



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

# Anwendungen 1

**Sebastian Böhle**

**First Person View in Unmanned Aircraft Systems**

*Fakultät Technik und Informatik  
Studiendepartment Informatik*

*Faculty of Engineering and Computer Science  
Department of Computer Science*

Sebastian Böhle

**First Person View in Unmanned Aircraft Systems**

Betreuer: Prof. Dr. Thomas Lehmann

Eingereicht am: 08. März 2014

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	<b>4</b>
1.1 Problemstellung und Zielsetzung . . . . .	4
1.2 First Person View . . . . .	6
<b>2 State of the Art</b>	<b>6</b>
2.1 Mixed-reality Interface von Hing u. a., 2009 . . . . .	6
2.2 Immersionsflug von Righetti u. a., 2007 . . . . .	8
2.3 Fliegende Telepräsenz von Higuchi und Rekimoto, 2013 . . . . .	9
<b>3 Persönlicher Fokus</b>	<b>12</b>
3.1 Vision . . . . .	12
3.2 Risiken . . . . .	13
<b>4 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>14</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>15</b>

## 1 Einführung

Unmanned Aircraft Systems (UAS) kommen in immer mehr Bereichen zum Einsatz. Weiterentwicklungen der Technologie sorgen für kleinere, leistungsfähigere Systeme, die trotzdem in der Lage sind Lasten wie Kameras zu tragen. Durch den Fortschritt und die weitere Verbreitung erschließen sich viele neue Einsatzfelder für diese Art von Luftfahrzeugen. Einsatz finden sie nicht mehr nur im militärischen, sondern auch im zivilen Bereich. Auch die Art der Einsätze hat sich mit der Zeit weiterentwickelt. UAS werden nicht mehr nur für passive Interaktionen mit der Umgebung, wie zum Beispiel der Überwachung, sondern auch für aktive Interaktionen mit Objekten der Umgebung genutzt. Ein Beispiel aus dem Bereich Search and Rescue ist der Abwurf von Medikamenten oder die medizinische Evakuierung (Med Evac) in Krisengebieten (vgl. [Righetti u. a., 2007](#)).

Besonders bei Einsätzen mit speziellen Anforderungen ist ein autonomer Flug eines UAS noch nicht ausgereift genug, um die Steuerung durch einen Piloten zu ersetzen. Einer der wichtigsten Faktoren für den Piloten ist dabei die Fernsteuerung. Besonders bei größeren Entfernungen, bei denen das UAS und sein Verhalten in der Luft schlecht oder gar nicht zu sehen sind, stellt die Steuerung eine Herausforderung dar. Zusätzlich verstärkt die neue Art der Nutzung die Anforderungen an die Fernsteuerung. Der Einsatz im zivilen Bereich bedeutet oftmals einen niedrigen Flug in Umgebungen mit Häusern, Menschen und weiteren Hindernissen. Eine schlechte Kontrolle über das Luftfahrzeug kann zu Schäden oder sogar Verletzungen von Personen führen. Wie in [Abbildung 1](#) dargestellt, ist das Potenzial für einen Unfall<sup>1</sup> laut [Roland Weibel und John Hansman \(Weibel und Hansman, 2005\)](#) bei ferngesteuerten Luftfahrzeugen 1000-mal größer als bei bemannten Flugzeugen von kommerziellen Fluglinien.

### 1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Eine sichere Fernsteuerung erfordert vom Piloten eine gute Einschätzung des aktuellen Verhaltens des UAS und der Umgebung. Diese Wahrnehmung der Situation wird von Mica Endsley als Situationsbewusstsein (situation awareness) bezeichnet. Sie definiert das Situationsbewusstsein als „the perception of the elements in the environment within a volume of time and space, the comprehension of their meaning, and projection of their status in the near future“ ([Endsley, 1988](#) zitiert nach [Kaber u. a., 2000](#)). Damit teilt sie das Situationsbewusstsein des Piloten in drei Stufen ein. Stufe 1 ist die Wahrnehmung von Elementen zu einer bestimmten Zeit an einer bestimmten Position im Raum. Stufe 2 beschreibt den aktuellen Status dieser

---

<sup>1</sup>Für den Vergleich aus [Abbildung 1](#) wurde ein Unfall definiert als schwere Verletzung sowie Todesfall bei Personen oder ein erheblicher Schaden am Flugzeug.

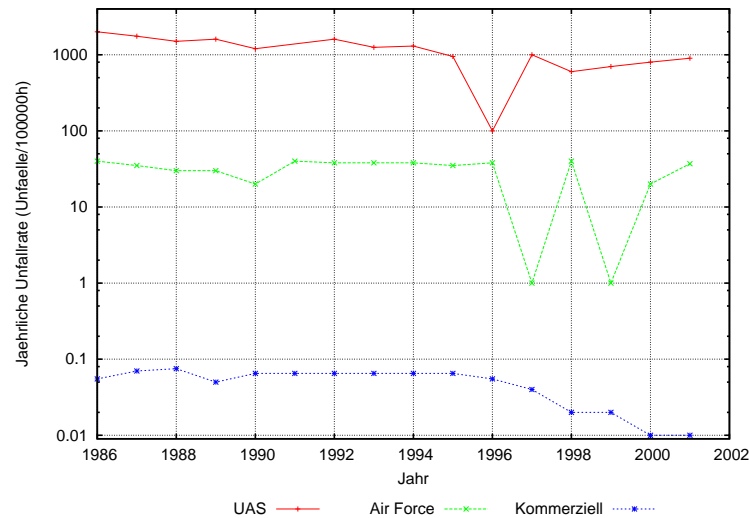


Abbildung 1: Vergleich der Unfallrate von UAS und bemannten Flugzeugen bei 100000 Betriebsstunden (vgl. [Weibel und Hansman, 2005](#))

Elemente und Stufe 3 ist die Projektion der Elemente in naher Zukunft. Zur Verbesserung des Situationsbewusstseins wird zum Beispiel eine Onboard-Kamera eingesetzt, mit der der Pilot einen Eindruck der Situation aus Sicht des UAS bekommt. Dennoch ist es schwer für einen Piloten die Auswirkungen seiner Handlungen vorherzusehen, da er durch diese Kamera nur einen starren Blick auf seine Umgebung erhält. Besonders bei der Steuerung von Luftfahrzeugen, die weit entfernt sind und bei denen der Pilot das Verhalten des UAS nicht zusätzlich von außen (ohne die Onboard-Kamera) beobachten kann, ist eine sichere Fernsteuerung sehr schwierig.

Für eine zuverlässige Steuerung muss der Pilot aus diesem Grund Unterstützung zur Verbesserung seines Situationsbewusstseins erhalten. Durch diese Verbesserung kann die anspruchsvolle Steuerung intuitiver gestaltet werden, was wiederum zu einer zuverlässigeren Fernsteuerung führt. Forschungen in diesem Bereich versuchen dies mit Hilfe einer First Person View (siehe Abschnitt 1.2), die über eine Kamera an Board des UAS realisiert wird ([Righetti u. a., 2007](#), [Hing u. a., 2009](#), [Higuchi und Rekimoto, 2012, 2013](#)). Alle Ansätze benutzen unterschiedliche Hardware zur Anzeige des Kamerabilds und zusätzlich weitere Maßnahme, wie zum Beispiel Augmented Reality oder ein haptisches Feedback, um den Piloten zu unterstützen.

In dieser Arbeit sollen zunächst aktuelle Ansätze im Bereich First Person View zur Unterstützung des Piloten bei der Fernsteuerung betrachtet werden. Basierend darauf soll im An-

schluss ein eigener Ansatz entwickelt werden, der die Fernsteuerung eines UAS vereinfacht und intuitiver gestaltet.

### 1.2 First Person View

Als First Person View (FPV) wird ein Verfahren bezeichnet, bei dem ein Benutzer ein Modell eines Fahrzeugs mit Hilfe einer Kamera an Board des Modells fernsteuert. Die Platzierung der Kamera wird so vorgenommen, dass der Benutzer des Fahrzeugs eine Cockpit-Perspektive erhält. Der Benutzer wird dabei in die Sicht eines sich an Bord befindlichen Fahrers versetzt. Eingesetzt wird diese Technik vor allem um eine Steuerung des Modells auch außerhalb der Sichtweite zu ermöglichen. Mindestens benötigte Komponenten zur Umsetzung einer FPV sind neben der Kamera ein Bildschirm zur Darstellung des Kamerabilds sowie eine Kommunikation zum Datenaustausch zwischen beiden.

## 2 State of the Art

Der folgende Abschnitt soll einen Einblick in vergleichbare Arbeiten geben. Hierbei wird exemplarisch dargestellt, was auf dem Gebiet des First Person View bereits erarbeitet wurde und welche Fragestellungen offenbleiben. Die Betrachtung des aktuellen Stands der Technik erfolgt dabei anhand von Arbeiten aus dem zivilen Bereich. Auf Basis dieser Ergebnisse folgt dann in Abschnitt 3 ein eigenes Konzept für die Masterarbeit.

### 2.1 Mixed-reality Interface von Hing u. a., 2009

James Hing vom Autonomous Systems Laboratory der Universität Philadelphia hat in seiner Arbeit „An Indoor Study to Evaluate a Mixed-reality Interface for Unmanned Aerial Vehicle Operations in Near Earth Environments“ (Hing u. a., 2009) eine intuitive First Person View Fernsteuerung entwickelt. Neben der eigentlichen FPV wird in dieser Arbeit zusätzlich die Umgebung des UAS sowie die Verfolgeransicht<sup>2</sup> von diesem mit einbezogen.

Die Kamera an Board des Luftfahrzeugs unterstützt den Piloten zwar bei der Fernsteuerung, hat allerdings die Einschränkung, dass sie sich nicht bewegen lässt und generell nur ein eingeschränktes Sichtfeld bietet. Durch diese Einschränkungen ist der Pilot nicht in der Lage die kompletten Ausmaße des Flugzeugs zu überblicken, was zu Schwierigkeiten in unübersichtlichen und engen Umgebungen führen kann. Durch das ständige Schwanken des UAS zum Ausgleich der starren Kamera zur Erreichung einer besseren Sicht entsteht eine starke

---

<sup>2</sup>Ein virtuelles Modell des UAS wird in die FPV eingeblendet; Die Ansicht auf dieses Modell befindet sich in einer festen Position hinter dem Modell und wird synchron mit diesem gelenkt.

Belastung des Piloten. Die eingeschränkte Sicht sowie die zusätzliche Belastung führen zu einem schlechteren Situationsbewusstsein des Piloten und damit einer erhöhten Unfallgefahr. Um diesen Auswirkungen entgegenzuwirken haben Hing u. a. (2009) für den Piloten einen Ansatz mit Hilfe von Mixed-Reality entwickelt, der in Abbildung 2 zu sehen ist.

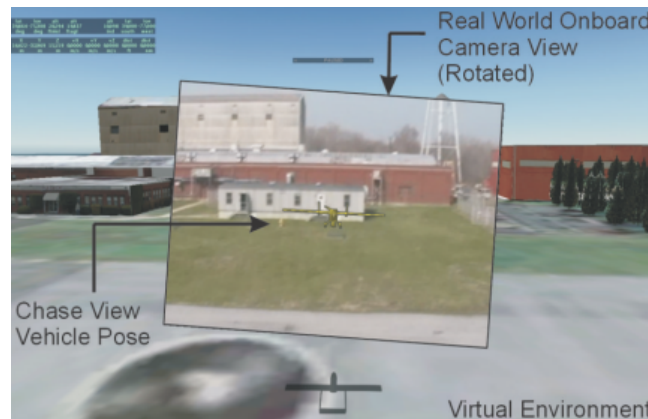


Abbildung 2: Mixed-reality Interface des Piloten (Hing u. a., 2009)

Neben dem eigentlichen Kamerabild wird das Sichtfeld außerhalb der Kamera durch eine virtuelle Repräsentation erweitert. Für die Umsetzung der virtuellen Erweiterung werden zwei verschiedene Methoden vorgestellt. Bei der ersten Methode wird die virtuelle Umgebung durch Extraktion von Merkmalen aus dem Onboard-Kamerabild in Echtzeit erzeugt und modelliert. Dieser Ansatz benötigt einen hohen Rechenaufwand und setzt eine geringe Fluggeschwindigkeit voraus. Die zweite Methode (siehe Abbildung 2) nutzt die IMU<sup>3</sup> und die GPS-Position des UAS sowie ein vorher festzulegendes virtuelles Modell der Umgebung. Bei diesem Ansatz entfällt sowohl der hohe Rechenaufwand als auch die benötigte geringe Fluggeschwindigkeit. Bedingt durch das vorher festzulegende Umgebungsmodell muss die Flugroute allerdings von vornherein bekannt sein. Das virtuelle Umgebungsmodell wird aus einer Simulationssoftware (X-Plane) bezogen. Hierdurch kann es vorkommen, dass die Daten nicht genau mit der Realität übereinstimmen. Zur Darstellung der Rotation des Flugmodells wird das Kamerabild entsprechend der Lage des Flugmodells zur Erde gedreht, während die virtuelle Umgebung konstant bleibt (siehe Abbildung 2). Zusätzlich wird im Sichtfeld der Kamera ein Flugzeugmodell in der Verfolgeransicht dargestellt, um das Verhalten (wie zum Beispiel die Fluglage) von diesem besser widerzuspiegeln.

Für eine Auswertung des entwickelten FPV wurde ein Test mit zwölf Personen durchgeführt. Ziel der Auswertung war ein Vergleich zwischen einem Flug mit der entwickelten FPV

---

<sup>3</sup>Inertial measurement unit; Dient zur Messung von Beschleunigungen und Drehraten des UAS.

von [Hing u. a. \(2009\)](#) und einer FPV ohne Zusätze, d.h. nur dem Onboard-Kamerabild. Die Erfahrung der teilnehmenden Personen im Umgang mit Flugsimulationen variierte von 0 Stunden bis zu mehreren Jahren. Jeder Testperson wurde dabei die Aufgabe zugewiesen mit einem Flugmodell durch einen Parkour zu fliegen. Ziel dabei war es den Parkour möglichst sicher, also mit ausreichend Abstand zu den Wänden an beiden Seiten zu durchfliegen. Die Darstellung des FPV erfolgte dabei auf einem 52“ Monitor. In Tabelle 1 ist dargestellt, dass bei nahezu

Testperson	$A_{ok}$ (deg/s <sup>2</sup> )	$A_{vk}$ (deg/s <sup>2</sup> )	Testperson	$A_{ok}$ (deg/s <sup>2</sup> )	$A_{vk}$ (deg/s <sup>2</sup> )
1 OK	95.52	22.88	7 OK	46.57	15.57
2 OK	45.10	42.75	8 OK	47.88	15.78
3 OK	73.17	63.356	9 OK	180.97	180.97
4 OK	89.83	60.82	10 OK	110.88	107.67
5 OK	57.29	25.64	11 OK	72.37	58.37
6 OK	69.48	71.67	12 OK	54.35	65.91

Tabelle 1: Durchschnittliche Änderungsrate ( $A$ ) der Winkelbeschleunigung für den Flug mit Onboard-Kamera ( $OK$ ) und Verfolgerkamera ( $VK$ ) (vgl. [Hing u. a., 2009](#))

allen Testpersonen eine größere Korrektur der Bewegung beim Flug mit FPV ohne Zusätze nötig war. Zurückzuführen ist dies auf das nicht sichtbare Verhalten des Flugmodells und dem dadurch verursachten mehrfachen korrigieren zum Ausgleich des Fluges. Dies führt zu einem ungleichmäßigeren Flug. Der Flug mit Zusätzen bei der FPV hingegen erforderte weniger Korrekturen und resultiert schneller in einem gleichmäßigeren Flug. Dabei spielte sowohl die Ergänzung der Umgebung, als auch die Verfolgeransicht eine Rolle. Eine anschließende Befragung der Testpersonen ergab, dass der Flug mit der neu entwickelten FPV wesentlich leichter durchzuführen war. Dies ist auf die geringere Anzahl an Korrekturen und der geringeren Belastung des Piloten zurückzuführen, die wiederum das Situationsbewusstsein nicht reduzierte und den Flug aus diesem Grund vereinfachte.

## 2.2 Immersionsflug von [Righetti u. a., 2007](#)

Eine weitere vergleichbare Arbeit wurde im VRLab der EPFL Schweiz durchgeführt. Die Arbeit mit dem Titel „Immersive flight for surveillance applications“ von [Xavier Righetti \(Righetti u. a., 2007\)](#) beschreibt einen Ansatz, in dem neben der eigentlich FPV zusätzlich ein Vibrationsgürtel, ein Head-mounted Display (HMD) sowie ein Headtracker eingesetzt wurde, um die Fernsteuerung so intuitiv wie möglich zu gestalten. Ziel der Arbeit war es dem Benutzer des Luftfahrzeugs möglichst viele Zusatzinformationen zur besseren Fernsteuerung zu bieten, ohne das Situationsbewusstsein zu verringern.



Als Luftfahrzeug wurde in dieser Arbeit ein Prallluftschiff gewählt. An diesem wurde zusätzlich eine Kamera an einem schwenkbaren Teleskoparm sowie mehrere Windsensoren befestigt. Mit Hilfe des Headtrackers wurde außerdem eine intuitive Steuerung der Kamera durch die Kopfbewegung des Piloten ermöglicht. Das Videobild der Kamera wird auf einem HMD dargestellt. Bei der Steuerung eines Prallluftschiffs stellt besonders Wind eine große Herausforderung dar. Da das Prallluftschiff außerdem nur sehr langsam manövriert werden kann, ist ein schnelles Gegensteuern des Piloten selbst bei geringem Wind notwendig. Um dem Benutzer mitzuteilen wie stark und aus welcher Richtung der Wind auf das Prallluftschiff trifft, wird der Vibrationsgürtel eingesetzt. Die verbauten Windsensoren messen die Windstärke sowie Richtung und geben diese an den Gürtel weiter. Des Weiteren werden Kopfhörer genutzt, um kritische Informationen, wie zum Beispiel die Entfernung zu einem Hindernis oder den aktuellen Batteriestand zu übertragen. Durch die in Echtzeit gelieferten Zusatzinformationen ist der Pilot imstande sofort auf die entsprechende Situation zu reagieren.

Um die Auswirkungen des entwickelten Interfaces auf das Situationsbewusstsein zu evaluieren wurde ein Test mit fünf Personen durchgeführt. Das Testszenario bestand aus einem zehnminütigen Flug über einen Parkplatz, auf dem die geparkten Autos von den Testpersonen gezählt werden sollten. Alle Testpersonen waren in der Lage den Zeppelin sicher zu steuern und trotzdem die Autos zu zählen. Vier von fünf Teilnehmern zählten dabei die richtige Anzahl an Autos.

### 2.3 Fliegende Telepräsenz von Higuchi und Rekimoto, 2013

Noch einen Schritt weiter als (Hing u. a., 2009) und (Righetti u. a., 2007) gehen die Arbeiten von Keita Higuchi und Jun Rekimoto mit dem Titel „Flying head: a head motion synchronization mechanism for unmanned aerial vehicle control“ (Higuchi und Rekimoto, 2013) und „Flying head: head-synchronized unmanned aerial vehicle control for flying telepresence“ (Higuchi und Rekimoto, 2012). Ziel der, auf der CHI 2013<sup>4</sup> vorgestellten, Arbeiten war es den Piloten vollständig mit der Bewegung des UAS zu synchronisieren. Die standardmäßig handbasierte Steuerung eines UAS mit Hilfe einer Fernbedienung oder einem Joystick ist nicht sehr intuitiv. Durch die vollständige Synchronisation des Piloten mit dem UAS soll die Bewegung des Piloten in die Bewegung des UAS umgewandelt und so intuitiver werden. Zusätzliche Aufgaben während der eigentlichen Steuerung, wie zum Beispiel das Einstellen von Flugparametern mit Hilfe von Schaltern an der Fernbedienung, sollen mit diesem Ansatz ebenfalls entfallen. Wie in Abbildung 3a zu sehen steuert der Pilot das Luftfahrzeug mit den Bewegungen Laufen, Springen und Ducken sowie durch Umsehen.

---

<sup>4</sup>Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI); Organisiert durch die ACM SIGCHI.

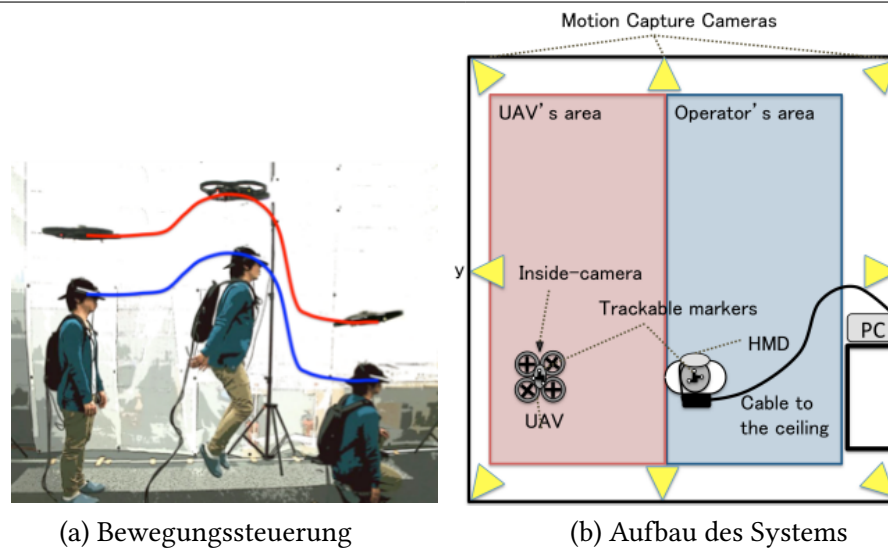


Abbildung 3: (a) Bewegungssteuerung des UAS und (b) Aufbau des Gesamtsystems (Higuchi und Rekimoto, 2012, 2013)

Der Aufbau des Gesamtsystems ist in Abbildung 3b dargestellt. Die First Person View wird genau wie in (Righetti u. a., 2007) auf einem HMD in Form einer Brille dargestellt. Um die Bewegung des Piloten zu erfassen, werden acht Motion-Capture-Kameras eingesetzt. Zusätzlich wird der Raum in die zwei Bereiche UAV und Operator aufgeteilt. Damit die genaue Position sowohl des UAS als auch für den Kopf des Piloten ermittelt werden kann, wurden auf dem HMD sowie dem UAS zusätzliche Marker angebracht. Mit Unterstützung der Marker und der Motion-Capture-Kameras ist es möglich die Position im Raum bis auf 1 mm genau zu ermitteln. Die Berechnung der Bewegung sowie die daraus resultierende Steuerung des UAS wird von einem PC vorgenommen, an den der Pilot mit einem Kabel angeschlossen ist. Aufgrund der physikalischen Begrenzungen des Piloten kann nicht das volle Potenzial des UAS genutzt werden und es müssen Alternativen geschaffen werden. Durch die Begrenzung der Flughöhe an die Größe des Piloten kann diese zusätzlich manuell angepasst werden. Andere Begrenzungen, wie zum Beispiel die Bewegungserfassung des Systems in einem nicht geschlossenen Raum oder die Restriktion durch die Länge des Kabels zum PC sind nicht weiter berücksichtigt.

Um das neue Konzept der Bewegungssteuerung zu Testen wurden zwei unterschiedliche Tests entwickelt. Beide Tests werden zunächst mit einem Joystick und dem HMD durchgeführt und anschließend mit der neu entwickelten Bewegungssteuerung. Bei den Tests müssen verschiedene Marker mit der Onboard-Kamera des UAS erfasst werden. Im ersten Test handelt es sich dabei um die Erkennung von statischen Markern. Im zweiten Test dagegen müssen die Testpersonen einen sich bewegenden Marker erfassen. Abbildung 4a zeigt den Aufbau von Test eins mit vier statischen Markern. Zur Unterstützung des Benutzers bei der Erfassung der

Marker wird mit Hilfe von Augmented Reality der Erfassungsbereich im HMD visualisiert. Abbildung 4b zeigt den Erfassungsbereich ohne das ein Marker erkannt wurde, während 4c den Erfassungsbereich mit erfasstem Marker zeigt. Zur Evaluierung von Test eins wird die Gesamtzeit gemessen, die benötigt wird, um alle vier Marker zu erfassen. Für Test zwei wird ein

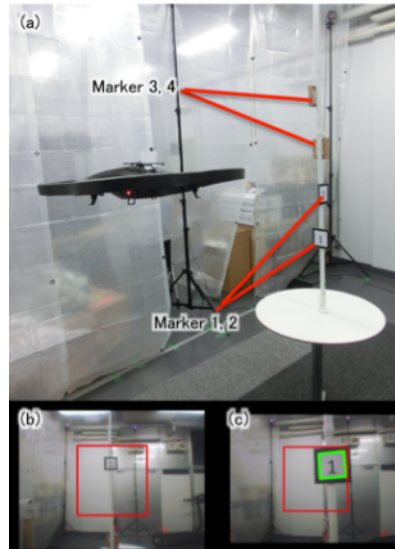


Abbildung 4: Testaufbau für Test eins (a) sowie der visualisierte Erfassungsbereich ohne erfassten Marker (b) und mit erfassten Marker (c) (Higuchi und Rekimoto, 2013)

Marker auf einer sich bewegenden Miniatureisenbahn befestigt. Gemessen wird bei diesem Test die Gesamtzeit in der sich der Marker im Erfassungsbereich des HMD befindet während die Miniatureisenbahn fünf Runden auf einer elliptischen Strecke zurücklegt.

Mit Auswertung der Testergebnisse wurde gezeigt, dass die intuitive Bewegungssteuerung zu einer besseren Kontrolle und schnelleren Durchführung der gestellten Aufgaben führt. Während die Durchführung von Test eins mit einem Joystick durchschnittlich 80,1s dauerte, wurden mit der Bewegungssteuerung nur 40,8s für diese Aufgabe benötigt. Mit der Bewegungssteuerung konnte während Test zwei 59,3% der Fahrzeit der bewegliche Marker erfasst werden, während dieser bei Steuerung mit einem Joystick nur 35,8% der Zeit erfasst werden konnte. Daraus folgt, dass mit der Bewegungssteuerung sowohl präziser als auch schneller gearbeitet werden kann im Gegensatz zur Steuerung mit einem Joystick.

### 3 Persönlicher Fokus

Der folgende Abschnitt beschreibt den Fokus, der während des Masterstudiums verfolgt werden soll. Neben einer Beschreibung der Vision die umgesetzt werden soll, werden zusätzlich Risiken bei der Umsetzung dieses Projekts aufgezeigt.

#### 3.1 Vision

Nach Betrachtung von vergleichbaren Arbeiten aus Abschnitt 2 wird im Folgenden ein eigener Ansatz zur Unterstützung des Piloten beim Fliegen eines UAS entwickelt, auf dem der Fokus während des Masterstudiums liegen soll. Dieser Ansatz soll ebenfalls auf einer First Person View basieren. Mit Hilfe von Augmented Reality sollen außerdem wichtige Zusatzinformationen, wie die Ausrichtung des UAS zum Boden hinzugefügt werden. Als HMD für den Piloten soll eine Oculus Rift genutzt werden. Mit Hilfe der Oculus Rift und dem integrierten Headtracker soll es möglich sein die Kamera zu drehen und so das Umsehen innerhalb des UAS zu ermöglichen. Durch diese Erweiterung sowie das erweiterte Sichtfeld der Oculus Rift von  $110^\circ$  ist eine zusätzliche Einblendung der Umgebung wie in (Righetti u. a., 2007) nicht nötig.

Des Weiteren soll die Umgebung unterhalb des UAS in 3D modelliert werden. Die Modellierung soll dabei mit Hilfe einer zweiten Kamera erfolgen und nicht wie in (Hing u. a., 2009) aus einer vorher festzulegenden Umgebung und einer Simulationssoftware. Außerdem soll die Modellierung mit weiteren Informationen, wie Daten aus einem GIS<sup>5</sup> oder der bereits geflogenen Strecke angereichert werden. Zusätzlich kann das 3D-Modell als Lagebild sowohl für den Piloten als auch für außenstehende dienen. An der Steuerung selbst soll keine Änderung vorgenommen werden, sodass diese weiterhin über eine Fernsteuerung erfolgt. Anders als in (Righetti u. a., 2007) soll bei diesem Ansatz kein haptisches Feedback verwendet werden. Des Weiteren soll der entwickelte Ansatz auch auf längere Entfernung einsetzbar sein, was eine komplette Synchronisation des Benutzers mit dem Luftfahrzeug wie in (Higuchi und Rekimoto, 2012, 2013) ausschließt. Im Gegensatz zu (Higuchi und Rekimoto, 2012, 2013, Hing u. a., 2009) soll die Arbeit zusätzlich auch außerhalb von Laborbedingungen einsetzbar sein.

Für die Realisierung dieser Vision sind unterschiedliche Aufgaben umzusetzen. Diese lassen sich zu den folgenden vier Hauptaufgabenfeldern zusammenfassen.

- *Echtzeit*: Einen großen Faktor stellt Echtzeit dar. Das von der Kamera übertragende FPV-Bild muss in Echtzeit beim Piloten dargestellt werden, da es sonst an Wert verliert. Um

---

<sup>5</sup>Geoinformationssystem

dies zu ermöglichen, muss evaluiert werden, an welcher Stelle die Verarbeitung stattfindet (am Boden oder im UAS) und wie eine möglichst schnelle Verarbeitung der Daten ermöglicht wird.

- *Datenaustausch*: Kamerabilder sowie Daten des UAS mit denen der FPV angereichert werden soll, müssen aus der Luft zur Bodenstation übertragen werden. Vor allem bei Kamerabildern können diese Datenmengen sehr groß werden, müssen aber trotzdem auch über weite Strecken hinweg zur Bodenstation übertragen werden können.
- *Modellierung*: Für die 3D-Modellierung der Umgebung unterhalb des UAS muss ein effizientes Vorgehen erarbeitet werden. Zusätzlich sollen in diese Modellierung sowie in das FPV-Bild zusätzliche Informationen aus einem GIS integriert werden. Zu evaluieren ist ebenfalls, welche Informationen zusätzlich angezeigt werden sollen.
- *Oculus Rift*: Für die Integration des FPV Kamerabilds und der Zusatzinformationen in der Oculus Rift, muss zunächst eine Engine für die Darstellung ausgewählt werden. Anschließend ist ein Konzept über die sinnvolle Anordnung der Informationen im Sichtfeld zu erstellen sowie die Modellierung mit Hilfe der Engine. Zusätzlich muss die Position des Kopfes aus der Oculus Rift ausgelesen werden, um den Winkel der Kamera dementsprechend zu positionieren. Für die Positionierung der Kamera wird in einer laufenden Bachelorarbeit bereits ein schwenkbarer Kamerakopf entwickelt.

### 3.2 Risiken

Eines der größten Risiken bei diesem Projekt stellt der Faktor Echtzeit dar. Alle Teilgebiete sind hiervon betroffen und müssen dementsprechend performant durchgeführt werden. Das verspätete Eintreffen der Daten beim Piloten kann diesen dazu veranlassen unangebrachte Flugmanöver zu fliegen, die im schlimmsten Fall zum Absturz des UAS führen. Ein weiterer Faktor ist die Geschwindigkeit in der sich das UAS bewegt. Dies könnte vor allem bei der Modellierung der Umgebung zu Problemen führen, falls die Fluggeschwindigkeit für eine Modellierung zu groß ist. Das Erprobungssystem befindet sich zurzeit noch in der Entwicklung und steht aus diesem Grund noch nicht für Testzwecke zur Verfügung. Dies stellt ein zusätzliches Risiko dar, da Tests mit Alternativplattformen durchgeführt werden müssen. Des Weiteren ist zum aktuellen Zeitpunkt der Aufwand für diese Arbeit schwer abschätzbar, sodass dies ein weiteres Risiko darstellt.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Der Bedarf zur Unterstützung von UAS Piloten ist groß. Vor allem bei speziellen Flugmanövern reicht die künstliche Intelligenz in den meisten Fällen noch nicht aus. Die vorgestellten Arbeiten haben verschiedene Ansätze zur Realisierung einer solchen Pilotenunterstützung aufgezeigt. Alle Ansätze nutzen dabei das Prinzip des FPV und unterstützen diesen mit zusätzlichen Informationen. Der Ansatz von (Righetti u. a., 2007) zeigt, dass die Modellierung eines erweiterten Sichtfelds dem Piloten einen großen Vorteil verschafft. Die Arbeiten (Hing u. a., 2009) und (Higuchi und Rekimoto, 2012, 2013) zeigen außerdem, dass eine bessere Immersion für den Piloten zu präziseren Flugmanövern und eine schnellere Durchführung der Aufgaben ermöglicht. Alle drei Arbeiten stellen dar, dass FPV-Ansätze angereichert mit zusätzlichen Informationen zu einer Steigerung des Situationsbewusstseins und demzufolge weniger Unfällen führen. Allerdings wurden alle Arbeiten entweder nur unter Laborbedingungen (Hing u. a., 2009 und Higuchi und Rekimoto, 2012, 2013) mit vordefinierten Parametern oder mit einem sich sehr langsamen bewegenden (Prallluftschiff aus Righetti u. a., 2007) Luftfahrzeug getestet. Diese Masterarbeit soll an dieser Stelle ansetzen und einen Ansatz entwickeln, der auch mit einem vergleichsweise schnellen Luftfahrzeug in der Realität angewendet werden kann. Dabei soll der Immersionsfaktor der FPV mit Hilfe der Oculus Rift realisiert werden. Zusätzlich sollen mit Augmented Reality nützliche Informationen in die FPV und die 3D-Modellierung unterhalb des UAS angereichert werden. Beim weiteren Vorgehen sollen zunächst die Grundlagen in den vier Hauptaufgabenfeldern weiter vertieft werden.

## Literatur

- [Endsley 1988] ENDSLEY, M. R.: Design and evaluation for situation awareness enhancement. In: *Proc. of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting*. Santa Monica, CA, U.S.A., 1988, S. 97–101
- [Higuchi und Rekimoto 2012] HIGUCHI, Keita ; REKIMOTO, Jun: Flying head: head-synchronized unmanned aerial vehicle control for flying telepresence. In: *SIGGRAPH Asia 2012 Emerging Technologies*. New York, NY, USA : ACM, 2012 (SA '12), S. 12:1–12:2. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/2407707.2407719>. – ISBN 978-1-4503-1912-6
- [Higuchi und Rekimoto 2013] HIGUCHI, Keita ; REKIMOTO, Jun: Flying head: a head motion synchronization mechanism for unmanned aerial vehicle control. In: *CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA : ACM, 2013 (CHI EA '13), S. 2029–2038. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/2468356.2468721>. – ISBN 978-1-4503-1952-2
- [Hing u. a. 2009] HING, James T. ; SEVCIK, Keith W. ; OH, Paul Y.: Improving Unmanned Aerial Vehicle Pilot Training and Operation for Flying in Cluttered Environments. In: *Proceedings of the 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. Piscataway, NJ, USA : IEEE Press, 2009 (IROS'09), S. 5641–5646. – URL <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1732643.1732963>. – ISBN 978-1-4244-3803-7
- [Kaber u. a. 2000] KABER, David B. ; ONAL, Emrah ; ENDSLEY, Mica R.: Design of automation for telerobots and the effect on performance, operator situation awareness and subjective workload. *Human Factors and Ergonomics*. In: *in Manufacturing*, 2000, S. 409–430
- [Righetti u. a. 2007] RIGHETTI, X. ; CARDIN, S. ; THALMANN, D. ; VEXO, F.: Immersive flight for surveillance applications. In: *3D User Interfaces, 2007. 3DUI '07. IEEE Symposium on, 2007*
- [Weibel und Hansman 2005] WEIBEL, R. E. ; HANSMAN, R. J.: Safety considerations for operation of unmanned aerial vehicles in the national airspace system / MIT International Center for Air Transportation,. 2005. – Tech. Rep. ICAT-2005-1