

BACHELOR THESIS  
Leon Chun Wai Yuen

# Entwicklung eines Unterstützungsassistenten durch einen Digitalen Zwilling einer Drohne im MARS Framework

---

FAKULTÄT TECHNIK UND INFORMATIK  
Department Informatik

Faculty of Engineering and Computer Science  
Department Computer Science

Leon Chun Wai Yuen

# Entwicklung eines Unterstützungsassistenten durch einen Digitalen Zwilling einer Drohne im MARS Framework

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung  
im Studiengang *Bachelor of Science Informatik Technischer Systeme*  
am Department Informatik  
der Fakultät Technik und Informatik  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Thomas Clemen  
Zweitgutachter:

Eingereicht am: PLATZHALTER

**Leon Chun Wai Yuen**

**Thema der Arbeit**

Entwicklung eines Unterstützungsassistenten durch einen Digitalen Zwilling einer Drohne im MARS Framework

**Stichworte**

Digitaler Zwilling, Human-Drone Interaction, Quadrocopter, Unbemanntes Luftfahrzeug, Menschen mit Sehneinschränkung

**Kurzzusammenfassung**

PLATZHALTER

**Leon Chun Wai Yuen**

**Title of Thesis**

PLATZHALTER

**Keywords**

Digital Twin, Human-Drone Interaction, Quadrocopter, Unmanned aerial vehicle, Visual impairment

**Abstract**

PLATZHALTER

---

## Danksagung

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>vii</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>viii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	1
1.2 Ziel der Arbeit . . . . .	1
1.3 Eingrenzung . . . . .	2
1.4 Gliederung der Arbeit . . . . .	2
<b>2 Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1 Quadrocopter . . . . .	3
2.1.1 Definition . . . . .	3
2.1.2 Funktionsweise . . . . .	3
2.2 Digitaler Zwilling . . . . .	3
2.2.1 Definition . . . . .	3
2.2.2 MARS . . . . .	4
<b>3 Stand der Technik</b>	<b>5</b>
<b>4 Anforderungsanalyse</b>	<b>6</b>
4.1 Funktionale Anforderungen . . . . .	6
4.2 Nicht funktionale Anforderungen . . . . .	6
4.3 Use Case . . . . .	6
<b>5 Konzeption</b>	<b>8</b>
5.1 Systemarchitektur . . . . .	8
5.1.1 Quadroter . . . . .	8
<b>6 Implementierung</b>	<b>9</b>

<b>7</b>	<b>Evaluation</b>	<b>10</b>
7.1	Codeevaluation . . . . .	10
<b>8</b>	<b>Abschluss</b>	<b>11</b>
8.1	Zusammenfassung . . . . .	11
8.2	Diskussion . . . . .	11
8.3	Ausblick . . . . .	11
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>12</b>
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>13</b>
	Selbstständigkeitserklärung . . . . .	14

# Abbildungsverzeichnis

# Tabellenverzeichnis

4.1	Funktionale Anforderungen . . . . .	6
4.2	Nicht funktionale Anforderungen . . . . .	7



# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Seit Jahren sind Unbemannte Luftfahrzeuge (eng. Unmanned Aerial vehicle, UAV), hier umgangssprachlich als Drohne bezeichnet, nicht mehr nur Spielzeuge der Regierung und dienen militärischen Einsatzzwecken, sondern findet durch die günstigen Bauteile auch Anreize bei vielen Hobbytechnikern, Technikenthusiasten oder Menschen, die ein solches Spielzeug einfach mal benutzen wollen [1]. Dadurch werden Drohnen nicht mehr nur von Experten genutzt, sondern auch von Laien, mit den unterschiedlichsten Ansprüchen. Einige wollen lernen mit einer Drohne umzugehen, andere nutzen die Drohne als Assistent im Alltag und wollen sie autonomisieren. Um diese Vielfalt an Anwendungszwecken zu bedienen, braucht man ein modulares Modell um auf einfacher Weise Anforderungen nach den Kriterien der Kunden anpassen zu können. Diese müssen auch in Echtzeit abgearbeitet werden. Darum eignet sich ein Digitaler Zwilling. Ein Digitaler Zwilling kann in Echtzeit Informationen mit der Drohne austauschen. Damit können der Drohne Regeln vorprogrammiert werden, die die Drohne in Echtzeit einhalten muss.

## 1.2 Ziel der Arbeit

Für die Bachelorarbeit soll die Fitness eines Läufers als Digitalen Zwilling entwickelt werden. Getarnt als UAV begleitet der Digitale Zwilling den Läufer während seiner Lauf-einheiten und sammelt seine Vitalwerte, um ihn durch ein bestimmtes Flugverhalten des UAV anzuspornen. Das System soll im MARS Framework konzipiert und entwickelt werden.

Unterteilt wird die Arbeit in drei Teilbereiche: Im ersten Teil soll die Basis des Digitalen Zwillings aufgebaut werden. Dazu gehört das Sammeln der benötigten Informationen und das Einrichten der Kommunikation und Ansteuerung des UAV.

Im zweiten Teil wird ein Digitale Zwilling konstruiert. Dieser Bilder verschiedene Kategorien für den Zustand des Läufers ab und modelliert verschiedene Wege, um den Benutzer als Begleiter zu unterstützen.

Im letzten Teil erfolgt das Trainieren des Digitalen Zwillings.

### **1.3 Eingrenzung**

### **1.4 Gliederung der Arbeit**

## **2 Grundlagen**

### **2.1 Quadrocopter**

#### **2.1.1 Definition**

Unter der Quadrocopter werden Luftfahrzeuge bezeichnet, die im Flug von vier Rotoren getragen werden. Anders als ein Flugzeug können Quadrocopter in ihrer Position schweben und präzise im dreidimensionalen Raum navigiert werden.

#### **2.1.2 Funktionsweise**

**Bestandteile**

**Steuerung**

**Bewegung**

### **2.2 Digitaler Zwilling**

#### **2.2.1 Definition**

Der Digitale Zwilling ist eine virtuelle Repräsentation eines nicht domänenspezifischen, menschengemachten, physikalischen Objekts. Digitale Zwillinge sind Modelle des physikalischen Gegenstücks, die ihn in Form, physik, Verhalten und Zustand imitierten.

Durch einen Echtzeit Informationsaustausch zwischen dem digitalen Zwilling und dem realen Objekt entwickelt sich der digitale Zwilling und folgt dem realen Objekt bis zu seinem Lebensende.

### 2.2.2 MARS

## 3 Stand der Technik

## 4 Anforderungsanalyse

### 4.1 Funktionale Anforderungen

ID	Begriff
F01	Der DZ fragt in periodischen Abständen den Status des PZ ab.
F02	Der DZ speichert den Status des PZ ab.
F03	Der DZ seinen letzten Zustand wiederherstellen, wenn der Zustand mit dem des PZ übereinstimmt.
F04	Endet oder bricht die Kommunikation zwischen dem PZ und dem DZ ab, wird der letzte Zustand des UAV gespeichert.
F05	Der DZ alle Operationen des PZ ausführen.
F06	Falls der DZ seinen Zustand wechselt, wird die Aktion als Operation am PZ ebenso ausgeführt.
F07	Fall der PZ seinen zustand ändert, passt sich der Zustand des DZ an.
F08	Falls der DZ gestartet wird, verbindet sich das System mit dem physikalischen UAV
F09	Falls der DZ sich nach 5 Sekunden keine Verbindung zum PZ aufbauen kann, wird der Prozess beendet.
F10	Falls die Batterie der PZ bei 10Prozent liegt, wird der UAV automatisch gelandet u
F11	Die Statuswerte werden auf der Konsole angezeigt.
F12	Die Videoübertragung des PZ wird auf dem Monitor in Echtzeit übertragen.
F13	Der DZ wird visuell dargestellt.

Tabelle 4.1: Funktionale Anforderungen

### 4.2 Nicht funktionale Anforderungen

### 4.3 Use Case

ID	Begriff
NF01	Der Digitale Zwilling verarbeitet nur aktuelle Nachrichten und verwirft alte, die außerhalb des validen Zeitraums liegen.
NF02	Der Digitale Zwilling wählt optimale Operationen zum gegebenen Wissen aus.
NF03	Das System kann durch verschiedene Funktionalitäten erweitert werden.

Tabelle 4.2: Nicht funktionale Anforderungen

# 5 Konzeption

## 5.1 Systemarchitektur

### 5.1.1 Quadroter

MARS Framework

### 5.1.2



## 6 Implementierung

## 7 Evaluation

### 7.1 Codeevaluation

Zur Überprüfung des Quellcodes soll im Test Driven First Verfahren Tests parallel zur Entwicklung des System geschrieben werden. Mit diesem Vorgehen soll gewährleistet werden, dass Bugs frühzeitig vermieden werden können und die Korrektheit des Systems erfüllt wird.

Erstellt sollen die Tests mit mit dem NUnit Framework.

## 8 Abschluss

### 8.1 Zusammenfassung

### 8.2 Diskussion

### 8.3 Ausblick

# Literaturverzeichnis

- [1] GADIRAJU, Vinitha ; GARCIA, Jérémie ; KANE, Shaun ; M. BROCK, Anke: “It is Fascinating to Make These Beasts Fly”: Understanding Visually Impaired People’s Motivations and Needs for Drone Piloting. In: *Proceedings of the 23rd International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. New York, NY, USA : Association for Computing Machinery, 2021 (ASSETS ’21). – URL <https://doi.org/10.1145/3441852.3471219>. – ISBN 9781450383066

## A Anhang

### **Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung**

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

---

Ort

---

Datum

---

Unterschrift im Original