



Umweltbildung – Aus der Forschung in die Gesellschaft

Wissenstransfer am Beispiel der Plastikmüllproblematik in Flüssen und Meeren

MARIE FISCHER – CORINNA HÖSSLE – CHRISTINA KIESERG – LAURA THIEL – ANTJE WICHELS – HOLGER WINKLER

Plastik in der Umwelt ist eines der prominentesten Themen der aktuellen Forschung und stellt die Menschheit vor eines der grundlegenden Herausforderungen des 21. Jahrhunderts: die Eindämmung der Ressourcenverschwendung und die Verminderung weltweiter Umweltzerstörung. Diese Lerneinheit thematisiert diese Probleme durch praxisnahe Experimente und den direkten Zusammenhang zur Alltagswelt der Schüler/innen und leistet dadurch einen wertvollen Beitrag zur Bildung für nachhaltige Entwicklung.

1 Einleitung

Das Interesse der Gesellschaft an den Ergebnissen der wissenschaftlichen Forschung wächst zunehmend. Die Kommunikation und Verbreitung neuer Erkenntnisse aus der Wissenschaft für das Verständnis aktueller, gesellschaftlich relevanter Themen ist daher von großer Bedeutung und trägt dazu bei, die Akzeptanz der Wissenschaft in der Gesellschaft zu verbessern. Durch das zunehmende Verständnis wissenschaftlicher Entdeckungen können Bewertungs- und Handlungskompetenzen in der Gesellschaft gefördert und damit reflektierte Entscheidungen im All-

tag getroffen und Handlungsmuster verändert werden. Ein Forschungsfeld, das große mediale Aufmerksamkeit erfährt und ein wichtiger Bestandteil der öffentlichen Diskussion ist, widmet sich der Bedeutung von Plastik in der Umwelt. Vor allem im Rahmen der Fridays For Future Bewegung treibt die junge Generation diesen Diskurs weiter an.

In diesem Zusammenhang ist es bedeutsam, den Schüler/innen grundlagenorientiertes Wissen zum Thema Plastik zu vermitteln, um reflektierte und verantwortungsbewusste Entscheidungsprozesse anzuregen (siehe auch SCHMIEDEBACH & WEGNER, 2021).

Kunststoff, im allgemeinen Sprachgebrauch auch Plastik genannt, ist der Werkstoff der Neuzeit. Seit der Synthese des ersten Kunststoffs 1907 kam es bis zum Beginn der industriellen Großproduktion in den 1970er Jahren zur Entwicklung vieler weiterer Kunststoffe. Die Gruppe der Kunststoffe umfasst heute mehr als 200 Materialien (BRAUN, 2017), die durch Zugabe sogenannter Additive (Zusatzstoffe wie Flammenschutzmittel, Weichmacher) unendlich variiert werden können. Die jährliche Produktion von Plastik liegt bei ca. 350 Mio. Tonnen (Plastics Europe, 2020), wovon 51% in Asien produziert werden. Europa liegt nach Nordamerika mit 17% auf Platz drei der Produzenten. Ein Großteil des produzierten Plastiks dient als Verpackungen. Während der Covid-19-Pandemie nimmt der Verbrauch von Verpackungsmaterial aufgrund hygienischer Bedenken innerhalb von 6 Monaten noch einmal um 10% zu (ZDF, 2020). Diese Verpackungen dienen dem kurzzeitigen, einmaligen Gebrauch und fallen dann als Müll an, darunter weltweit allein jede Minute 1 Mio. Plastikflaschen und jedes Jahr ca. 1 Milliarde Plastiktüten (NIELSEN, HOLMBERG & STRIPPLE, 2019). Ein Großteil der Verpackungen wird nach Schätzungen von Forschern in die Umwelt eingetragen; das sind ca. 8 Mio. Tonnen Plastik weltweit im Jahr 2018 (UN, 2018). Allein in Deutschland sind es ca. 450.000 Tonnen Plastikmüll (BERTLING, BERTLING & HAMANN, 2018). Da Plastik auf Grund seiner chemischen Struktur nicht biologisch abgebaut wird, verbleibt es viele Jahre in der Umwelt. In dieser Zeit zerfällt es durch mechanische Reize, UV-Licht und Temperaturschwankungen in immer kleinere Teile (PRIMKE et al., 2017). Sind die Plastikteile kleiner als 5 mm, werden sie als Mikroplastik definiert (HARTMANN et al., 2019). Für spezielle Anwendungen, z.B. in der Kosmetik, wird Mikroplastik gezielt

produziert und kann so direkt als primäres Mikroplastik in die Umwelt eingetragen werden. So gelangen jedes Jahr allein in Deutschland ca. 330.000 Tonnen Mikroplastik in die Umwelt (BERTLING, BERTLING & HAMANN, 2018). Es kann jedoch positiv angemerkt werden, dass seit Auftreten einer öffentlichen Diskussion um die Nachteile von Mikroplastik diese weitestgehend aus den Produkten verschwunden sind. Der Großteil an primärem Mikroplastik wird für die industrielle Weiterverarbeitung produziert, Granulate und Pellets werden für die Industrie bereitgestellt und dazu z.B. auf dem Wasserweg transportiert (International Pellet Watch (IPW), 2020). Aber auch im Haushalt gibt es viele Quellen von Mikroplastik. So sind in einigen Kosmetikprodukten wie Peelings (BUND, 2020) sowie Reinigungsmitteln sehr kleine Mikroplastikkügelchen, sogenannte Beads, beigefügt. Ein weiterer Eintragungsweg von Mikroplastik in die Umwelt ist das Waschen von Kleidung mit synthetischen Fasern wie Sportkleidung oder Fleeceprodukten. Bei jedem Waschgang können mehr als 700.000 Mikroplastikfasern aus der Wäsche gelöst werden (NAPPER & THOMPSON, 2016). Mit dem Abwasser gelangt das Mikroplastik über die Kanalisation in Kläranlagen, bevor es in Gewässer geleitet wird. Die meisten Kläranlagen können Mikroplastik bisher nicht vollständig abfangen, ca. 20% der Plastikartikel werden mit dem aufgereinigten Abwasser in die Umwelt entlassen. Diese Partikel sind zumeist sehr klein und machen einen massebezogenen Anteil von unter 5% der Masse an Plastik, welches in die Kläranlage fließt, aus (BERTLING, BERTLING & HAMANN, 2018). Kläranlagen mit speziellen Filtern können bis zu 97% des Plastiks aus dem Abwasser entfernen (MINTENIG, INT-VEEN, LÖDER & GERDTS, 2014). Das meiste Mikroplastik verbleibt im Klärschlamm. Dieser wird zu ca. 65%

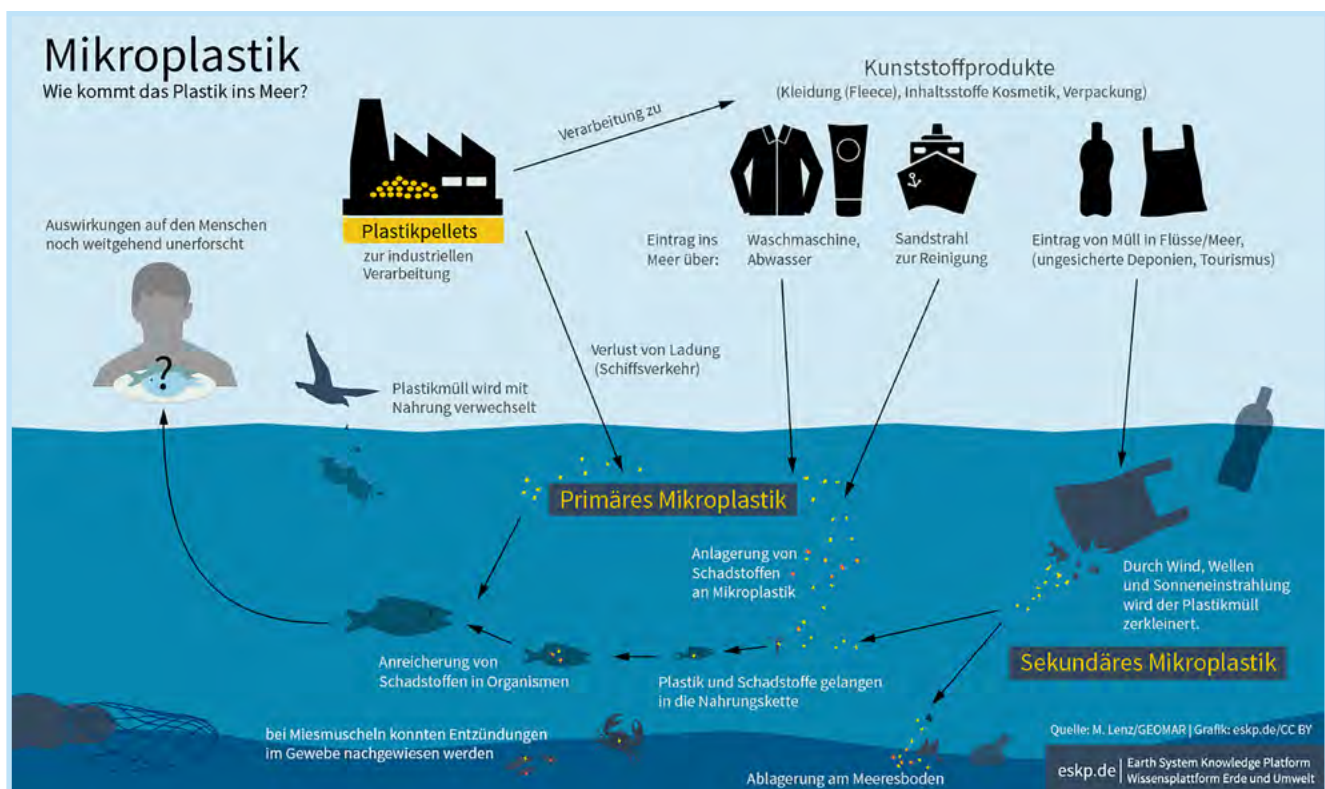


Abb. 1. Plastikmüll hat enorme Auswirkungen auf die Umwelt. Mikroplastik gelangt direkt ins Meer oder Plastikmüll zerfällt erst dort zu kleinsten Partikeln. Es ist noch völlig unklar, wie viel des Plastikmülls von Meeresorganismen aufgenommen wird.

thermisch entsorgt. Die verbleibenden 35% werden als Dünger in der Landwirtschaft oder als Füllmaterial in die Umwelt entlassen. Durch Niederschläge kann das Mikroplastik, das in der Umwelt zurückbleibt, ausgewaschen und mit dem Wind verweht werden und kann erneut unkontrolliert in den Wasserkreislauf gelangen (BERTLING, BERTLING & HAMANN, 2018).

Die genauen Transportwege von Plastik in der Umwelt sind jedoch noch nicht vollständig untersucht. Sicher ist, dass Plastikpartikel mit dem abfließenden Regenwasser in nahegelegene Gewässer gespült oder mit dem Wind verbreitet werden können. Je kleiner die Partikel sind, desto weiter werden sie in der Luft transportiert (ALLEN et al., 2019). In Flüssen nimmt die Plastikkonzentration vor allem in urbanisierten Gebieten durch den anthropogenen Einfluss u.a. in vielen Mündungsgebieten stark zu (HITCHCOCK & MITROVIC, 2019) und die Zahl der Plastikpartikel steigt durch die hohe Besiedlungsdichte (TRAMOY et al., 2019). Dabei hängt der Transport in den Flüssen von den Strömungsverhältnissen und von den Eigenschaften der einzelnen Plastikpartikel (Form, Dichte) ab (VAN EMMERIK et al., 2019). Besonders stark ändern sich die Strömungsverhältnisse im Mündungsbereich der Flüsse und im Meer. Auch die Eigenschaften des Wassers ändern sich unter anderem durch den steigenden Salzgehalt, der auf dem Weg ins Meer auftritt. Da Kunststoffe unterschiedliche Dichteigenschaften haben, kann es zu einer Änderung im horizontalen- (von der Wasseroberfläche über die Wassersäule zum Grund) und vertikalen Transport kommen.

Plastik ist in allen Tiefen des Meeres vorzufinden; von der Oberfläche bis in die Tiefsee. Meeresbiologische Studien weisen darauf hin, dass nur ca. 0,7 g/m² Plastik an der Meeresoberfläche treiben (LEBRETON et al., 2018), dagegen wurde ein deutlich größerer Anteil (ca. 70 g/m²) auf dem Meeresgrund in Sedimenten nachgewiesen. Durch die Meeresströmungen akkumuliert in einigen Regionen besonders viel Plastik. Diese Bereiche werden Garbage Patches oder auch Müllstrudel genannt. Der größte Müllstrudel ist der „Great Pacific Garbage Patch“, dort konnten die Forscher bis zu 80 g/m² Plastik oberflächennah nachweisen. Schaut man sich die Größenverteilung von Plastikmüll an, so lässt sich Folgendes feststellen: Je kleiner die Plastikpartikel, desto größer ist ihre Anzahl pro Einheit. Somit kommt sehr kleines Mikroplastik in großen Mengen im Meer vor (LEBRETON et al., 2018).

Durch die lange Verweildauer von Plastik in der Umwelt kann es zu weitreichenden Folgen kommen: So können sich Schadstoffe wie Gifte (persistente organische Schadstoffe (POP)) oder Schwermetalle und sogar Bakterien an den Plastikpartikeln anreichern, die dann zusammen mit dem Plastik verdriftet werden (ROCHMAN, 2015; KIRSTEIN et al., 2016). Studien zeigen, dass bis zu 80% der Vertebraten (Meeressäuger, Seevögel, Meeresschildkröten und Fische) und Invertebraten bereits Plastik aufgenommen hatten (THIEL et al., 2018). Dies kann zu inneren Verletzungen und zur Verstopfung des Magen-Darm-Traktes von Organismen führen. Darüber hinaus gibt es Hinweise, dass

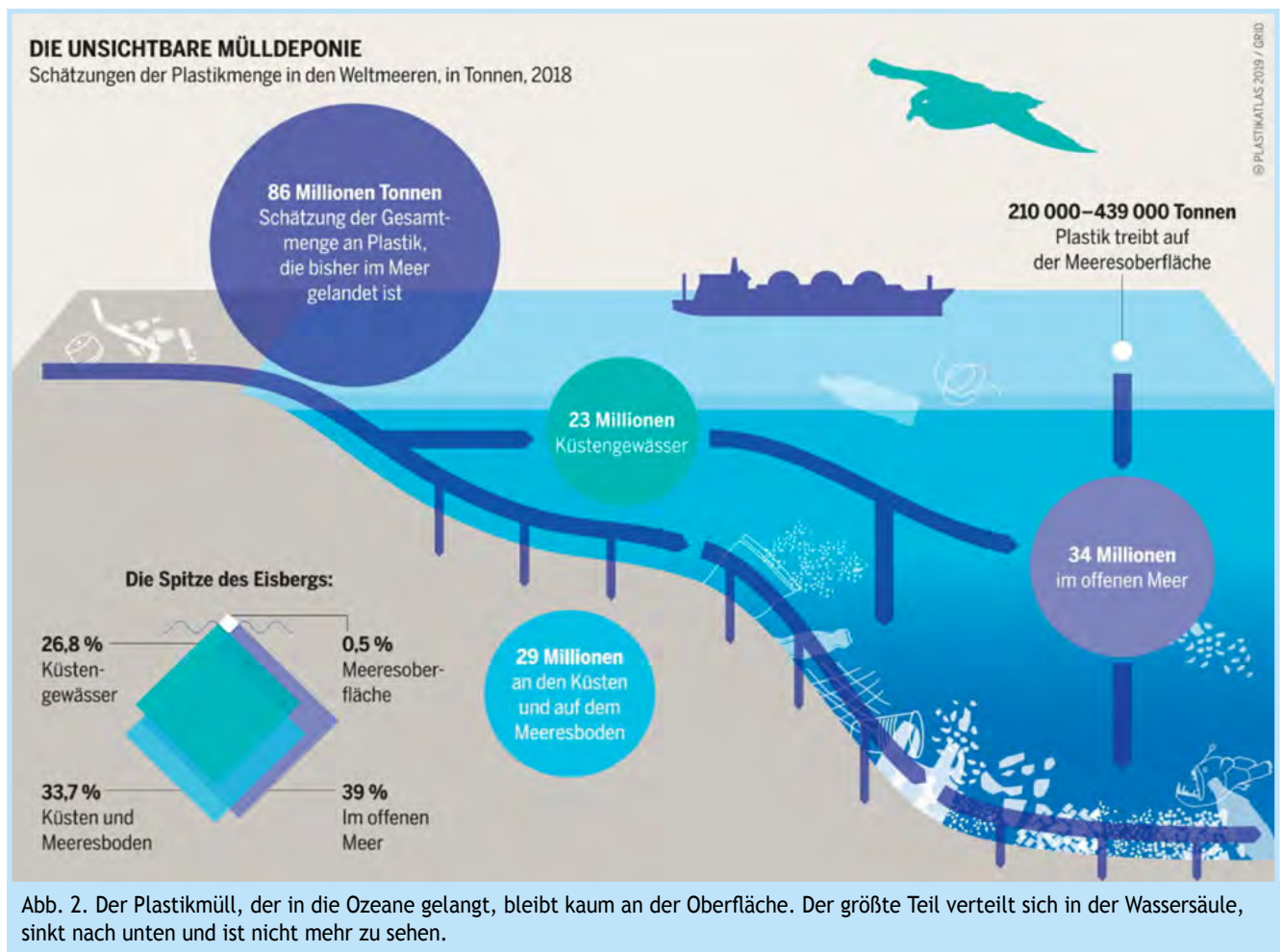


Abb. 2. Der Plastikmüll, der in die Ozeane gelangt, bleibt kaum an der Oberfläche. Der größte Teil verteilt sich in der Wassersäule, sinkt nach unten und ist nicht mehr zu sehen.

angelagerte Substanzen, pathogene Organismen und freierwerbende Additive an die Organismen abgegeben werden können und sich auf diesem Weg im Nahrungsnetz akkumulieren (ROCHMAN, 2015). Diese und weitere weitreichende Folgen von Plastik in der Umwelt werden intensiv untersucht.

Um die Umwelt vor der geschilderten Plastikflut zu schützen, gibt es verschiedene Ansätze. Ziel ist es, die steigenden Mengen an Plastikmüll und die damit einhergehende Verschmutzung der Umwelt zu minimieren. So versuchen Organisationen wie The Ocean Cleanup (2020) oder one earth – one ocean (OEOO, 2020) durch das aktive Entfernen von Plastik aus den Ozeanen einen Beitrag zu leisten. Andere Organisationen wie Fishing for Litter (NABU, 2020) zielen darauf ab, bereits gesammelten Müll nicht wieder in die Ozeane zu entlassen. Die effektivste Methode besteht jedoch immer noch darin, kein neues Plastik in die Umwelt einzubringen. Dies gelingt durch einen bewusst nachhaltigen Konsum, aber auch durch technische Verbesserungen z.B. in Kläranlagen und der Müllindustrie. Auch auf politischer Ebene wird auf die Müllproblematik reagiert, wie durch das Verbot von Einwegplastik ab Juli 2021. Der Verkauf und das Inverkehrbringen von Wattestäbchen, Besteck, Tellern, Trinkhalmen, Rührstäbchen und Luftballonstäben aus Kunststoff sowie To-go-Getränkebecher, Fast-Food-Verpackungen und Wegwerf-Essenbehälter aus expandiertem Polystyrol (bekannt als Styropor) sind konsequent seit Juli 2021 untersagt (Die Bundesregierung, 2020).

2 Material

Die Lerneinheit greift mit dem Thema Plastikmüll eine grundlegende Herausforderung für die Menschheit des 21. Jahrhunderts auf und fördert damit das Bewusstsein für einen reflektierten Umgang mit Plastik. In den einzelnen Modulen werden naturwissenschaftliche Themen, wie die Umweltbelastung durch Plastik, in den Zusammenhang mit dem eigenen Konsum gestellt. Inhaltlich fungieren die Module als Bindeglied zwischen natur- und gesellschaftswissenschaftlicher Diskussion und leisten damit einen wertvollen Beitrag zur Bildung für nachhaltige Entwicklung.

Die Lernenden können eigenständig naturwissenschaftliche und gesellschaftswissenschaftliche Kompetenzen erwerben und ihre bereits bestehenden Konzepte und Fertigkeiten durch Einblicke in die aktuelle Forschung erweitern. Hierbei fördern vor allem das eigenständige Erkunden, das hypothesengenerierte Experimentieren und Problemlösen rund um das Thema Plastikmüll in der Umwelt den Erwerb von Fachwissen und die Experimentierkompetenzen. Darüber hinaus werden den Lernenden die Folgen einer unsachgemäßen Entsorgung von Plastik verdeutlicht und es erfolgt eine Sensibilisierung für einen verantwortungsvollen Umgang mit dem Rohstoff Kunststoff und der Natur. Ziel ist es, durch die initiierte Wertschätzung der Natur einen wesentlichen Beitrag zum Erhalt eines global bedeutsamen Ökosystems, dem Ozean, zu leisten.

2.1 Lernmodulbaukasten

Die hier vorgestellte Lerneinheit basiert auf dem Prinzip eines Lernmodulbaukastens. Alle Lernmodule bestehen aus eigen-

ständigen in sich geschlossenen Materialien, die sich individuell zu einer Lerneinheit zusammenfügen lassen. Die einzelnen Lernmodule können dem Vorwissen und dem Lernniveau der Lernenden angepasst werden. So kann ein individuelles Angebot für verschiedene Klassenstufen zusammengestellt werden. In allen Lerneinheiten steht die Wissensvermittlung und Experimentierkompetenz zum Thema „Plastikmüll in Flüssen und Meeren“ im Fokus. Um möglichst viele Lerntypen anzusprechen, variieren die Inhalte der einzelnen Module zwischen Experimenten (angeleitet wie auch forschend entdeckend), Textarbeit und Rechercheaufgaben.

Die vorgestellte Lerneinheit setzt sich aus vier Lernmodulen zusammen und umfasst die Schwerpunkte Plastik im Alltag [M1], Mikroplastik im Alltag [M2], Plastik in Flüssen und in Meeren [M3], Folgen des Plastikproblems und Lösungsansätze [M4].

3 Bemerkungen zum Unterricht

Die vorgestellte Lerneinheit ist für Schüler/innen der Jahrgangsstufen 8 bis 10 konzipiert und lässt sich in 90 bis 120 Minuten durchführen. Die Aufgaben können in Einzel- und Gruppenarbeit bearbeitet werden.

3.1 Erstes Lernmodul: Plastik im Alltag

Einführend sollen die Schüler/innen ihren eigenen Plastikkonsum reflektieren. Dazu fordert die Lehrkraft die Schüler/innen auf, spontan zu schätzen, wie viele Gegenstände aus Plastik sie heute bereits benutzt haben. Es ist ratsam, einige Ergebnisse (einschließlich des kleinsten und des größten Wertes) an der Tafel zu sammeln und für den weiteren Verlauf der Lerneinheit sichtbar stehen zu lassen. Danach sollen die Schüler/innen schätzen, wie hoch ihr persönlicher Anteil an Einmalplastik (To-go-Getränkebecher, ...) und an Verpackungen (Lebensmittel, Hygieneartikel, ...) ist. Auch diese Werte werden an der Tafel gesammelt.

Im Anschluss bearbeiten die Lernenden das Arbeitsblatt „Plastik im Alltag“ [M1]. Hier reflektieren sie zuerst ihren eigenen Konsum, bevor sie diesen in einem nächsten Schritt in ein Verhältnis zu dem der gesamten Lerngruppe setzen. Neben der Gesamtzahl an Plastikprodukten wird der Anteil an Einmalplastik, an Verpackungen und an Plastik, welches zur mehrmaligen Benutzung produziert wurde, errechnet. Alle Werte werden in einem Tabellenkalkulationsprogramm (Microsoft Excel, Calc von OpenOffice, ...) zusammengeführt und ausgewertet. Im anschließenden Unterrichtsgespräch werden die Zahlen verglichen und auf die Schätzungen, die zu Beginn der Stunde veranschlagt wurden, eingegangen. Im Anschluss kann sich eine Diskussion über die möglichen Folgen des Plastikkonsums und die damit einhergehende Müllproduktion entfalten.

Unter die geschätzten Zahlen können die jährliche weltweite Produktionsmenge (350.000.000.000 kg, das entspricht ca. dem Gewicht von 35.000 Eifeltürmen) und der Anteil an Müll (ca. 60%) geschrieben werden. Zur Veranschaulichung kann zusätzlich 1 kg gereinigter Plastikmüll mitgebracht werden. Durch die Thematisierung wird das Handeln der Schüler/innen in einen direkten Zusammenhang mit dem Thema Plastik gesetzt und somit eine direkte Beziehung zur Alltagswelt hergestellt.

3.2 Zweites Lernmodul: Mikroplastik im Alltag

Im zweiten Lernabschnitt wird der Fokus von der aus dem menschlichen Konsum resultierenden Müllproblematik auf das Mikroplastik gelegt. Zu diesem Zweck wird einleitend auf dem ersten Arbeitsblatt das Thema Mikroplastik im Alltag [M2] betrachtet. Die Schüler/innen werden aufgefordert, selbstständig anhand einer Materialliste ein Experiment für den Nachweis von Mikroplastikfasern im Abwasser zu entwickeln und durchzuführen. Die Ergebnisse werden im Klassengespräch verglichen. Im zweiten Teil wird anhand eines Informationstextes der weitere Weg des Abwassers und des Mikroplastiks thematisiert. Zur Verdeutlichung erstellen die Schüler/innen ein Flussdiagramm zum weiteren Weg des Mikroplastiks in der Kläranlage und zurück in die Umwelt.

3.3 Drittes Lernmodul: Plastik in Flüssen und in Meeren

Nachdem die Schüler/innen mögliche Quellen von Plastik in der Umwelt kennen gelernt haben, befasst sich dieser Lernabschnitt mit dem Transport von Plastik in aquatischen Ökosystemen. Das Arbeitsblatt „Plastik in Flüssen und in Meeren“ [M3] wird bearbeitet. Der hier vorgestellte Versuch befasst sich mit dem Transport von Plastik. Hierfür wird das Sinkverhalten von Plastik in Abhängigkeit von der Dichte einerseits des Wassers, aber auch der verschiedenen Polymere untersucht. Die hier zugrundeliegende offene Experimentierweise (MAYER & ZIEMEK, 2006) fördert die Kompetenz des selbstständigen Problemlösens und stellt die Schüler/innen vor die Herausforderung, mit mehreren Variablen kontrolliert und reflektiert zu arbeiten. Es sollte am Ende deutlich werden, dass vor allem die Änderung der Salinität Auswirkungen auf die Verteilung von Kunststoffen in Gewässern hat. Im letzten Arbeitsschritt werden Rückschlüsse auf die eher generelle Verteilung von Plastik in Flüssen und in Meeren gezogen. Dieser Prozess kann im Rahmen einer Ergebnissicherung anhand eines Tafelbildes veranschaulicht werden.

3.4 Viertes Lernmodul: Folgen des Plastikproblems und Lösungsansätze

Im letzten Abschnitt reflektieren die Schüler/innen das Plastikmüllproblem, indem bereits bestehende Konzepte zur Reduzierung der Plastikflut bewertet werden (Arbeitsblatt [M5]). Der erste Teil wird in einer Informationsbox thematisiert und enthält Fakten zur Menge und der Verteilung von Plastik in den Meeren.

Diese Fakten sollen bei der Einordnung verschiedener Lösungsansätze helfen. Abschließend werden die Schüler/innen aufgefordert, ihre eigenen Verhaltensweisen kritisch zu reflektieren. Sie sollen individuelle Lösungen für ihren Alltag entwickeln, die zu einem umweltbewussten Umgang mit Plastik führen können.

Die eingebrachten Ideen können von den Schüler/innen hinsichtlich ihrer realistischen Umsetzbarkeit mit grünen Punkten bewertet werden. Dabei steht die Frage im Vordergrund, auf welche Produkte oder Handlungsweisen jeder einzelne verzichten kann, ohne dabei einen Verlust an Lebensqualität zu spüren. Wie weit wäre jeder einzelne bereit zu gehen, um einen Beitrag zum Umweltschutz zu leisten? Die drei besten Ideen können auf einem Plakat geschrieben und im Klassenzimmer aufgehängt werden.

Das Unterrichtsmaterial und das Literaturverzeichnis befinden sich in der Online-Ergänzung.



Danksagung

Die Lerneinheit entstand im Rahmen des BMBF Verbundprojekt PLAWES Mikroplastikkontamination im Modellsystem Weser – Nationalpark Wattenmeer: Ein ökosystemübergreifender Ansatz (Förderkennzeichen (FKZ) BmBF FKZ-03F0789B). Ein besonderer Dank geht an das Schülerlabor OPENSEA, das Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI) und das Lernlabor Wattenmeer, Carl von Ossietzky-Universität Oldenburg.

MARIE FISCHER, Marie.Fischer@awi.de, ist Projektmitarbeiterin im Schülerlabor OPENSEA, am AWI auf Helgoland.

CORINNA HÖBLE, Corinna.hoessle@uni-oldenburg.de, ist Professorin für Biologiedidaktik an der Carl von Ossietzky-Universität Oldenburg.

CHRISTINA KIESERG, Christina.Kieserg@awi.de, ist Biologin im Schülerlabor OPENSEA, am AWI auf Helgoland.

ANTJE WICHELS, Antje.Wichels@awi.de, ist Wissenschaftlerin am Alfred-Wegener-Institut (AWI), Helmholtz Zentrum für Polar und Meeresforschung auf Helgoland.

HOLGER WINKLER, Holger.Winkler@uni-oldenburg.de, ist Wissenschaftler am ICBM, Carl von Ossietzky-Universität Oldenburg.

LAURA THIEL, Laura.Thiel@awi.de, ist Projektmitarbeiterin PLAWES im Schülerlabor OPENSEA, am AWI auf Helgoland. ■