

Welche Eigenschaften muss ein Symbol besitzen, welches sich Nordatlantik befindet und von der ISS mit bloßem Auge erkennbar ist?

PlaNeT SimTech – Team 460

30. März 2019

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	2
2	Einführung.....	2
3	Hauptteil.....	3
3.1	Material und Methoden.....	3
3.2	Ergebnis	4
3.3	Diskussion	8
4	Schlussfolgerung	9
5	Literaturverzeichnis	10
6	Appendix.....	11

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Versuchsaufbau.....	4
Abbildung 2	Warndreieck.....	5
Abbildung 3	Auftreten von Plastiksarten	6
Abbildung 4	Nordatlantik.....	7
Abbildung 5	Ocean Cleanup.....	11

1 Zusammenfassung

Damit ein Symbol von der ISS aus mit bloßem Auge erkennbar ist, muss es mindestens die Maße $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ besitzen. Wir sind deshalb weiter davon ausgegangen, dass für eine gute Sichtbarkeit eine Größe von $2 \text{ km} \times 2 \text{ km} \times 10 \text{ cm}$ nötig ist; die Dicke von 10 cm ist mindestens nötig, damit sich das Plastik vom Meer abhebt. Daraus ergibt sich eine benötigte Masse an Plastik von ca. 50000 t , welche von einem Schiff in ca. 27 Jahren eingefangen werden könnte.

2 Einführung

Weltweit werden Jahr für Jahr Millionen Plastikprodukte nach einmaligem Gebrauch weggeworfen. Zu viel davon landet schließlich, beabsichtigt oder unbeabsichtigt, im Meer. Die häufigsten Fundstücke an Stränden sind Zigarettenstummel, Verpackungen, Seile und Netze. Auch Schiffe hinterlassen große Mengen Müll im Meer. Diese riesigen Mengen Plastikmüll, der sich durch Meeresströmungen größtenteils in fünf großen Müllstrudeln, sogenannten „garbage patches“ anlagert, haben fatale Folgen für die Ökosysteme der Meere und der Welt. Das Problem ist, dass Plastik sehr lange zum Verrotten braucht und bei den Zersetzungsprozessen gefährliche Inhaltsstoffe wie Bisphenol A freigesetzt werden. Dadurch dass Lebewesen diese „Gifte“ und kleine wie große Plastikteile verschlucken oder sich in Netzen verfangen, sterben jährlich bis zu $100\,000$ Meeressäuger und eine Million Meeresvögel. Die Auswirkungen auf den Menschen in der Langzeitfolge sind heutzutage noch nicht auszuschließen. Unter anderem aus oben genannten Gründen wird das Thema „Umweltschutz“ immer wichtiger. Die Umweltorganisation „Wobin Root“ möchte auf die Umweltverschmutzung der Meere durch Plastikmüll aufmerksam machen und zur Vermeidung von Plastikmüll aufrufen. Dazu will man im Nordatlantik ein Symbol aus Meeremüll erstellen, das von der Internationalen Raumstation ISS aus mit bloßem Auge erkennbar ist.

Nun stellt sich die Frage wie dies erreicht werden kann? In folgendem Bericht versuchen wir sie zu beantworten.

Wir stellen uns für die Beantwortung folgende Fragen:

- Welche Größe muss das Symbol haben, damit es von der ISS ersichtlich ist?
- Wie können wir das dafür benötigte Plastik möglichst umweltfreundlich sammeln?

3 Hauptteil

3.1 Material und Methoden

Die vorliegende Fragestellung wird im Rahmen eines sieben-stündigen Kurses in einem Team, bestehend aus vier Personen, beantwortet.

Als Informationsquellen dienten uns vorwiegend Artikel aus dem World Wide Web. Hierfür sind die Quellen im Literaturverzeichnis zu finden. Zusätzlich verwendeten wir Ergebnisse eines spontan ausgeführten Versuchs zur Annäherung der Größe des Symbols.

Technisch umsetzen wollen wir das Projekt, indem wir Plastik mittels einer Schiffskonstruktion aus dem Nordatlantik fischen und anschließen vor Ort zusammenpressen, damit die Stabilität unseres Symbols gewährleistet ist: Natürlich kann so ein Gebilde nicht in einem gefertigt werden, um dieses Problem zu umgehen, werden einzelne Blöcke gefertigt. Diese werden um einen besseren Halt zu gewähren mit einer Schnur umwickelt. das hilft auch die unterschiedlichen Blöcke dynamisch zu verknüpfen. Es ist wichtig, dass eine dynamische Verknüpfung verwendet wird damit das Gebilde weniger anfällig für Wellen und Wetter ist als ein starres Gebilde. Außerdem lässt sich so ein Gebilde in Einzelteilen aus dem Meer holen und recyceln, damit dieses Projekt ein sinnvolles Ergebnis hat.

Die folgenden Ergebnisse beruhen zusätzlich auf folgenden Annahmen:

- Zunächst müssen alle Vorgehensweisen umwelttechnisch verträglich sein.
- Wir verwenden aus umweltschutztechnischen Gründen nur Meeresmüll, der auf der Meeresoberfläche treibt, um Fische zu schonen und den Meeresboden nicht zu zerstören.
- Die ISS hat eine durchschnittliche Höhe über der Erde von 408 km¹.
- Der Mensch, der von der ISS das Symbol betrachtet hat eine durchschnittliche Seeleistung von 1,0.

¹ Quelle: <https://www.google.de/search?client=opera&q=iss+abstand+erde&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8>

3.2 Ergebnis

Zunächst galt es zu berechnen, wie groß das Symbol mindestens sein muss. Hierbei stützen wir unsere zunächst Ergebnisse auf einen spontan durchgeführten Versuch, der eine erste Annäherung ermöglichte. Aus einer Entfernung von ca. 3 m konnte ein Quadrat der Seitenlänge 0,5 cm eindeutig, klar und scharf erkannt werden.

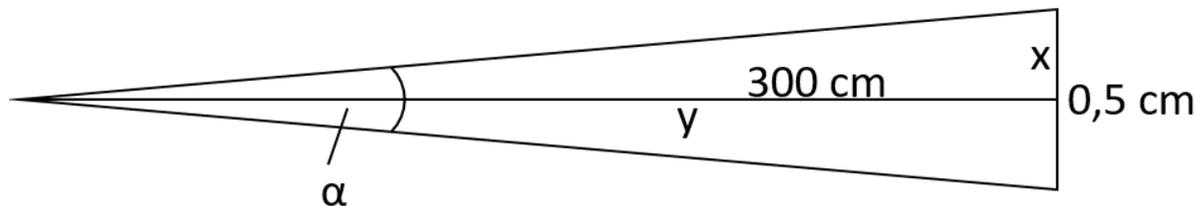


Abbildung 1 Versuchsaufbau

Der Winkel α berechnet sich mit dem arctan: $\alpha = \arctan\left(\frac{0,25\text{cm}}{300\text{cm}}\right) = 0,048^\circ$

Daraus ergibt sich folgende Hochrechnung: $\tan(\alpha) = \frac{x}{y}$

$$x = \tan(\alpha) \times y = \tan(0,048^\circ) \times 408\text{km} = 0,34 \text{ km}$$

Die daraus berechnete minimale Kantenlänge beträgt $2x$, also 0,68 km.

Eine andere Angabe ist für den maximalen Leseabstand zu finden: Ein Zeichen der Größe 1 mm kann in einem Abstand von ca. 40 cm gerade noch gesehen werden.² Diese Angabe gilt für eine durchschnittliche Sehkraft von 1,0.

Hierbei berechnet sich: $\alpha = \arctan\left(\frac{0,05\text{cm}}{40\text{cm}}\right) = 0,072^\circ$

Daraus ergibt sich folgende Hochrechnung: $\tan(\alpha) = \frac{x}{y}$

$$x = \tan(\alpha) \times y = \tan(0,072^\circ) \times 408\text{km} = 0,51 \text{ km}$$

Sodass in diesem Fall die Kantenlänge ca. 1 km beträgt.

Da beide Berechnungen ein Ergebnis im Bereich von ca. 1 km Kantenlänge ergeben, gehen wir im weiteren Verlauf davon aus, dass es sich hierbei um einen realitätsnahen Wert handelt. Jedoch ist dies eine Mindestangabe; damit das Symbol gut erkennbar ist, wird nun die Kantenlänge auf 2 km festgelegt.

Die Fläche, die das Symbol, wenn es ein Quadrat wäre, einnehmen würde, beträgt folglich 4 km^2 . Um die Fläche – und später das Volumen – für das Symbol mit realistischer Form zu berechnen wird nun das Symbol festgelegt.

² Quelle: <http://www.hausderoptik.de/Sehkraft/>

Wir einigen uns, um die Berechnung zu erleichtern, auf ein Warndreieck dieser Form:

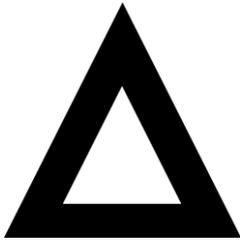


Abbildung 2 Warndreieck

Das schwarze Rahmen entspricht hierbei dem Bereich, der letztlich von Plastik ausgefüllt sein wird. Dicke des Rahmens: 500 m

Der Flächeninhalt des kompletten schwarzen Dreiecks lässt sich wie folgt berechnen:

$$A_{\text{schwarz}} = 0,5 \times a \times h = 0,5 \times 2 \text{ km} \times 2 \text{ km} = 2 \text{ km}^2$$

$$A_{\text{weiß}} = 0,5 \times 1 \text{ km} \times 1 \text{ km} = 0,5 \text{ km}^2$$

$$A_{\text{ges}} = A_{\text{schwarz}} - A_{\text{weiß}} = 2 \text{ km}^2 - 0,5 \text{ km}^2 = 1,5 \text{ km}^2$$

Hierbei entspricht A_{ges} der Fläche des schwarzen Rahmens, also der Fläche die unser Symbol letztlich effektiv einnehmen wird.

Damit das Symbol sich vom Wasser abhebt, sollte es mindestens 10 cm dick sein.

Daraus ergibt sich ein Gesamtvolumen von:

$$V = A \times d = 1,5 \text{ km}^2 \times 10^{-4} \text{ km} = 1,5 \times 10^{-4} \text{ km}^3 = 150000 \text{ m}^3$$

Das Plastik muss verdichtet sein, damit es ein Symbol formen kann. Gepresstes Plastik hat eine Dichte von ca. $0,35 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$.³ Entsprechend wird unser Symbol folgendes Masse haben: $m = V \times \rho = 150000 \text{ m}^3 \times 0,35 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 52500 \text{ t}$

Das Symbol hat also ein Volumen von ca. 150000 m^3 mit einer Masse von ca. 50000t.

Das heißt, wir müssen aus dem Meer Plastik mit einer Gesamtmasse von ca. 50000t fischen.

Wir können natürlich kein Mikroplastik verwenden, da dieses nicht effektiv „pressbar“ ist; für das Symbol sind lediglich Meso-, Makro- und Megaplastik verwendbar, d.h. Plastikteile größer als $0,5 \text{ cm}^4$.

³ Quelle: https://www.statistik-bw.de/DatenMelden/Formularservice/33_A_Umrechnungsfaktoren.pdf

⁴ Quelle: <https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2018-07/plastik-meer-tiefsee-nordpazifik-muellstrudel-oekosystem>

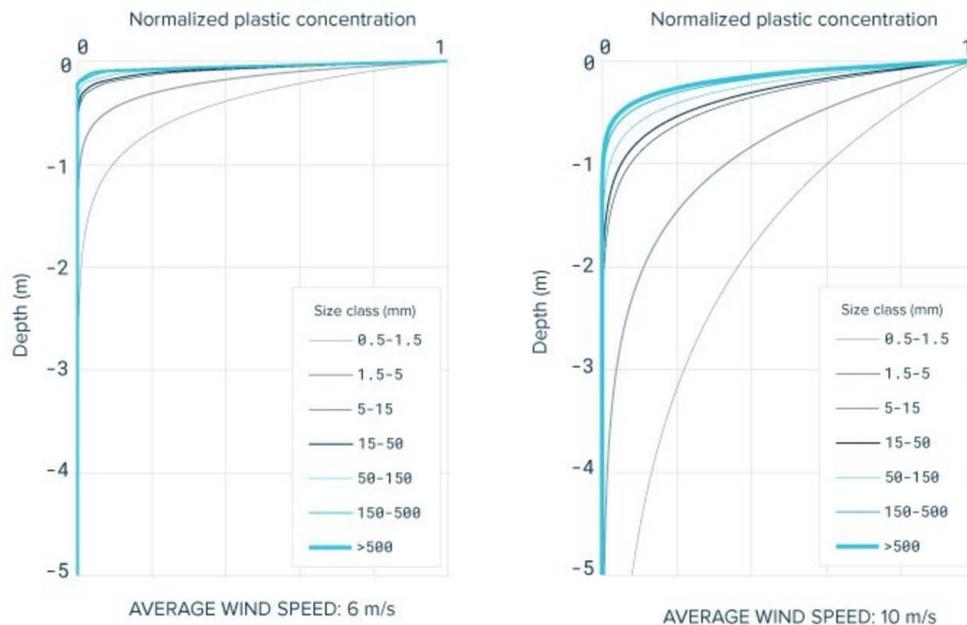


Abbildung 3 Auftreten von Plastiksorten

Quelle: https://www.theoceancleanup.com/fileadmin/_processed_/csm_Vertical_Distribution_f18ce92efe.jpg

Wie in Abbildung 3 ersichtlich ist, schwimmen große Plastikteile, welche für unser Symbol benötigt werden, vor allem an der Oberfläche, sodass wir diese relativ einfach abfischen können und dies ohne Fische mit hinaus zu fischen, da sich das Tau, mit dem wir, wie später beschrieben wird, das Plastik aus dem Meer filtern wollen, nur sehr langsam bewegt und sich eben an der Wasseroberfläche befindet. Zwar sinken 75% des Plastikmülls auf den Meeresboden, jedoch wäre es nicht sinnvoll unser Plastik von dort zu beziehen, da dies den Meeresboden und dort lebende Organismen gefährden würde. Weiterführend ist hier zudem zu sagen, dass es nicht sinnvoll wäre, den Müll von Stränden für unser Symbol ins Meer zu befördern.

Für die oben genannten Teile an der Wasseroberfläche liegt die Konzentration in größeren Müllstrudeln, wie sie auch im Nordatlantik zu finden sind, bei ca. $10 \frac{kg}{km^2}$.⁵ Daraus wird nun die Fläche, die 50000 t liefert, berechnet:

$$A = \frac{50000 \text{ t}}{0,01 \frac{\text{t}}{km^2}} = 5 \times 10^6 \text{ km}^2$$

Um also 50000 t Plastikmüll, mit einer Größe von über 0,5 cm, aus dem Meer fischen zu können, müsste eine Fläche von 5 Mio. km^2 abgefahren und dort das an der Oberfläche schwimmende Plastik restlos abgefischt werden. Dies entspricht ca. einem Viertel des Nordatlantiks, wenn dieser die folgende Fläche einschließt:

⁵ Quelle: https://www.wissenschaftsjahr.de/2016-17/fileadmin/meere_ozeane/Downloads/160913_Dossier_Plastikmuell_im_Meer.pdf

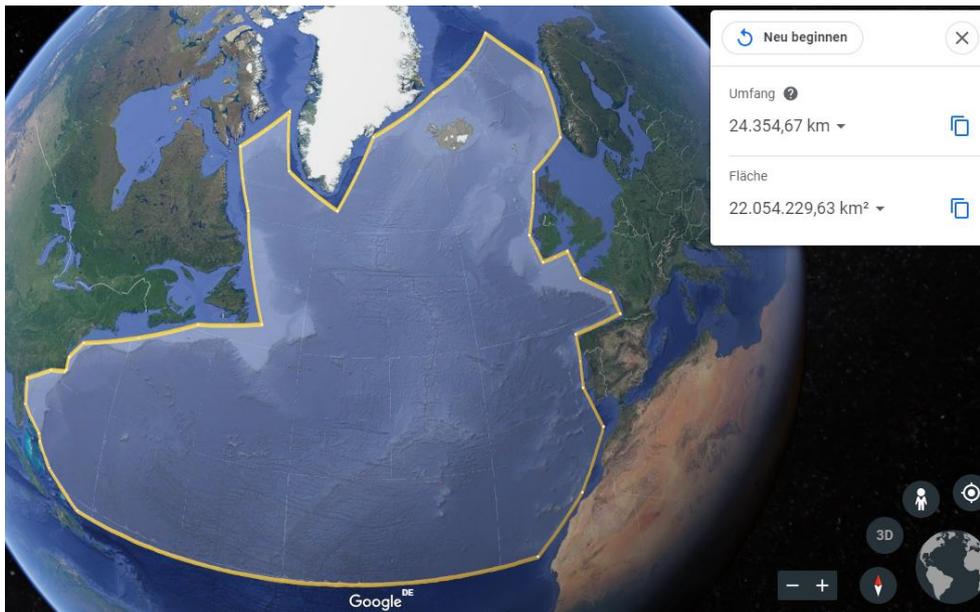


Abbildung 4 Nordatlantik
Quelle: earth.google.com/web/

Nun gilt es, die Zeit zu berechnen, die nötig wäre um diese Fläche abzufahren und zu säubern. Hierfür bedienen wir uns Angaben des Projekts „Ocean Cleanup“. Diese sind die zu säubernde Fläche mit einem Boot, das eine U-förmige Konstruktion (siehe Appendix Abbildung 5) hinter sich her zog abgefahren. Wir verwenden diese Daten um realitätsnahe Bedingungen zu erhalten. Die Länge des U-förmigen Seils betrug 600 m⁶. Daraus lässt sich der Durchmesser berechnen, wenn man davon ausgeht, dass es sich um einen Halbkreis handelt: Dieser beträgt ca. 380 m.

Um also eine Fläche von 5 Mio. km² (diese hätte z.B. die Maße 1,3 Mio. km × 0,38 km) abzufahren, müsste demzufolge eine Strecke von 1,3 Mio. km zurückgelegt werden. Das Schiff hatte eine durchschnittliche Geschwindigkeit von ca. 3 Knoten⁷ aufgrund der großen Reibung durch das Tau, dies entspricht ca. 5,6 km/h. Mit dieser Geschwindigkeit würde das Boot die folgende Zeit benötigen, um eine Strecke von 1,3 Mio. km abzufahren:

$$v = \frac{s}{t} \rightarrow t = \frac{s}{v} = \frac{1,3 \times 10^6 \text{ km}}{5,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 232143 \text{ h} = 9673 \text{ d} = 26,5 \text{ a}$$

Das bedeutet, das Schiff würde mit der realistischen Geschwindigkeit 3 Knoten und einem Seildurchmesser von 380 m die Fläche von 5 Mio. km² in ca. 27 Jahren abfahren.

Unser Gesamtergebnis lautet daher:

Damit ein Symbol von der ISS aus mit bloßem Auge erkennbar ist, muss es mindestens die Maße 1 km × 1 km besitzen. Wir sind deshalb weiter davon ausgegangen, dass für eine gute Sichtbarkeit eine Größe von 2 km × 2 km × 10 cm nötig ist; die Dicke von 10 cm ist mindestens nötig, damit sich das Plastik vom Meer abhebt. Daraus

⁶ Quelle: <https://www.theoceancleanup.com/technology/>

⁷ Quelle: https://www.theoceancleanup.com/fileadmin/media-archive/Documents/System001_FAQ.pdf

ergibt sich eine benötigte Masse an Plastik von ca. 50000 t, welche von einem Schiff in ca. 27 Jahren eingefangen werden könnte.

3.3 Diskussion

Zunächst einmal ist zu sagen, dass oft keine konkreten Angaben zu finden waren. So war z.B. die Angabe des Leseabstands die einzig auffindbare, die wir bezüglich der Größe des Symbols benötigten. Allerdings hat unser Experiment diese Angabe im Groben bestätigt.

Zusätzlich wurden naturgegebene Umstände, wie Wolken, Diesigkeit durch Aerosole, Opazität, Luftschichtenzusammensetzung, Spiegelung auf der Meeresoberfläche, Sonneneinstrahlung, ... vernachlässigt, um die Aufgabe beantworten zu können.

Ein anderes Problem könnte sein, dass Plastik vorwiegend durchsichtig ist, was die Sichtbarkeit einschränken könnte. Eine Färbung des Plastiks ist nach unserem Ermessen allerdings aus umwelttechnischen Gründen weniger sinnvoll.

Weiterführend hätten viele Annahmen anders getroffen werden können: Wenn man z.B. die Dicke des schwarzen Rahmens des Dreiecks auf 100m verkleinert und dem Dreieck die minimalen Maße von 1 km \times 1 km zugeordnet hätte, was dann zwar die Sichtbarkeit einschränken würde, jedoch nicht so, dass das Dreieck überhaupt nicht mehr sichtbar ist, könnte die benötigte Menge an Plastik von 50000 t auf ca. 6000 t reduziert werden.

Eine weitere Reduzierung des benötigten Plastiks wäre durch eine Halbierung der Dicke auf 5 cm möglich, dies würde allerdings wieder die Sichtbarkeit und in diesem Fall auch die Stabilität der Konstruktion gefährden.

Generell ist es sehr fraglich, ob ein Plastikteppich so gefertigt werden kann, dass er den Einflüssen des Meeres, also Wellen, Wind, ..., standhalten könnte.

Es ist schwer einen best-case- und worst-case-Wert zu ermitteln, da viele Annahmen selbst getroffen werden musste (v.a. die Dicke des Symbols), sodass nicht klar ist, wie dick der Teppich mindestens sein muss, damit er den naturgegebenen Einflüssen standhält und sich von der Farbe des Meers abhebt.

Eine Alternative wäre zudem: Man könnte anstatt das Plastik in Blöcke zu pressen, es einschmelzen und zu einer dünnen Folie verarbeiten, wenn man den Kunststoff schwarz färbt und eine Dicke von 0,1 mm ansetzt, erhält man mit einem Dreieck der Maße 1 km \times 1 km ein Volumen von lediglich 18 m³ und mit dem der Maße 2 km \times 2 km, 150 m³. Daraus errechnen sich dann die Massen 6,3 t beziehungsweise 52,5 t. Allerdings wird für das Einschmelzen von Plastik viel Energie benötigt, die wir auf einem Schiff lediglich durch Verbrennung von Schweröl produzieren können. Das verursacht einen großen CO₂-Ausstoß, den man bei einem Projekt zugute der Umwelt vermeiden möchte.

4 Schlussfolgerung

Abschließend lässt sich festhalten, dass für das Symbol Plastikmengen im Bereich von mehreren bis vielen Tausend Tonnen nötig wären. Ein wahrscheinlich treffender Wert liegt nach unseren Berechnungen bei ca. 50000 Tonnen; um diese Mengen zu sammeln ist die – aus unserer Sicht – nicht aufbringbare Zeit von ca. 25 Jahren nötig, falls nur ein Schiff zur Verfügung steht.

Aufgrund dieses immensen Aufwands ist die ökologische Nützlichkeit des Projekts fraglich. Für die Schiffe wäre eine enorme Menge an Schweröl zum Betrieb nötig. Diese belaufen sich auf ca. 300 Tonnen pro Tag⁸, was umwelttechnisch und ökonomisch nicht zielführend sein kann. Aus ökonomischer Sicht bedeutet dies, dass sehr hohe Kosten entstehen würden. Finanzieren ließe sich so ein Projekt nur mithilfe vieler freiwilliger Helfer und Spender. Um genügend Geldmittel zu erhalten muss man weitreichende Crowdfunding-Aktionen durchführen und darauf vertrauen, Großspenden durch Externe sowie Unternehmen und Organisationen zu erhalten.

⁸ Quelle: <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/verkehr/schifffahrt/containerschiff-fahrt/16646.html>

5 Literaturverzeichnis

- Kraemer, Andreas, Die globale Verschmutzung der Meere und die Auswirkungen auf das vielfältige Leben im Wasser: https://www.ecologic.eu/sites/files/event/2014/kraemer_swimming_in_trash_presentation_-_urania_4_nov_2013.pdf (Zuletzt aufgerufen am 30.03.2019, 15:15)
- Lovett, Richard, Huge Garbage Patch Found In Atlantic Too: <https://news.nationalgeographic.com/news/2010/03/100302-new-ocean-trash-garbage-patch/> (Zuletzt aufgerufen am 30.03.2019, 15:30)
- Mast, Maria und Stockrahm, Sven, Die größte Müllkippe der Welt ist gut versteckt: <https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2018-07/plastik-meer-tiefsee-nordpazifik-muellstrudel-oekosystem> (Zuletzt aufgerufen am 30.03.2019, 15:20)
- NABU, Plastikmüll und seine Folgen: <https://www.nabu.de/natur-und-landschaft/meere/muellkippe-meer/muellkippemeer.html> (Zuletzt aufgerufen am 30.03.2019, 15:20)
- Sandeen, Mark, Creating a Sustainable Future: <http://sustainabletransition.blogspot.com/2010/08/north-atlantic-garbage-patch.html> (Zuletzt aufgerufen am 30.03.2019, 15:35)
- The Ocean Cleanup, FAQ: <https://www.theoceancleanup.com/faq/> (Zuletzt aufgerufen am 30.03.2019, 15:15)
- The Ocean Cleanup, Technology: <https://www.theoceancleanup.com/technology/> (Zuletzt aufgerufen am 30.03.2019, 15:15)
- Wikipedia, North Atlantic garbage patch: https://en.wikipedia.org/wiki/North_Atlantic_garbage_patch (Zuletzt aufgerufen am 30.03.2019, 15:25)
- Wikipedia, Plastikmüll in den Ozeanen: https://de.wikipedia.org/wiki/Plastikm%C3%BCll_in_den_Ozeanen (Zuletzt aufgerufen am 30.03.2019, 15:25)
- Wissenschaftsjahr 2016*17 – Meere und Ozeane, Plastikmüll im Meer – Zahlen und Fakten: https://www.wissenschaftsjahr.de/2016-17/fileadmin/meere_ozeane/Downloads/160913_Dossier_Plastikmuell_im_Meer.pdf (Zuletzt aufgerufen am 30.03.2019, 15:35)

6 Appendix



Abbildung 5 Ocean Cleanup

Quelle: https://www.golem.de/1812/138288-181951-181950_rc.jpg