

BACHELOR THESIS  
Leon Chun Wai Yuen

# Konzeptionierung und Entwicklung eines Digitalen Zwillings für das Lauftraining mit einem Unbemannten Luftfahrzeug

---

FAKULTÄT TECHNIK UND INFORMATIK  
Department Informatik

Faculty of Engineering and Computer Science  
Department Computer Science

Leon Chun Wai Yuen

# Konzeptionierung und Entwicklung eines Digitalen Zwillings für das Lauftraining mit einem Unbemannten Luftfahrzeug

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**

Konzeptionierung und Entwicklung eines Digitalen Zwillings für das Lauftraining mit einem Unbemannten Luftfahrzeug

**Stichworte**

Digitaler Zwilling, Human-Drone Interaction, Quadrocopter, Unbemanntes Luftfahrzeug, Jogging, Laufen

**Kurzzusammenfassung**

PLATZHALTER

**Leon Chun Wai Yuen**

**Title of Thesis**

PLATZHALTER

**Keywords**

Digital Twin, Human-Drone Interaction, Quadrocopter, Unmanned aerial vehicle, Jogging, Running

**Abstract**

PLATZHALTER

---

## Danksagung

# Inhaltsverzeichnis

# Abbildungsverzeichnis

# Tabellenverzeichnis

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

## 1.2 Zielsetzung

Das Ziel der Bachelorarbeit ist der Entwurf und Implementation eines Digitalen Zwilling Frameworks für Unmanned Aerial Vehicles im MARS Framework.

Das Framework soll in der Lage sein ein physikalisches UAV in einem virtuellen Modell zu repräsentieren und durch einen kontinuierlichen Datenaustausch den aktuellen Zustand simulieren kann. Des Weiteren soll das Framework erlauben das Modell durch Algorithmen dynamisch anzupassen und die optimierten Parameter an das physikalische UAV senden können. Zur Interaktion und Überwachung des physikalischen Zwilling soll das System über eine Schnittstelle verfügen, um Human-Drohne Interaction Konzepte umzusetzen.

Das Framework soll insbesondere als Social Drohne genutzt werden, daher wird ein Anwendungsfall Entwickelt, der Konzepte aus der Human-Drone Interaction einfließen lässt.

Das Anwendungsbeispiel demonstriert den Digitalen Zwilling als Jogging Trainer. Die Drohne soll einen Menschen beim Joggen begleiten und durch die Analyse von fitnessbezogenen Daten ein Flugverhalten einstellen, das den Benutzer zu längeren Durchhalten animiert.

Das fertige Modell soll in der Lage sein durch spätere Anforderungen und Anwendungen erweitert zu werden zu können. Zu den möglichen Erweiterungen gehören das Hinzufügen neuer Datenzellen und der Entwicklung weitere und komplexere Aktionen für das UAV.



## 1.3 Glossar

## 1.4 Eingrenzung

Zu einem Digitalen Zwilling gehört, nach Grieves Idealvorstellung, eine virtuelle Umgebung hinzu, die die physikalische Umgebung des physikalischen Objekts nachahmt. Für das Modell des Digitalen Zwillings ist die virtuelle Umgebung, notwendig, um die Parameter des virtuellen Objekts optimal zu modifizieren.

Jedoch wird diese Komponente bewusst in dieser Bachelorarbeit außen vor gelassen, weil sie den Umfang der Arbeit überziehen würde.

Der Mittelpunkt der Arbeit ist die Entwicklung einer ersten Architektur, bei der einfacher Informationsaustausch zwischen physikalischen und digitalen Zwillingen möglich ist und eine Schnittstelle für die Entwicklung von autonomen Aktionen anbietet.

## 1.5 Gliederung der Arbeit

## 2 Begriffserklärung

### 2.1 Unbemanntes Luftfahrzeug

Ein unbemanntes Luftfahrzeug, um englischen als Unmanned Aerial Vehicle oder in der Literatur als UAV abgekürzt, bezeichnet ein Fluggeräte, die autonom fliegen können oder die aus der Ferne von einem Piloten gesteuert werden. Umgangssprachlich werden Unbemannte Luftfahrzeuge auch als Drohne bezeichnet.

### 2.2 Multicopter

Unter der Multicopter werden im wesentlichen unbemannte Luftfahrzeuge bezeichnet, die im Flug von mindestens zwei vertikalgerichtete Rotoren getragen werden. Wegen der Ausrichtung der Rotoren können Multicopter sich zusätzlich zu einer horizontalen Richtung auch vertikal bewegen. Der vertikale Flug erlaubt es dem Multicopter an einer beliebigen Position zu schweben.

### 2.3 Human-Drone Interaction

Die Human Drone interaction ist ein Forschungsfeld in der Human-Robotic Interaction und hat sich als selbstständiges Fachgebiet herausgebildet, da die Charakteristiken in der Interaktion mit einem UAV sich zu einen statisch, stationäre Roboter unterscheiden [? ]. Als UAV sind vorangig Multicopter gemeint. Die Human-Drone Interaktion erforscht ein breites Themengebiet um Verständnis und neue Schnittstellen für die Menschen und UAV zu entwickeln .

### 2.3.1 Social Drone

Im Forschungsfeld der Human-Drone Interaction beschreibt man einen Social Drohne ein auf die soziale Interaktion ausgelegtes UAV System. Die Absicht dieser Forschungsrichtung ist der Einsatz von UAV zur Unterstützung von Menschen im Alltagsleben. [?].

### 2.3.2 Digitaler Zwilling

Das Konzept des Digitalen Zwilling wurde 2002 von Micheal Grieves eingeführt und beschreibt die virtuelle Repräsentation eines nicht domänenspezifischen, physikalischen Objekts.

### 3 Verwandte Arbeit

## 4 Anforderungsanalyse

### 4.1 Funktionale Anforderungen

### 4.2 Nicht funktionale Anforderungen

Erweiterbarkeit

Zuverlässig

### 4.3 Use Case

# 5 Konzeption

## 5.1 Systemarchitektur

### 5.1.1 Quadroter

Für den Entwicklung des Systems wird eine Tello Drohne von Rize verwendet, die über einen Höhenmesssensor und einer Monokamera verfügt.

### 5.1.2 MARS Framework

### 5.1.3 Konzeptvorschlag des DTSUAV

#### Grundkonzept eines Digitalen Zwilling System Frameworks

Ein bidirektionaler Informationenaustausch ermöglicht es dem Digitalen Zwilling Einfluss am realen System zu nehmen.

#### Konzeptvorschlag des DTSUAV

## 6 Implementierung

# 7 Evaluation

## 7.1 Codeevaluation

Das System wird durch Unit Tests auf Korrektheit geprüft. Das Testen soll eine frühzeitige Erkennung von Bugs gewährleisten und das System auf Korrektheit verifizieren. Für das Überprüfen der Testszenarien wird das NUnit Framework verwendet.



## 8 Abschluss

### 8.1 Zusammenfassung

### 8.2 Diskussion

### 8.3 Ausblick

## 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