



# Propellerman

## Projektpraktikum Informationsverarbeitung - Projektplan

Daniel Michalovics, Robin Kusterer, Tobias Maile

28. April 2014

---

### Motivation

Neben vielen Vorlesungen, die sich mit der Theorie befassen, bietet das Praktikum Informationsverarbeitung endlich eine Möglichkeit das bisher erlangte Wissen in die Praxis umzusetzen. Die Aufgabe, ein autonom fliegendes Luftschiff selbstständig zu entwickeln, spornt uns an, da wir unsere eigenen Ideen umsetzen und präsentieren können. Darüber hinaus gewinnen wir durch das Projekt einiges an praktischer Erfahrung hinzu. Der Wettbewerb mit dem anderen Team motiviert uns ebenfalls, da wir natürlich versuchen werden unser Luftschiff mindestens genauso gut zu bauen.

---



# 1 Beschreibung des Projekts

## Zielsetzung

Das Ziel des Projekts ist es innerhalb von ca. 3 Monaten einen kleinen autonom fliegenden Zeppelin zu bauen. Dieser soll, ohne menschlichen Eingriff während des Flugs, einen willkürlich zusammengestellten Hindernisparcour durchfliegen und ein kleines Gewicht (Rettungspaket) an eine markierte Stelle transportieren. Der Start- und Endbereich, in dem der Flug startet bzw. endet sind vorgeschrieben. Die Positionen der Hindernisse sind vor Flugbeginn bekannt. Weitere Bedingungen sind, dass das Luftschiff während des gesamten Flugs nicht höher als 2 Meter fliegen darf und dass das Durchfliegen des Parcours nicht länger als 15 Minuten dauern darf.

## Ansatz

### Aufbau des Luftschiffs

Der Zeppelin besteht aus einem, mit Helium gefüllten, Ballon und einer Gondel. Die Gondel ist im Prinzip eine Platte (z.B aus Holz, Styropor, Plastik) auf der folgende Komponenten montiert sind:

- **Arduino:** als Steuerzentrale und für die Regelung
- **IMU:** zur Bestimmung der Ausrichtung und Flughöhe des Zeppelins
- **Ultraschallwandler und Infrarot-LEDs:** zur Bestimmung der aktuellen Position des Zeppelins
- **nRF24L01 Modul:** zur Funkkommunikation mit der Basisstation am Computer
- **Drei Motoren mit Propellern, inklusive Motortreibern:** zur Steuerung des Zeppelins
- **Elektromagnet:** als Vorrichtung zum Abwurf des Rettungspakets
- **Akku:** für die Stromversorgung
- **oben beschriebener Ballon:** für den Auftrieb

### Flugsteuerung

Der Zeppelin verfügt über drei Gleichstrommotoren, die jeweils einen Propeller antreiben. Einer der drei Motoren ist für das Vorankommen des Zeppelins zuständig und ist daher in Flugrichtung montiert. Ein anderer Motor ist zum Boden gerichtet und wird für die Höhenregelung verwendet. Schaltet man diesen ab, so sinkt der Zeppelin zu Boden. Der dritte Motor, der orthogonal zu den anderen beiden ausgerichtet ist, bewirkt eine horizontale Drehung des Luftschiffs, wobei die Richtung der Drehung von der aktuellen Drehrichtung des Motors abhängt. Um ein dafür ausreichendes Moment zu erzeugen, befindet sich der Motor in einiger Entfernung zum Schwerpunkt der Gondel. Das Aussehen und die Funktion des dritten Motors ist mit dem Heckrotor eines Hubschraubers vergleichbar. Durch die oben beschriebene Anordnung der Motoren ergeben sich zwei translatorische, sowie ein rotatorischer Freiheitsgrad für die Steuerung.

## **Regelung**

Die Regelung findet hauptsächlich auf dem Arduino-Mikrocontroller der Gondel statt. Als Rückführung dient die Positionsbestimmung über IPS. Dazu sendet die Gondel gleichzeitig ein Infrarot- und ein Ultraschallsignal. Die Bodenstationen empfangen diese Signale zeitlich versetzt und senden die zeitliche Differenz weiter an die Basisstation, die mit einem Computer verbunden ist. Der Computer berechnet zunächst die aktuelle Position des Zeppelins. Anschließend wird die Differenz zwischen der aktuellen Position des Zeppelins und den Koordinaten des nächsten Wegpunkts berechnet, die dann dem Arduino als Regelabweichung übergeben wird.

## **Wegberechnung**

Die Wegberechnung findet am Computer statt. Dafür wird ein Programm erstellt, das durch Benutzereingaben Informationen zu Start- und Zielbereich, zu Hindernissen auf der Strecke und zur Lage der Abwurfzone für das Rettungspaket erhält. Ein Wegfindungsalgorithmus berechnet daraus eine Folge von Wegpunkten, die das Luftschiff Schritt für Schritt anfliegen soll. Das Programm berücksichtigt ebenfalls die Maße des Zeppelins, um jegliche Kollision mit Hindernissen zu vermeiden.

## **Erfolgskriterien**

Damit das Projekt gelingt sollten folgende Kriterien erfüllt sein:

- **Die Gondel darf ein Gewicht von 100 Gramm nicht überschreiten.**
- **Der berechnete Flugweg muss durch gegebene Ziele führen und Hindernissen, unter Berücksichtigung der Größe des Luftschiffs, ausweichen.**
- **Das Luftschiff muss in der Lage sein vorgegebene Koordinaten anzufliegen.**
- **Die Position des Luftschiffs muss bis auf eine maximal zulässige Abweichung genau berechnet werden können.**
- **Die Regelung des Flugs muss stabil und robust gegenüber Störungen, vor allem unerwarteten Luftstömungen, sein.**
- **Alle elektronischen Komponenten müssen korrekt miteinander verbunden sein.**
- **Alle Komponenten müssen so fest montiert sein, dass sie während des Flugs nicht abfallen.**

## **2 Meilensteine**

- **1. Projektplan bereit für Präsentation**
  - Recherche bereits abgeschlossen

- Liste aller benötigten Materialien erstellt
- Lösungsansatz für Projektaufgabe gefunden
- Projektstruktur vollständig
- Präsentation erstellt
- **2. Hardware vollständig und verfügbar**
  - Sammelbestellung bereits geliefert
- **3. Aktoren und Sensorentest**
  - Aktoren steuerbar
  - Sensoren funktionieren (Testprogramme)
  - IPS testen
- **4. Navigationssystem eingerichtet**
  - Ultraschall und Infrarot senden und empfangen möglich
- **5. Gondel fertig gebaut**
  - Befestigung der Hardware
  - Gewichtsverteilung ideal gestalten
  - Verbindung vom Ballon zur Gondel
  - ansteuern der Gondel vom Boden aus
  - Verbindung IPS mit Gondel eingerichtet
  - Motoren sind montiert
- **6. Erster manueller Flug**
  - Luftschiff lässt ferngesteuerten Flug zu
  - Kommunikation zwischen Komponenten funktioniert
- **7. Softwareimplementierungen abgeschlossen:**
  - Vorbereitungen auf autonomen Flug
  - Entwurf der Regelalgorithmen und Pfadfindung
- **8. Simulation**
  - Errechnen der Positionsfehler für Regelung
  - Anpassungen vornehmen
- **9. Autonomer Flug**
  - Ballon kommt durchs Ziel
  - Zielpunkte können angeflogen werden
  - Paket kann positionsgenau abgeworfen werden

- **10. Dokumentation**

- Simultanes erfassen des aktuellen Fortschritts
- abschließende schriftliche Darstellung des Projekts

### **3 Projektstruktur (Arbeitspakete)**

#### **Recherche/Materialbeschaffung**

Detailliertes studieren der Herangehensweisen früherer Gruppen, sowie durchstöbern geeigneter Fachliteratur.

Entwurf eines eigenen Konzeptes zur Bewältigung der Aufgabenstellung.

Fristgerechte Organisation passender Materialien.

#### **Zusammenfügen der Hardware**

Anschließen einzelner Bauteile an den Computer, Wissenserwerb zum Umgang mit Software.

Alle Teammitglieder verschaffen sich einen Überblick über die Funktionsweise der gesamten mechanischen und elektronischen Ausrüstung, sodass jeder in der Lage ist eigenständig Änderungen durchzuführen.

Danach erfolgt zunächst das Zusammenbauen der Gondel. Das Gondelgerüst besteht aus Styropor. Die Positionierung der Motoren muss getestet werden, um eine gleichmäßige Gewichtsverteilung zu erreichen. Grundsätzlich verwenden wir 1 Motor für den Vorwärtsschub, einen Motor für den Auftrieb, sowie einen Motor, der an einer Abstandsstange befestigt wird und für die notwendige Drehung um die z-Achse sorgt.

Erweiterung der IPS Bodenstationen in Zusammenarbeit mit Flying Circus, zur Verbesserung der Funkübertragung.

#### **Programmierung**

Entwurf einer Softwarearchitektur. Da die Regelung sehr zeitaufwändig und komplex ist, werden wir zuerst mit Matlab-Simulink simulieren.

Erstellen der einzelnen Programmteile:

- **Streckenberechnung:**

- grafische Oberfläche für Benutzereingaben(Start-/Endbereich, Hindernisse, Abwurfzone, Maße des Zeppelins)
- Algorithmus zur Berechnung einer Strecke von Start bis Ziel bei der das Luftschiff nicht mit Hindernissen kollidieren wird
- Abtasten der Strecke zu einer endlichen Folge von Wegpunkten

- **Kommunikation:**
  - Funkübertragung zwischen Bodenstationen und Basisstation
  - Datenaustausch zwischen Basisstation und Gondel
- **Regelung:**
  - Ermittlung der Ausrichtung des Zeppelins aus den Daten der IMU
  - Programm zur Berechnung der Regelabweichung am Computer
  - Implementierung eines PID-Reglers auf dem Arduino-Mikrocontroller
  - Anpassen der Regelungsparameter durch Flugtests
- **IPS**
  - Anpassung und Beseitigung der Fehler
- **Treiber zum Ansteuern der Gondel:**
  - Ansteuern der Motoren
  - Ansteuern der Infrarot-LEDs und der Ultraschallwandler
  - Auswerten der empfangenen Funknachrichten des nRF24L01-Moduls
- **Testen**
  - Programm, das nacheinander alle elektrischen Komponenten ansteuert
  - Matlab Programm, das den Regler simuliert
  - Programm, das Funkmodule ausliest und die Daten am Rechner darstellt

Anschließend optimieren und Zusammenfügen.

## Test und Evaluation

- **Gondel:** Testen der elektrischen Verbindungen durch Programm, das elektrische Komponenten nacheinander ansteuert
- **Streckenberechnung:** Überprüfen der berechneten Strecke auf Plausibilität.
- **Kommunikation:** Auslesen und Überprüfen von übertragenen Daten.
- **Regelung:** Simulieren der Regelung in Matlab sowie protokollierte Flugtests mit Auflistung aller Regelungsparameter.
- **IPS:** Überprüfung der berechneten Position des Zeppelins auf Richtigkeit.

Mit den Testflügen wird nach Fertigstellung der Gondel begonnen.

## Dokumentation

Während des gesamten Projekts wird der Fortschritt überprüft und festgehalten. Meilensteine müssen fristgerecht erreicht werden. Wöchentlich wird in einem Meeting der aktuelle Fortschritt besprochen und mit dem gewünschten Zeitplan abgeglichen. Auf Überschreitungen der gesetzten Limits muss umgehend reagiert werden.

Nach dem Wettflug erfolgt die Ausarbeitung des Projekts.

## 4 Aktivitäten- / Zeitplan

Monat	Mai					Juni					Juli			
Woche	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Recherche und Materialbeschaffung														
Zusammenfügen der Hardware														
Programmierung														
Test und Evaluierung														
Päsentation														
Dokumentation														
Meilensteine (werden jeweils zum Ende der KW fällig)	1	2	3	4	5			6	7	8	9			

## 5 Aufwandsabschätzung

Für einen geregelten Arbeitsablauf müssen die Arbeitspakete sinnvoll auf- und eingeteilt werden. Während auf der einen Seite die einzelnen Komponententests und die Software Programmierung aufteilbar ist, wird es auch zu Knotenpunkten kommen an denen bestimmte Aufgaben abgeschlossen sein müssen. Wichtige Knotenpunkte sind:

- Zusammenbauen der Gondel.
- Inbetriebnahme der Gondel.
- Kommunikation der einzelnen Programme -> Bodenstation - Gondel - IPS.
- Testen der Regelung am realen Objekt

Diese Punkte werden sehr kritisch behandelt, da sie einige Probleme direkt oder im späteren Verlauf bereiten können.

## 6 Material- und Kostenplanung

Zwei wichtige Kriterien, welche bei jedem Bauteil beachtet werden müssen sind Preis und Gewicht, dabei müssen allerdings auch die speziellen Eigenschaften wie

- Schub (Motoren/Propeller)
- Laufzeit (Akku)

- Stabilität (Gerüst)
- ...

eingehalten werden.

Die von Daedalus zur Verfügung gestellten Rohmaterialien sollten zum Erstellen des Gondelgerüsts ausreichen, und den Gewichtsanforderungen entsprechen. Neben der bereits vorhandenen Elektronik

- Mikrokontroller
- Sensorchip (IMU)
- Motortreiber
- Ultraschallwandler
- infrarot LEDs
- Kabel, Isolierung, ...

werden noch folgende Teile benötigt:

3x Elektromotoren	max 10 Euro	Conrad
min 1x Motorentreiber	etwa 10 Euro	sparkfun
3x Propeller	1.50 - 8.00 Euro	Conrad
Akku	9 - 30 Euro	Conrad

für den schlimmsten Fall ergäbe dies etwa eine Summe von 104 Euro.

Die Abwurfvorrichtung wird selbst hergestellt aus vorhandenen Materialien.

## 7 Risikoanalyse

Risiken für das Projekt sind stets Verzögerungen und unerwartete Kosten. Dabei sind zu beachten:

### **Inkompatible oder beschädigte Bauteile**

- > Nachbestellungen können lange dauern und sind teuer.
- > alternative Teile verlangen möglicherweise Kompromisse und müssen neu getestet und verstanden werden.

Fazit: Frühe Zusammenstellung aller Komponenten und sorgfältige Tests auf Zusammenwirken mit anderen Bauteilen und den Mikrocontrollern um Probleme früh zu erkennen.

### **Programmfehler**

- > Debugging ist sehr Zeitaufwendig
- > Fehler treten unerwartet auf und riskieren den Erfolg des Projektes

Fazit: Die Softwarearchitektur muss gut Überlegt sein, Arbeitsmittel müssen verstanden sein, enge Zusammenarbeit verhindert Probleme bei der Kommunikation der Programme/Programmteile.

### **Ausfälle/ Terminprobleme**



- > Besprechungen, Testphasen können nicht wahrgenommen werden
- > Kollaboration mit anderem Team/Tutoren kommt schwer zustande

Fazit: frühe und verbindliche Terminplanung durch gute kommunikation, mittels Skype, Googlekalender, Github, ..., um den Arbeitsverlauf nicht zu verzögern.

## 8 Änderungen des Projektablaufes

Um Änderungen des Projektablaufs zu dokumentieren wird ein SpreadSheet in Google Drive erstellt, auf das alle Mitglieder lesenden und schreibenden Zugriff haben. Es handelt sich dabei um eine Tabelle mit 3 Spalten, die folgende Informationen über die Änderung enthält: Datum, Maßnahme, Änderungsgrund.

#	DATUM	ÄNDERUNG	GRUND
1			
2			
3			
4			
5			