

SEMINARARBEIT

Tobias Röbbke, Pascal Roschkowski, Philipp Otto, Leon Schwarz

# C-Tech

## Zieldefinition und Anforderungskklärung

---

FAKULTÄT TECHNIK UND INFORMATIK

Department Fahrzeug- und Flugzeugbau

Studiengang Bachelor Mechatronik

Kurs Methodisches Konstruieren

Semester 4

Betreuung durch: Prof. Dr.-Ing. Udo Pulm  
Eingereicht am: 14.12.2020

---

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE  
WISSENSCHAFTEN HAMBURG  
Hamburg University of Applied Sciences



C-Tech

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Erweiterte Wettbewerbsanalyse</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Verfeinerter Zielrahmen</b>	<b>3</b>
2.1	Unsere Kunden . . . . .	3
2.2	Unsere angebauten Algen . . . . .	4
2.3	Maximalkosten unserer Drohne . . . . .	5
2.4	Langfristige Planung . . . . .	8
<b>3</b>	<b>System Footprint</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Produktanforderungen</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>QFD-Quality Function Deployment</b>	<b>20</b>
5.1	Erläuterung der Herangehensweise . . . . .	20
5.2	Auswertung . . . . .	20
<b>6</b>	<b>Patentanalyse</b>	<b>23</b>
6.1	Auswertung . . . . .	24
<b>7</b>	<b>Funktionsstrukturen</b>	<b>25</b>

## 1 Erweiterte Wettbewerbsanalyse

Der Unterwasserdrohnenmarkt ist insgesamt noch sehr unerschlossen, große Firmen wie DJI versuchen nach deren Erfolg mit Luftdrohnen den Unterwasserdrohnenmarkt zu erschließen und sind dabei auch erfolgreich. Die Nachfrage nach Unterwasserdrohnen allgemein ist quasi nicht vorhanden, einzige Nutzungen bleiben Filmaufnahmen im kommerziellem und persönlichem Rahmen. Größere Drohnen in kleiner Stückzahl findet man dann in der wissenschaftlichen Anwendung am häufigsten.

Marktpotenziale in den beiden erwähnten erschlossenen Bereichen treten durch die relativ hohe Sättigung nicht auf. In dem Gebiet der Land- und Wasserwirtschaft dagegen gibt es kaum einen Markt, der aber erschlossen werden kann. Einen Nutzen gibt es eindeutig, nur müssen die Kunden nur noch von den Vorteilen überzeugt werden. Für weitere Ergebnisse im Markt liegt die Marktanalyse in dieser Dokumentation bei. An dieser Stelle sieht C-Tech die Chance zur Erschließung eines Marktes. Beleuchtet werden jetzt wichtige Faktoren im Wettbewerb von Drohnen und unserer speziellen Anwendung.

Der Staat ist eine treibende Kraft, wenn es um Wettbewerbe und um den Markt im Allgemeinen geht. Im deutschen Recht ist noch nicht viel zu Unterwasserdrohnen vorhanden, die den Wettbewerb einschränken würden. Luftdrohnen sind deutlich eingeschränkter in Ihrer Nutzung, vor allem aber auch durch den stark kontrollierten Luftraum. Gewässer und Küstenregionen sind nicht so stark kontrolliert. Schiffe und Drohnen dürfen sich außerhalb von Häfen frei und ohne Lotsen bewegen, was die Benutzung von Drohnen ungemein erleichtert. Nach § 23 des WHG, darf jedermann oberirdische Gewässer in dem Umfang benutzen, wie es das Landesrecht als Gemeingebrauch gestattet, soweit nicht Rechte anderer entgegenstehen.

Die größte Verhandlungsmacht werden unsere Lieferanten vermutlich haben. C-Tech wird sein Preis nicht an den Kunden anpassen sondern an die Produktionskosten, Lieferkosten plus angenehmer Gewinnspanne.

Markteintrittsbarrieren sind wenige vorhanden. Das Know-how eines Konkurrenzproduktes, auf das gleich näher eingegangen wird, könnte sich in Zukunft als eine Barriere herausstellen. Auch die Kapitalbeschaffung könnte ein Problem sein, sowie Ökologische Standards für Umweltschutz.

### **Drone Tug - an autonomous tractor for offshore seaweed farming.**

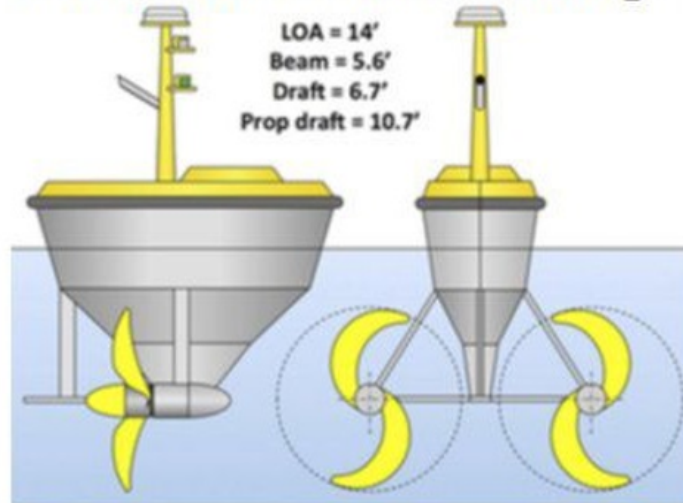


Abbildung 1: Drone Tug eines Wettbewerbers

Die Firma NEWBURYPORT bietet ein Produkt an, was unserem am nächsten kommt und somit den größten Wettbewerb stellen würde und auch unsere größten, sowie einziger Konkurrent ist. Deren DroneTugs werden angetrieben durch Dieselaggregate und sind bisher die einzige Lösung für unbemannten Algenanbau. C-Tech sowie Wettbewerber versuchen das Ernten von Algen billiger zu machen. NEWBURYPORT hat dieses Ziel erreicht und bietet seine Drohnen für 5% des Preises eines bemannten Schiffes an, was deutliche Einsparungen dem Kunden ermöglicht.<sup>1</sup>

C-Tech wird mit dem geplanten Elektroantrieb und der Saatfunktion herausstechen. C-Tech wird in der Umweltvereinbarkeit deutlich besser sein, nicht nur aufgrund der Abgase, auch die Lärmbelästigung spielt unter Wasser eine Rolle.

Primäres Ziel wird die alles in allem die Markterschließung sein, sekundäres dann das verdrängen von NEWBURYPORT. Verkaufszahlen von Wettbewerbern gibt es bisher nicht, da noch kein Produkt finalisiert auf dem Markt ist.

---

<sup>1</sup>Quelle:

<https://news.algaeworld.org/2017/10/\protect\@normalcr\relaxnewburyport-scientists-drone-aimed-at-helping-seaweed-farmers/>

## 2 Verfeinerter Zielrahmen

### 2.1 Unsere Kunden

Was unsere Potenziellen Kunden angeht, fokussieren wir die bereits etablierten Speisealgenbauern. Vor allem Unternehmen und Großbauern, die sich die kostenintensive Investition in unsere Drohnen leisten können, sind unser Ziel. In erster Linie baut unsere Produktentwicklung auf unsere Zusammenarbeit mit einem norwegischen Startup und Forschungsunternehmen auf, Seaweed Solutions. In ihren Anbauflächen werden wir unsere Drohnen testen und sobald die Entwicklung der Drohnen erfolgreich abgeschlossen ist, werden sie unsere ersten Kunden sein. Seaweed Solutions wurde 2009 gegründet. Das Unternehmen verfolgt das Ziel den Anbau von Algen in den Meeren in großen Stil zu ermöglichen. Besonders die Automatisierung der Bewirtschaftung der Felder steht dabei im Vordergrund. Bei den angebauten Algenarten handelt es sich um Zucker- und Flügeltang. Diese werden auf einer Fläche von 65 Hektar, an langen, vertikalen Seilen im Meer, angebaut. Die jährliche Produktion an Algen beläuft sich dabei aktuell auf 3000 Tonnen.<sup>2</sup>

Langfristig zielen wir vor allem auf chinesischen Markt ab, um dort etablierte Algenanbauer zu erreichen. Die aktuelle Algenproduktion beläuft sich weltweit auf 10 Megatonnen pro Jahr. Das entspricht einer Anbaufläche von mehr als 250.000 Hektar weltweit. China ist hierbei mit 68% mit Abstand der größte Algenproduzent der Welt. Ein Großteil des Anbaus geschieht hier noch traditionell. Dies bedeutet mit hoher Personalintensität und geringer Automatisierung. Die Möglichkeiten in diesem Land unser Produkt zu vertreiben ist also groß. Aber auch hier sehen wir unsere Kunden primär bei Großbauern und Unternehmen. Dank dem kommunistischen Wirtschaftsmodell der Chinesen gibt es historisch viele Großbauern und Bauernverbände. Mit ihnen planen wir langfristig Geschäfte machen zu können.

Aber auch der Europäische Markt soll nicht außen vor gelassen werden. Es ist uns ein besonders Herzensprojekt auch in Europa die Produktion und Verwendung von Algen voranzutreiben. Ein guter Ansatzpunkt für die Produktion der Algen sind hier offshore Windparks. Europa ist, im Bezug auf offshore Energie, weltweit Spitzenreiter. Wie auch an Land kann die Fläche, auf der der Windpark gebaut ist, als Agrarland genutzt werden. Zwischen den einzelnen Windenergieanlagen kann unsere Infrastruktur befestigt

---

<sup>2</sup>Quelle: <https://seaweedsolutions.com/>

werden und an Leinen zwischen den einzelnen Anlagen Algen angebaut werden. Diese Algen können dann getrocknet und verbrannt werden, um die grüne Energieausbeute des offshore Parks noch weiter zu steigern.

Europa produzierte im Jahr 2019 22GW an offshore Windenergie. Bei einem Platzbedarf von 500m<sup>2</sup> pro 1MW Windenergieanlage, entspricht dies einer Fläche von ca. 11.000 Hektar. Zukünftig könnte Europa hier bis zu 500.000 Tonnen Algen pro Jahr produzieren, ohne an etablierter Nutzfläche zu verlieren. Wir wollen, dass Europa dieses Potenzial ausschöpft.

### 2.2 Unsere angebauten Algen

Um ein möglichst weites Spektrum an Algen bewirtschaften zu können, setzen wir auf die Modularität unserer Drohne. Die Drohne an sich ist hierbei nur die Basis. An ihr können verschiedenste Werkzeuge zur Algenaussaat und Algenernte angebaut werden. Somit erreichen wir mit unserem Produkt eine Unabhängigkeit von einzelnen Algenarten und können flexibler auf unsere Kunden eingehen.

Wie erwähnt, wird unser Produkt in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Seaweed Solutions entwickelt werden. Da diese größtenteils Zuckeralgen (*Saccharina latissima*) und Flügeltang (*Alaria esculenta*) anbauen, wird auch unsere Drohne erstmal nur auf die Arbeit mit diesen Pflanzenarten konzipiert.

Die Zuckeralge wächst in einer Meerestiefe von 0 bis 20 Metern und kann bis zu 2 Meter lang werden. Voll ausgewachsen erreicht eine Alge ein Gewicht von bis zu 5kg. Dabei ist jedoch zu beachten, dass ein Großteil des Gewichts Wasser ist. Die Zuckeralge ist essbar und gilt wegen ihres hohen Proteingehalts und geringen Fettanteils als sehr gesundes Nahrungsmittel. Neben der Nahrungsmittelindustrie werden Zuckerlagen auch in der Kosmetikindustrie eingesetzt. Beispielsweise findet die Alge in Shampoos Verwendung.

Der Flügeltang kann nach mehreren Jahren Wachstum eine Länge von bis zu 5 Metern erreichen. Dabei hat der Flügeltang eine bandartige Form mit einer maximalen Breite von nur 25cm. Verwendung findet diese Algenart überwiegend in der Nahrungsmittelindustrie.

Der Anbau beider Algenarten ist identisch. In wassergefüllten Behältern an Land werden den Samen zu kleinen Algenpflanzen herangezüchtet. Sobald sie groß genug sind,

werden sie an den Seilen befestigt. Sobald die Algen an den Seilen angewachsen sind, werden sie ins Meer gelassen. Dort verbleiben die Algen bis sie ausgewachsen sind. Anschließend werden die Leinen wieder eingeholt und die Algen abgetrennt. Im offenen Gewässer benötigen die Algen keiner weiteren Pflege.

Diesen kompletten Anbauprozess wollen wir nun mit unseren Drohnen umsetzen. Ein Schiff muss die Samen hierzu bis zu Algenplantage bringen. Dort gibt es geschützte Behälter, in denen die Samen zu Algen reifen können. Anschließend werden die Algen von unseren Drohnen abgeholt und an die Leinen gebracht. Damit die jungen Algen genug Zeit zum Anwachsen haben, werden sie mit einem Clip auf der Leine befestigt. Während der Reifung der Algen prüft die Drohne ihren Entwicklungsstand und relevante Umweltfaktoren. Ist die Alge ausgewachsen, entfernt die Drohne sie von der Leine und übergibt sie einem Transportsystem. Dieses führt die Alge zu einem Sammelpunkt, wo ein Schiff sie abholt.

Da diese Algen im offenen Gewässer in ihrer natürlichen Umgebung wachsen, sind sie fest in das vorherrschende Ökosystem integriert. Dies bedeutet, die Algen sehr eng mit ihrer Umgebung interagieren werden. Sei es als Brutstädte für den Nachwuchs andere Lebewesen oder als Nahrungsquelle. So wunderbar dieser Einklang mit der Natur ist, so hat er auch seine Nachteile. Die Algenproduktion verliert an Effizienz, da ein gewisser Teil der Algen von anderen Lebewesen verbraucht wird. Zum einen sind das die Fressfeinde der Algen, zum anderen können die Algen von Krankheiten befallen werden.

Für C-Tech bieten diese Probleme perspektivisch einen weiteren Ansatzpunkt, um die Algenproduktion effizienter zu gestalten. Mit unseren Drohnen könnten wir beispielsweise Fressfeinde der Algen vertreiben und die Entwicklung der Algen genau beobachten, um so bei Krankheiten schnell Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Diese Zusatzfunktionen tragen damit zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit unseres Produktes bei.

### **2.3 Maximalkosten unserer Drohne**

Um die Maximalkosten zu ermittelt gilt es zuerst die Produktionskosten der Algen herauszufinden. Mangels konkreter Daten dazu im Internet, wird hierzu das Endprodukt



herangezogen. Verschiedene Speisealgen können in 120g Packungen für 4,99€ erworben werden.<sup>3</sup> Diese Algen sind alle nahezu unverarbeitet und als Bioprodukt erworben. Anhand vergleichbarer Agrarerzeugnisse wird die Kostenzusammensetzung wie in Abbildung 2 angenommen.

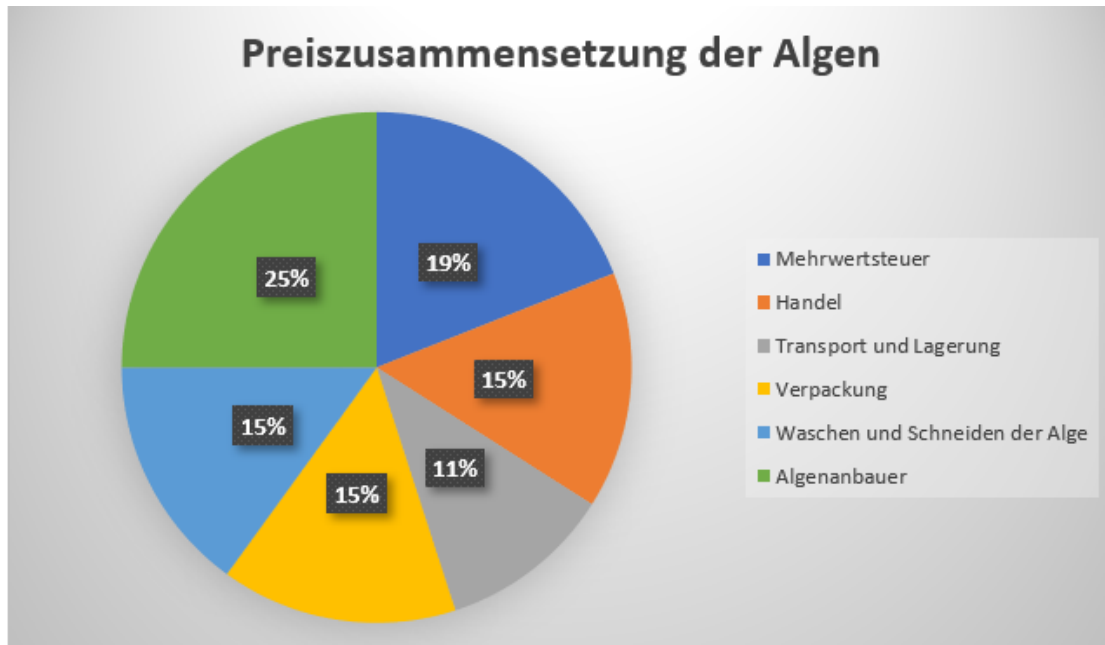


Abbildung 2: geschätzte Preiszusammensetzung der Algen

Der Algenanbauer erhält damit ca. 1,20€ pro 120g Algen. Bei diesem Umsatz wird ein Gewinn von 10% angenommen. Zusätzlich kommen fixe Kosten wie Verwaltung und Miete hinzu. Hier werden ca. 50% angenommen. Damit kommen wir auf 0,50€ Produktionskosten pro 120g. Das bedeutet Produktionskosten von 4€/kg.

Unser norwegisches Partnerunternehmen hat, bei ihrem angegebenen Produktionsgewicht von 3000t pro Jahr, dementsprechend Produktionskosten von 12,5Mio.€. Dazu kommt ein Gewinn von rund 3Mio.€.

Geteilt durch die 65 Hektar Anbaufläche von Seaweed Solutions, verursacht ein Hektar Produktionskosten von ca. 200.000€ pro Jahr.

Damit unsere Drohnen von den etablierten Algenanbauern gekauft werden, müssen sie wirtschaftlich sein. Hierzu müssen unsere Drohnen die durchschnittlichen Produktionskosten signifikant senken. Wir streben dabei eine durchschnittliche Kostensenkung von

<sup>3</sup>Quelle: <https://www.algenladen.de/produkt-kategorie/frische-algen/>

mindestens 10% an. Unser Ziel ist, dass eine Drohne ungefähr einen Hektar an Algenfarm und zu 90% eigenständig bewirtschaften kann. Auf Schiffe, die regelmäßig nach dem Rechten gucken, die Versorgung mit jungen Algen sicherstellen und die geernteten abholen, kann nicht verzichtet werden.

Was die Kosten der Drohne angeht, so ist die Anschaffung mit Abstand der teuerste Posten. Der Kauf und die Installation unserer Drohnen werden voraussichtlich eine hohe Investition für das Unternehmen. Über geringe Betriebskosten und eine lange Lebensdauer müssen sich unsere Drohnen daher amortisieren. Wir streben eine Lebensdauer von mindestens 10 Jahren an. Die Betriebskosten setzen sich vor allem aus dem Stromverbrauch der Drohnen, Wartungsintervallen und den nach Verschleiß benötigten Ersatzteilen zusammen. Pro Drohne nehmen wir hier grob 50.000€ pro Jahr an.

Ohne unsere Drohnen hat Seaweed Solutions im Laufe von 10 Jahren Produktionskosten von 2Mio.€ pro Hektar. Da eine unserer Drohnen einen Hektar zu 90% autonom bewirtschaften soll, ergibt sich damit ein finanzieller Rahmen von 1,8Mio.€. Weiterhin wollen wir als Kaufargument unserer Drohnen eine Produktionskostensparnis von 10% ermöglichen. Somit bleiben von dem finanziellen Rahmen noch 1,6Mio.€ für die Gesamtmaximalkosten einer unserer Drohnen. Der erste Kostenpunkt, der von diesem Rahmen abgezogen werden muss, sind die Betriebskosten der Drohne. Bei 50.000€ pro Jahr verbleiben wir mit einem Betrag von 1,1Mio.€. Dieser kann dementsprechend für die Anschaffung der Drohne ausgegeben werden. Für die Installation unseres Systems veranschlagen wir 100.000€. Weiterhin nehmen wir an, dass die zusätzlich benötigte Infrastruktur in der Anschaffung 200.000€ kostet. Damit kommen wir auf einen maximalen Drohnenanschaffungspreis von 800.000€. Von diesen 800.000€ erwarten wir uns einen Gewinn von 5%, und damit 40.000€ pro Drohne. Abzüglich der Fixkosten wie Miete und Löhne legen wir die maximalen Produktionskosten unsere Drohne auf 500.000€ fest.

Für Seaweed Solutions ergibt sich bei dieser Rechnung eine Kostenersparnis von insgesamt 200.000€ pro Hektar. Bei einer vollständigen Automatisierung ihrer Felder entsteht so eine Gewinnsteigerung von etwas mehr als 40% pro Jahr.

### 2.4 Langfristige Planung

Der langfristige Projektplan beschreibt den geplanten Entwicklungsprozess unseres Produktes. Innerhalb von circa zwei Jahren beabsichtigen wir unser Produkt zu finalisieren und bei unserem ersten Kunden in Betrieb zu nehmen. Ab dann gilt es weitere Kunden zu finden und weitere von unseren Produkten zu verkaufen. Wie bereits im Projektplan für die Produktvorentwicklung hat jede Aufgabe eine zuständige Abteilung.

- Orange: alle
- Grün: Marketing
- Blau: Controlling
- Rot: Technik
- Gelb: Teamleitung



Schon beim ersten Blick auf den langfristigen Projektplan fällt auf, dass die Hauptlast der Produktentwicklung unsere technische Abteilung tragen werden muss.

Wichtig ist hierbei zu erwähnen, dass die vorgegebenen Aufgaben lediglich als der Fokus des Teams zu verstehen ist. Dies bedeutet nicht, dass Aufgaben aus anderen Bereichen deswegen vernachlässigt werden. Das Marketing kann während der gesamten Entwicklungszeit für unser Vorhaben und unser Unternehmen werben, um so Förderer, Freunde und neue Mitarbeiter für uns zu gewinnen. Auch das Controlling und die Teamleitung werden während der Produktenwicklung ausreichen zu tun haben. Das Controlling muss Fördermittel beantragen und Kredite bei den Banken beantragen solange wir noch kein eigenes Geld verdienen. Die Teamleitung muss sämtliche Handlungen des Teams im Blick behalten und Koordinieren.

Dass es sich bei den, im langfristigen Projektplan, angegebenen Aufgaben nur um den jeweiligen Fokus des Teams handelt, gilt nicht nur für die Verantwortlichkeit, sondern auch für deren zeitliche Gestaltung. Beispielsweise endet in der Testphase der Zeitstrahl der Einzelkomponententests an Land, bevor die gesamte Testphase abgeschlossen ist. Werden neue Komponenten oder Konzepte verwendet, müssen diese jedoch auch später noch erst die Einzelkomponententests an Land durchlaufen, bevor sie für weitreichendere Tests verwendet werden. Genauso muss das Endprodukt ebenfalls noch einmal ausführliche Tests durchlaufen obwohl die Testphase an sich schon abgelaufen ist. Diese Aufgaben werden also auch durchgeführt, obwohl sie zeitlich im Projektplan anders verortet sind.

Der Ablauf des langfristigen Projektplans ist wie folgt. Zuerst gilt es sich zu orientieren. Wie können wir unser Unternehmen wirtschaftlich stark positionieren? Welche Produkte braucht der Markt? Wie kann unser Produkt vom Konzept her umgesetzt werden? Sind diese Frage geklärt geht es daran Prototypen zu bauen. Hier beginnt auch bereits die zweite Phase unseres Entwicklungsplans, die Testphase. Mit immer umfangreicheren Tests werden zuerst Einzelkomponenten und danach der Verbund mehrere Komponenten in immer anspruchsvolleren Umgebungen getestet. Die Testphase mündet in der längsten Aufgabenphase des ganzen Planes, der Tests im offenen Gewässer. Nach sieben Monaten soll diese Phase schließlich abgeschlossen sein. Zu diesen Zeitpunkt sollte klar sein, welche Eigenschaften das Endprodukt in sich vereinen muss. Die dritte Phase dreht sich um das Design des Endproduktes. Hier werden auch Aspekte wie die effiziente Fertigung, Montage und Wartung des Produktes mit bedacht. Auch die angestrebte Lebensdauer des Produktes muss bei dem Design Beachtung finden. Ist

das Design final, wird ein Prototyp gefertigt, der anschließend nochmals eine Testphase durchläuft. Zeitgleich ist nochmal ein Aufgabenbereich für eventuelle Nacharbeiten am Design vorgesehen. Die vierte Phase ist schließlich die finale. Sobald das Konzept für das Endprodukt gefunden ist, kann sich das Marketing an potenzielle Kunden wenden. Unsere ersten Kunden werden die norwegischen Seaweed Solutions sein. Da wir mit ihnen bereits das Produkt in der Testphase getestet haben, sollten die nun bevorstehenden Verhandlungen über den Kauf unseres Produktes absehbar sein. Sobald der Prototyp des Endproduktes zuverlässig funktioniert, können die Kaufverträge unterschrieben werden. Anschließend geben wir an unsere externen Fertiger den Auftrag, uns die benötigten Teile zu fertigen. Die Montage passiert dann Inhaus. Stück für Stück können unsere Drohnen nach Norwegen geliefert werden. Gleichzeitig muss die weitere Infrastruktur von einem weiteren Unternehmen installiert werden. Ist dies passiert, können unsere Drohnen in Betrieb genommen werden. Jetzt bleibt nur noch vor Ort das Personal im Umgang und in Routinewartungsvorgängen zu schulen.

Im Weiteren wird sich die vierte Phase noch viele Male mit anderen Kunden wiederholen. Nachdem unsere Kredite bei den Banken gedeckt sind, wollen wir in den Ausbau unserer Werkzeuge investieren. Mit einer größeren Auswahl an Werkzeugen können unsere Drohnen immer mehr verschiedene Algenarten ernten, womit sich der Kreis unserer potenziellen Kunden nochmal um ein Vielfaches vergrößern lässt.

## 3 System Footprint

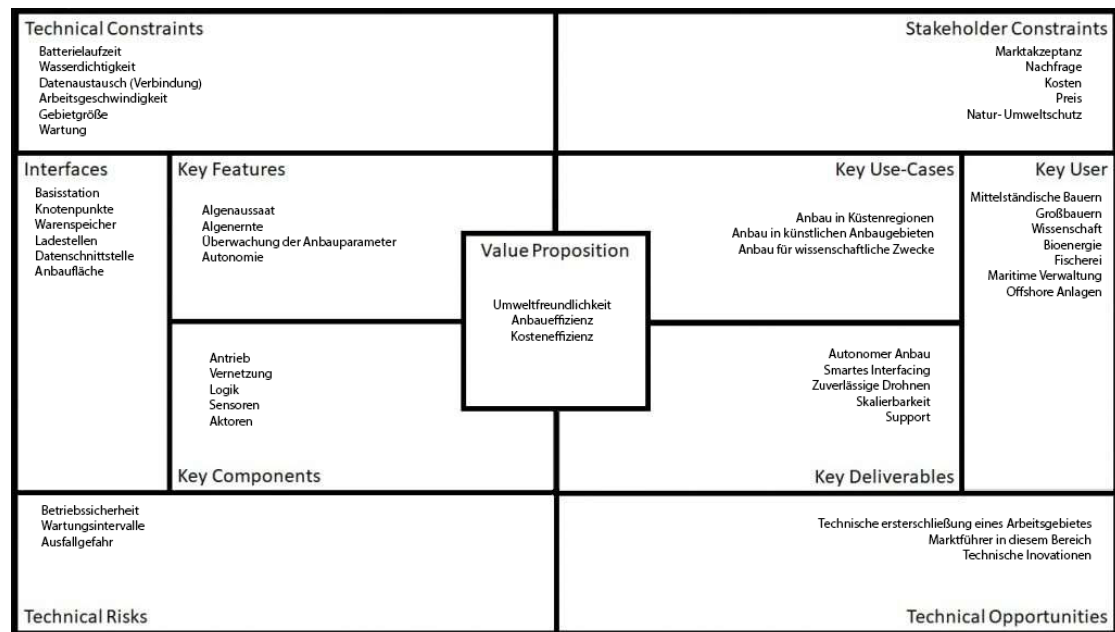


Abbildung 3: System Footprint unserer Drohne

Der System Footprint ist ein sehr interessantes Werkzeug im Designprozess. Von links nach rechts wird quasi eine Art Wertestrom gezeigt, hin zur Value Proposition des Produktes. Anstatt sich zu viele Values rauszunehmen, die dann auch alle umgesetzt werden müssen, verschreibt sich C-Tech drei Hauptwerten. Umweltfreundlichkeit, Anbaueffizienz und Kosteneffizienz, mit dem Hintergedanken, wie viele Nutzerversprechen wirklich maximal erfüllt werden können ohne Abstriche machen zu müssen.

Auf der rechten Seite des Footprint, bekommen Kunden und Benutzer, die das Produkt benutzen ihren Platz und auf der linken Seite finden sich die Mittel und technischen Möglichkeiten, um die Value Proposition in der Mitte vom Produzenten zum Kunden zu bringen.

Auch von oben nach unten gibt es einen imaginären Verlauf zwischen Eigenschaften, die erreicht werden müssen, und etwas was in der Zukunft auftreten könnte. Risiken sind dabei eher Grenzen, die auf technischer Seite gestellt werden, und die Möglichkeiten stehen auf der anderen Seite der Medaille. Während des gesamten Prozesses der Produktentwicklung wird zwischen diesen beiden abgewägt werden müssen, um ein optimales Ziel zu erreichen.

Schwachstelle in einem System Footprint ist oftmals die Anzahl der Key User. Eine Vielzahl an Key User bedeutet meistens auch einen höheren Umfang an Anforderungen, die in einem Produkt untergebracht werden müssen, um alle Bedürfnisse befriedigen zu können. Der grundlegende Charakter des Produktes von C-Tech erlaubt es aber eher eine umgedrehte Herangehensweise. Die Funktionen werden den Anforderungen für den Algenanbau gerecht und die Kunden wollen nicht viel mehr. Auch der gute Wettbewerb und die Neuheit von C-Tech auf dem Markt unterstützt diesen Vorteil.



### 4 Produktanforderungen

Für die Erstellung einer Anforderungsliste mussten in diesem Schritt der Produktentwicklung sehr viele Annahmen über das Produkt gefällt werden. Das Erstellen der Liste stellt die Schnittstelle zwischen Auftragsgeber und Auftragsdurchführendem dar, da dort verschriftlicht wird was der Auftragsgeber in seinem Produkt realisiert bekommen möchte, aber auch welche Produkteigenschaften notwendig oder wünschenswert sind, um ein funktionierendes und attraktives Produkt herzustellen.

In unserer Anforderungsliste sind an erster Stelle die Key-Anforderungen verschriftlicht, die die eigentliche Funktion unserer Drohne realisieren. Dazu gehören z.B. die Anforderung an das autonome Agieren beim Säen und Ernten, die in dem Automatisierungsgrad noch weiter quantifiziert wird. Dieser Automatisierungsgrad beruht auf der Tatsache, dass beim Sävorgang die Anzucht der Setzlinge an Land durchgeführt werden muss, um eine wirtschaftliche Anwachsrate der Algen realisieren zu können. Die Anforderung der Baugröße ist in diesem Schritt der Produktplanung noch nicht finalisiert, da die Drohne zwar groß genug sein muss, um Algen in der Länge von bis zu 5m hantieren zu können, allerdings darf der mit der Drohnengröße steigende Energieverbrauch ihre Wirtschaftlichkeit dem Kunden gegenüber nicht egalisieren.

Die Anforderung „geerntete Algen in den Sammelbehälter zu laden“ ist ebenfalls eine relevante Anforderung, da sie direkten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der gesamten Drohne hat. Der Materialumsatz von 5kg/h basiert auf dem Gesamtertrag unserer Partnerfirma, deren Ertrag wir übertreffen wollen, um mit unserem System besser zu sein als das händische Ernten.

Die Anschaffungs- und Betriebskosten basieren auf den bereits im Zielrahmen aufgeführten Rechnungen und beschreiben einen Maximalbetrag, den unsere Drohne kosten darf, um bei gleichen Endproduktkosten einen höheren Gewinn für die Bauern erzielen zu können.

Darüber hinaus ist das Aushalten der rauen Hochseeumgebung mit den wechselnden Temperaturen je nach Tauchtiefe, dem starken Seegang und dem hohen Salzgehalt ebenfalls eine elementare Anforderung an unser System, da eine zu häufige Wartung der Drohnen ebenfalls wieder die Wirtschaftlichkeit des Systems egalisiert, aber auch den Personalaufwand deutlich erhöht.

„Modulare Werkzeuge“ findet sich unter Kundenwunsch auf unsere Anforderungsliste. Da unsere Drohne in vielen verschiedenen Gewässern mit unterschiedlichem Nährstoffgehalt Verwendung finden soll, werden mit ihr auch unterschiedliche Algenarten verarbeitet. Diese unterscheiden sich vor allem in der Größe. Um ein möglichst breites Spektrum an Kunden ansprechen zu können, haben wir uns dazu entschlossen unsere Drohne mit modularen Werkzeugen ausstatten zu wollen, die je nach Kundenwunsch ausgeliefert werden.

In unserer Anforderungsliste sind ebenfalls diverse sicherheitsrelevanten Anforderungen formuliert. Bei diesen handelt es sich um ein Notaus oder ein Haltesignal. Das System muss über diese verfügen, um dem Kunden oder Servicetechnikern ein gefahrenfreies Arbeiten am System ermöglichen zu können. Alles in allem ist die Anforderungsliste noch keine finale Version, da sich viele Anforderungen erst im konkreten Entwicklungsprozess bei der Realisierung der Funktionen ergeben, genauso können sich bisher getroffene Quantifizierung als nicht realisierbar oder völlig überdimensioniert herausstellen.

Die Anforderungsliste wird also bis hin zum finalen Produkt noch mehrmals ergänzt und überarbeitet werden müssen.

Hochschule für Angewandte Wissenschaft Hamburg			Anforderungsliste für Unterwasserdrohne		Methodisches Konstruieren			
Fakultät Technik und Informatik					Leon Schwarz, Tobias Röbbke, Pascal Roschkowski, Philipp Otto			
Prof. Dr. -Ing. Udo Plum					Auftragsnummer: WiSe 2020			
Organisations- daten		Prozessdaten	Anforderung	Beschreibung	Wert-Daten			
Nr.	Kürzel	Art			Mindest- Erfüllung	Soll- Erfüllung	Ideal- Erfüllung	Maßeinheit
1	TR	F	Autonom Algen säen und ernten	Die Drohne muss in der Lage sein die Saat und die Ernte autonom durchzuführen				
2	TR	F	Sich im Wasser fortbewegen	Die Drohne muss sich im Wasser bewegen können	0,2	0,5	1	m/s
3	TR	W	Die Wasserbedingungen überwachen	Die Drohne soll über Sensoren den Nährstoffgehalt, Qualität im Wasser überprüfen				
4	TR	W	Den Wachstumsprozess der Algen überwachen	Die Drohne soll mit einer Kamera Bilder von den Algen machen, die im Anschluss von einem System ausgewertet werden				
5	TR	F	lange Zeit im Wasser bleiben	Die Drohne muss den Wachstumszyklus der Algen über im Wasser bleiben können	744	1.400	2.100	h
6	TR	F	Autonom geladen werden	Bei geringem Akkustand muss die Drohne selbstständig zum Laden zurück fahren				
7	TR	F	Kommunikation mit Basisstation realisieren	Die Drohne muss in der Lage mit einer Basisstation zu kommunizieren. Diese Koordiniert das Drohnensystem	9.600	19.200	38.400	Baud

8	TR	F	Kollisionen vermeiden	Die Drohne muss in der Lage sein bei Hindernissen entsprechende Vermeidungsmanöver anzuwenden				
9	TR	F	Auf Umwelt Rücksicht nehmen	Die Drohne muss in der Lage sein sich harmonisch in die Umwelt einzugliedern				
10	TR	F	Wartungsarm sein	Die Drohne muss wartungsarm sein, um ein wirtschaftlicher Betrieb zu ermöglichen				
11	TR	W	Leicht zu Warten	Eine Wartung soll auch von ungeschulteren, externen Personal möglich sein				
12	TR	F	Lebensmittelgesetze einhalten	Kontaktflächen der Drohne müssen aus Werkstoffen bestehen, die die Lebensmittelgesetze nicht verletzen				
13	TR	F	Geerntete Algen in Sammelbehälter laden	Die Drohne muss geerntete Algen in ein Sammelbehälter laden, um die transportierte Last zu reduzieren	2	5	10	kg/h
14	TR	W	Pathplaning	Die Drohne soll nach Vorgabe eines Zielorts selbstständig den Weg dorthin planen				
15	TR	W	Kommunikation miteinander	Die Drohnen können miteinander kommunizieren und so relevante Informationen austauschen	9600	19200	38400	Baud
16	TR	F	Ergonomisch geformt sein	Die Drohne muss ergonomisch geformt sein, um eine Fortbewegung Unterwasser möglichst effizient zu machen				
17	TR	W	Externe Updates ermöglichen	Die Drohnen sollen von extern updatebar sein				

18	TR	W	Selbstdiagnose	Die Drohne muss Schäden an sich oder Wartungsintervalle selbst erkennen und dem System melden können				
19	TR	F	Positionen halten	Die Drohne muss in der Lage sein die Position in allen Freiheitsgraden unabhängig der Strömung halten zu können	± 10	± 5	± 1	cm
20	TR	F	Notaus	Die Drohne muss auf ein Notaus reagieren können und in einen sicheren Zustand gehen	500	200	100	ms
21	TR	F	Halt	Die Drohne muss auf ein Halt reagieren können, um die Sicherheit bei Arbeiten am System zu ermöglichen	500	200	100	ms
22	PR	F	Anschaffungskosten	Die Drohne soll von den Anschaffungskosten günstig sein, damit sie sich für den Kunden nach vertraglich geregelter Zeit amortisiert	800.000	900.000	1.000.000	€
23	PR	F	Betriebskosten	Die Drohne muss im Betrieb so günstig sein, dass ein Betrieb wirtschaftlich ist	60.000	50.000	40.000	€/Jahr
24	TR	F	Hochseeumgebung aushalten	Die Drohne muss unter den Bedingungen auf Hochsee arbeiten können (Temperatur, Seegang,...)	±20	±25	±40	°C
25	TR	F	Tauchtiefe	Die Drohne muss eine Tauchtiefe realisieren, die für viele Algenarten ideal ist	10	20	40	m
26	TR	W	Modulare Werkzeuge	Die Drohne soll über modulare Werkzeuge verfügen, die nach Kundenwunsch eingebaut werden	3	5	7	Stk.
27	TR	F	Ausmaße	Geometrischen Maße der Drohne	0,8x0,5x0,4	1x0,5x0,5	1,5x1x0,8	m

28	TR	F	Automatisierungsgrad	Die Drohne muss in der Lage sein die Bewirtschaftung eines Hektars Anbaufläche bis zu einem gewissen Grad autonom durchzuführen	80	90	95	%
29	TR	F	Lebensdauer	Die Drohne muss die Lebensdauer mindestens erreichen, um für den Kunden wirtschaftlichen zu sein	10	12	15	Jahre
30	TR	F	Kamerabild übertragen	Die Drohne muss in der Lage sein mit einer Kamera ein Bild zu filmen und an die Basisstation zu übertragen	440,10	780,30	1080,30	p,fps
31	TR	W	Fahrtenschreiber	Die Drohne verfügt über eine Blackbox, die alle relevanten Systeminformationen aufzeichnet	744	1400	2100	h
Anforderungsarten: F - Forderung; W - Wunsch Namenskürzel der Mitarbeiter: Leon Schwarz - LS; Tobias Rübke - TR; Pascal Roschkowski - PR; Philipp Otto - PO								
erste Ausgabe: 21.11								
				Ausgabe: 9.12.2020				
Bearbeiter: PO				Version: 1.3				
				Blatt 1 von 1				

## 5 QFD-Quality Function Deployment

### 5.1 Erläuterung der Herangehensweise

Das Quality Function Deployment (QFD) wurde erstellt, um die technischen Merkmale und Eigenschaften unseres Produktes genauer zu analysieren und insbesondere auf die Anforderungen der Kunden einzugehen. Final können die technischen Eigenschaften unseres Produktes in ihrer Wichtigkeit abgelesen werden.

Die Anforderungen der Kunden oder Kundenwünsche spielen in dieser Gegenüberstellung die Hauptrolle. Sie wurden aus der Anforderungsliste abgeleitet, um das QFD auf die wichtigsten Anforderungen zu reduzieren. Die Prioritäten der einzelnen Kundenwünsche, wurden in einem Meeting mit allen Teammitgliedern besprochen und bewertet. Die Skala reicht von 1-5 wobei 1 weniger wichtig ist und 5 besonders wichtig. Es wurde hierbei versucht so gut wie möglich aus Sicht des Kunden zu arbeiten. Dazu haben wir uns noch einmal angeschaut, welche Kunden zuvor im Zielrahmen ermittelt wurden. Dementsprechend wurde dann versucht aus deren Perspektive zu bewerten.

Die technischen Eigenschaften wurden auch aus der Anforderungsliste abgeleitet. Und stellen möglichst quantisierbare Produkteigenschaften dar. Diese sind in ihrem Wert in einem definierten Bereich variabel und können später somit auf ihre Wichtigkeit angepasst werden. Das QFD dient also auch als Hilfe zur Ermittlung der Zieleigenschaften des Produktes.

Der Vergleich zum Wettbewerb ist auf der rechten Seite in hellgrün zu erkennen. Hier wurde die Erfüllung der Kundenwünsche im Vergleich zum Wettbewerb dargestellt. Wir haben dazu unsere Konkurrenz notiert und versucht aus Sicht des Kunden zu bewerten.

### 5.2 Auswertung

Die relative Wichtigkeit der technischen Eigenschaften ist überraschend anders ausgefallen als zuvor angenommen. Punkte wie die Tauchtiefe, welche wichtig ist, um eine möglichst breite Anzahl an Algenarten anbauen zu können, ist am schwächsten ausgefallen. In der Marktanalyse hat sich herausgestellt, dass bisher nur wenige Algenarten angebaut werden können was in erster Linie an der begrenzten Arbeitstiefe der

												Technische Eigenschaften										Kundenwünsche									



duktionsdaten eine wichtige Rolle zu spielen. Die Anzahl modularer Arbeitswerkzeuge ist mit 14% erwartungsgemäß stark, aber trotzdem stärker als zunächst angenommen. Einhaltung der Lebensmittelgesetze, Betriebssicherheit und Wachstumsprozess überwachen sind hier Einflussgrößen, welche zunächst nicht offensichtlich mit der Anzahl an Werkzeugmodulen zusammenhängen. Zum Beispiel kann jedoch mit einem auf die jeweilige Algenart abgestimmtem Werkzeug am Roboter, gleichzeitig auch spezielle besser geeignete Sensoren zur Überwachung des Wachstumsprozesses ausgestattet werden. Die Betriebssicherheit erhöht sich zudem und es ist vorstellbar, dass so auch die Lebensmittelschutzgesetze besser eingehalten werden könnten.

Kollisionen vermeiden ist eine Eigenschaft, welche auch auf eine breite Anzahl an Kundenwünschen indirekt Einfluss nimmt. Kollisionen können ungeplante Wartungsarbeiten oder Reparaturen bedeuten. Dies erhöht die Betriebskosten sehr stark durch den Einsatz von Personal und kann den Roboter unwirtschaftlich machen. Auch der Anbau von empfindlichen Algen kann durch einen Ausfall scheitern. Sodass eine ganze Charge verloren geht.

Der Vergleich zum Wettbewerb hat gezeigt, dass Erntearbeiter, welche per Hand säen und ernten, die aktuellen Kundenwünsche besonders gut erfüllen können. Jedoch besitzen sie auch die stärksten Schwächen, wie z.B. hohe Betriebskosten. Auf der anderen Seite hat das Ernteschiff schlechter abgeschnitten als unser Roboter. Das Ernteschiff scheint eine Antwort mit der Zeit gestiegenen Nachfrage nach Algen zusammen zu hängen. Eine einfache Zwischenlösung, um höhere Produktionszahlen zu erzielen mit einfachen und schnellen Mitteln. Dies geschieht auf Kosten anderer Kundenwünsche. Unsere automatisierte Lösung scheint sich hier sehr gut einzufügen. Es werden Kundenwünsche bedient, welche vorher zum Teil nicht umsetzbar waren. Den stärksten Kundenwünschen begegnen wir auch stark und stehen somit im Verhältnis gut dar.

## 6 Patentanalyse

Um Konflikten und möglichen Klagen aufgrund von Patentrechtsverletzungen möglichst aus dem Weg zu gehen, ist eine Patentanalyse notwendig. Gerade bei unserem Produkt ist dies ein wichtiger Aspekt, weil ein neuartiges Produkt entsteht und wir den Markt erschließen müssen. Gleichzeitig muss während der Entwicklung auf patentierbare Funktionen und Eigenschaften des Roboters oder der Infrastruktur geachtet werden. Die Erschließung des Marktes und das Erkennen von möglichen Patenten soll eine Komponente darstellen, um später unsere Position im Markt zu festigen. Auf der anderen Seite muss auch geklärt werden, ob wir in Konflikt mit bereits vorhandenen Patenten geraten könnten.

Um die Patentanalyse etwas eingrenzen zu können, wurde die Suche auf die Länder der Zielkunden reduziert. Es wurden also nur Europäische Länder und China in die Suche einbezogen. Als Suchmaschine wurde „DepatisNet“ vom deutschen Patent und Markt Amt verwendet.

Nr.	Inhalt	Gedanken	Anmeldeland	Link
1.	HYBRIDES SYSTEM UND -VERFAHREN FÜR DIE KOMMUNIKATION MIT EINER UNTERWASSER-DROHNE	Interessantes Kommunikationsprotokoll als Beispiel	Europa	<a href="https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=pdf&amp;firstdoc=1&amp;docid=EP000003251954A1">https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=pdf&amp;firstdoc=1&amp;docid=EP000003251954A1</a>
2.	Underwater Wireless Com. Device	Zuverlässiges Kabelloses Unterwasser Kommunikationsgerät, wenn wir eine Akku- Variante des Roboters entwickeln wäre dieses Device auch sehr interessant	China	<a href="https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000210608485U">https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000210608485U</a>
3.	Underwater wireless optical communication in-field channel simulation device	Komponente von Patent zur Nr. 2	China	<a href="https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000210490892U">https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000210490892U</a>
4.	Underwater wireless optical communication and imaging detection integrated device	Komponente von Patent zur Nr. 2	China	<a href="https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000211063618U">https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000211063618U</a>
5.	Underwater communication cable	Ein spezielles Kommunikationskabel für hohe Datenraten Unterwasser, so etwas in der Art wird für unser Produkt nötig sein	China	<a href="https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000209747202U">https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000209747202U</a>
6.	Underwater robot with power line carrier communication device	Komponente von Patent zur Nr. 2, interessantes Patent	China	<a href="https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000209072488U">https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000209072488U</a>
7.	Verfahren zur akustischen Datenübertragung, Modulator/Demodulator und Betriebsverfahren	Kabellose Datenübertragung auch in Deutschland	Deutschland	
8.	Blualgen sammel Roboter	Eine Methode zum Sammeln von Blualgen.	Europa	<a href="https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000102191766B">https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000102191766B</a>
9.	Blau und Grünalgen Entfernsroboter	Ein Roboter zum Entfernen von Bualgen	China	<a href="https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000110397009A">https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000110397009A</a>
10.	Algen entferner Roboter mit Vibro Platten	Innovative Idee mit Vibrationsplatten zum entfernen von Algen, könnte auch für uns interessant sein	China	<a href="https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000207158840U">https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000207158840U</a>
11.	Algae plant processing and segmenting device with drying function	Trocknungs und Selektiergerät für Algen	China	<a href="https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000211030139U">https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000211030139U</a>
12.	Processing equipment of nutrient powder for algae propagation	Verarbeitungsanlage für Nährstoffpulver zur Algenvermehrung. Spezielles Nährstoffpulver für mehr effizienz beim Anbau.	China	<a href="https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000210620818U">https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000210620818U</a>
13.	Heavy metal removal equipment for algae product processing	Ausrüstung zur Entfernung von Schwermetallen bei der Verarbeitung von Algenprodukten	China	<a href="https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000210393857U">https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000210393857U</a>
14.	Algae cultivation box	Anzucht Box für Algen	China	<a href="https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000207845631U">https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bibdat&amp;docid=CN000207845631U</a>

Abbildung 5: Patentanalyse für unsere Drohne

### 6.1 Auswertung

Die Patentanalyse hat gezeigt, dass Verarbeitungsprozesse sowie Anzüchtmethoden für Algen, weitestgehend patentiert worden sind. Gerade in China sind unzählige Patente vorhanden zu diesem Thema. Falls unser Roboter zur Einlagerung der geernteten Algen oder anderen Gründen eine weiterverarbeitende Maßnahme vornehmen muss, sollte hierbei mit Vorsicht gearbeitet werden. Es muss dann aber im Detail überprüft werden zu jeder weiterverarbeitenden Maßnahme aufgrund der sehr hohen Anzahl an Patenten.

In Europa hingegen sind nur Verarbeitungsprozesse zum Extrahieren von Medikamenten auf Algenbasis zu finden. Während der Suche nach Anbauverfahren unterwasser als auch überwasser konnte keinerlei Patent gefunden werden. Der Grund dafür ist das Patentrecht als solches. Biologische Prozesse sind allgemein nicht patentierbar. Dementsprechend ist nichts zu finden. Es sollte bei der Entwicklung von unserem Roboter weiterhin immer wieder überprüft werden, ob Geräte oder Vorrichtungen entwickelt wurden die Patentierbar sind. Da keine Patente vorhanden sind kann dies für die Konkurrenz zu einer unüberwindbaren Hürde werden.

Das Entfernen und Verarbeiten von Grün- und Blaualgen scheint wohl patentrechtlich ein Sonderfall in China darzustellen. Denn es gibt dort unzählige Patente zum Entfernen, Weiterverarbeiten und Anbauen von Grün- und Blaualgen. Auch eine Vielzahl von Robotern die mit Grün- oder Blaualgen arbeiten ist vorhanden. Wir sehen damit eine Chance auf innovative Ideen zur Bewältigung der Aufgaben unseres Roboters. Eine großartige Lösung ist zum Beispiel die Nr. 10 in der Tabelle. Hier wurde ein Roboter mit speziellen Vibrationsplatten zum Abbau von Grünalgen patentiert.

Die Kommunikationsmöglichkeiten unterwasser zueinander, und unterwasser zu überwasser scheinen vollständig durchpatentiert zu sein in jeder erdenklichen Form. Es wurden zur Veranschaulichung einige Patente mit aufgenommen in der Rechercheliste. Zur Kommunikation mit einer Basisstation, so wie wir es für unseren Roboter vorsehen, gibt es schon fertige Lösungen, auf die wir zurückgreifen können. Dies ist insofern praktisch, weil wir an dieser Stelle keine neuen Erfindungen brauchen. Das spart Zeit und viel Geld.

## 7 Funktionsstrukturen

Um ein guten Überblick über alle notwendigen Funktionen der Drohne zu bekommen, haben wir im ersten Schritt der Funktionsanalyse eine hierarchische Funktionsstruktur aufgebaut. In dieser Struktur werden die notwendigen Unterfunktionen Gruppierungen zugewiesen, die die übergeordneten Aktionen beschreiben.

Funktionen Unterwasserdrohne	Funktionen Saat	mit Greifwerkzeug säen	Algen Setzlinge aus Lagerung nehmen
			Befestigungsclip aus Behälter nehmen
		Algen Setzlinge an Leinen befestigen	
	Funktionen Ernte	Säplatz überprüfen	
		mit Greifwerkzeug ernten	Algen von Leine entfernen
			Algen in Lagerung legen
			Algenreste entfernen
			Befestigungsclip entfernen und in Lager legen
		Algen vor Ernte Überprüfen	
	Funktionen Kommunikation	Kommunikation mit Basisstation	Daten an Station übermitteln
			Daten von Station empfangen
		Kommunikation mit anderen Drohnen	Daten an andere Drohnen übermitteln
			Daten von anderen Drohnen empfangen
			Updates installieren
	Funktionen Fortbewegung	Forbewegung	Vorwärtsbewegen
			Rückwärtsbewegen
			Auftauchen
			Abtauchen
		Kollision vermeiden	Andere Drohnen erkennen
			Fische und Umwelt erkennen
		Pathplanning	
	Funktionen Analyse	Autonom Laden	niedrigen Ladestand erkennen
			zur Ladestation zurückkehren
			während des Ladevorgangs pausieren
		Pflanzbedingungen überwachen	Wasserqualität analysieren
			Kamerabild Übertragen
	Funktionen Aktorik	Greifwerkzeuge austauschen	Wachstumsfortschritt analysieren
			Greifwerkzeug entfernen
			Greifwerkzeug befestigen

Abbildung 6: Hierarchische Funktionsstruktur unserer Drohne

Die beiden wichtigsten Kategorien sind die Funktionen zur Aussaat und Ernte der Algen, da diese die Hauptfunktionen unserer Drohne beschreiben. So wurden als einzige verarbeitenden Funktionen später zusätzlich noch in einer Flussorientierten Funktionsstruktur beschrieben.

Eine andere, wichtige Funktionskategorie ist die der Fortbewegung, da sie für die Funktionalität unserer Drohne ebenfalls unabdingbar ist. Sie enthält darüber hinaus aber

auch sicherheitsrelevante Teilfunktionen, die für ein gut funktionierendes System absolut fehlerfrei funktionieren müssen.

Alle nicht verarbeitenden Funktionen finden sich in unserer Nutzungsorientierten Funktionsstruktur. Hier werden alle Systemnutzer, ihre Interaktion mit unserem System aber auch deren Bezug zueinander grafisch dargestellt.

Um auf unserer Funktionsorientierte Funktionsstruktur zu kommen, haben wir uns einer Blackbox Betrachtung bedient.

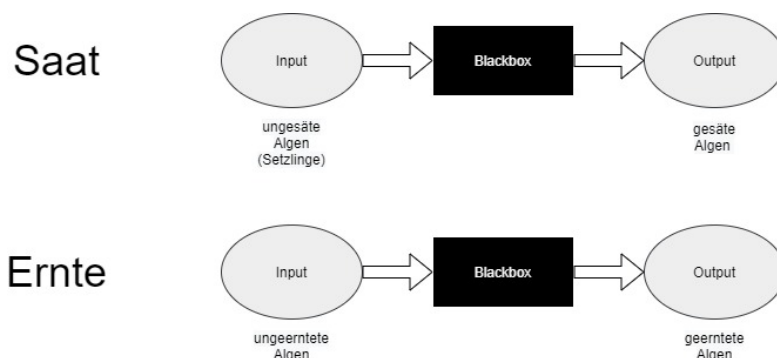


Abbildung 7: Blackbox zu den Hauptfunktionen unserer Drohne

In dieser Betrachtung bekommt unser System jeweils für die Ernte ungeerntete Algen und für die Aussaat die Setzlinge als Input. Die Systemausgänge definieren sich als Ergebnis der jeweils beschriebenen Aktion, in unserem Fall verlassen gesäte Setzlinge oder geerntete Algen bei einer erfolgreichen Durchführung der Aktion das System.

Im Anschluss an unsere Blackbox Betrachtung haben wir mithilfe der Use-Cases für den Ernte und Sävorgang ein Flussdiagramm in aussagekräftigem Detaillierungsgrad erstellt.

Ähnlich wie bei der Blackbox Betrachtung sieht man hier wieder die vier In- und Outputs des Systems. In diesem Fall kommen allerdings noch zusätzlich noch zwei notwendige Nebenumsätze dazu. Elektrische Energie wird mehrfach umgewandelt, um schließlich mithilfe von Klemmkraft unsere Aktorik betreiben zu können. Dies ist stark vereinfacht dargestellt, da es sich bei solchen Umwandlungen nie um einen perfekten Wirkungsgrad handelt kann und die Bewegungen der Aktoren im Raum ebenfalls nicht direkt mit Klemmkraft durchgeführt werden. In unserem Fall entspricht dies jedoch dem gewählten Detaillierungsgrad.

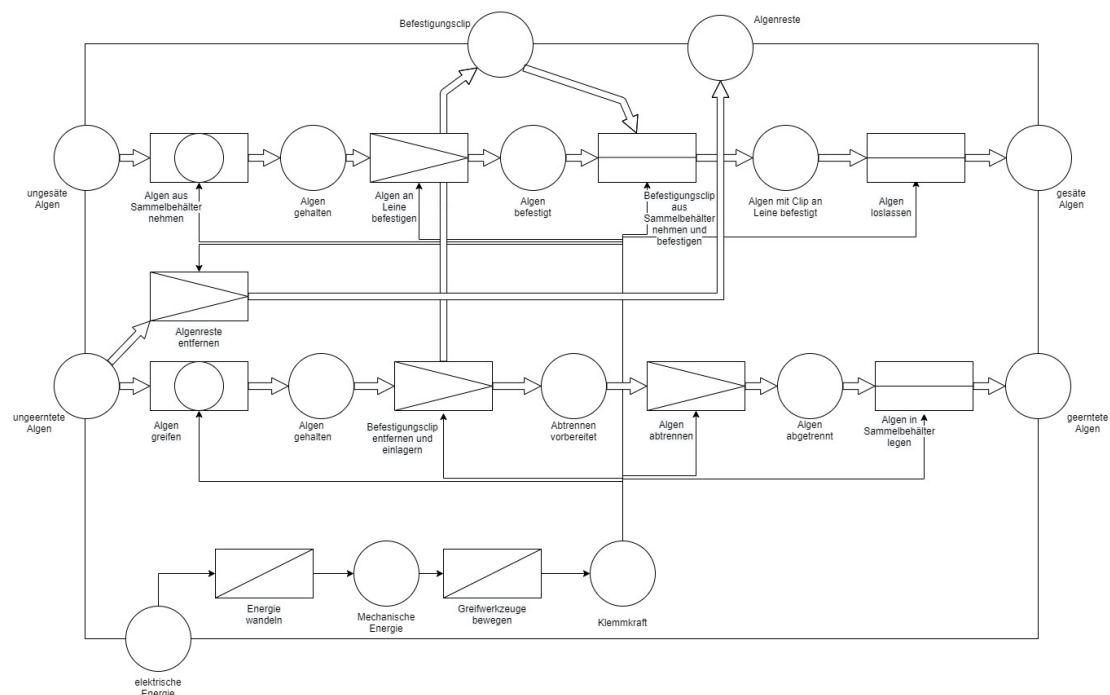


Abbildung 8: Flussorientierte Funktionsstruktur unserer Drohne

Zusätzlich werden dem System Befestigungsclips hinein und herausgeführt, die ebenfalls notwendig sind, um die Algen an den Leinen befestigen zu können. Betrachtet man das Flussdiagramm so fällt auf, dass das Enten und Säen als parallele Abläufe dargestellt sind. Dies ist zurückzuführen darauf, dass je nach vorherrschender Jahreszeit eine erneute Aussaat direkt nach der Ernte ermöglicht sein soll.

Das Abtrennen der Algenreste wird ebenfalls als paralleler Ablauf dargestellt, da nach dem Ernten eine Überprüfung stattfinden soll, ob der Pflanzplatz auch in korrektem Zustand ist. Diese Parallelität drückt also in unserem Fall eine mögliche Alternative im Bewegungsablauf aus.

Die nicht verarbeitenden Funktionen aus der hierarchischen Funktionsstruktur werden in folgendem Use-Case Diagramm dargestellt.

Die, in diesem Diagramm auf die Akteure der Funktionen bezogenen Use-Cases, sind für die Funktionsplanung relevant. Die anderen Akteure wie etwa der Vertrieb sind in diesem Diagramm nur der vollständigkeitshalber aufgeführt. Sie stellen als Potenzielle Stakeholder Anforderungen an die Entwicklung und können deshalb auch in diesem

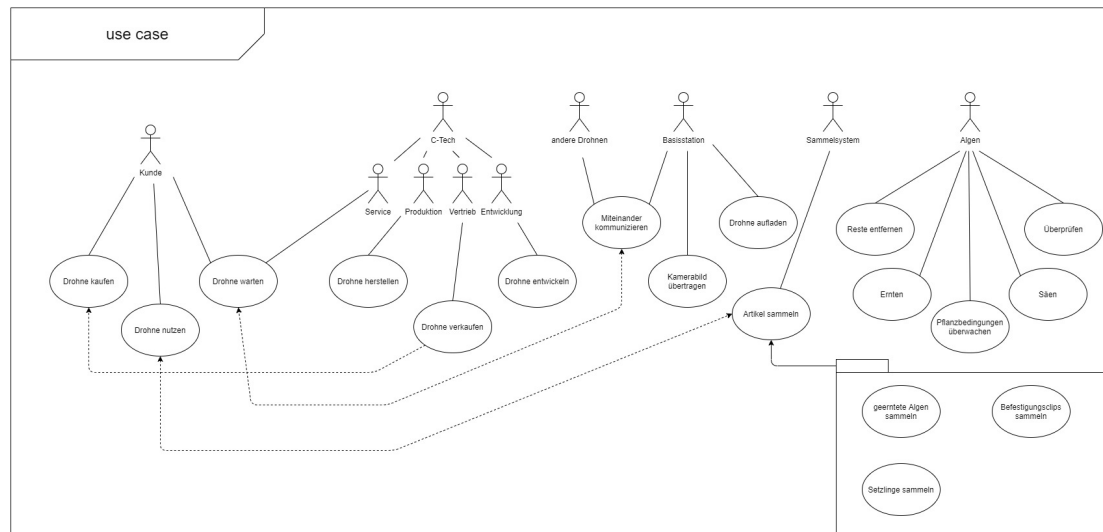


Abbildung 9: Use-Case Diagramm unserer Drohne

Schritt der Produktanalyse bedacht werden.

Die hier relevanten Use-Cases finden sich hauptsächlich bei Akteuren Algen, Basisstation, andere Drohnen und Sammelsystem. Die Nutzung der Drohne von diesen Akteuren spiegeln alle Funktionen wider, die in unserer Drohne realisiert werden sollten.