

2017

Hydrofoiling und die Sensibilisierung der Seefahrt



Fabrizio Padrun, Gian-Luca Ravo, Leo Angelini

ELI 3, A-ME 3, MET 3

23.02.2017

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort.....	2
2. Geschichte.....	3
3. America's Cup	5
4. Bauarten.....	6
4.1. Bauarten der Tragflächen für Segelboote	6
4.2. Weitere Bauarten für Motorboote.....	6
5. Die Seefahrt	8
5.1 CO2- Belastung von Containerschiffen.....	9
5.2 Schweröl	10
6. Berechnungen.....	11
7. Schlussfolgerungen	12
7.1 Fabrizio	12
7.2 Leo	12
7.3 Gian-Luca.....	12
8. Quellenverzeichnis.....	13
8.1 Textquellen.....	13
8.2 Bildquellen.....	13

1. Vorwort

Unter Tragflächenbooten versteht man fliegende Boote, die sich ab einer gewissen Geschwindigkeit aus dem Wasser erheben. Ihre Tragfläche (Foil) funktioniert wie der Flügel eines Flugzeugs. Bei genügender Geschwindigkeit erzeugt sie Auftrieb, so dass sich die Bootsrümpfe aus dem Wasser erheben. Dadurch verringert sich der Widerstand im Wasser und somit können die Boote höhere Geschwindigkeiten erreichen. Auf geraden Strecken ist dies einfacher zu bewerkstelligen als mit normalen Booten, dafür ist es bei enger Kurvenfahrt oder bei einer Wende schwieriger mit Tragflächenbooten zu wenden. Die Kosten eines Tragflächenbootes sind unterschiedlich. Ein Sport-Katamaran, der für zwei Personen gedacht ist, kostet rund 30'000 Euro. Hilfreich ist es zuerst mit kleinen Tragflächenbooten Erfahrungen zu sammeln. Mit diesen Booten kann man Spitzengeschwindigkeiten von über 80 km/h erreichen und das Boot erhebt sich bis zu anderthalb Meter aus dem Wasser. Wir möchten Ihnen unser Projekt Tragflächenboote näherbringen. Und Sie zudem auf die allgemeine Seefahrt aufmerksam machen. Tragflächen gibt es bereits auf verschiedene Art und Weise, nur konnte sich dieses System nie richtig etablieren. Durch unsere Arbeit soll die Seefahrt auf die Vorteile von Tragflächen aufmerksam gemacht werden. Nur schon allein Fischerboote, Yachten und Segelschiffe mehrheitlich damit auszustatten würde einen grünen Fussabdruck für den Anfang hinterlassen. Da der Seeweg heute für 90% unsererer Güter kaum zu umgehen ist, ist nicht nur der Weg auf dem Festland zu beachten. Vielmehr sollte der Seeweg und die Schifffahrt beachtet werden. Wir haben dieses Thema in erster Linie gewählt, weil die Medien so gut wie gar nichts über den CO2 Ausstoss auf dem Meer berichten. Meistens werden auch politische Abstimmungen mit dem PKW Verkehr auf dem Festland in Verbindung gebracht. Wenn das Thema der Schifffahrt besprochen wird, dann hinter geschlossenen Türen und niemand in der Öffentlichkeit erfährt etwas darüber.

2. Geschichte

Ein Tragflügelboot ist ein sogenanntes Hochgeschwindigkeitswasserfahrzeug, das ab einer gewissen Geschwindigkeit durch Flügel, die unter dem Boot befestigt sind, während der Fahrt angehoben wird. Somit berührt der Rumpf nicht mehr die Wasseroberfläche, sondern fliegt über das Wasser. Die Idee dahinter ist, dass das Tragflügelboot deutlich weniger Reibungswiderstand besitzt als ein normales Boot und deutlich schneller wird. Diese Boote erreichen eine Geschwindigkeit bis zu 110km/h.



Abbildung 1 Erstes Tragflächenboot

Die ersten Ideen ein Tragflügelboot zu bauen gab es schon Ende des 19. Jahrhundert. Doch diese Idee wurde erst anfangs 20. Jahrhundert umgesetzt. Es war der italienische Luftschiffkonstrukteur Enrico Forlanini. Er baute das erste einsatzfähige Tragflügelboot und somit wurde er auch gleich der Erfinder. Dieses Tragflügelboot erreichte eine Geschwindigkeit von beeindruckenden 70km/h. Zur selben Zeit war William E. Meacham ebenfalls damit beschäftigt ein Tragflügelboot zu konstruieren. Dieses stellte er 1919 nach mehreren Versuchsbooten fertig, und nannte es Bell HD4. Gleichzeitig beschäftigte sich der englische Schiffsbauer John Isaac Thornycroft ebenfalls mit dieser Technologie. Er arbeitete für das Britische Militär und konstruierte mit Elementen der Tragflächen ein Hochgeschwindigkeits-Torpedoboot. Auch Deutschland beschäftigte sich mit den Tragflächenbooten jedoch in einem anderen Bereich. Ihr Ziel war es, dass man einen schnellen Personentransport zwischen Köln und Düsseldorf herbeiführt. Das Boot hieß Silbervogel und konnte sieben Passagiere transportieren. Es erreichte eine Geschwindigkeit von 55km/h mit nur einem 50PS Motor. Später gab es viele weitere Entwicklungen.

Am meisten Tragflügelboote wurden bisher in der Personenbeförderung eingesetzt. Sie wurden meistens auf Flüssen, zwischen Festland und Inseln oder zwischen Inselgruppen eingesetzt. Auch das Militär baute nutzbare Tragflächenboote, die bis zu 100 Tonnen schwer waren. Inzwischen werden sie nur noch selten eingesetzt, weil sie sehr empfindlich sind und bei rauher See nur mit niedrigen Geschwindigkeiten fahren können. Deshalb ist ihr Nutzen eher gering.



Abbildung 2 Yacht RODRIGUEZ T-FOIL

Heute werden Segelboote oft mit Tragflächen ausgestattet. Es begann mit der Moth International Class. Im Jahr 2013, als der America's Cup zum ersten Mal mit der AC72 Klasse startete, gab es einen riesigen Boom in der Segelgeschichte. Heute wird ein grosser Teil schon mit Tragflächen regattiert. Wie z.B. die GC 32 Tour oder seit 2016 auch das Vendée Globe. Es wurden sieben Boote mit Tragflächen ausgestattet. Die Tragflächen haben einen guten Effekt, der den Rumpf aus dem Wasser hebt, somit wird ein geringerer Widerstand erzielt und so mit der gleichen Energie eine höhere Geschwindigkeit.



Abbildung 3 AC72

3. America's Cup

Segeln kann man auch als Spitzensport betreiben. Der Internationale America's Cup ist die älteste und eine noch heute ausgetragene Segelregatta. Im Jahre 1851 fand die erste Regatta statt. Beim America's Cup treffen zwei Segelyachten in mehreren Wettfahrten aufeinander. Die Yacht, welche die meisten Wettfahrten gewinnt, ist Siegerin der Regatta. Die Segelboote sind bis zu 14,65 m lang. Pro Segelboot sind meistens 8 Personen an Bord.

Am America's Cup sind auch die Tragflächenboote vertreten. Alinghi machte diesen Schritt und konnte den America's Cup auch gewinnen. Es ist ersichtlich, dass die Tragflächenboote Vorteile haben und Meter um Meter gewinnen. Dies ist die neue Art vom Segeln und viele sind begeistert und wollen die Tragflächenboote nicht mehr hergeben. Es gibt auch einen sogenannten Youth America's Cup. Das ist die Nachwuchskategorie für Teilnehmer bis 24 Jahre. Die Regeln beim America's Cup sind sehr kompliziert. Es gibt 5 internationale Richter und einen höchsten Schiedsrichter. Sie regeln bei Bedarf Streitigkeiten zwischen den beiden Teams. Daneben gibt es noch ein Sportgericht.

Der Pokal ist eine 67,6 cm hohe Kanne aus hochlegiertem Zinn. Der Pokal wurde 1848 von einem Londoner Juwelier hergestellt. Der Pokal trägt den englischen Spitznamen „bodenlose Kanne“. Man hat unten einen Sockel befestigt um die Gewinner des America's Cup einzugravieren. Der Pokal ist in einer Vitrine im Clubhaus des letzten Gewinners ausgestellt. Wenn der Gewinner den Pokal verliert oder dieser in die Brüche geht, muss der Pokal ersetzt werden.



Abbildung 5: Pokal des America's Cup



Abbildung 4 Tragflächenboot in Einsatz am America's Cup

4. Bauarten

4.1. Bauarten der Tragflächen für Segelboote

Die Tragflächenboote sind die Zukunft und sie werden auch im Spitzensport des Segelns verwendet.

Es gibt verschiedene Bauarten von Tragflächen, die sogenannten Kufen des Bootes. Je nach Bauart der Tragflächen kann man verschiedene Eigenschaften erreichen, z.B. bessere Stabilität beim Wenden. Die Tragflächen bestehen heutzutage aus speziell hergestelltem Hart Carbon. Bei Segelbooten werden heute C-, J- oder L-förmige Tragflächen genutzt. Alle Formen haben ihre eigenen Eigenschaften.

Der Katamaran und die verschiedenen Formen des Foils

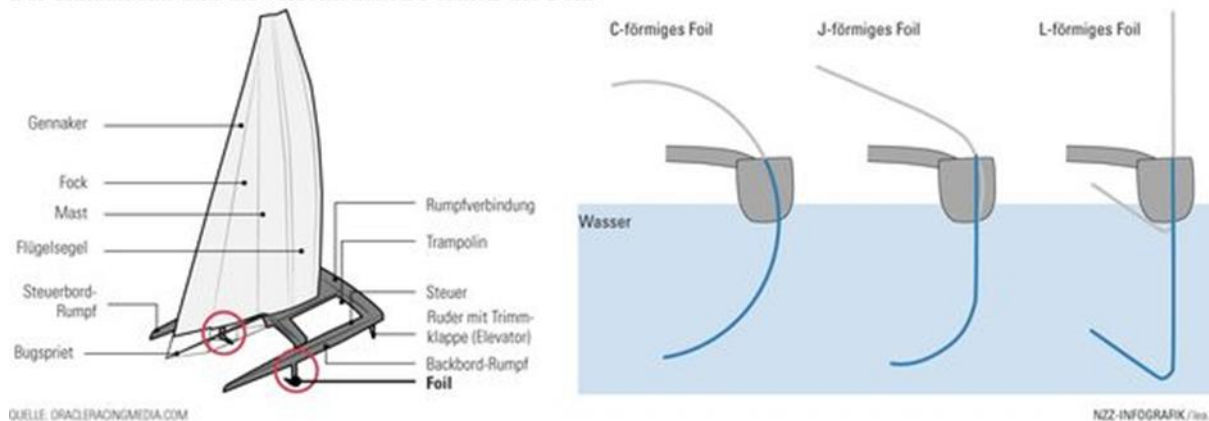


Abbildung 6 Verschiedene Bauarten von Foils an Segelbooten

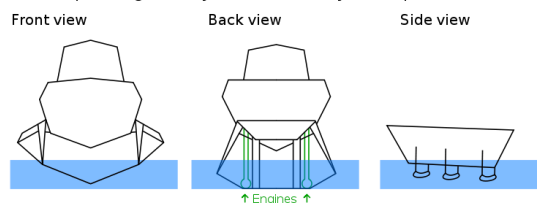
4.2. Weitere Bauarten für Motorboote

Der Leitertyp:

Wie das Wort schon beschreibt sind diese Tragflächen in mehrere Stufen eingeteilt. Je nach Geschwindigkeit erhebt sich oder senkt sich das Boot auf eine dieser Stufen. Dabei ist der

Hydrofoil types

Surface-piercing (SP) hydrofoils (usually U-shaped)



Fully submerged (FS) hydrofoils (usually shaped as inverted T or as V)

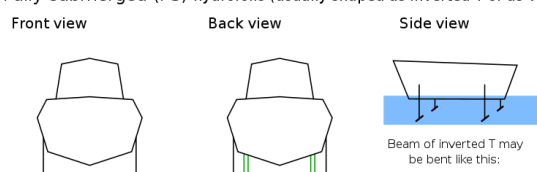


Abbildung 7 Tragflächentypen, bei T-Formen wird oft der Leitertyp angewendet

Rumpf komplett (bei geringer Geschwindigkeit) teilweise (bei mittlerer Geschwindigkeit) oder ganz (bei voller Geschwindigkeit) in oder aus dem Wasser.

Der teileingetauchte Typ:

Bei dem teileingetauchten Typ bestehen die Tragflächen meistens in einer U- oder V- Form. Tragflächen dieses Typs können mehrfach abgekantet sein. Hierbei erfolgen Auftauchen sowie Eintauchen stufenlos. Der Rumpf erhebt sich komplett aus dem Wasser und Teile der Tragfläche ebenfalls.

Der volleingetauchte Typ:

Der volleingetauchte Typ besteht aus T- oder auch V- förmigen Tragflächen. Dabei sind die Flächen an einem oder mehreren Holmen befestigt. Bei diesem Typ ist speziell, dass man während der Fahrt ständig den Anstellwinkel verändern kann um die optimale Wasser Anströmung zu gewährleisten. Bei diesen Tragflächen ist es zwingend wichtig, dass sie unter Wasser bleiben. Bei hohem Wellengang können so trotzdem noch energieeffizient Meere befahren werden.



Abbildung 8 Animation eines Bootes mit U- und V- förmigen Tragflächen

5. Die Seefahrt

Die Seefahrt hat heute einen sehr hohen Standpunkt in der Weltwirtschaft. Ca. 90% der Güter müssen den Weg über das Wasser nehmen. Die Abhängigkeit der Schifffahrt prägt das 21. Jahrhundert nach wie vor. Die Wege auf den verschiedenen Kontinenten werden praktisch nur noch als „letzte Hürde“ bis zum Ziel angesehen. Heute prägen Konflikte und Bürgerkriege in gewissen Ländern die Seefahrt mehr denn je! Wer Krieg führt betreibt keine Wirtschaft, so wird zum Beispiel Kaffee, Kakao oder allein schon Baumwolle nicht mehr geerntet und somit gibt es für Europa und all die anderen Kontinente keinen Nachschub. Viele südliche Länder vor allem in Afrika, liefern uns unseren Standard an Gütern. Am G7-Treffen wird eine Weltordnung der Meere festgelegt. Mit dem sogenannten «just in time Logistik» System kann man auf hohem Niveau die Seefahrt betreiben, jedoch ist das System auch sehr anfällig für Störungen. Die Welthandelsflotte hatte im Jahre 1999 ein Gesamtvolumen von 543.6 Mio. Kubikmeter. Während der Weltwirtschaftskrise 2009/10 fuhr die Welthandelsflotte mit viel weniger Geschwindigkeit oder wurde gar trockengelegt. Diejenigen Schiffe die unterwegs waren, fuhren deutlich langsamer um Treibstoff zu sparen (mit einem Blick in unsere Arbeit, hätten die Verantwortlichen diese drastischen Massnahmen nicht in diesem Ausmass ergreifen müssen).



Abbildung 9 Echtzeitbild 02.02.2017

5.1 CO₂- Belastung von Containerschiffen

Lange Zeit galt die Schifffahrt als Nachhaltig, Grün und Umweltfreundlich. Heute ist diese Erkenntnis völlig falsch. Wenn wir uns nur auf Containerschiffe konzentrieren, so lag 2001 die CO₂-Belastung bei 600 Millionen Tonnen Abgase pro Jahr. Im Jahr 2020 geht man davon aus, dass der CO₂-Ausstoss und die Belastung nur allein von Containerschiffen doppelt so hoch sein wird! Somit steigt die CO₂- Belastung auf über eine Milliarde Tonnen Abgase pro Jahr an! Während Auto- und Flugzeugindustrie stetig versucht zu entwickeln und umweltfreundliches Fahren und Fliegen zu ermöglichen, gerät die Schifffahrt so gut wie nie in die Kritik. Es wird vergessen oder gezielt nicht mitgeteilt, dass 90 % aller Güter- und Warentransporte über die Meere zu uns kommen. Angetrieben werden die Stahlkolosse mit Dieselmotoren, welche wiederum mit Schweröl betrieben werden. Im Handel wird das Schweröl als Bunker C oder Bunker Öl C angeboten. Dieser Treibstoff ist Abfall der Öl-Raffinerien. Bei der Verbrennung im Motor entstehen nicht nur CO₂ und andere giftige Gase, sondern auch ein gewisser Schlamm welcher unbrennbare Stoffe enthält. Dieser Schlamm wird in Tanks aufgefangen und in den Häfen gebührenpflichtig abgesaugt. Um Geld zu sparen, pumpen sogar heute noch Tanker und Containerschiffe einen Teil des Schlamms vor der Hafeneinfahrt einfach ins Meer ab. Diese Aktion ist illegal und strafbar! Es wird aus einer logischen Schlussfolgerung heraus heute immer noch gemacht: Bei hohem Gewicht des Schiffes wird der Tiefgang grösser und verschafft so mehr Widerstand woraus ein grösserer Treibstoffverbrauch resultiert.



Abbildung 10 Ein Containerschiff, dass den Hafen verlässt

5.2 Schweröl

Schweröl das auch Bunker C genannt wird, ist bei 15 Grad Celsius mit einer Dichte von ca. 1,010 kg/L bereits schwerer als Wasser. Um Schweröl pumpfähig zu machen oder haltbar zu machen, muss es auf 40 bis etwa 50 Grad Celsius erwärmt werden. Damit der Kraftstoff für die Motoren der Schiffe brauchbar wird, muss das Schweröl auf 130 bis 140 Grad Celsius erhitzt werden. Für die Verbrennung auf Dampfschiffen gelten ähnliche Werte.

Schweröl enthält eine kleine Prozentzahl von 2.5% unbrennbare Bestandteile. Vor der Verbrennung werden meistens zuerst das Wasser und dann die festen Bestandteile wie z.B Sedi- mente aus asphaltähnlichen Stoffen entfernt. Absetzbehälter und Filter trennen Abfall und Schlamm, der in der Fachsprache „Sludge“ genannt wird. Dieser Schlamm wird in Tanks gesammelt. Zu viel Sludge verstopft die Reinigungsanlagen. Die Verstopfung der Reinigungsanlagen kann in extremen Fällen zum Kentern des Schiffs führen, der Kapitän kann dann nicht so schnell fahren wie er eigentlich möchte. Dadurch wird noch mehr Schweröl verbraucht. Sludge kann gebührenpflichtig in Häfen entsorgt werden. Um Kosten zu sparen, wurde dieser früher einfach in das offene Meer abgepumpt. An Strände gespülte Sludge-Klumpen verschmutzen auch heute noch manche Strandabschnitte.

Die Kritik wird immer grösser gegen das Abpumpen von Sludge auf hoher See. Kritisiert werden auch der hohe Russausstoss und die Schwefelanteile des Schweröls. Zum Vergleich: Normales Heizöl hat einen Schwefelanteil von maximal 1 ‰, schwefelarmes Heizöl hat einen Schwefelgehalt von maximal 0,05 ‰. Ein grosses Kreuzfahrtschiff verbraucht dieselbe Menge an Schadstoffen wie fünf Millionen Kraftfahrzeuge auf gleicher Strecke.

Der Trend der kriminellen Energie erreicht heute ein völlig neues Niveau. Oft werden dem Schweröl Kunststoffreste oder Altöle beigemischt. Entsorgungskosten in Höhe eines Millionen-Betrages werden so jährlich gespart. Damit verdient eine Reederei zusätzlich. Das Risiko von ablagerndem Kunststoff und Sedimenten in den Leitungen und Tankwänden nimmt man dafür in Kauf. Was letzten Endes bedeutet: Die Sicherheit des Schiffes und der Besatzung ist in dieser Hinsicht nur zweitrangig.


Sicherheitshinweise	
GHS-Gefahrstoffkennzeichnung ^[2]  Gefahr	
H- und P-Sätze	H: 332-350-361d-373-410
	P: 201-260-273-281-308+313-501 ^[2]
EU-Gefahrstoffkennzeichnung ^{[3][2]}  Giftig (T) Gesundheits- schädlich (Xn) Umwelt- gefährlich (N)	
R- und S-Sätze	R: 20-45-48/21-50/53-63-66
	S: ?
Soweit möglich und gebräuchlich, werden SI-Einheiten verwendet. Wenn nicht anders vermerkt, gelten die angegebenen Daten bei Standardbedingungen.	

Abbildung 11 Sicherheitshinweise von Schweröl

6. Berechnungen

Bevor wir mit der Berechnung beginnen, müssen wir noch ein paar Details über Boote wissen. Boote gehen nicht unter, weil sie die gleiche Masse verdrängen, die sie wiegen. So entsteht ein Auftrieb. Um die Geschwindigkeit eines Bootes zu berechnen, muss man auch wissen, dass die Geschwindigkeit stark von der Rumpfform und Länge des Bootes abhängt. Reine Verdränger können nicht ihre Rumpfgeschwindigkeit überschreiten. Deshalb wurden die Tragflächen erfunden. Um die Rumpfgeschwindigkeit zu berechnen, muss man die Länge der Wasserlinie durch die Wurzel und das mal 4,5 rechnen. Das Resultat bekommt man in Km/h.

$$4,5 \cdot \sqrt{l_{wl}}$$

Abbildung 12 Formel für die Berechnung der Rumpfgeschwindigkeit

Wenn man das Boot mit Tragflächen auswählt wird das ganze schwieriger. Auf den Tragflügeln wirkt beim Abheben eine hydrodynamische Kraft H (hydro = Wasser, Dynamik = Bewegung). Man kann sie in die Widerstandskraft W und in die Auftriebskraft A zerlegen. Man gewinnt eine Geschwindigkeitszunahme von etwa 35%. Für die Berechnung der Geschwindigkeit braucht man gewisse Daten über das Boot. Die Form des Bootes. Das Gewicht in Kg. Die Leistung in PS. Damit kann man eine Berechnung beginnen. Nehmen wir ein Personentransport Schiff und berechnen die Geschwindigkeit einmal ohne und einmal mit Tragflächen. Als Beispiel nehmen wir das Boot Chaparral 243 VRX. Das Boot ist 1929Kg schwer und hat eine Leistung von 500 PS. Um die Höchstgeschwindigkeit zu berechnen muss man die 500PS geteilt durch 1929Kg rechnen und das mit 225(Rumpfform) multiplizieren. Man bekommt eine Geschwindigkeit von 58.32Km/h. Wird das Boot mit Tragflügeln ausgestattet, dann muss man 500PS durch 1929Kg mal 300(neue Rumpfform) rechnen. Jetzt erreicht das Boot neu eine Geschwindigkeit von 77.76Km/h. Das ist etwa eine Zunahme von 33% (19.44Km/h). Als Vergleich habe ich noch zusätzlich ein Segelboot genommen, das es mit und ohne Tragflügel gibt. Jedoch haben wir bei diesem Beispiel nicht die Berechnung genommen, sondern die gemessenen Daten. Wir nahmen den Laser Standard. Der Geschwindigkeitsrekord liegt bei 16.8 Knoten. Das sind umgerechnet 31,1 Km/h. Wenn man dasselbe Boot mit Tragflächen ausstattet, erreicht es locker eine neue Geschwindigkeit von über 23 Knoten. Das sind umgerechnet 42,6 Km/h. Das ist ein Gewinn von 11.5 Km/h (36,9%). Ganz genau sind die Berechnungen nicht, weil es nicht möglich ist. Die Boote mit Tragflächen verhalten sich im Wasser nicht immer gleichmässig. Jedoch wissen wir, dass es eine Geschwindigkeitszunahme gibt, und dass sie etwa bei 35% liegt. Wenn wir diesen Mittelwert nehmen, kann man daraus schliessen, dass wir mit derselben Energie 35% schneller vorankommen. Nehmen wir nochmal das Boot Chaparral 243 VRX. Bei voller Leistung verbraucht das Boot bei einer Stunde Fahrt 97Liter Benzin. Mit den Tragflächen erspart man schlussendlich auf derselben Strecke 21 Minuten. Das sind 34Liter Benzin die gespart werden. Wenn wir dies mit dem ganzen Schiffsverkehr vergleichen und das fördern, würde man erstaunlich viel Zeit und vor allem Benzin einsparen. Deshalb sind Tragflügel und die ganze Flügelproduktion wichtig für die Umwelt. Die Wissenschaft muss in diesem Bereich gefördert werden.

7. Schlussfolgerungen

7.1 Fabrizio

Die Tragflügelboote gibt es schon seit einer Weile. Jedoch wurden sie noch nicht gross gefördert und nur in kleinem Masse angewendet. Seit der America's Cup mit den Tragflügelbooten begonnen hat, gab es einen kleinen Boom. Für uns wurde das Thema noch nicht genug verbreitet. Mit den Tragflügelbooten kann man enorm viel Benzin einsparen, weil die Boote danach einen geringeren Widerstand im Wasser haben und somit etwa 35% mehr Geschwindigkeit mit derselben Leistung aufbauen können. Somit sparen wir Zeit und produzieren auch viel weniger CO2 Abgase. Die ganze Flügeltechnik spielt da eine grosse Rolle und muss unbedingt gefördert werden. Ich hoffe, dass in Zukunft möglichst viele Boote oder auch Schiffe mit den Tragflächen ausgerüstet werden. Um somit unsere Welt zu schonen und eine schöne Zukunft zu sichern.

7.2 Leo

Tragflügelboote sind meiner Meinung nach die Zukunft der Schifffahrt. Als die Idee für Kriege und Konflikte ausprobiert wurde und es nur mässigen Erfolg gab, verwarf man das Projekt der Tragflügel. Man ist in der Vergangenheit schon oft in die falsche Richtung gegangen. Ohne zu wissen oder gar daran zu denken was es Jahrzehnte später für Auswirkungen haben könnte. Die Projekte und die Ideen der Tragflügelboote wurden falsch aufgebaut und auch falsch interpretiert oder kommuniziert. Das hatte zur Folge, dass sich das System nie etabliert hat. Heute wissen wir, wir müssen anfangen grün zu denken. Es ist noch nicht zu spät. Weltweit muss sich jeder zusammenreissen egal ob hochrangige Leute oder die normale Bevölkerung. Unser Projekt hat mir gezeigt, dass es viele Wege gibt unsere Welt zu zerstören. Es ist die Zeit gekommen, in der sich jeder Einzelne auf der Welt den Mut haben muss, auch mal in eine Richtung zu gehen, in der es auch sicherlich wehtun wird. Versucht man es nicht, wird man es später bereuen! Geld hin oder her, heute sind zu viele Leute auf Profit aus. Was jetzt gefragt ist, ist der Mut und der Glaube etwas zu schaffen, was unmöglich scheint. Jetzt ist die Zeit in der die Menschheit vieles zurückgeben muss.

7.3 Gian-Luca

Die Probe VA verlief gut und ich konnte neue Sachen herausfinden die ich vorher nicht wusste. Es war auch speziell in einer Gruppe zu arbeiten. Ich dachte, dass die Arbeit in der Gruppe schwieriger sei als alleine zu arbeiten. Aber es funktionierte sehr gut und wir verstanden uns in der Gruppe sehr gut. Bei der Wahl des Themas waren wir uns auch sehr schnell einig und konnten sofort loslegen. Das Thema war sehr interessant und man fand auch sehr viele Informationen. Da Fabrizio selber im Segelsport aktiv ist, hatten wir natürlich noch mehr gute Informationen die uns weitergebracht haben.

8. Quellenverzeichnis

8.1 Textquellen

file:///C:/Users/Schüler/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/GFZWILGF/1_Vorwort%20Mar%20Entw_Jahresbericht%202015.pdf

<https://www.welt.de/wissenschaft/article1256471/Schiffe-sind-mit-die-groessten-Klimasuender.html>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Schwer%C3%B6l>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Tragfl%C3%BCgelboot>

https://de.wikipedia.org/wiki/America%E2%80%99s_Cup

8.2 Bildquellen

https://www.google.ch/search?q=erstes+tragfl%C3%BCgelboote&biw=1093&bih=522&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjCz8LF2M3RAhULWRQKHbBs-BPqQ_AUIBigB#tbm=isch&q=ac+72&imgsrc=NVqGXvycwWmP8M%3A

https://www.google.ch/search?q=erstes+tragfl%C3%BCgelboote&biw=1093&bih=522&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjCz8LF2M3RAhULWRQKHbBs-BPqQ_AUIBigB#tbm=isch&q=hydrofoil+yacht&imgsrc=C8i9CBexH5m_6M%3A

https://www.google.ch/search?q=erstes+tragfl%C3%BCgelboote&biw=1093&bih=522&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjCz8LF2M3RAhULWRQKHbBs-BPqQ_AUIBigB#tbm=isch&q=erstes+tragfl%C3%A4chenboot&imgsrc=MQuXb9LUkwteuM%3A

<https://www.marinetraffic.com/de/ais/home/centerx:-65/centery:13/zoom:6>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Schwer%C3%B6l>

https://www.google.ch/search?q=formel+rumpfgeschwindigkeit&hl=de&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwjBkv2Q1K7SAhUDI-MAKHWRcFAQ_AUIBigB#imgsrc=xbBD1QTavUw-8M:

<http://www.businessinsider.com/larry-ellison-has-screwed-up-americas-cup-2013-6>