

Wie kann im Nordatlantik ein Symbol aus Plastikmüll
errichtet werden, dass von der ISS sichtbar ist?

PlaNeT SimTech
Team 240

30. März 2019

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	1
2	Einleitung	1
3	Hauptteil	2
3.1	Mindestgröße der kleinsten erkennbaren Strukturen	2
3.2	Welche Größe soll das Symbol erreichen?	2
3.3	Welche Masse an Plastik benötigt man pro Quadratmeter, damit es von der ISS aus erkennbar ist?	2
3.4	Die Sichtbarkeit der Plastikteile	3
3.5	Optimale Beobachtungszeit	3
3.6	Benötigte Masse an Plastik für unser Symbol	4
3.7	Von welcher Fläche müssen wir das Plastik absammeln, um die nötige Masse zu erhalten	4
3.8	Konstruktion der Netzsegmente	5
3.9	Gewicht eines Segments	5
3.10	Gesamtkonstruktion der Netze	6
3.11	Antrieb	7
3.12	Die Funktionsweise der Netze	7
3.13	Zeitaufwand	7
3.14	Die Finanzierung	7
4	Schlussfolgerung	7

1 Zusammenfassung

Die zunehmende Produktion von Kunststoffen führt unter anderem zu einer erheblichen Verschmutzung der Gewässer der Erde. Inzwischen haben sich fünf große Plastikstrudel in den Ozeanen gebildet. Einer davon befindet sich im Nordatlantischen Ozean. Durch eine 600m lange Konstruktion soll innerhalb eines Monats ein großer Teil des Plastikmülls im Nordatlantik gesammelt werden. Dadurch wird nicht nur zur Säuberung des Ozeans beigetragen, sondern auch auf den alarmierenden Zustand aufmerksam gemacht. Die Konstruktionen bilden nach und nach eine immer größer werdende Blume, welche ein Symbol für die schützenswerte Natur unserer Erde sein soll.

2 Einleitung

Wir möchten ein Symbol aus Plastikmüll im Nordatlantischen Ozean erstellen. Dabei sind vor allem zwei Aspekte von entscheidender Bedeutung: Zum einen muss zuallererst der Umweltschutz berücksichtigt werden. Zum anderen muss das Projekt sehr viel Medienaufmerksamkeit erzielen. Der Aspekt der Medienwirksamkeit ist dabei insofern sehr relevant, da zu effektivem Umweltschutz sowohl die Säuberung der Meere vom Plastikmüll als auch die Prävention der zunehmenden Verschmutzung der Weltmeere, durch bewussteren Konsum jedes einzelnen Individuums, dazugehört.

Wir werden Schwimmer konstruieren, die 600 m lang sind und unten mit einem Netz ausgestattet sind. Diese sollen durch den Nordatlantik schwimmen und dabei Plastik einsammeln. Sobald die Netze eines Schwimmers voll sind, werden wir diesen zu einem zentralen Punkt transportieren. An diesem wird aus diesen gefüllten Halbkreisen eine Blume.

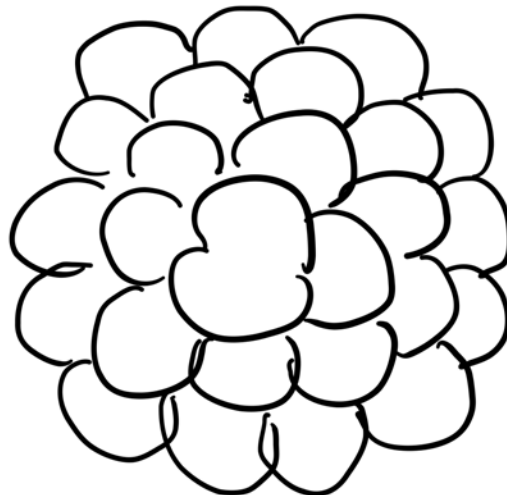


Abbildung 1: Skizze des Symbols

3 Hauptteil

3.1 Mindestgröße der kleinsten erkennbaren Strukturen

Die Winkelauflösung des menschlichen Auges beträgt ca. 1 Winkelminute. [1] Bei einer Höhe von 400 km entspricht die kleinste Länge, die sich noch auflösen lässt $\tan\left(\frac{1}{120}\right) * 2 * 400 \text{ km} = 120\text{m}$.

3.2 Welche Größe soll das Symbol erreichen?

Die kleinste erkennbare Struktur mit 120 m, im Abstand von 400 km, wäre jedoch lediglich als kleiner Punkt zu erkennen. Daher streben wir eine größere Struktur an. Dabei haben wir uns an der Insel 'Graciosa' der Inselgruppe 'Azoren' orientiert. Daher soll das Symbol einen Radius von etwa 3 km besitzen. Dies entspricht der 40-fachen Größe der minimal auflösbaren Länge, ein unkompliziertes Symbol lässt sich also klar erkennen.

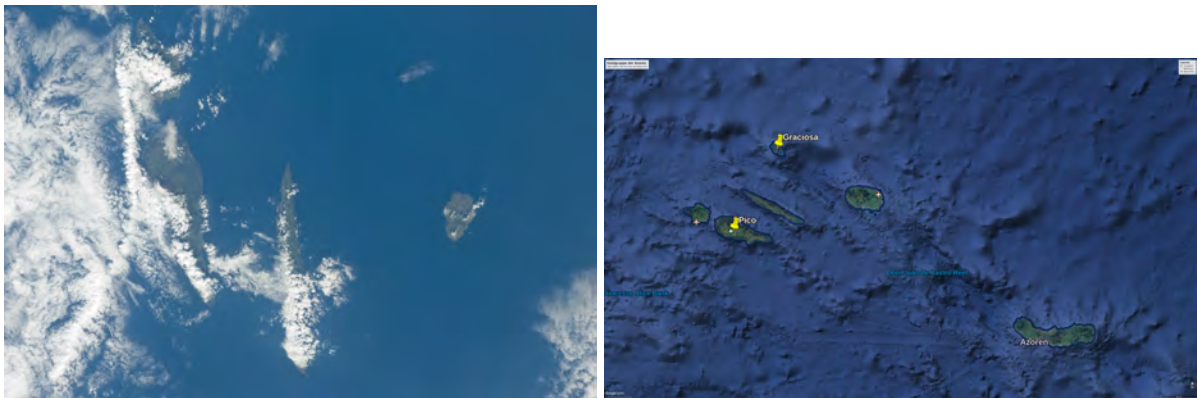


Abbildung 2: Azoren gesehen von der ISS [16] bzw. Google Earth (Höhe 400km)

3.3 Welche Masse an Plastik benötigt man pro Quadratmeter, damit es von der ISS aus erkennbar ist?

Wir werden uns auf Plastik, das einen Durchmesser von $> 20\text{cm}$ hat, konzentrieren. Gemäß Table 1 in [14] erhalten wir eine Gesamtmasse von $467 * 10^8 \text{g}$ und eine Anzahl von $2 * 10^9$ Stück im Nordatlantik. Das ergibt eine durchschnittliche Masse von 24g pro Partikel mit Durchmesser $> 20\text{cm}$. Die Fläche eines solchen Plastikstücks entspricht 0.125m^2 . Wir streben daher eine Masse von $200 \frac{\text{g}}{\text{m}^2}$ an, um einen Quadratmeter auf jeden Fall vollständig zu bedecken. 20 cm ist ja der minimale Durchmesser der Stücke, sodass wir auch für Überlagerungen o.ä. noch ausreichend Spielraum lassen.

3.4 Die Sichtbarkeit der Plastikteile

Man kann davon ausgehen, dass ein nicht vernachlässigbarer Teil der Plastikteile eine Färbung besitzt die im Vordergrund des Ozeans schlecht zu erkennen sein könnte. Jedoch besitzen selbst diese einen höheren Brechungsindex n als das Wasser. [3]

Stoff	Brechungsindex n
Wasser	1,33
PMMA	1,49
COC	1,533
PMMI	1,534
PC	1,58
PS	1,58

Tabelle 1: Brechungsindizes bei verschiedenen Polymeren

3.5 Optimale Beobachtungszeit

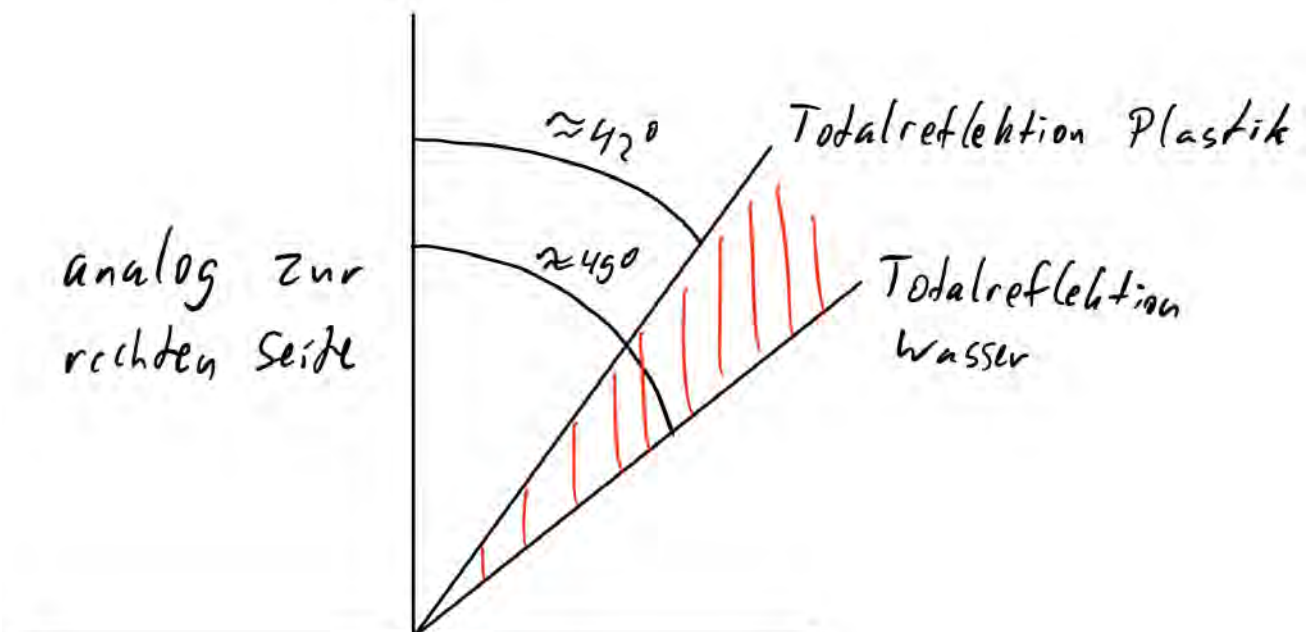


Abbildung 3: Skizze der Totalreflektionswinkel

Um die Zeit zu berechnen, zu der das Symbol von der ISS aus am besten zu sehen ist, nehmen wir der Einfachheit halber an, das Plastik würde direkt an der Wasseroberfläche schwimmen. Berechnet man nun die Winkel, für die bei auftreffendem Sonnenlicht Totalreflektion stattfindet, so kommt man für Wasser auf $\beta_G = 48,75^\circ$ und für Plastik auf $\beta_G = 41,81^\circ$, wenn man als optische Dichte für Wasser $n = 1,33$ und Plastik $n \approx 1,5$ annimmt. [17]

Das bedeutet also, dass für die Winkel zwischen $41,81^\circ$ und $48,75^\circ$ bei Plastik Totalreflektion stattfindet, bei Wasser jedoch noch nicht. Die Sonne sollte also zur optimalen Beobachtung in

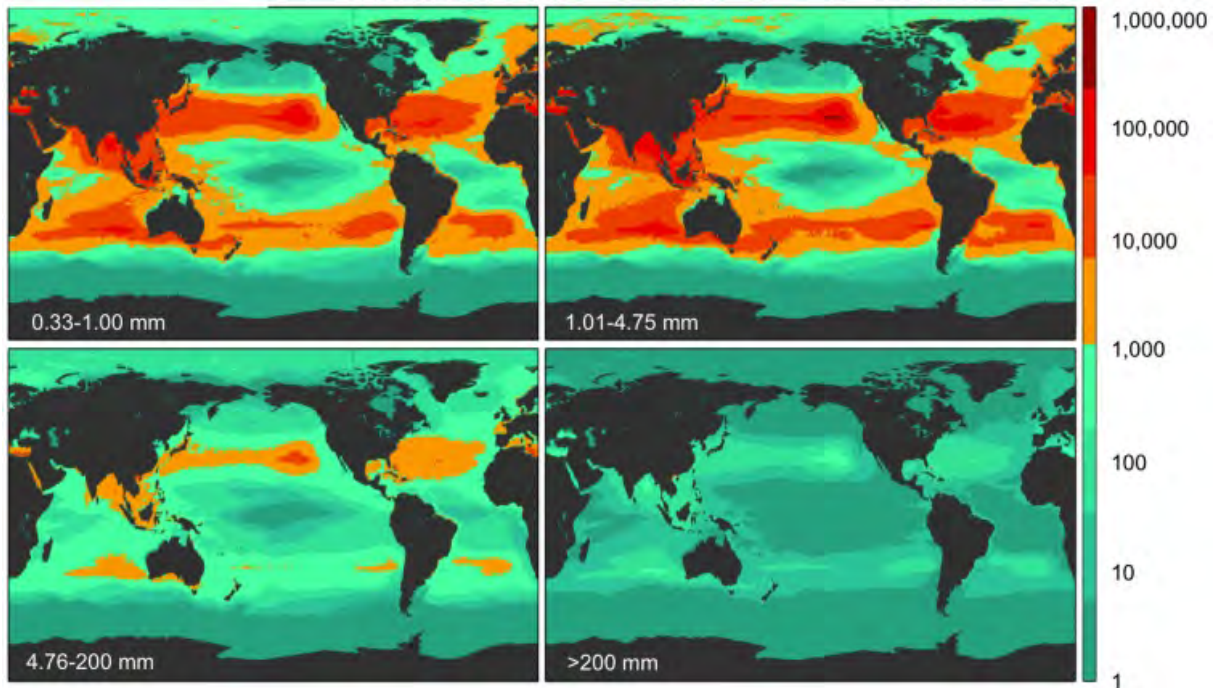


Abbildung 4: Plastikverteilung in den Ozeanen, für uns relevant ist das Bild rechts unten.

diesem Bereich relativ zur Erdoberfläche stehen. Dies ist Morgens von ca. 8-9 Uhr und Nachmittags von ca. 15-16 Uhr je nach Jahreszeit der Fall. [19]

3.6 Benötigte Masse an Plastik für unser Symbol

Wir wollen ein Symbol mit ungefährem Radius 3km erhalten. Dieses Symbol hat also eine Fläche von $3^2\pi\text{km}^2 = 28,27\text{km}^2$. Dafür benötigen wir also eine Masse von $200\frac{\text{g}}{\text{m}^2} * 28270000\text{m}^2 = 5625\text{t}$.

3.7 Von welcher Fläche müssen wir das Plastik absammeln, um die nötige Masse zu erhalten

Die Fläche des Plastikstrudels im Nordatlantik beträgt $1,6 * 10^6\text{km}^2$. Die Gesamtmasse des Plastiks im Nordatlantik beträgt ca. 47.600 Tonnen. [14]

In Abbildung 4 ist die Plastikkonzentration in einer logarithmischen Farbkodierung aufgetragen. Daher erhält man als Massenanteil des Plastiks im Nordatlantik ca. 80%. Mindestens 38.800 Tonnen Plastikteilchen mit Durchmesser $> 20\text{cm}$ befinden sich also in diesem Strudel. Da sich unsere Netze dank ihrer Konstruktion mit der Strömung bewegen, bewegen sie sich automatisch dorthin, wo die Plastikkonzentration am höchsten ist, da sich dieses auch mit der Strömung bewegt. Wenn wir also das Siebtel mit der größten Plastikdichte nehmen, erhalten wir mit Sicherheit mehr als 5625 Tonnen Plastik. Ein Siebtel der Fläche entspricht ca. $2.3 * 10^5\text{km}^2$.

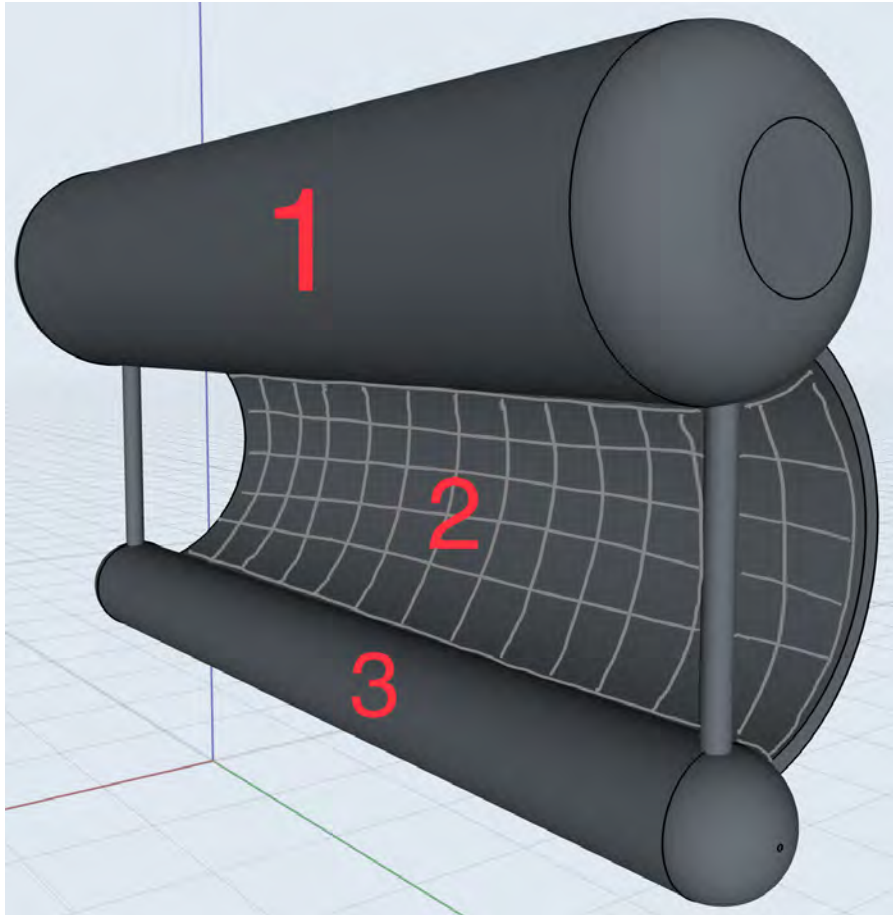


Abbildung 5: Ansicht eines Segments zur Konstruktion der Segment-Kette

3.8 Konstruktion der Netzsegmente

Die Segmente, mit denen wir das Plastik im Nordatlantik sammeln wollen, orientieren sich designtechnisch an denen des Projektes „Ocean Cleanup“. [15]

Allerdings bestehen unsere Segmente nicht aus eine Folie, sondern aus einem Netz (Nummer 2 in Bild 5), welches oben an der Tragröhre und unten an der unteren Röhre befestigt ist. Die Länge der Tragröhre und der unteren Röhre beträgt 10m. Das Netz ist ein 10x10m Netz, wodurch sich das Netz beim ziehen durch das Wasser nach hinten ausdehnt. Die Höhe der Zwischenröhren beträgt 2m. Der Radius der Tragröhre beträgt 1m.

3.9 Gewicht eines Segments

Als Material der Oberfläche der Tragröhre nehmen wir eine Art Teichfolie, welche gegen Umwelteinflüsse wie z.B. UV-Strahlung resistent sein muss. Gefüllt wird die Tragröhre mit Styropor, um auch wenn in der Teichfolie ein Loch entsteht noch den nötige Auftrieb zu sichern und so ein untergehen des Segments zu verhindern. Um die Stabilität der Rohre zu gewährleisten wird in deren Mitte noch ein Doppel-T-Träger verbaut. Somit wiegt die Tragröhre

Folie:

$$3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * A_{\text{Tragröhre}} = 207\text{kg} \quad (1)$$

Styropor:

$$15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * V_{\text{Tragröhre}} = 471\text{kg} \quad (2)$$

Doppel-T-Träger

$$84 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 10\text{m} = 840\text{kg} \quad (3)$$

Die untere Röhre besteht praktisch nur als Gegengewicht, bzw. um in Kombination mit den vertikalen Röhren das Netz offen zu halten. Diese werden auch aus Doppel-T-Trägern gefertigt. Somit berechnet sich das restliche Gewicht

Träger unten:

$$84 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 10\text{m} = 840\text{kg} \quad (4)$$

Trägere

$$\text{vertikal} : r2 * 84 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 2\text{m} = 336\text{kg} \quad (5)$$

Netz:

$$1,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 100\text{m}^2 = 150\text{kg} \quad (6)$$

Somit ist das insgesamte Gewicht eines Segments etwa:

$$2790\text{kg} \quad (7)$$

Verglichen mit dem maximalen Auftrieb, welcher sich durch das Volumen der Tragröhre ergibt (ca. 31.400kg) ist das Gewicht relativ gering, wodurch die Schwimmfähigkeit t auf jeden Fall gewährleistet sein sollte.

3.10 Gesamtkonstruktion der Netze

Wir setzen die Segmente zusammen, bis wir größere Netze von 600m Länge erhalten. Zwischen den Segmenten wird durch die Verbindung eine Krümmung erzeugt. Diese werden dann mit großen Nylonseilen verspannt, sodass sich eine Stabilität einstellt. Die Länge der Netze entspricht dem Umfang des Halbkreises. Der gesamte Kreis hat den Umfang von 1200m. Daraus resultiert ein Radius von $\frac{0,6}{\pi} \text{km}^2$. Der Halbkreis hat damit eine Fläche von $\frac{0,6^2}{\pi * 2} = 0,06\text{km}^2$. Diese Fläche können wir nun mit Plastik füllen. Dabei nehmen wir als maximale Füllungskapazität ebenfalls $0,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 200000 \frac{\text{kg}}{\text{km}^2}$ an. Unter dieser Annahme erhalten wir pro Netz maximal 12 Tonnen Plastikmüll. Daher werden wir 500 solcher Netze konstruieren, um auch bei Verlusten noch die entsprechende Menge zu garantieren.

3.11 Antrieb

Obwohl wir eigentlich keinen Antrieb brauchen, da unsere Netze von vornherein mit der Strömung schwimmen und vom Wind zusätzlich bewegt werden, wollten wir dennoch für bestimmte Fälle einen schwachen Antrieb einbauen. Dieser soll auch am Anfang dazu dienen, das Netz an die gewünschte Position zu bringen und das Netz am Ende, wenn es voll ist, zu unserer Blume zu transportieren. Durch die Angabe von Koordinaten kann das Netz durch GPS-Navigation an den gegebenen Ort transportiert werden. Dieser Antrieb soll mit Photovoltaikplatten an speziellen Segmenten betrieben werden. Diese stellen durch Elektrolyse mit dem Meerwasser Wasserstoff her und können diesen dann zur Fortbewegung nutzen.

3.12 Die Funktionsweise der Netze

Die Netze schwimmen mit der Strömung des Nordatlantik. Daher benötigen sie primär keinen starken Antrieb. Zu Beginn müssen die Konstrukte an ihre Startposition gebracht werden und sich dann treiben lassen. Damit auch Plastikteile eingesammelt werden, muss die Geschwindigkeit der Netze größer sein als die Geschwindigkeit des Plastiks. Das wird durch den Wind bewerkstelligt, der die Tragröhre zusätzlich antreibt. Dies funktioniert den größten Teil der Zeit, da der Strudel im Nordatlantik durch die Corioliskraft hervorgerufen wird. Diese wirkt sowohl auf Luft als auch durch die Luftbewegung aufs Wasser. Sollte es einmal zu Windstille kommen, kann auch unser Wasserstoffantrieb eingeschaltet werden. Unser System ist zudem für Fische ziemlich ungefährlich, da aufgrund der Strömung diese gar nicht in unser Netz gedrängt werden. Die relative Geschwindigkeit zum Wasser soll ja nur $0.5 \frac{m}{s}$ betragen, sodass ein durchschnittlicher Fisch eigentlich wegschwimmen kann.[18]

3.13 Zeitaufwand

Da die Netze als effektive Breite ihren Durchmesser besitzen, haben wir insgesamt bei 500 Netzen eine Breite von $381m * 500 = 190,5km$. Um eine Fläche von $2.3 * 10^5 km^2$ abzufahren, benötigt man bei einer Geschwindigkeit von $0.5 \frac{m}{s} \frac{2.3 * 10^5}{190 * 0.0005} s = 2421052s = 28,02d$. Daher benötigen wir nur einen Monat, um unser Projekt umzusetzen.

3.14 Die Finanzierung

Zwar gibt es eine Zielgröße des Konstruktes, jedoch da die einzelnen Halbkreisstrukturen unabhängig voneinander das Symbol bilden können, kann das Symbol modular, abhängig von den einkommenden Spenden, aufgebaut werden. Es sollen Spenden jeder Größenordnung getätigt werden können. Zudem können Segmente oder Bestandteile des Konstruktes gesponsert werden, für welche ein Zertifikat an den Käufer ausgestellt wird. Dadurch kann die Attraktivität einer Spende und dementsprechend eines Umweltbewusstseins gesteigert werden.

4 Schlussfolgerung

Wir haben einen Konstruktionsplan für modular aufgebaute Netze entwickelt, die mithilfe der Strömung und des Windes Plastik aus dem Meer sammeln. Diese werden nach ca. einem Monat genug Plastik gesammelt haben, um dann zu unserer 'Blume' hinzugefügt zu werden. Durch den modularen Aufbau des gesamten Projektes und die variable Struktur der Blume ist es sehr

flexibel. Am Ende werden wir, wenn alles wie geplant läuft, mindestens 5000 Tonnen Plastik aus dem Ozean zu einer Blume komprimiert haben. Dieses kann danach entfernt und recycelt werden und die Netze können weiter eingesetzt werden. Mit mehr Zeit hätten wir noch die Kosten eines Netzsegmentes abschätzen können.

Literatur

- [1] Wikipedia: *Auflösungsvermögen* <https://de.wikipedia.org/wiki/Auflösungsvermögen>
- [2] Wikipedia: *Internationale Raumstation* https://de.wikipedia.org/wiki/Internationale_Raumstation
- [3] *Brechungsindizes einiger Materialien* <http://www.didaktik.physik.uni-duisburg-essen.de/~backhaus/NaturPhysikalisch/Naturphysikalischgesehen2004/OptischePhaenomene/Regenbogen/Brechungsindizes.htm>
- [4] Wikipedia: *Pico (Insel)* [https://de.wikipedia.org/wiki/Pico_\(Insel\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Pico_(Insel))
- [5] Zeit: *Die größte Müllkippe der Welt ist gut versteckt* <https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2018-07/plastik-meer-tiefsee-nordpazifik-muellstrudel-oekosystem>
- [6] Spiegel: *Forscher entdecken riesigen Müllteppich im Atlantik* <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/kunststoffabfall-forscher-entdecken-riesigen-muellteppich-im-atlantik-a-680347.html>
- [7] Wikipedia: *Cycloolefin-Copolymere* <https://de.wikipedia.org/wiki/Cycloolefin-Copolymere>
- [8] Wikipedia: *Polymethylmethacrylat* <https://de.wikipedia.org/wiki/Polymethylmethacrylat>
- [9] Wikipedia: *Graciosa(Azoren)* [https://de.wikipedia.org/wiki/Graciosa_\(Azoren\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Graciosa_(Azoren))
- [10] Wikipedia: *Nordpazifikwirbel* <https://de.wikipedia.org/wiki/Nordpazifikwirbel>
- [11] Greenpeace: *Plastic Debris in the World's Oceans* https://www.greenpeace.org/archive-international/Global/international/planet-2/report/2007/8/plastic_ocean_report.pdf
- [12] Brambini, Roberto & Dommergues, Bénédicte & Maral, Hannah & Sainte-Rose, Bruno. (2017). *Hydrodynamics and Capture Efficiency of Plastic Cleanup Booms: Part I — Experiments and Dynamic Analysis*. 10.1115/OMAE2017-61950.
- [13] Dommergues, Bénédicte & Brambini, Roberto & Mettler, René & Abiza, Zaki & Sainte-Rose, Bruno. (2017). *Hydrodynamics and Capture Efficiency of Plastic Cleanup Booms: Part II — 2D Vertical Capture Efficiency and CFD Validation*. 10.1115/OMAE2017-62012.
- [14] Eriksen M, Lebreton LC, Carson HS, et al. *Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea*. PLoS One. 2014;9(12):e111913. Published 2014 Dec 10. doi:10.1371/journal.pone.0111913

- [15] Stuttgarter Zeitung: *Wie ein 24-Jähriger die Meere vom Plastikmüll befreien will* <https://bit.ly/2UpZZda>
- [16] <https://eol.jsc.nasa.gov/SearchPhotos/photo.pl?mission=ISS028&roll=E&frame=6712>
- [17] Wikipedia: *Brechungsindex* <https://de.wikipedia.org/wiki/Brechungsindex>
- [18] Umweltasessment der CSA Ocean Sciences https://www.theoceancleanup.com/fileadmin/media-archive/Documents/TOC_EIA_2018.pdf
- [19] Wikipedia: *Sonnenstand* <https://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenstand>