

Mohne – Mobile Drohne

Abschlussbericht

Entwicklung eines autonomen Fahrzeuges für extraterrestrische Erkundungsmissionen

Eingereicht bei:

**Fachhochschule Kufstein Tirol Bildungs GmbH**

**Studiengang Smart Products & Solutions**

Verfasser:

**Markus Wiesmüller**

**1710809534**

Abgabedatum:

**02.03.2018**

# Eidesstattliche Erklärung

*„Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst und in der Bearbeitung und Abfassung keine anderen als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe. Die vorliegende Bachelorarbeit wurde noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt.“*

Kufstein, den 11. August 2017

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Markus Wiesmüller

Table of Contents

[Eidesstattliche Erklärung II](#_Toc507510058)

[List of Figures V](#_Toc507510059)

[List of Tables VI](#_Toc507510060)

[List of Abbreviation VII](#_Toc507510061)

[Kurzfassung VIII](#_Toc507510062)

[Abstract IX](#_Toc507510063)

[1. System Beschreibung 1](#_Toc507510064)

[1.1 Mechanisches Konzept 1](#_Toc507510065)

[1.1.1 Flugmodus 1](#_Toc507510066)

[1.1.2 Fahrmodus 3](#_Toc507510067)

[1.1.3 Funktionsprinzip der Propeller 3](#_Toc507510068)

[1.2 Sensing Concept 4](#_Toc507510069)

[1.2.1 Picamer 4](#_Toc507510070)

[1.2.2 Ultraschallabstandssensor 4](#_Toc507510071)

[1.3 Gesamtsystem 5](#_Toc507510072)

[2. Materials and Methods 5](#_Toc507510073)

[2.1 Materialien 6](#_Toc507510074)

[2.2 Manufacturing Technologies 6](#_Toc507510075)

[2.3 Software Tools 7](#_Toc507510076)

[2.3.1 Autodesk Inventor Professional 7](#_Toc507510077)

[2.3.2 Autodesk EAGLE 8](#_Toc507510078)

[3. Diagrams (obligate) 8](#_Toc507510079)

[3.1 Use Case Diagram (Anwendungsfalldiagramm) 8](#_Toc507510080)

[3.2 Structural Model (Strukturmodelle) 8](#_Toc507510081)

[3.3 Interaction Model (Interaktionsmodell) 8](#_Toc507510082)

[3.4 Behavior Model (Verhaltensmodell) 9](#_Toc507510083)

[4. Testing Software (optional) 9](#_Toc507510084)

[5. Version Control (e.g. Gitlab – obligate) 9](#_Toc507510085)

[6. Design of PCB (obligate) 9](#_Toc507510086)

[6.1 Breadboard 9](#_Toc507510087)

[6.2 Schematic 9](#_Toc507510088)

[6.3 Board 9](#_Toc507510089)

# ****List of Figures****

[Abb. 1: Visualisierung eines GMs nach Schallmo 6](#_Toc490200752)

[Abb. 2: Bestandteile der Definition von GMI 7](#_Toc490200753)

[Abb. 3: Blöcke zur Entwicklung und Umsetzung der digitalen Transformation 9](#_Toc490200754)

[Abb. 4: Themengebiete der Digitalen Revolution nach MIT und Capgemini Consulting 12](#_Toc490200755)

[Abb. 5: Framework zur Digitalen Transformation von GM 28](file:////Users/Markus/Hochschule/Semester%206/BAII/Bachelorarbeit%20II/Kopie-WING_2014_Wiesmüller_Markus_BA_II.docx#_Toc490200756)

# ****List of Tables****

[Tab. 1: Ausgewählte Definitionen im Kontext der Digitalen Transformation 4](#_Toc490195388)

[Tab. 2: Frameworks zur Digitalen Transformation 15](#_Toc490195389)

[Tab. 3: Thesen aus der Literaturrecherche 20](#_Toc490195390)

# ****List of Abbreviation****

|  |  |
| --- | --- |
| **IoT** | **Internet of Things** |
| **GM** | **Geschäftsmodell** |
| **GMI** | **Geschäftsmodell-Innovation** |
| **DBT** | **Digital Business Transformation** |
| **IT** | **Informationstechnik** |
| **EY** | **Ernst & Young** |
| **ROI** | **Return on Investment** |
| **KPI** | **Key Performance Indicator** |
| **MIT** | **Massachusetts Institute of Technologie** |
| **IKT** | **Informations- und Kommunikationstechnik** |
| **HR** | **Human Resources** |
| **BDI** | **Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.** |
| **CEO** | **Chief Executive Officer** |
| **F&E** | **Forschung und Entwicklung** |

# Kurzfassung

sdafsdf

# Abstract

Summarize and describe the project

Management concept?

What concept was apllied?

How was it fabricated?

Performance in the tracks?

Lessons learned?

# System Beschreibung

## Mechanisches Konzept

Die Mohne ist ein sogenannter „Hybrid-Quadrocopter“, der sowohl zum Fahren als auch zum Fliegen konzipiert ist. Durch diese Hybrid-Nutzung ergeben sich große Vorteile. Auf dem Boden spart der Roboter Energie (im Verhältnis zur Fortbewegung in der Luft), während er in der Luft auch meterhohe Hindernisse überwinden kann. Nachfolgend wird das mechanische Konzept beider Varianten näher erläutert sowie und in Abbildung 5 veranschaulicht.

### Flugmodus

Die Mohne gehört zur Gruppe der Quadrocopter, bestehend aus vier Motoren die in H-Konfiguration angeordnet sind. Bei der H-Konfiguration sind die vier Motoren in 45° zur Flugrichtung versetzt, wobei der Abstand vom Kreuzmittelpunkt zu den einzelnen Motoren immer gleich groß ist.

Vier Propeller sind fest an den Motoren montiert und erzeugen den Auftrieb der Drohne, welcher sich über die Drehzahl der einzelnen Motoren verändern lässt. Übersteigt die durch die sich drehenden Propeller erzeugte Auftriebskraft die Anziehungskraft der Erde bzw. des Mars, so beginnt die Drohne zu schweben. Eine Erhöhung bzw. Verringerung der Drehzahl hat ein Steigen bzw. ein Sinken der Drohne zufolge.

Dadurch ergibt sich ein relativ einfacher mechanischer Aufbau, in dem es außer den Rotoren der Motoren keine weiteren beweglichen Teile für den Flugmodus gibt.

Überkreuz liegende Rotoren drehen dabei in die gleiche Richtung (Abbildung 1) und heben somit das um die Mitte der Drohne übertragene Drehmomente auf.

Bei exakt gleicher Drehgeschwindigkeit aller Propeller und keinen äußeren Störeinflüssen, steht die Drohne also exakt lotrecht über dem Boden. Dies eliminiert die Notwendigkeit einer Gierstabilisierung.

Um ein nach vorne fliegen zu ermöglichen, drehen sich die vorderen Rotoren langsamer als die hinteren, was ein nach vorne abkippen der Drohne zur Folge hat (Abbildung 2). Entsprechend wird ein nach hinten fliegen ermöglicht, indem die hinteren Rotoren langsamer als die vorderen drehen (Abbildung 3).

Abbildung 1: Quadrocopter: Motordrehrichtung

A

B

C

D

y

x

A

B

C

D

z

Abbildung 2: Quadrocopter: Vorwärtsbewegung

Abbildung 3: Quadrocopter: Rückwärtsbewegung

A

B

C

D

z

### Fahrmodus

Um mit der Mohne auch fahren zu können, wurde eine Radaufhängung mit Achsen an die Drohne montiert. Allerdings werden dabei die Räder nicht von einem Motor betrieben, stattdessen wird die Schubleistung von den Propellern der Mohne erzeugt. Die hinteren Tragflächen des Quadrocopters lassen sich im Fahrmodus über Zahnräder um nahezu 90° nach vorne und hinten verstellen (Abbildung 4). In diesem Modus drehen sich nur die hinteren Propeller, wodurch ein Vorschub ähnlich wie bei einem Flugzeug bzw. Schiff erzeugt wird. Ein Abbremsen erfolgt indem die Propeller auf Umkehrschub gestellt werden. Sie erzeugen so einen nach vorne gerichteten Schub. Die Verstellung erfolgt dabei elektrisch.

+90°

-90°

Abbildung 4: Tragfläche mit Propeller: Verstellbar um +90° und -90°

### Funktionsprinzip der Propeller

Wichtig für das Verständnis des Funktionsprinzips der Drohne ist, dass man sich grob phänomenologisch die Wirkungsweise von Propellern veranschaulicht, weil sich schon aus recht simplen Überlegungen Hinweise darauf ergeben, wie die Propeller sinnvollerweise ausgelegt werden müssen. Die Wirkungsweise eines Propellers, dessen Aufgabe sowohl im Flug- als auch im Fahrmodus darin besteht eine Drehleistung von optimal in eine Schubleistung umzusetzen, kann aus zwei Anschauungen gewonnen werden, die dann in jeweils unterschiedlichen Berechnungsmodellen münden:

* **Impulsbetrachtung:** Um einen Schub T nach vorne bzw. nach oben zu erzeugen, muss der Propeller die Luft nach hinten bzw. nach unten beschleunigen. Die Änderung des Impulses entspricht dabei dem Propellerschub. Die Theorie, die auf diesem Modell aufbaut, ist die Strahltheorie.
* **Tragflügelbetrachtung:** Die Wirkungsweise eines Propellers entspricht der eines Tragflügels. Der Auftrieb entspricht dabei dem Schub, der Widerstand dem Moment. Das Tragflügelmodell erklärt die Propellerwirkung an den einzelnen Flügelschnitten und ist als Traglinentheorie (nur radiale Diskretisierung) oder Tragflächentheorie bekannt.

Aus diesen beiden Wirkungsweisen lassen sich schon einige grundlegende Dinge qualitativ ableiten, ohne dass genaue mathematische Begründungen nötig sind. Die Auslegung der Propeller erfolgt in Kapitel …???

**Motor**

**+**

**Propeller**

**Motor**

**+**

**Propeller**

**Motor**

**+**

**Propeller**

**Motor**

**+**

**Propeller**

**Rad**

**Rad**

**Rad**

**Rad**

**Servo**

**Servo**

Abbildung 5: Quadrocopter: Mechanisches Konzept

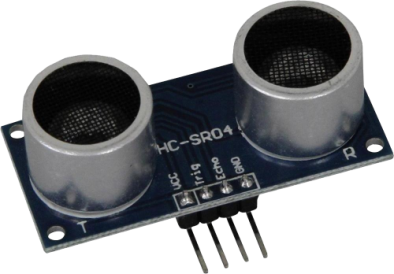
## Sensing Concept

Um die Mohne autonom fliegen bzw. fahren zu lassen und Hindernisse und Ziele zu erkennen, wurde eine Kamera und ein Ultraschallsensor verbaut. Nachfolgend werden beide Sensoren näher beschrieben und das System im Gesamtkontext betrachtet.

### Picamera

### Ultraschallabstandssensor

Mit dem Ultraschallabstandssensor (Abbildung 6) kann man mittels eines Ultraschalllautsprechers und eines Mikrofons den Abstand berührungslos zu einem Objekt messen. Das Prinzip (Abbildung 7) basiert darauf, dass die Schallgeschwindigkeit in der Luft bei gleichbleibender Temperatur nahezu konstant bleibt - bei 20°C beträgt sie 343,2m/s. Aus diesem Fakt kann man die Abstandsmessung in eine Zeitmessung überführen, welche dann von Mikrokontrollern einfach übernommen werden kann.



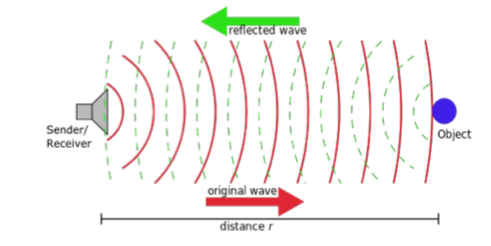
 Abbildung 6: Ultraschallabstandssensor

Abbildung 7: Funktionsprinzip Ultraschallabstandssensor

### Gesamtsystem

Die unter Punkt 1.2.1 und 1.2.2 beschriebenen Sensoren unterstützen den Hybrid-Quadrocopter sich in seiner Umgebung zurechtzufinden und sich autonom fortzubewegen, Ziele zu erkennen und Hindernisse gekonnt zu überfliegen. Die Picamera dient dabei ein Ziel zu erkennen und dieses anzusteuern, mit Hilfe des Ultraschallsensors kann ein Hindernis erkannt werden, woraufhin in den Flugmodus gewechselt wird, um das Hindernis zu überfliegen und um nach einer bestimmten Zeit x zu landen und wieder in den Fahrmodus zu wechseln. Wie in Abbildung 8 veranschaulicht sind dabei beide Sensoren mit einem Microcontroller verbunden.

Abbildung 8: Quadrocopter: Sensorkonzept

**Controller**

**Kamera**

**Ultraschallsensor**

# Materialien und Methoden

Um das Projekt zu realisieren und die Mohne zu entwickeln, wurde Seitens des Auftraggebers verschiedene Materialien und Werkzeugmaschinen sowie ein Budget von 40€ zur Verfügung gestellt.

Es gab viele Faktoren, die dazu beitrugen, wie dieser Hybrid-Quadrocopter konstruiert werden sollte. Das Team musste zuerst berücksichtigen, dass die Drohne Testflüge absolvieren musste, von denen sie gegebenenfalls nicht in einem Stück zurückkehrt. Hinzu kam, dass das Gewicht der für die Herstellung der Drohne verwendeten Materialien sorgfältig geprüft werden musste, damit das Gewichtslimit und auch die Größe für den Wettbewerb nicht überschritten wurde. Schließlich musste das Design auf eine Art und Weise erstellt werden, welches leicht mit den zur Verfügung stehenden Materialien und Werkzeugmaschinen umgesetzt werden konnte. Zudem musste das Design die Elektronik vor Wasser schützen. Aufgrund des entscheidensten Faktors, die für die Produktion zur Verfügung stehenden Zeit, wurde entschieden, Lasercutten, 3D-Druck, Schneiden, Schleifen, Fräsen und verbinden mit Schrauben zu verwenden. Dieser Prozess wurde als am schnellsten und am leichtesten reproduzierbar bestimmt, falls erforderlich. Der erste Schritt in diesem Prozess war das Design der Drohne zu entwerfen. Dafür wurde die in Abschnitt 2.3.1 beschriebene CAD-Software Autodesk Inventor verwendet. Im nächsten Schritt wurde bestimmt, wie die einzelnen Komponenten hergestellt und welche Materialen dafür verwendet werden sollten. Komponenten wir Arduino, Raspberry Pi und Sensoren wurden zur Verfügung gestellt. Da jedoch kein Breadboard verwendet werden durfte, wurde mit Hilfe der in 2.3.2 beschriebenen Software eine Leiterplatten-Layout erstellt, welches mit Hilfe einer Fräsmaschine gefertigt wurde.

In diesem Kapitel werden die bereitgestellten Materialien aufgelistet, die verfügbaren Maschinen vorgestellt sowie eine Vorstellung der verwendeten Software.

## Materialien

|  |  |
| --- | --- |
| **Material** | **Maße in mm (l x b x h)** |
| Holz | 800 x 600 x 3,8 |
| Plexiglas | 600 x 400 x 3 |

## Manufacturing Technologies

|  |
| --- |
| **Werkzeug / Maschine** |
| Bohr-Fräsmaschine Optimum BF 16 Vario |
| Schraubstock |
| Schleifmaschine Holzstar BTS 150 |
| Bandsäge Metabo BAS 317 Precision |
| Digitaler Messschieber Scala 150mm |
| Ultimaker 2 3D-Drucker |
| Ultimaker 3 Dual Extruder 3D-Drucker |
| Fräsmaschine Roland SRM-20 |
| Lötstation Weller WS 81 |
| Lasergravierer Trotec Speedy 360 |
| Metallsäge |
| Schraubenzieher |
| Schraubenschlüssel |

## Software Tools

Um das Projekt zu realisieren, wurden zweierlei verschiedene Softwareprogramme verwendet. Zum einen wurde Autodesk Inventor Professional verwendet, um ein 3D CAD-Modell der Mohne zu erstellen, zum anderen wurde für die Konstruktion der Leiterplatte das Programm EAGLE der Firma Autodesk verwendet. Beide Programme werden nachfolgend kurz beschrieben.

### Autodesk Inventor Professional

Autodesk Inventor ist eine von Autodesk entwickelte 3D-CAD-Software für die Volumenmodellierung, mit der digitale 3D-Prototypen erstellt werden können. Es wird für 3D-Konstruktion, Design-Kommunikation, Werkzeugherstellung und Produktsimulation verwendet. Diese Software ermöglicht es Benutzern, genaue 3D-Modelle zu erstellen, um Produkte zu entwerfen, zu visualisieren und zu simulieren, bevor sie gebaut werden.

Die Software ermöglicht zudem 2D- und 3D-Daten in eine einzige Designumgebung zu integrieren und so eine virtuelle Darstellung des Endprodukts zu erstellen, mit der die Form, Passform und Funktion des Produkts vor dem Bau validieren werden kann. Autodesk Inventor enthält leistungsstarke parametrische, direkte Bearbeitungs- und Freiform-Modellierungswerkzeuge sowie Multi-CAD-Übersetzungsfunktionen und DWG Zeichnungen nach Industriestandard, wodurch Entwicklungskosten gesenkt, schnellere Time-to-Market realisiert und großartige Produkte entwickelt werden können.

### Autodesk EAGLE

EAGLE ist eine skriptfähige EDA-Anwendung (Electronic Design Automation) mit Schaltplan-Erfassung, Leiterplatten-Layout, Auto-Router und CAM-Funktionen (Computer Aided Manufacturing). EAGLE steht dabei für Easy Applicable Grafischer Layout-Editor.

Das Programm bietet eine grafische Benutzeroberfläche und ein Menüsystem mit mehreren Fenstern für die Bearbeitung, das Projektmanagement und die Anpassung der Schnittstellen- und Designparameter. Das System kann über Maus, Tastaturkürzel oder durch Eingabe bestimmter Befehle in einer eingebetteten Befehlszeile gesteuert werden. Mehrere Wiederholungsbefehle können zu Skriptdateien kombiniert werden. Es ist auch möglich, Entwurfsdateien unter Verwendung einer EAGLE-spezifischen objektorientierten Programmiersprache zu untersuchen.

# Project System Enginnering Mangagement Plan

Im Rahmen des Projekts Mars Explorer sollen die gewonnenen Erkenntnisse aus der Lehrveranstaltung Systems Engineering Anwendung finden.

Als Teil des Projekts Mars Explorer soll im Rahmen der Lehrveranstaltung Systems Engineering

# Diagrams (obligate)

## Use Case Diagram (Anwendungsfalldiagramm)

## Structural Model (Strukturmodelle)

Klassendiagramm oder Kompensationsstrukturdiagramme

## Interaction Model (Interaktionsmodell)

Sequenzdiagramm

## Behavior Model (Verhaltensmodell)

Aktivitätsdiagramme oder Zustandsdiagramme oder Blockdiagramme

# Testing Software (optional)

# Version Control (e.g. Gitlab – obligate)

No source-code report; access to team side

# Design of PCB (obligate)

## Breadboard

## Schematic

## Board

Stromversorgung

(LiPo Akkus)

Servo

Servo

Ultraschallsensor

Kameramodul

Arduino

Motorregler

Motorregler

Motorregler

Motorregler

Motor mit Propeller

Motor mit Propeller

Motor mit Propeller

Motor mit Propeller

Raspberry Pi

WLAN Not-Stopp