicke in die aktuelle Forschung.

Das interaktive Spieldesign fördert den Gewinn von prozessbezogenen Kompetenzen durch den Einsatz vielfältiger Methoden. Vor allem die eingesetzten Gruppenarbeits- und Projektphasen sowie die praxisnahen Experimente fördern den Erwerb von Fachwissen, das eigenständige Erkunden, Experimentieren und Problemlösen, ethische Bewertungsprozesse und das präzise Dokumentieren sowie das anschauliche Präsentieren.

Durch die Methode des Planspiels erwerben die Schüler*innen Kompetenzen, die sie in ihrer weiteren schulischen und beruflichen Ausbildung einsetzen können und die sie befähigen, an der öffentlichen Diskussion zum Thema Plastik teilzunehmen. Damit dies gelingt, erlangen die Schüler*innen Einblicke in ökologische, ökonomische und sozial tragfähige Argumentationslinien, auf deren Grundlage nachhaltige Entscheidungen möglich sind. In diesem Zusammenhang lernen Schüler*innen ebenso die ambivalente Stellung des Menschen in seiner Doppelrolle als Teil der Natur und als Gestalter kennen.

Ein weiteres Ziel des Planspiels ist es, biologische Phänomene durch den gezielten Einsatz von Experimenten erfahrbar zu machen. Dabei werden die positiven und negativen Eigenschaften von Plastik explizit erschlossen. Für die Schüler*innen werden die Folgen einer unsachgemäßen Entsorgung von Plastik deutlich und es erfolgt eine Sensibilisierung für einen verantwortungs-

vollen Umgang mit der Natur. Durch Freilandarbeit, wie dem Müllmonitoring, kommt es zusätzlich zu primären Naturerfahrungen und einer Konfrontation mit möglichen Gefährdungspotenzialen. Ziel ist es, durch die initiierte Wertschätzung der Natur einen wesentlichen Beitrag zum Erhalt der biologischen Vielfalt und der Umwelt zu leisten.

Neben der Vermittlung biologischer Zusammenhänge werden auch chemische Prozesse erarbeitet, die Auswirkungen auf das Ökosystem Erde haben. So wird der Werkstoff Kunststoff experimentell untersucht und kategorisiert. Beim Experimentieren greifen die Schüler*innen auf alltagsrelevante Kunststoffgruppen zurück und lernen einen verantwortungsvollen Umgang mit Chemikalien und Gerätschaften aus Haushalt, Labor und Umwelt. Die Analyse der Kunststoffe endet mit einer Rekontextualisierung in die Alltagswelt der Schüler*innen.

Im hypothesengenerierenden Verfahren lernen die Schüler*innen Fragen an Naturphänomene zu stellen, Hypothesen zu entwickeln, Experimente selbstständig zu planen sowie durchzuführen und Ergebnisse zu interpretieren sowie die Ausgangshypothese zu veri- oder falsifizieren. Zum Teil können Ergebnisse in Modelle übertragen und neue Hypothesen generiert werden. Neben dem Erwerb naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen ist es Ziel des Experimentierens, Rückschlüsse für einen verantwortungsvollen Umgang mit Plastik im Alltag zu ziehen.

Das Planspiel zeigt grundlegende Herausforderungen der Menschheit zu Beginn des 21. Jahrhunderts auf: Wie kann der Plastikkonsum reduziert und ein verantwortungsbewusster Umgang gefördert werden? Des Weiteren verbindet es naturwissenschaftliche Themen, wie Umweltbelastungen, mit sozialen, politischen und wirtschaftswissenschaftlichen Aspekten, Strukturen und Prozessen. Es stellt somit ein Bindeglied zwischen natur- und gesellschaftswissenschaftlichen Diskussionen dar und leistet einen wertvollen Beitrag zur Bildung für nachhaltige Entwicklung sowie zum globalen Lernen.

Lernvoraussetzungen

Die Schüler*innen benötigen vor Spielbeginn keine Kenntnisse über Kunststoffe oder über das Plastikmüllproblem. Alle Lerninhalte können durch die integrierten Experimente bzw. über die Aufgaben zur Gewinnung von Fachwissen selbstständig von den Schüler*innen erarbeitet werden. Hilfreich sind allerdings grundlegende Kenntnisse über Ökosysteme und Globalisierungsprozesse, um die Tragweite des Problems nachvollziehen zu können. Für die Gestaltung und Bearbeitung werden Grundkenntnisse in den gängigen Office Programmen benötigt (z.B. Excel, Power-Point, Word).

Theoretischer Hintergrund zum Thema Kunststoff und Plastik

Das moderne Leben ist ohne Plastik nicht mehr vorstellbar, so bestehen unzählige medizinische Hilfsmittel, wie z.B. Spritzen, Thermometer, Behälter, aber auch alltägliche Dinge, wie z.B. Kleidung, Verpackungsmaterialien, Möbel, Smartphones und PCs größtenteils aus Plastik. Was aber verbirgt sich hinter dem Begriff Plastik? Der Begriff Plastik ist die umgangssprachliche Bezeichnung für Kunststoffe aller Art und leitet sich vom Begriff Plaste ab.. Oft wird im alltäglichen Sprachgebrauch Plastik für Fertigprodukte, Verpackungsmaterial und Müll verwendet (Plastikflasche oder Plastikmüll) und Kunststoff als Begriff für einen wertigen Werkstoff (Kunststoffindustrie, Chemie der Kunststoffe) benutzt. An dieser Sprachtendenz ist dieses Werk angelehnt.

Kunststoffe können synthetisch aus Erdöl oder halbsynthetisch durch die Modifikation natürlicher Polymere hergestellt werden und sind eine Erfindung der Neuzeit. Erst 1905 entdeckte der belgische Chemiker Leo Baekeland (1863-1944) bei Experimenten mit Phenol und Formaldehyd, dass sich diese zu langen Molekülketten verbinden und unter Wärme und Druck zu einem Feststoff aushärten lassen. 1907 ließ er seine Erfindung unter dem Namen „Bakelit“ patentieren³. Der erste Kunststoff war geboren. Lange wurde das hitzebeständige Bakelit noch bei der Herstellung von z.B. Lichtschaltern, Steckdosen oder Telefonen verwendet. Auch der deutsche Chemiker Hermann Staubiger (1881-1965) forschte am Aufbau und der Struktur von Kunststoffen. Seine Erkenntnisse über das Makromolekül, wie er den Kunststoff nannte, sind noch heute gültig. 1953 wurde ihm für seine Arbeit der Nobelpreis in Chemie verliehen. Die Massenproduktion von Polymeren begann allerdings erst etwa 40 Jahre später als 1955 der sogenannte Ziegler-Natta Prozess⁴ zur Synthese von Polymeren entwickelt wurde. Seither wurden Tausend neue Kunststoffarten entwickelt.

In den 1970er Jahren begann die industrielle Herstellung mit 2 Mio. Tonnen pro Jahr und der Vormarsch des Plastiks in den Alltag der Menschen. Im Jahr 2017 wurden bereits 335 Mio. Tonnen Kunststoffe weltweit, allein in Europa 60 Mio. Tonnen, produziert⁵. Das ist ein Anstieg von 167,5 % innerhalb von 65 Jahren. Der größte Anteil, ca. 40% des produzierten Kunststoffes, wird zu Verpackungen verarbeitet. Den

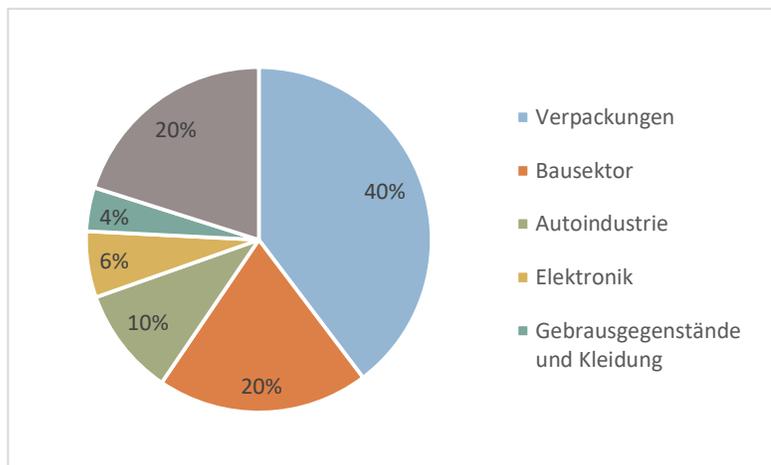


Abbildung 1: Verteilung der Kunststoffmenge

-
- ³ Crespy, D. (2008) 100 Jahre Bakelit: das Material für 1000 Anwendungen, Angewandte Chemie, 120/3368-3374
- ⁴ Braun, D. (2013) Kleine Geschichte der Kunststoffe, Neuzeit-1900-1960 -Die Großen Drei S.215-238, Carl Hanser Verlag München ISBN 978-3-446-43685-5
- ⁵ PlasticEurop (2018) Plastics-the Facts 2018, An analysis of European plastics production, demand and waste data, Kap. Markt Data, 14-27

Lösungsansätze für das Plastikproblem

Weltweit gibt es unterschiedliche Ansichten und Verhaltensweisen gegenüber der Verschmutzung durch Plastik. Viele Menschen sehen das Plastikproblem noch nicht in ihrem vollen Ausmaß, Andere sehen es als Bedrohung für ihr tägliches Leben und handeln daher wie gewohnt. Einige Menschen wiederum haben gute Ideen und entwickelten in den letzten Jahren innovative Lösungsansätze, um den Plastikproblem entgegen zu wirken. Dem Vermüllungsproblem in der Umwelt kann sich auf viele Seiten genähert werden. Zum einem kann versucht werden Müll zu vermeiden bevor er entsteht (behandelt die Symptome) oder es geht um die Beseitigung des schon entstandenen Mülls. Für beide Ansätze haben innovative Menschen und kluge Köpfe in den vergangenen Jahren interessante Konzepte und Projekte entwickelt.

Aufgabenstellung

Material

Liste der Lösungsansätze
Entscheidungsbaumvorlage

Aufgabe

1. Lest Euch die Projekte durch und macht Euch mit den Projekten vertraut. Nutzt dafür auch das Internet.
2. Erarbeitet gemeinsam, welche Vor- und Nachteile die jeweiligen Projekte haben.
3. Welches der vorgestellten Projekte gefallen Euch am besten wählt sechs von ihnen aus.
4. Welches von den von Euch ausgewählten Projekten wäre sinnvoll und umsetzbar in Siebenstadt. Entscheidet als Gruppe welchen Lösungsansatz Ihr für Eure Stadt umgesetzt haben möchtet und braucht. Nutzt dafür den Entscheidungsbaum.

Entscheidungen mit Hilfe eines Entscheidungsbaum treffen – Anleitung

Stehen einem mehrere Möglichkeiten zur Auswahl, fällt es einem oftmals schwer eine Entscheidung zu treffen. Der Entscheidungsbaum bietet dafür eine Unterstützung. Er ist so aufgebaut, dass Ihr Euch immer nur zwischen zwei Alternativen entscheiden müsst.

Zu Beginn tragt alle sechs Projekte, welche ihr ausgewählt habt, in einer beliebigen Reihenfolge in die vorderste Reihe des Entscheidungsbaumes ein. Nun folgt die erste Auswahlrunde. Dafür tritt das Projekt im ersten Feld, gegen das Projekt im direkten Nachbarfeld in einen KO-Kampf an. Das Projekt mit mehr Vorteilen, praktikabler ist oder günstiger in der Umsetzung, gewinnt den Kampf und wird im ersten Feld der zweiten Reihe eingetragen. Diskutiert in der Gruppe eure Informationen, die ihr zu den Projekten zusammengetragen habt.

So geht Ihr die komplette erste Reihe durch und habt die Alternativen auf fünf Projekte eingeschränkt. Das Vorgehen wiederholt ihr nun für jede Reihe. Wichtig ist, dass die Projekte immer nur in direkter Nachbarschaft den Kampf gegeneinander antreten.

Am Ende bleibt ein Gewinner übrig, dies sollte das Projekt sein welches euch für die Umsetzung in Siebenstadt am praktikabelsten und sinnvollsten erscheint.

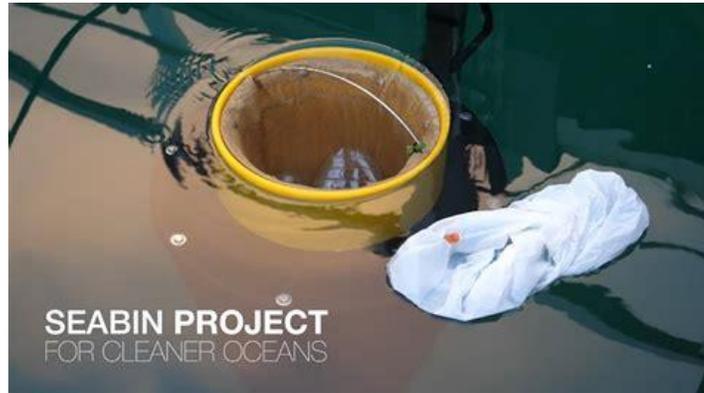
Lösungsansätze für das Plastikproblem

Liste der Projekte engagierter Bürger

Im Folgenden werden einige dieser Lösungsansätze und Ideen vorgestellt.

SEABIN-Projekt

Seabins ist eine Idee von zwei australischen Surfern. Sie sehen ihre Erfindung als Teil der Lösung, um Macro- und Mikroplastik aus den Meeren zu entfernen. Mit einem Eimer können 1,4 t Müll pro Jahr gesammelt werden. Der „Seabin“ ist praktikabel für die Anwendung in Hafenbecken, zumal eine Stromversorgung notwendig ist.



Die Konstruktion besteht aus einem Abfallbehälter aus Stahl in den eine Pumpe integriert ist, so wird das Umgebungswasser stetig durch den Eimer gepumpt. Im Eimer befindet sich ein Netz welches Partikel bis zu 2 mm Größe zurückhält. Der „Seabin“ muss regelmäßig durch jemanden geleert werden. Die Konstruktion bewegt sich in einem bestimmten Rahmen mit der Tide, kann aber keinen stärkeren Wellengang aushalten.

<https://seabinproject.com/>

Plastiktütenfreies Osnabrück



Im Herbst 2014 haben die Klimabotschafter der Ursulaschule Osnabrück das Projekt „Plastiktütenfreies Osnabrück“ ins Leben gerufen. Sie wollen Osnabrück zu einer plastiktütenfreien Stadt umwandeln.

Ziel ist es, dass keine neuen Plastiktüten mehr verkauft bzw. herausgegeben werden. Alte Plastiktüten sollen entweder lange und effektiv genutzt oder kreativ verwendet (recycelt)

werden, z.B. in Form von Taschen, Kleidung oder Kunstwerken. Die Schüler*innen verlangen, dass für Einkäufe in Osnabrück Jutebeutel, Körbe, Rucksäcke, Papiertüten oder – zumindest vorübergehend – alte Plastiktüten verwendet werden. Die Stadt Osnabrück könnte somit eine klimafreundliche Vorreiterrolle in Deutschland übernehmen.

<https://plastik.fokus-os.de/>

Lösungsansätze für das Plastikproblem

Unverpackt Läden

Das Prinzip dieser Läden ist recht simpel. Es werden Waren angeboten, die nicht verpackt sind, das heißt es wird auf Einwegplastikverpackungen verzichtet. Hier können Kunden Waren in mitgebrachte Gefäße abfüllen. Das spart Müll und hilft außerdem Lebensmittelverschwendung zu vermeiden. Denn im Unverpackt-Läden gibt es keine Packungseinheiten. Einer der Grundgedanken ist die, dass jeder genau so viel einkauft, wie er oder sie benötigt.



Inzwischen gibt es viele kleine Unternehmen und einige Ketten, die auf Verpackungen verzichten. Ein Beispiel ist der Original Unverpackt Laden. Original Unverpackt hat sich als erster Supermarkt weltweit dem Zero-Waste-Lifestyle gewidmet. In dem Berliner Laden und im Online-Shop bieten sie organische, natürliche und nachhaltige Produkte an.

<https://original-unverpackt.de/>

<https://www.waschbaer.de/magazin/unverpackt-laeden-nachhaltig-einkaufen>

Reusable Cups

RECUP ist ein deutschlandweites Pfandsystem für Coffee-to-go Mehrwegbecher. Es vermeidet Einwegmüll und schont Ressourcen.



return. reuse. recycle.

Pro Stunde werden in Deutschland 320.000 Einwegbecher für Coffee-to-go verbraucht. Mit RECUP bietet sich ein nachhaltiges Mehrwegsystem für Coffee-to-go an. Es soll eine praktische Alternative für Einwegbecher darstellen und nicht die Coffee-to-go-Philosophie zerstören. Recups gibt es inzwischen in vielen Regionen und bei einigen Kaffeeanbietern. Ein Becher kann so wie beim gewöhnlichen Pfandsystem bei jedem teilnehmenden Händler zurückgegeben werden und man bekommt sein Pfand zurück. Ein passender Deckel für den Becher gibt es in

jedem Geschäft und ist einmal käuflich zu erwerben.

<https://recup.de>

Lösungsansätze für das Plastikproblem

Fishing for Litter- NABU



Fishing for Litter- Foto: NABU/Kim Detloff

Das Projekt „Fishing for Litter“ wurde im Jahr 2011 vom NABU gemeinsam mit schleswig-holsteinischen Fischern ins Leben gerufen. Bis heute (08/2016) wurden rund 20 Tonnen Müll durch die deutsche Küstenfischerei aus den Meeren geholt.

Die Idee von „Fishing for Litter“ lautet: Fischer können den Müll, der sich in ihren Netzen verfängt, mit an Land bringen und ihn dort kostenfrei und fachgerecht in eigens bereit gestellten Containern entsorgen. Anschließend werden die gefischten

Abfälle auf ihre Zusammensetzung und Wiederverwertbarkeit hin untersucht. Die Ergebnisse verraten, woher der Müll in Ost- und Nordsee kommt. Anhand dieser Erkenntnisse können schließlich effektive Strategien zur Vermeidung von Meeresmüll entwickelt werden, wie es unter anderem die 2008 verabschiedete EU-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie vorsieht.

<https://www.nabu.de/news/2016/08/21102.html>

Die Seekuh- OneEarth-OneOcean e.V.

One Earth – One Ocean e.V. hat mit der „Maritimen Müllabfuhr“ ein umfassendes Konzept zur Sammlung und nachhaltigen Verwertung von Meeresmüll entwickelt. Das Konzept sieht vor, Plastik mit speziellen Müllsammelschiffen, die „SeeKuh“ und den „SeeHamster“, in Küstenbereichen und Mündungsgebieten einzusammeln, sortenrein zu sortieren und aufzubereiten. Neben Kunststoffballen sollen auch Energie und Kraftstoff aus dem Plastikmüll gewonnen werden.

Die maritime Müllabfuhr umfasst zwei unterschiedlich



Lösungsansätze für das Plastikproblem

große Müllsammelschiffe. Eines für den Einsatz auf Binnengewässern oder Meeren, die in einigen Jahren teils vollautomatisch und angetrieben durch moderne Wind- und Solar-Technologien selbständig Plastikmüll aus den Gewässern sammeln sollen. Der Plastikmüll auf See wird schließlich zu einem Müllverwertungsschiff dem „SeeElefant“ gebracht und dort recycelt bzw. in schwefelfreies Heizöl umgewandelt. Momentan laufen mehrere Testversuche und die Schiffe werden in verschiedenen Häfen und auf Hafenfestenvorgestellt und ausprobiert.

Mit dem Konzept der „Maritimen Müllabfuhr“ will OneEarth – OneOcean Menschen dazu aufrufen, das drängende Menschheitsproblem Marine Littering aktiv zu bekämpfen.

<https://oneearth-oneocean.com/>

Plastic Bank

Plastic Bank ist ein Konzept und Unternehmen, welches im März 2013 in Kanada gegründet wurde und heute in Haiti, Indonesien und auf den Philippinen arbeitet. Das Prinzip hinter dem Unternehmen ist auf der einen Seite die Plastikverschmutzung in der Umwelt zu minimieren und gleichzeitig armen Menschen einen Verdienst und somit ein besseres Leben zu bieten. In vielen Ländern wird Plastikmüll einfach in die Umwelt entsorgt oder direkt in die Flüsse und gelangt so über kurz oder lang ins Meer.



Die Plastiksammler können an zentralen Sammelstationen den Müll abgeben, wo er gewogen wird und werden entlohnt, entweder in Bargeld oder mit anderen Vergütungen, wie Baumaterial, Küchengeräte, Stromzugang, WIFI.... Der Müll wird anschließend sortiert und das Plastik sortenrein getrennt. Im Anschluss wird es geschreddert und zu Rohpellets verarbeitet, welche an Industriepartner verkauft werden. So stellt Plastic Bank einen direkten Rohstoffkreislauf her. Industriepartner sind unter anderem Aldi, Evian, Henkel und dm, welche ihre Produkte in sogenanntem socialplastic verkaufen.

Seit seiner Gründung hat Plastic Bank 6.25 Million kg Plastikmüll recycelt und damit 4.200 Familien ein Leben ohne Armut ermöglicht.

<https://plasticbank.com/>

Tübingen Steuer auf Einwegprodukte

Der Gemeinderat der Stadt Tübingen hat eine Verpackungssteuer für Lebensmitteleinwegverpackungen beschlossen. Ab 2021 soll so pro Behälter der für eine Schnellmahlzeit über den Tresen geht 50 Cent fällig werden, für einwegbesteck 29 Cent und für eine to-go-Becher ebenfalls 50 Cent. Pro Mahlzeit darf die Steuer allerdings 1,5 Euro nicht

Lösungsansätze für das Plastikproblem

übersteigen. Die Steuer wird von allen Betrieben fällig, die Mahlzeiten in Einwegverpackungen ausgeben, also Metzgereien, Cafés, Imbissbuden, Schnellrestaurants und Tankstellen.

Zum einen soll damit das sogenannte Littering (Vermüllung des öffentlichen Raums, durch achtlos entsorgten Müll in der Umwelt) in der Stadt reduziert werden und somit auch die Kosten für die öffentliche Stadtreinigung von Tübingen. Auf der anderen Seite soll das Verhalten der Bürger verändert werden. Der Umstieg zu Mehrwegverpackungen wird gefördert, entweder von Seiten der Händler oder von Seiten der Kunden, auf welche letztendlich die Händler die Steuer umlegen werden, indem jede Mahlzeit entsprechend teurer wird.

Die Stadt Tübingen erhofft sich, trotz starken Gegenwindes, eine sauberere Stadt und eine Lenkfunktion für andere Gemeinden zu haben.

<https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/tuebingen/Gemeinderaeete-vor-wichtiger-Entscheidung-zur-Muellbeseitigung-Wird-Tuebinger-bundesweiter-Vorreiter-bei-verpackungssteuer-im-gemeinderat-100.html>

WASTX Plastic

Diese Innovation eines Dresdener Unternehmers soll nach 6-Jähriger Forschung aus Plastikmüll Kraftstoff herstellen. Ein 25-köpfiges Forscherteam aus Ingenieuren und Mechanikern hat einen Umwandlungsanlage entwickelt, welche in einen Container passt und überall einsetzbar sein soll. Das Prinzip ist bekannt, die Pyrolyse, wo Kunststoffe bei hohem Druck und hoher Temperatur zu Gas und Öl verarbeitet wird, bzw. zurück in ihrer Ausgangsstoffe zerlegt werden. So können laut der Vision des Unternehmers, die Container vielerorts aufgestellt werden und Passanten den Müll den sie in der Umwelt gesammelt haben darin entsorgen. Außerdem sollen sie dafür entlohnt werden, zB. Über PayPal. Aus einem Kilogramm Müll entsteht dann etwa ein Liter Kraftstoff für Schiffe oder Generatoren. Die erste WASTX Plastic Anlage ist in Flensburg in Betrieb.

<https://www.dnn.de/Dresden/Lokales/Wie-eine-Dresdner-Firma-Plastikmuell-zu-Diesel-machen-will>

Lösungsansätze für das Plastikproblem

Ocean clean up

The Ocean Cleanup ist ein Projekt des Niederländers Boyan Slat., Das Ziel seines Teams ist es Plastikmüll in den Ozeanen einzusammeln. Das Konzept bestand ursprünglich aus 50 km langen,



V-förmig angeordneten Schläuchen, die an der Meeresoberfläche schwimmen, durch Gewichte am Meeresboden an ihrem Platz bleiben und 90 Prozent des schwimmenden Plastikmülls ab einer Größe von 20 mm einsammeln sollten. Der meiste Plastikmüll treibt in den oberen drei Metern der Meere, daher befindet sich bis in dieser Tiefe ein Netz, welches den Müll von der Meeresoberfläche abfängt. Durch Strömungen wird der Müll in der Mitte der Konstruktion gesammelt und anschließend von einem Transportschiff abgeholt.

Nach einigen Tests und Scheitern der ersten Prototypen ging man dazu über, nicht ein großes festverankertes System anzustreben, sondern eine Flotte kleinerer und mit dem Wind und der Strömung treibender Systeme. Im Oktober 2019 wurde mit dem Interceptor ein seit 2015 entwickeltes zusätzliches Projekt vorgestellt, das dazu dienen soll, den weiteren Plastikeintrag in Ozeane zu verringern. Dabei handelt es sich um eine in Flüssen verankerbare Sammelanlage, die pro Tag 50.000 Kilogramm Plastik einfangen soll.

<https://theoceancleanup.com/>

https://de.wikipedia.org/wiki/The_Ocean_Cleanup

4Ocean

Dies ist ein Startup zweier Surfer, welche beschlossen haben der Vermüllung des Meeres nicht weiter zu zusehen, sondern etwas dagegen zu unternehmen.

2015 gründeten sie 4Ocean. Ihr Hauptprodukt ist ein Armband produziert aus Meeresmüll. Das Band wird aus recyceltem Plastik gewonnen und die Kugeln aus gesammeltem Glasflächen hergestellt. Mit dem Erlös des



Verkaufes der Produkte finanzieren sie Müllsammelaktionen am Strand und an Küstengewässern. Für jedes verkaufte Armband soll 1 Pfund (500 g) Meeresmüll aus dem Meer gefischt werden. Alles was recycelbar ist wird für die Armbänder verwendet oder anderweitig wiederverwertet, der Rest fachgerecht entsorgt.

Inzwischen sind rund 150 Mitarbeiter in dem Projekt beschäftigt und es wurden 510.000 kg Abfall aus dem Meer entfernt.

<https://4ocean.com/>

Lösungsansätze für das Plastikproblem

Der Entscheidungsbaum

