



DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG E.V.

ZfP-Sonderpreis der DGZfP beim Landeswettbewerb Jugend forscht

BRANDENBURG



Flying Medical Kit

Ansgar Reiff
Falko Staps

Schule:

Einstein-Gymnasium, Neuenhagen bei Berlin
Universität der Bundeswehr München,
Neubiberg

13.3.2018

EINSTEIN-
GYMNASIUM
NEUENHAGEN

Flying Medical Kit



F.M.K. | F3 Zephyros

Projektmitarbeiter: Falko Staps, Ansgar Reiff

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Problem zum Anlass des Forschungsprojektes	2
3	Planungs- und Entwicklungsphase	3
3.1	Effizienz und gewünschte Flugeigenschaften	3
3.1.1	Träger Plattform	3
3.1.2	Flying Medical Kit	6
3.2	Steuerung	7
3.2.1	Trägerplattform	7
3.2.2	Flying Medical Kit	7
3.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	8
4	Versuche	8
4.1	Klassischer Fallschirm	9
4.2	Gleitschirm	9
5	Anwendungsgebiete	10
6	Entwicklungspotenzial	10
7	Danksagung/ Sponsoren	10
8	Anhang	11
8.1	Selbstständigkeitserklärung	11
8.2	Literaturverzeichnis	12
8.3	Abbildungsverzeichniss	13

1 Einleitung

„Nach dem ich mit Freunden eine Schüler-AG am Theodor-Fontane-Gymnasium gründete, entstand ein Team, das sich mit unbemannten Fluggeräten beschäftigt“ :sagt Falko Staps. Dabei haben sich einige besonders für die Nutzbarkeit der Fluggeräte interessiert. So entstand der harte Kern, der seine Ideen bei „Jugend forscht“ schon im dritten Jahr vorstellt. Seit mehreren Jahren arbeiten wir also schon an elektrischen unbemannten Fluggeräten, die besonders lange Flugzeiten haben. Dabei haben wir uns bisher auf Sensoren und deren Hilfe in der Landwirtschaft beziehungsweise Aufzeichnung meteorologischer Veränderungen konzentriert. Aufgrund unserer Erfahrung, entstand eine neue Idee. Diese verdanken wir der AG, da dort nicht nur mit Flächen-Fluggeräten, sondern auch mit Rotor basierten (z.B. Quadrocopter) Fluggeräten gearbeitet wird. Unser Diesjähriges Projekt kombiniert Vorteile von Quadrocoptern mit denen unseres letztjährigen Projektes. Die Umsetzung der Steuerung, welche bei dem Projekt essentiell ist, stammt dabei von Ansgar Reiff. Die Idee für das Konzept stammt von Falko Staps. Gemeinsam führen wir die materielle Umsetzung durch.

2 Motivation und Aufgabenstellung des Forschungsprojektes

Ob Google, Amazon, die Deutsche Post oder verschiedenste Institute, in den letzten Jahren haben sich viele Konzerne damit beschäftigt, wie man Drohnen in unserem Lebensalltag nutzen kann. Besonders im Fokus standen dabei bisher Lieferdienste, bei denen Quadrocopter oder ähnliches uns zu jeder Zeit in Windeseile Pakete vor die Haustür bringen. Dabei fällt immer wieder die Problematik auf, dass sich diese Drohnen bisher allenfalls in urbanen Gebieten lohnen, da ihre Reichweite stark begrenzt ist. So entstanden bereits viele verschiedene Ansätze, bei denen es meistens darum geht, Flugzeuge mit den Senkrechtstart-Eigenschaften der Copter zu vereinigen.

Doch was, wenn es um Leben oder Tod geht, wenn in einer strukturschwachen Gegend etwas Lebensnotwendiges, wie Blutkonserven, Medikamente oder andere Hilfsmittel benötigt werden? Diese Regionen könnten durch immer häufigere Naturkatastrophen abgeschnittene Gebiete sein oder arme Gegenden wie z.B. in Afrika. Da man es sich in kleinen Dörfern nicht leisten kann, jedes teure Medikament zu lagern, könnte man mit einem schnellen Lieferdienst über ein Logistikzentrum so eine Gegend versorgen. Bisher wird da, wo es möglich ist, das Problem durch „Buschpiloten“ gelöst, was jedoch Nachteile gegenüber Drohnen hätte. Dazu zählen im Wesentlichen die Wirtschaftlichkeit, Abhängigkeit von Wetter und Infrastruktur.

Unsere Anforderungen an eine Drohne um diese Art von Problem zu lösen wären also folgende:

1. Reichweite (mindestens 50 km)
2. Möglichst hohe Nutzlasten (mindestens 1 kg)
3. Präzision bei der Auslieferung der Ware
4. Wirtschaftlichkeit und Unabhängigkeit

3 Planungs- und Entwicklungsphase

Um die Präzision der Lieferung und gleichzeitig eine hohe Reichweite zu generieren, haben wir einen neuen Lösungsansatz entwickelt. Dieser sieht ein zweiteiliges System vor, nicht etwa wie bisher senkrecht startende Flugzeuge zu verwenden. Die Reichweite wird durch eine langstreckentaugliche Drohne gewährleistet. Diese ist in unserem Fall die Weiterentwicklung des Zephyros. Der Zephyros ist eine Speziell als Trägerplattform entwickelte Dohne, die elektrisch angetrieben hohe Flugzeiten mit Nutzlasten bis 2 Kilogramm erreichen und per Autopilot gesteuert werden kann. Das Projekt kann auch mit bereits existierenden Drohnen durchgeführt werden. Meist werden diese jedoch vom Militär genutzt und sind mit fossilem Brennstoff betrieben, haben aber auch größere Reichweiten.

Die zweite Komponente des Systems ist eine abwerfbare Nutzlast. Um die Nutzlast unbeschädigt und präzise am Ziel abzusetzen, haben wir eine simple Idee, die so simpel ist, dass sie eine gute Wirtschaftlichkeit erwarten lässt. Die Nutzlast, die wir FMK (Flying Medical Kit) genannt haben, wird mit einem Fallschirm sanft zu Boden gelassen. Dabei ist der Fallschirm steuerbar und bis zu einem gewissen Grad aus jeder Höhe abwerfbar. Die Steuerung übernimmt dabei ein einfacher selbst entwickelter Autopilot.

3.1 Effizienz und gewünschte Flugeigenschaften

3.1.1 Träger Plattform

3.1.1.1 Antriebskonzept

Zuallererst machten wir uns Gedanken über die Konzeption des gesamten Flugzeuges. Es stand von Beginn an fest, dass wir einen elektrischen Antrieb verbauen wollten. Bisher waren fossil betriebene Drohnen deutlich erfolgreicher. Doch es ist das langfristig gesetzte Entwicklungsziel, elektrische Drohnen durch die Einspeisung von Solarenergie weitaus besser bzw. effizienter zu machen. Wir schlossen zu dem Zeitpunkt einen Nurflügler aus, da unsere Erfahrungen dort an bestimmten Punkten nicht ausreichten und wir einige Negativerlebnisse mit Eigenentwicklungen gemacht hatten. Angesichts unseres Zieles eine hohe Effizienz zu erreichen, wäre ein Nurflügler allerdings eine sehr gute Wahl gewesen. Da wir uns mit der Flügelgeometrie separat beschäftigen, geht es hier also um die Anordnung von Rumpf, Leitwerk und Motor an der Tragfläche.

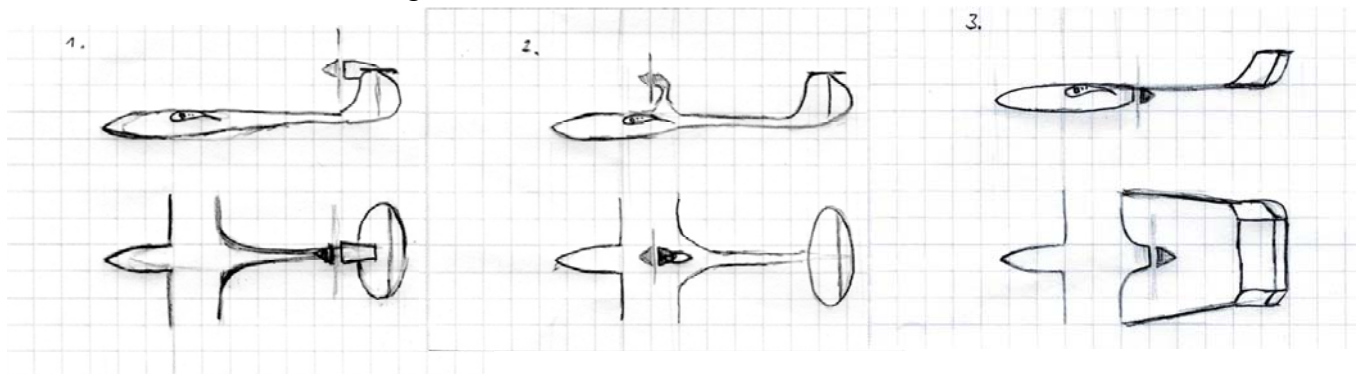


Abbildung 1: Konstruktionsentwürfe 2015, eigene Darstellung

Am Ende hatten wir uns für das dritte Konzept (siehe Abbildung 1) mit einem umgekehrten V-Leitwerk entschieden, da ein Probemodell (siehe Abbildung 2) sehr gute Flugeigenschaften bestätigte. Zu dem kann die Luft nahezu ungebremst den Antrieb anströmen. Vorteilhaft ist ebenso, dass die beschleunigten Luftmassen auch hinter dem Propeller auf nahezu kein Widerstand treffen. Probleme beim ersten Konzept sind das hohe Gewicht vom Motor, dass zu weit hinter dem Schwerpunkt liegt, die zusätzliche Stabilisierung des Leitwerkes, sowie das viel Gegenmasse im Bug verbracht werden müsste. Bei dem zweiten Konzept ist die extra Motorgondel ein Problem. Weiterhin nachteilig wäre der Hebel, an dem die Zugkraft ansetzt, die ein ausgleichendes Moment erzeugen müsste.



Abbildung 2: Testflug Axon 2015, eigene Aufnahme

3.1.1.2 Flügelgeometrie und Profile

Bei der Flügelgeometrie müssen wir die Streckung, die Auftriebsverteilung und den Aufwand beim Bauen der Tragfläche betrachten. Der induzierte Luftwiderstand ist geringer je größer die Streckung der Tragfläche ist. Diese berechnet sich aus der mittleren Flügeltiefe im Verhältnis zur Spannweite. Um eine effiziente Tragfläche zu erzeugen, sollte die Auftriebsverteilung zudem möglichst elliptisch sein. Um das zu erreichen, lässt man für gewöhnlich die Tragfläche schmal zu laufen. Um jedoch den Aufwand zur prototypischen Umsetzung möglichst gering zu halten, sind unsere Tragflächenkanten größtenteils parallel und lediglich die Spitzen sind nach hinten verschmälert, sowie die Flügelwurzel am Rumpf breiter auslaufend. Eine einfache Tragflächenform ermöglicht außerdem das Nachrüsten mit Solarzellen. Diese sind von uns geplant, im Laufe des Jahres 2019 nachzurüsten. Dazu stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Besonders sinnvoll erscheint uns dazu die organische Solarfolie von der Firma Heliatic. Weiterhin bieten sich Winglets zur Nachrüstung an, da wir eine für Segler relativ breite Tragfläche haben, um viel Auftrieb zu erzeugen. Das bedeutet, dass durch die mit dem 3D-Drucker gefertigten Winglets aufgrund der Zerstreung der Wirbelschleppen noch Potential (bis zu 5%) zu holen ist.

Da wir an der Flügelwurzel keine Achtsamkeit infolge der Dimensionierung hinsichtlich der Stabilität geben brauchten, nutzen wir dies aus, um die Langsamflugeigenschaften (wegen der geringen Sinkgeschwindigkeit) zu verbessern. Allgemein war uns das Profil Fx 60-126 schon in die Augen gefallen, da es sehr gute Langsamflugeigenschaften trotz hohen Flächenbelastungen besitzt. Jedoch ist es nicht für den Außenflügel geeignet, da es zu instabil und die Steuerbarkeit nicht ausreichend vorhanden ist. Das HQ/W-2,5 verbindet

außerordentliche Langsamflugeigenschaften mit einem geradezu atemberaubenden Durchzug. Wir verwenden dieses in einer Verwindung zu dem ähnlichen HQ/W-3/10 an der Flügelspitze.

3.1.1.3 Simulation (xflr5)

Wir überprüften nun die benötigten Grundvoraussetzungen wie Flugstabilität und maximalen Auftrieb bei minimaler Geschwindigkeit zum Abheben. Als diese gegeben waren, wurden die Flugeigenschaften hinsichtlich der Effizienz verbessert.

Hierbei waren die Schlüsselwörter: die geringste Sinkgeschwindigkeit sowie die Gleitzahl. Das Programm simuliert ausschließlich Modelle in freiem Luftstrom ohne Antrieb. Die geringste Sinkgeschwindigkeit (Sinken) ist der Wert bei dem das Flugzeug im Gleitflug in einer Zeiteinheit am wenigsten Höhe verliert (V_z). Übersetzt für den motorisierten Flug bedeutet das, wie lange ich mit meiner Energie in der Luft bleiben kann. Im Flug ist V_z von Geschwindigkeit (V) und Anstellwinkel (α) abhängig (siehe Diagramm 4 in Abbildung 4). An zweiter Stelle stand für uns ein möglichst geringes Sinken mit einer akzeptablen Gleitzahl zu vereinbaren. Die Gleitzahl ist der Wert bei dem das Flugzeug in einer Zeiteinheit die weiteste Strecke zurück legt. Sie wird aus der Differenz von den Auftriebs- (CL) und Widerstandsbeiwert (CD) berechnet (siehe

y (mm)	chord (mm)	offset (mm)	dihedral	twist (°)	foil
2	150,000	400,000	0,000	2,00	FX 60-126 AIRFOIL
3	600,000	300,000	50,000	1,00	FX 60-126 AIRFOIL
4	2.000,000	300,000	50,000	1,00	HQ 2.5/11 AIRFOIL
5	2.500,000	160,000	190,000	5,0	HQ3010
6	2.590,000	110,000	250,000	45,0	HQ/Winglet

Wing Span	5460.00 mm
Area	15719.00 cm ²
Projected Span	5259.36 mm
Projected Area	15637.41 cm ²
Mean Geom. Chord	287.89 mm
Mean Aero Chord	316.51 mm
Aspect ratio	18.97
Taper Ratio	60.00
Root to Tip Sweep	4.97 °
Number of Flaps	0
Number of VLM Panels	528
Number of 3D Panels	1078

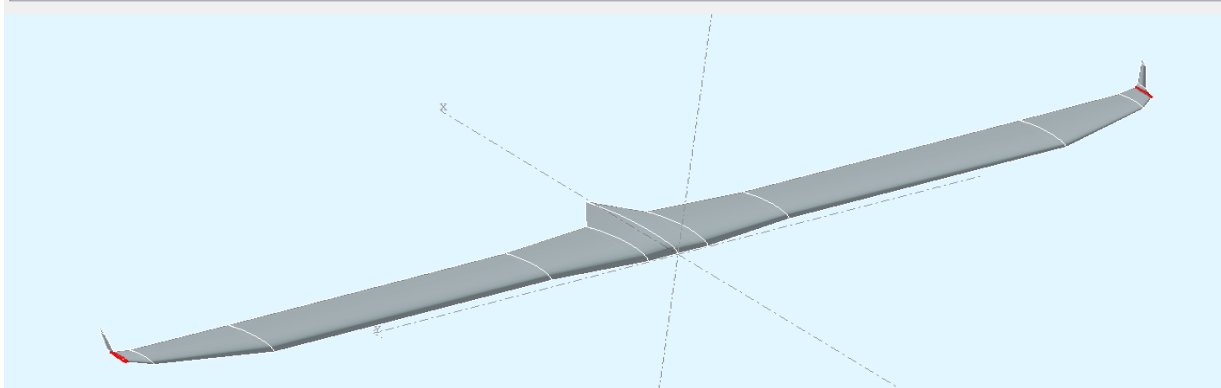


Diagramm 2 in Abbildung 4). Die Gleitzahl bedeutet für den motorisierten Flug wie weit ich mit meiner Energie kommen würde.

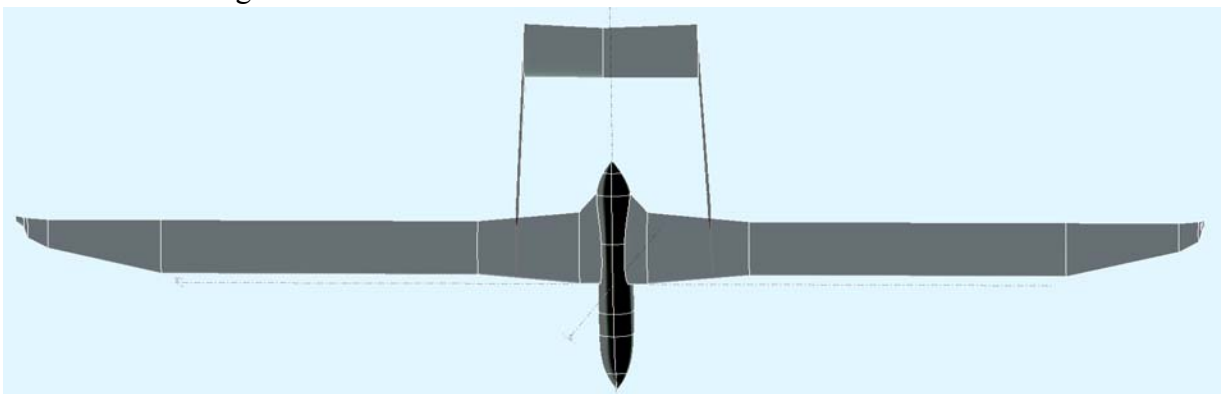


Abbildung 3: Tragfläche des Zephyros in xflr5, eigene Darstellung

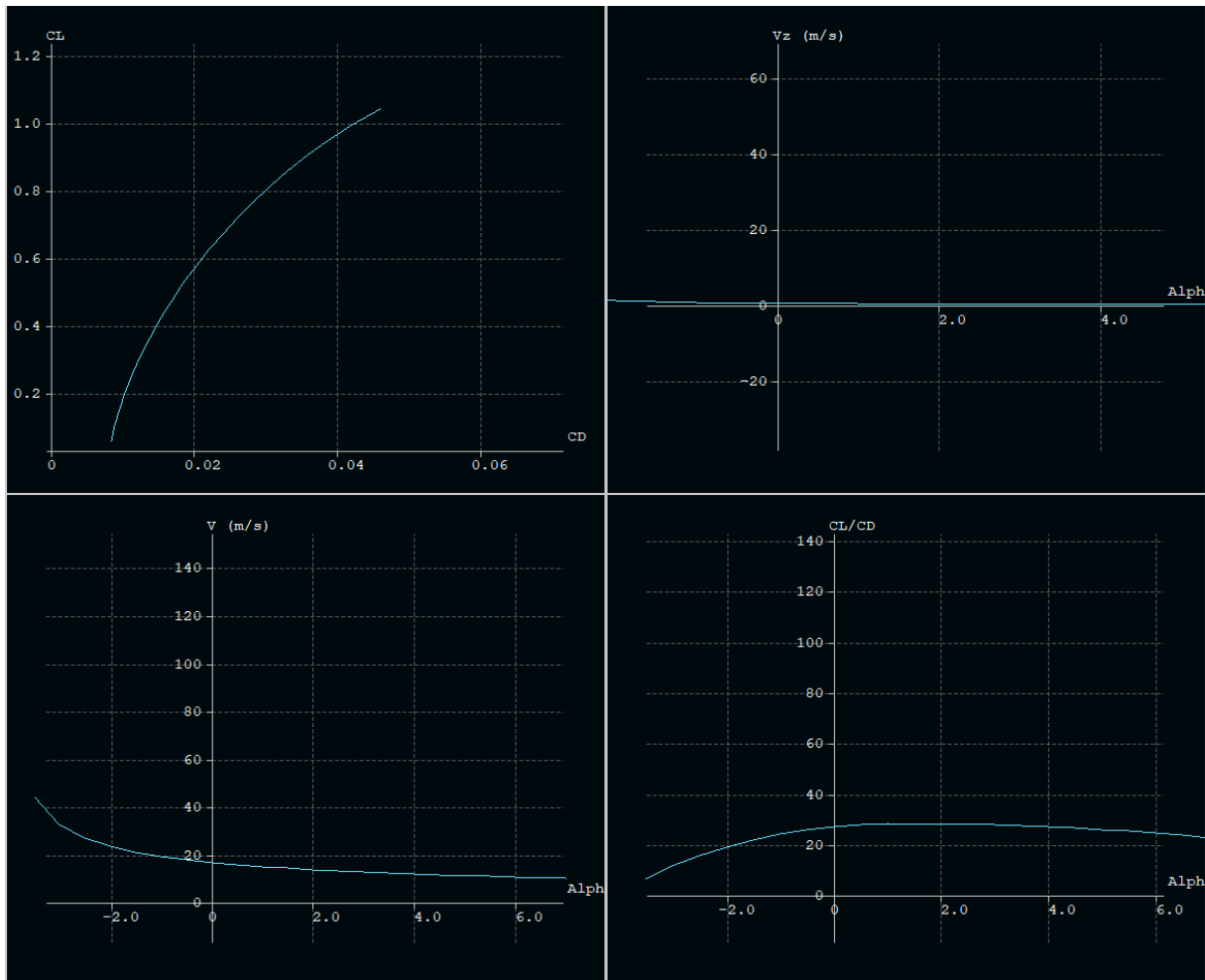


Abbildung 4: Xflr5 (Fixed Lift, Viskos, Ring Vortex) Berechnung

Die ermittelten bzw. simulierten Kennwerte müssen aufgrund der Komplexität der Aufgabenstellung nur als theoretische Interpretation angenommen werden. Sie geben uns einen Hinweis zur Tauglichkeit unter bestimmten Annahmen. Uns war das bewusst, daher arbeiteten wir nur vergleichend mit den Werten innerhalb des Programmes. Dieses kann den genauen Reibungswert der Oberflächen nicht berücksichtigen. In naher Zukunft (wenn es das Wetter ermöglicht) werden wir die tatsächlichen Werte des Flugzeuges ermitteln.

3.1.2 Flying Medical Kit

Eine Entwicklung des Flugrumpfes ohne Anwendungsfall machte für uns keinen Sinn. Daher haben wir uns entschlossen, ein Medizinisches Notfallpaket zu entwickeln, das an den Rumpf des Flugzeuges befestigt werden kann. Dieses im folgenden bezeichnete „*Flying Medical Kit*“ (Abgekürzt F.M.K.) navigiert sich selbständig vom Abwurfpunkt bis zum Zielpunkt am Boden mittels eines Gleitschirmes und eines selbst erstellten Autopiloten.

Um eine schnelle Einsatzmöglichkeit zu gewährleisten, haben wir die Kapsel innerhalb eines 3D CAD Programmes (SolidWorks) erstellt und sie im Anschluss mit einem 3D-Drucker ausgedruckt. Um dabei nicht zu viel Material zu beanspruchen (Gewichtsreduktion), druckten wir die Kapseln mit einer Füllung von nur 20%. Durch die Wabenstruktur im Inneren der Wand, lässt sich die erforderliche Stabilität gewährleisten. Dadurch, dass wir die Kapsel

selbst designen konnten, war es möglich, jegliche Komponenten direkt mit einzuplanen. Durch das Ausdrucken und der Genauigkeit des Druckers kam es anfangs zu dem Problem, dass die Aussparung für das Display zu klein war, was man aber schnell im Programm beheben konnte. Um ein möglichst großes Volumen zu garantieren, mussten wir die Kapsel aus insgesamt 2 Teilen fertigen, die je ca. 10 Stunden zum Ausdrucken brauchten. Durch diese vergleichbar kurze Zeit kann man innerhalb von 20 Stunden in Katastrophengebieten mehrfach eingreifen. Es wäre aber auch denkbar, eine kleine Anzahl von Kapseln vorher bereitzustellen, um diese im Katastrophenfall sofort senden zu können.

Noch bevor wir die F.M.K. konstruierten, machten wir erste Tests mit Fallschirm-Arten um sicherzugehen, dass die Medizinischen Güter bei der Landung nicht zerstört werden, sowie um zu garantieren, dass sie nicht vom Wind erfasst und aus dem Zielgebiet getrieben werden. Dabei stellte sich heraus, dass ein klassischer Fallschirm kaum bis gar nicht steuerbar ist und sich sehr leicht vom Wind beeinflussen lässt. Die nächste Option war ein Gleitschirm aus China zu testen. Dabei bemerkten wir, dass diese Art um einiges reaktiver auf kleinere Steuereingaben ist. Das war ein wichtiger Faktor, da der Gleitschirm aus zwei Hauptleinen und zwei Steuerleinen besteht. Wesentlich war, dass wir damit nicht noch mehr Gewicht mit Schrittmotoren zu bewegen haben. Abschließend haben wir uns jedoch dazu entschieden, den Schirm mit Servo-Motoren anzusteuern.

3.2 Steuerung

3.2.1 Trägerplattform

Das von uns gebaute unbemannte Luftfahrzeug kann mit Hilfe eines sogenannten Ardupilots, was einen programmierbaren Autopiloten darstellt, sich komplett autonom im Abwurfgebiet bewegen. Im Abwurfgebiet angekommen, kann automatisch oder manuell die Kapsel abgeworfen werden, welche sich dann bis zum Boden mit einem Gleitschirm selbst steuert. Der hierbei verwendete ArduPilot benutzt einen GPS Sensor und einen Kompass zur Positionsbestimmung und Kursberechnung. Außerdem haben wir die Möglichkeit, dass Fluggerät auch manuell mit einer Fernsteuerung zu steuern. Dieses wird ermöglicht über eine 2,4 GHz Funkverbindung. Dadurch können wir im Abwurfgebiet auch noch kleine Änderungen an Höhe, Position und Schnelligkeit tätigen.

Wie auch in der F.M.K. wurden im Flugzeug Servos zur Ansteuerung der Querruder und Höhenruder verwendet. Dies ermöglicht einerseits für den Autopiloten, wie auch für die manuelle Steuerung eine hohe Präzision, wie auch eine schnelle Reaktion auf Wind oder Kursungenauigkeiten.

3.2.2 Flying Medical Kit

Die Steuerung des F.M.K. läuft hingegen 100% autonom, unterstützt durch unseren hauseigenen Autopiloten, der vom Teammitglied, Ansgar Reiff, entwickelt und getestet wurde. Der Autopilot verwendet einen Kompass und ein GPS-Empfänger, welcher die aktuellen Koordinaten ausliest und an den Arduino überträgt. Der Arduino verarbeitet diese Daten mit Hilfe einer Abwandlung des Seitenkosinussatzes. Erst errechnet er den Kurs zwischen der aktuellen Position und der Zielposition. Nachdem dies geschieht, wird der

berechnete Kurs mit dem aktuellen verglichen, um die Fehlersumme zu erkennen, welche dann von den Servos korrigiert wird. In diesem Prozess wird auch der Abstand zwischen diesen Koordinaten berechnet, diese Distanz wird im Anschluss benutzt, um zu vergleichen, ob die F.M.K. näher als 5 m an der Zielkoordinate ist. Falls dies der Fall ist, geht sie solange in ein Kreiseln über, bis sie entweder auf dem Boden oder 5 m vom Ziel entfernt ist.

Dieser gesamte Vorgang wird erst ausgelöst, nachdem die Kapsel vom Flugzeug entriegelt wurde. Um sicherzustellen, dass die Kapsel wirklich vom Flugzeug getrennt ist, werden hierzu zwei Kontakte genutzt, die mit einem Gummiband, welches die Kapsel hält, zusammengehalten werden. Nachdem diese Kontakte getrennt werden, wird die Kapsel aktiviert und sie beginnt mit der Berechnung des Kurses.

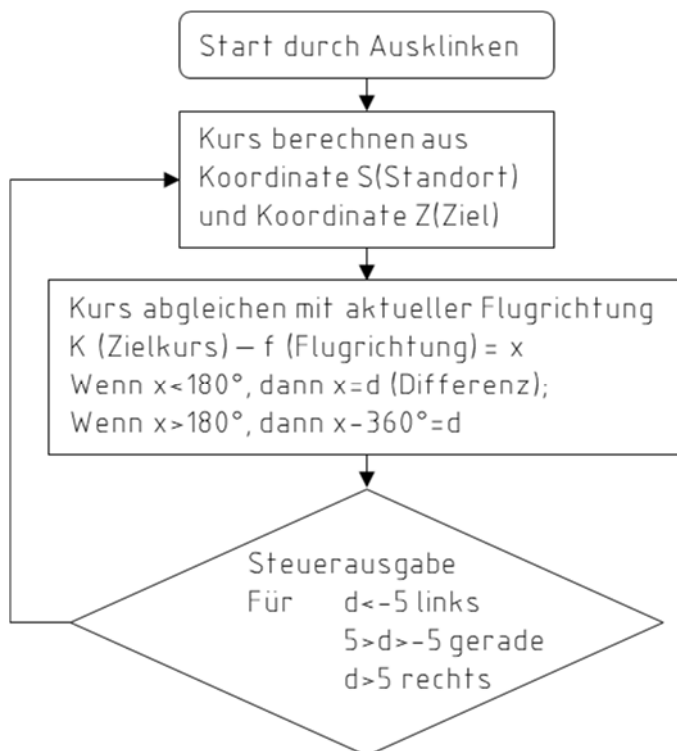


Abbildung 5: Flussdiagramm der F.M.K., eigene Darstellung

3.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Durch die Möglichkeit des 3D-Drucks ist es möglich, die gesamte Außenhülle der Kapsel bei einem Preis von ca. 0,25 € je kWh, sowie ein Materialanteil von knapp 4 € für knapp 8 € auszudrucken. Lässt man die Kapsel von einem 3D-Druckbetrieb herstellen, ließe sich der Preis pro Kapsel auf knapp 5 € reduzieren. Bei der Elektronik ist das Problem ähnlich, auch hier hat man einen Preis von knapp 19 €, jedoch kann man bei dem Hersteller gleich größere Mengen bestellen, was dann den Preis auf bis zu 2 € senken würde.

Das heißt, dass ohne die Medikamente oder Blutkonserven mit einzuberechnen, unsere Prototypen auf einen ungefähren Preis von 35 € für eine Kapsel kommen würde. Oder aber auf 8 € pro Kapsel, wenn man die Komponenten in Serie produziert.

Arduino Nano:	Amazon: 3 € Massenbestellung: ca. 0,1 €
GPS Sensor:	Amazon: 7 € Massenbestellung: ca. 0,4 €
Display:	Amazon: 6 € Massenbestellung: ca. 0,3 €
2 Stück Servo:	Amazon: 3 € Massenbestellung: ca. 1,0 €
Fallschirm:	Amazon: 30 € Massenbestellung: ca. 10€
3D Druckmaterial pro Kapsel (400g):	Amazon: 8 € Massenbestellung: >= 1,0€

4 Versuche

4.1 Klassischer Fallschirm

Wie schon erwähnt, hatten wir eine Versuchsreihe gestartet, um herauszufinden, welcher Fallschirm-Typ sich am besten eignet, für einen gesteuerten Flug. Um diesen Versuch durchzuführen, gingen wir auf ein Dach von einem Wohnungsneubau in Strausberg-Vorstadt, dieser war ca. 20 m hoch und ermöglichte es uns, den klassischen Fallschirm mit einem Gewicht und einem simplen Empfänger Servo-System vom Dach sicher fallen zu lassen. Dabei erhofften wir uns einen stabilen und schnellen Vorwärtsflug, wenn wir in diese Richtung steuerten.

Bei den ersten drei Würfen klappte dies gar nicht, aber nachdem wir den Fallschirm stabilisiert hatten, merkte man, dass der Schirm zwar schwach jedoch steuerbar war. Zur Stabilisierung schnitten wir ein Loch in die Mitte des Schirms. Dennoch war die Steuermöglichkeit leider zu gering, um unser Ziel zu erreichen. Mit genügend Fallhöhe könnte man das jedoch kompensieren.

Schlussendlich mussten wir die Idee des Fallschirms verwerfen, da er keine stabilen Kurven flog. Dies resultierte daraus, dass er die Schräglage erst sehr spät der Kurve anpasste und sich daher aufschaukelte. Er kam bei mehreren Richtungsänderungen in kurzer Abfolge mehrmals in eine trudelartige Bewegung. So war er unsteuerbar und ungeeignet. Mögliche Einflüsse wie Wind, Übersteuerung und falsches Abwerfen, könnten aber auch zu dem Flugverhalten führen. Wir führten insgesamt 25 Versuche durch und dokumentierten korrekte Abwürfe per Videoanalyse, um uns zu vergewissern, dass die Ursache konstruktionsbedingt war.

4.2 Gleitschirm

Nach dem wir einen passenden Gleitschirm auf dem Markt gefunden hatten, installierten wir diesen an einer Testkapsel. An einem steilen Hang testeten wir nun die Flugeigenschaften. Wir starteten den Gleitschirm dazu zehnmal von einer Erhöhung, damit wir ihn in entfalteter Form abwerfen konnten. Die ersten Flüge misslangen, weil der Gleitwinkel des Schirms nicht richtig eingestellt war. Ab Versuch 3 flog das System stabil geradeaus. In weiteren Flügen konnten wir das äußerst stabile Flugverhalten bestätigen. Wir führten auch erfolgreich leichte Kurvenflüge bis zu 30° durch. Bei den Versuchen war besonders der Wind ein großer Faktor für Fehler. Darum werden wir in Zukunft weitere Tests von höheren Abwurfpositionen

durchführen, bevor wir von einem fliegenden System starten. Noch vor dem Sommer wollen wir das gesamte System dann mit Autopilot testen.

5 Anwendungsgebiete

Durch die derzeitige Entwicklung der F.M.K. und der Trägerplattform wäre es direkt möglich, in Afrika oder Entwicklungsländern einen medizinischen Einsatz zu starten. Das schließt eine Nutzung bei Katastrophen, wie Erdbeben, Bränden oder ähnliches ein, wo Hilfsgüter an einem abgelegenen Ort gebraucht werden, wohin es keine befestigten Straßen oder nicht genug Platz zum Landen gibt.

6 Entwicklungspotenzial

In der Zukunft werden wir versuchen, die Kapsel und auch das Flugzeug noch effizienter zu gestalten, um eine höhere Reichweite und auch eine höhere Qualität zu gewährleisten. Außerdem möchten wir es mit Sponsoren schaffen, diese Kapsel für einen günstigen Preis zur Verfügung zu stellen, um Menschen auf dem gesamten Globus zu helfen. Unser derzeitiges Hauptaugenmerk liegt hierbei auf Afrika und dessen ärmere Länder wie Togo, da es dort vor Ort an medizinischen Gütern mangelt. Hierbei besteht eine Kooperation mit dem Verein für Deutsch-Afrikanische Zusammenarbeit e.V. (www.daz-eu.de). Der Verein engagiert sich in der Savannenregion Togos. Der Vater vom Teammitglied, Ansgar, konnte dort schon einige Projekte umsetzen und helfen.

Ebenfalls besteht derzeit noch die Möglichkeit, eine Platine für die elektrischen Komponenten herzustellen. Dies würde noch stark die Kosten senken und es wäre nicht mehr nötig, die Komponenten einzeln zusammenzulöten.

7 Danksagung/ Sponsoren

Wir möchten uns an dieser Stelle bei all denen bedanken, die uns bei der Anfertigung dieser Arbeit so kräftig unterstützt haben. Insbesondere für die finanzielle Unterstützung vom Förderverein des Albert-Einstein-Gymnasiums Neuenhagen und in den vergangenen Jahren des Theodor- Fontane-Gymnasiums, möchten wir uns bedanken. Wir möchten uns auch bei Herrn Christian Wilke (FlyingMachines) für die Startvorrichtung, beim FSC Strausberg für das benötigte Know-How und bei Herrn Dieter Neizel für die Hilfe beim Bau des 3D-Styro-Cutters bedanken.

8 Anhang

8.1 Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erklären wir, dass wir die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die im Quellenverzeichnis angegebenen Hilfsmittel verwendet haben.

Insbesondere versichern wir, dass wir alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht haben.

Strausberg, 31.01.2018


Falko Staps


Ansgar Reiff

Wörter: 3.173

8.2 Literaturverzeichnis

- Flrian Pollakowsky, Falko Staps, Ansgar Reiff; (2016; 2017). Fliegende Forschungsplattform
Kassera, W. (2013). *Flug ohne Motor*. Motor buch Verlag.
(<http://www.aerodesign.de/aero/randbogen.htm>). Abgerufen am 1.4. 2016
(<http://www.aerodesign.de/design/holmaufbau.htm>). Abgerufen am 11.10. 2016 von
(http://www.mfc-rossendorf.de/fileadmin/Projekte/BauF3J/Download/dglr_veroeff_flugmodell.pdf).
Abgerufen am 12 2015
(<http://www.aerodesign.de/>). Abgerufen am 11. 10. 2016
(<http://www.delago.de/ariane/DFormel.htm>). Abgerufen am 9. 10. 2016
(<http://www.hq-modellflug.de/theory%20contributions/diamant%20plus%20holmberechnung.pdf>).
Abgerufen am 8. 10. 2016
(<http://www.swiss-composite.ch/pdf/i-Styro-Tragflaechen.pdf>). Abgerufen am 8. 10. 2016
(<http://www.aviation4u.de/school/aerodynamik2.htm>). Abgerufen am 12. 12 2016
(http://www.fliegerweb.com/inhalte/Airliner/Reportagen/Maturaarbeit_Winglets/Maturaarbeit_Winglets.pdf). Abgerufen am 23. 12 2015
(<http://www.flugrevue.de/flugzeugbau/winglets-fuer-sparsames-fliegen/534530>). Abgerufen am 7. 1
2016
(<http://www.nasa.gov/centers/dryden/about/Organizations/Technology/Facts/TF-2004-15-DFRC.html>). Abgerufen am 23. 12 2015
(<http://theflyingengineer.com/flightdeck/winglets-and-sharklets/>). Abgerufen am 20. 11 2015
(http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_maschinenwesen/ilr/tfd/studium/dateien/Aerodynamik_V.pdf). Abgerufen am 23. 12 2015
(<http://www.b737.org.uk/winglets.htm>). Abgerufen am 7. 1 2016
(<http://shop1.r-g.de/art/205105>). *Faserverbundwerkstoffe*. Abgerufen am 8. 2.2016
(<https://medeor.de/de/hilfsprojekte/malaria/togo-maritime.html>). Abgerufen am 30.01.2018
(<http://www.daz-eu.de>). Abgerufen am 30.01.2018

8.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Konstruktionsentwürfe 2015, eigene Darstellung	3
Abbildung 2: Testflug Axon 2015, eigene Aufnahme	4
Abbildung 3: Tragfläche des Zephyros in xflr5, eigene Darstellung	5
Abbildung 4: Xflr5 (Fixed Lift, Viskos, Ring Vortex) Berechnung.....	6
Abbildung 5: Flussdiagramm der F.M.K., eigene Darstellung.....	8