



**Thema | Titel**

**Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule



Abb. 1 Frontansicht



Abb. 2 Seitenansicht

**1. Szenario, Beschreibung des Projekts**

Dieses Projekt befasst sich mit dem selbständigen Bau einer flugfähigen Drohne.

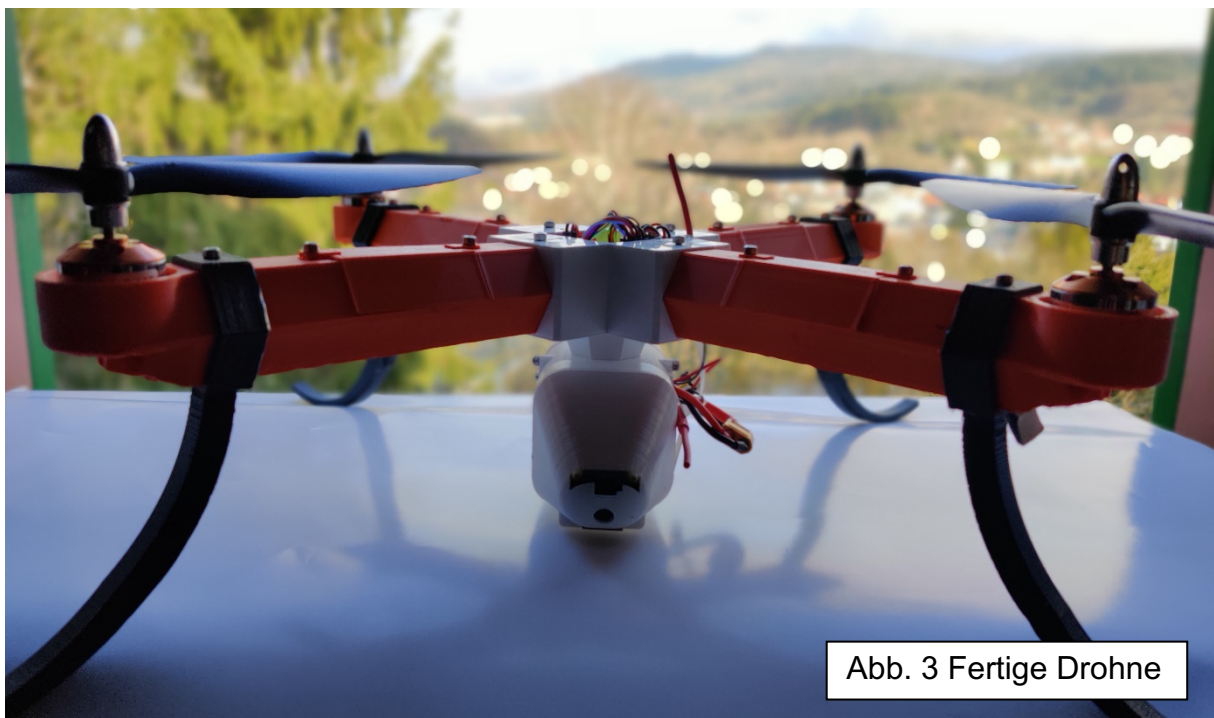


Abb. 3 Fertige Drohne

Bei der **einfachsten Niveaustufe** wird der Schwerpunkt auf die Funktionsbeschreibung der Bauteile der Drohne und deren Fertigung gelegt. Dabei lernen die Schülerinnen und Schüler den Aufbau und die Funktionsweise der einzelnen Komponenten der Drohne kennen.

Im **mittleren Niveau** werden CAD-Vorkenntnisse benötigt. Anhand von technischen Zeichnungen werden die Lernenden Schritt für Schritt zur Konstruktion dieses Fluggerätes auf Basis fertiger Pläne hingeleitet.



## Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

Auf dem **höchsten Niveau** können Lernenden anhand von beispielhaften technischen Zeichnungen ihre eigene Kreativität in die Herstellung der Drohne einfließen lassen. Dabei werden den Schülerinnen und Schülern nur geringe Rahmenbedingungen aufgelegt, um ein freies Arbeiten zu ermöglichen. Zeichnungen und Beispieldatensätze aller notwendigen Bauteile geben lediglich Hinweise.

Das Projekt benötigt nur **rudimentäre Voraussetzungen aus dem Technikunterricht**. Abgesehen von den Elektronikbauteilen handelt es sich um einfache Montageschritte, die mit einem Schraubendreher durchgeführt werden können. Die Elektronikarbeiten hängen von den verwendeten Bauteilen ab.

*Hinweise an die Lehrkraft: Es empfiehlt sich, die Bauteile aus dem 3D-Drucker vorab auszudrucken. Die Druckzeit beträgt je nach Baugruppe mehrere Tage! Als Filament kann PLA verwendet werden.*

### **Arbeitszeiten:**

**Elektronik: 8 h**

**Drohnenkörper: 10 h**

**Drohnenarm: 6 h**

**Zusammenbau: 10 h**

Sämtliche Bauteile sind so konstruiert, dass eine Nachbearbeitung in der Regel nicht notwendig ist. Teile, die ein Gewinde benötigen, wurden so angelegt, dass sich die Schrauben selbst ein Gewinde schneiden. Sollten aufgrund ungenauer Druckerzeugnisse Teile nicht passen, müssen **gewindetragende Teile** mit einem **2,5 mm** Bohrer und **bewegliche Teile** mit einem **3 mm** Bohrer **ausgebohrt** werden.



# Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

## Materialliste und Beschreibung der verwendeten Bauteile (1 von 2)

	Benennung		Benennung		Benennung
	Verbindungsstück/ Aufsatz		Drohnenkörper, Heckteil		Lande-/ Standfuß
	Drohnenkörper, Mittelstück		Drohnenkörper, Frontteil		16 AWG Kabel
	Drohnenarm		Deckel für den Drohnenarm		Jumper Kabel (Male-Female, Female-Female)
	Akku 3S-11,1V		XT60 Stecker (Male, Female)		Ladegerät für den Akku







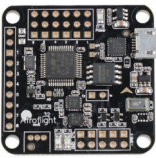


# Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**


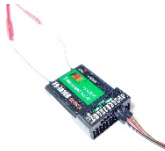
Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule




## Materialliste und Beschreibung der verwendeten Bauteile (2 von 2)

	Elektromotor „Brushless A2212 1000 KV“		Propeller „1045“ links- und rechtsdrehend		Motorregler ESC 30A
	Innensechskantschraube M3 verschiedene Längen		1,7*6 mm Schrauben selbstziehend (vom Naze32 Gehäuse)		Micro-USB-Kabel
	Naze32 Full Flight Controller mit Header				

Steuerung mit FlySky

	FlySky FS-i6x Controller		FlySky iA10B/iA6B Receiver		
--	--------------------------	---	----------------------------	--	--

Steuerung mit dem Raspberry Pi

	Raspberry Pi Zero WH mit Headerpins		Raspberry Pi Cam		SD-Karte (min 16GB, mindestens Class 10)
--	-------------------------------------	---	------------------	---	--

## Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

### 2. Arbeitsauftrag

1. Bilden Sie ein Team aus bis zu vier Mitgliedern.
2. Besorgen Sie sich von Ihrer Lehrkraft sämtliche Materialien zum Bau des Fluggeräts. Anschließend lagern Sie die Bauteile in einer Kiste und beschriften diese mit Ihrem Teamnamen, um spätere Verwechslungen zu vermeiden.
3. Arbeiten Sie die Anleitung gemeinsam Schritt für Schritt durch. Wenden Sie sich bei Unstimmigkeiten an die Lehrkraft.

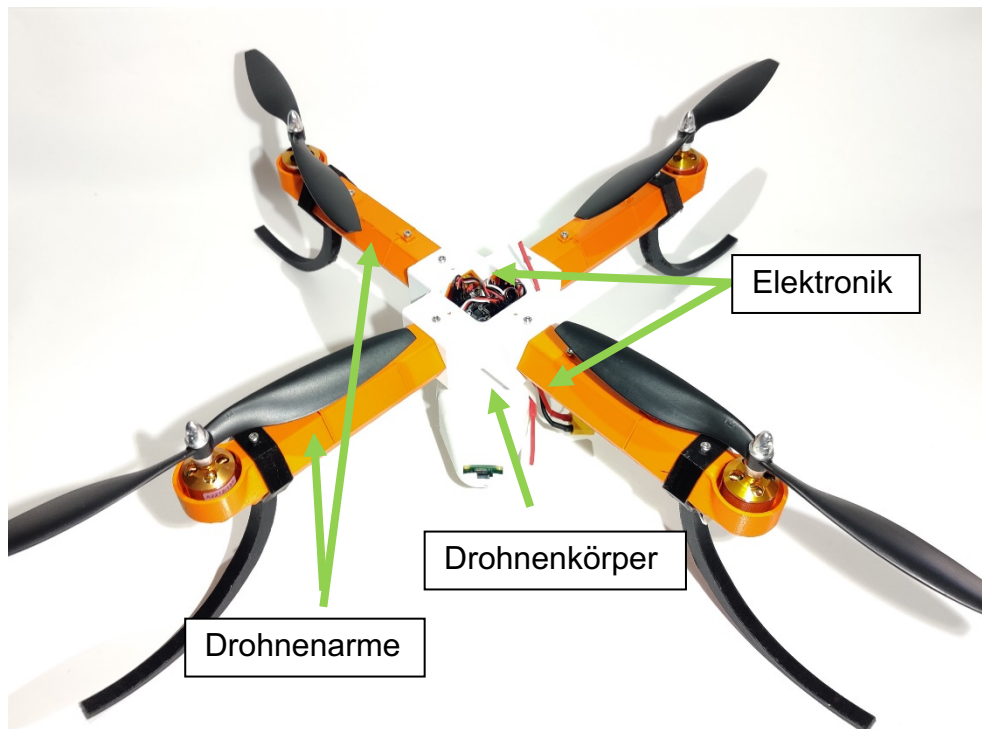


Abb. 4 Baugruppenbeschreibung

Das Fluggerät besteht aus drei Baugruppen:

1. Elektronik
2. Drohnenkörper
3. Drohnenarme

# Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

## Kurzbeschreibung



Im ersten Schritt wird die Elektronik aufgesetzt, der Flightcontroller wird also konfiguriert und die Steuerung eingestellt. Anschließend wird der Drohnenkörper zusammengesetzt und das Verbindungsstück zu den Drohnenarmen befestigt. Nachdem die Arme der Drohne angesteckt sind und die Elektronik verbunden ist, wird der Flightcontroller über die Konfigurationssoftware verbunden. Jetzt ist die Drohne flugbereit.

### Die Platinen und Software

**Folgende Teile benötigen Sie:** *Naze32, Raspberry Pi mit Kamera / FlySky Fernbedienung und Empfänger, Jumperkabel, Micro-USB Kabel für Naze32*

**Info:** Zur Steuerung der Drohne kann man einen Raspberry Pi (Einplatinencomputer) verwenden. Die Verbindung erfolgt via Wifi mit einem Handy. Auf dem Handy muss die Steuersoftware „WiFree“ installiert sein, die auch zur Steuerung der Drohne verwendet wird. Auf dem Raspberry Pi befindet sich das Betriebssystem, mit dem die Steuerdaten über die Jumperkabel an den Flightcontroller weitergegeben werden.

Alternativ kann man die Drohne auch für eine separate Drohnenfernbedienung ausrüsten. Dies hat den Vorteil, dass die Reichweite höher und die Latenz geringer ist. Allerdings ist diese Alternative teurer.

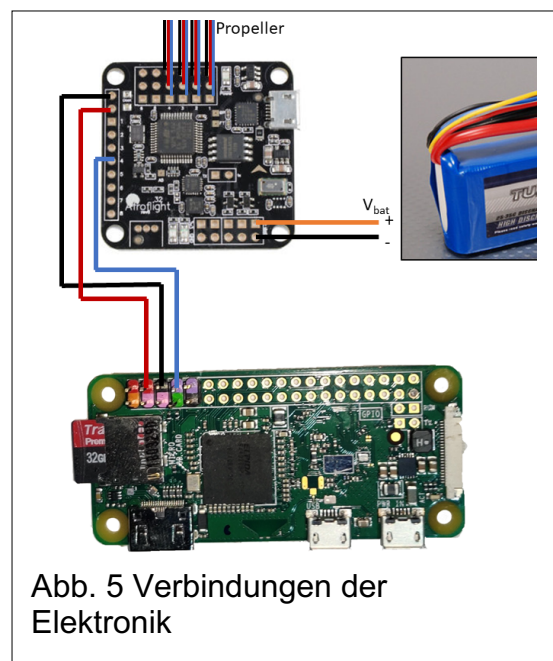


Abb. 5 Verbindungen der Elektronik



## Thema | Titel      Ferngesteuerte Drohne

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

Der Flightcontroller Naze32 liest die Sensordaten und Steuerdaten aus und steuert die Propeller.

### Cleanflight Konfiguration

Um den Naze32 zu konfigurieren, benötigen wir die Software *Cleanflight* (Version 1.2.4, auf Github verfügbar)<sup>1</sup>. Sie funktioniert als Chrome App nur im Entwicklermodus. In der Software kann man auf den Flugcontroller zugreifen und diesen nach eigenen Wünschen einstellen. Zuerst muss die Software auf dem Flightcontroller (FC) geändert werden (auf „v1.14.2 – NAZE – 2016-12-31“ im Cleanflight Firmware Flasher). Nachdem der FC mit dem Computer verbunden ist, sieht man gleich, ob der Beschleunigungssensor funktioniert (siehe Abb. 6). Eine grundlegende Konfiguration wird jedoch benötigt:

*Hinweis: Die neueren Versionen von Cleanflight unterstützen den Naze32 nicht.*

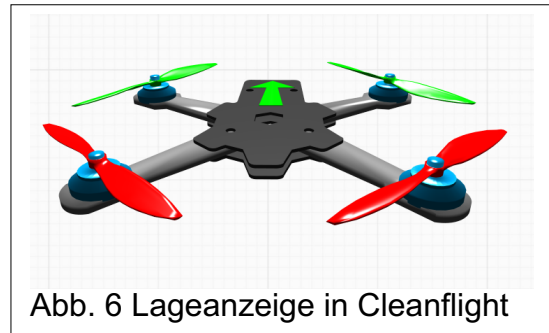


Abb. 6 Lageanzeige in Cleanflight

- Configuration: Board and Sensor Alignment:
- Yaw Degrees: „-45°“ oder „315°“

<sup>1</sup> <https://github.com/cleanflight/cleanflight>; letzter Abruf: 17.03.2020



# Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

Steuerung mit Raspberry Pi (mit FlySky weiter auf Seite 11)

1. Nachdem das Betriebssystem (siehe Anhang) entpackt wurde, ist die Image-datei des Betriebssystems zu sehen. Diese wird mithilfe der Win32 Disk Imager Software<sup>2</sup> (für Windows) auf die Micro-SD Karte geladen. In der Software muss dafür die vorher entpackte Image-datei ausgewählt und auf die SD-Karte geladen werden. **Achtung: Die auf der SD-Karte vorhandenen Dateien gehen dabei verloren.** Anschließend muss nur noch die SD-Karte in den Raspberry Pi gesteckt und dieser über Micro-USB mit Strom versorgt werden. Wenn man nun neben dem Stromanschluss die *Act*-LED blinken sieht, stimmt alles.

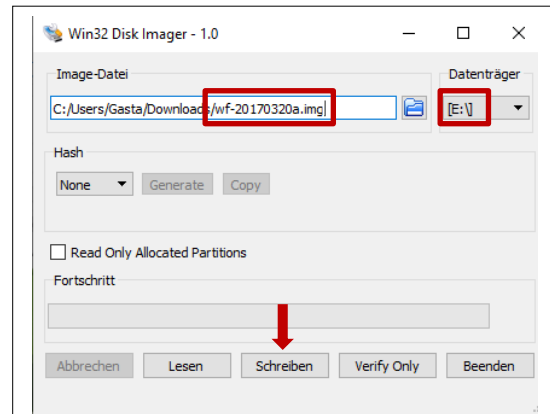


Abb.7 Win32 Disk Imager

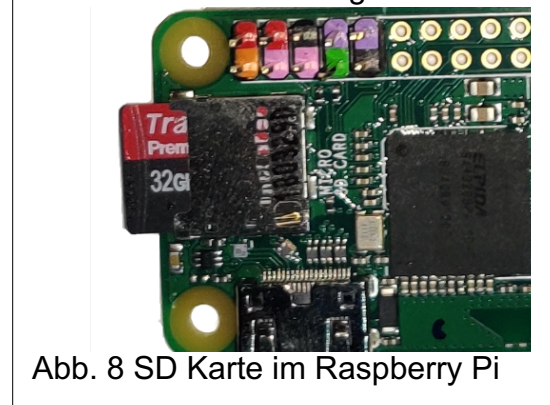


Abb. 8 SD Karte im Raspberry Pi

2. Zum Verbinden der beiden Chips werden dreifach weiblich-weiblich Jumperkabel verwendet. Diese werden im Raspberry Pi mit den Pins, 5V (Rot), GND (Schwarz) und TX (Lila) verbunden.

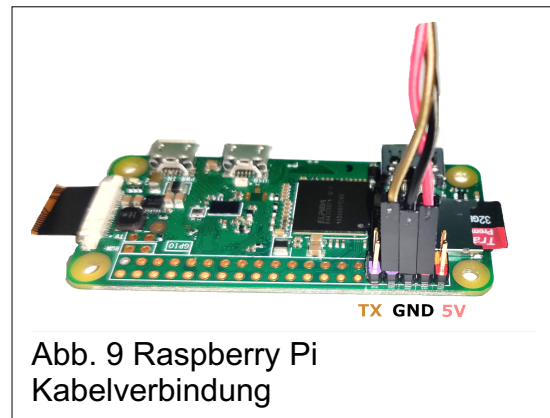


Abb. 9 Raspberry Pi Kabelverbindung

<sup>2</sup> <https://sourceforge.net/projects/win32diskimager/>; letzter Abruf 08.03.2020





# Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

## In Cleanflight:

- a) Unter „Ports“: die MSP- Daten für den 2. Port („UART2“) aktivieren (auf 9600 Baud).

Identifier	Data	Logging	Telemetry
UART1	<input checked="" type="checkbox"/> MSP 115200	<input type="checkbox"/> Blackbox 115200	Disabled AUTO
UART2	<input checked="" type="checkbox"/> MSP 9600	<input type="checkbox"/> Blackbox 115200	Disabled AUTO

Abb. 10 Ports

- b) Unter „Receiver“:  
Receive Mode: RX\_MSP
- c) Unter „Modes“:



Abb. 11 Ports

- 3. Der Naze32 wird nun mit den drei Kabeln mit dem Raspberry Pi verbunden. Es wird der 5V Pin des Raspberry Pi (Rot) mit dem 5V Pin des Flightcontrollers sowie die beiden GND miteinander verbunden. Der TX Pin des Raspberry Pi (Braunes Kabel) wird an den RX Pin (Pin 4) des Naze32 angeschlossen.

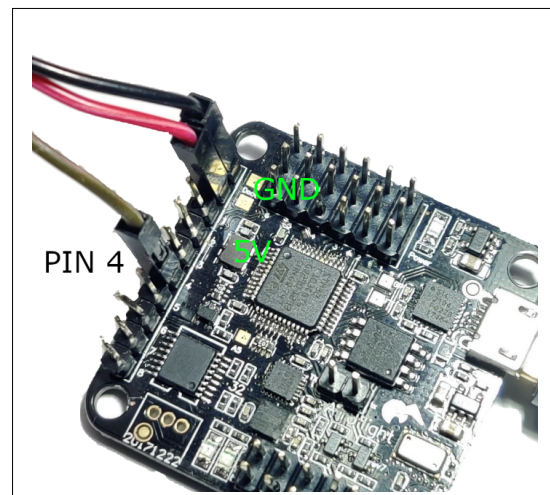


Abb. 12 Naze32 mit Kabel zum Raspberry Pi



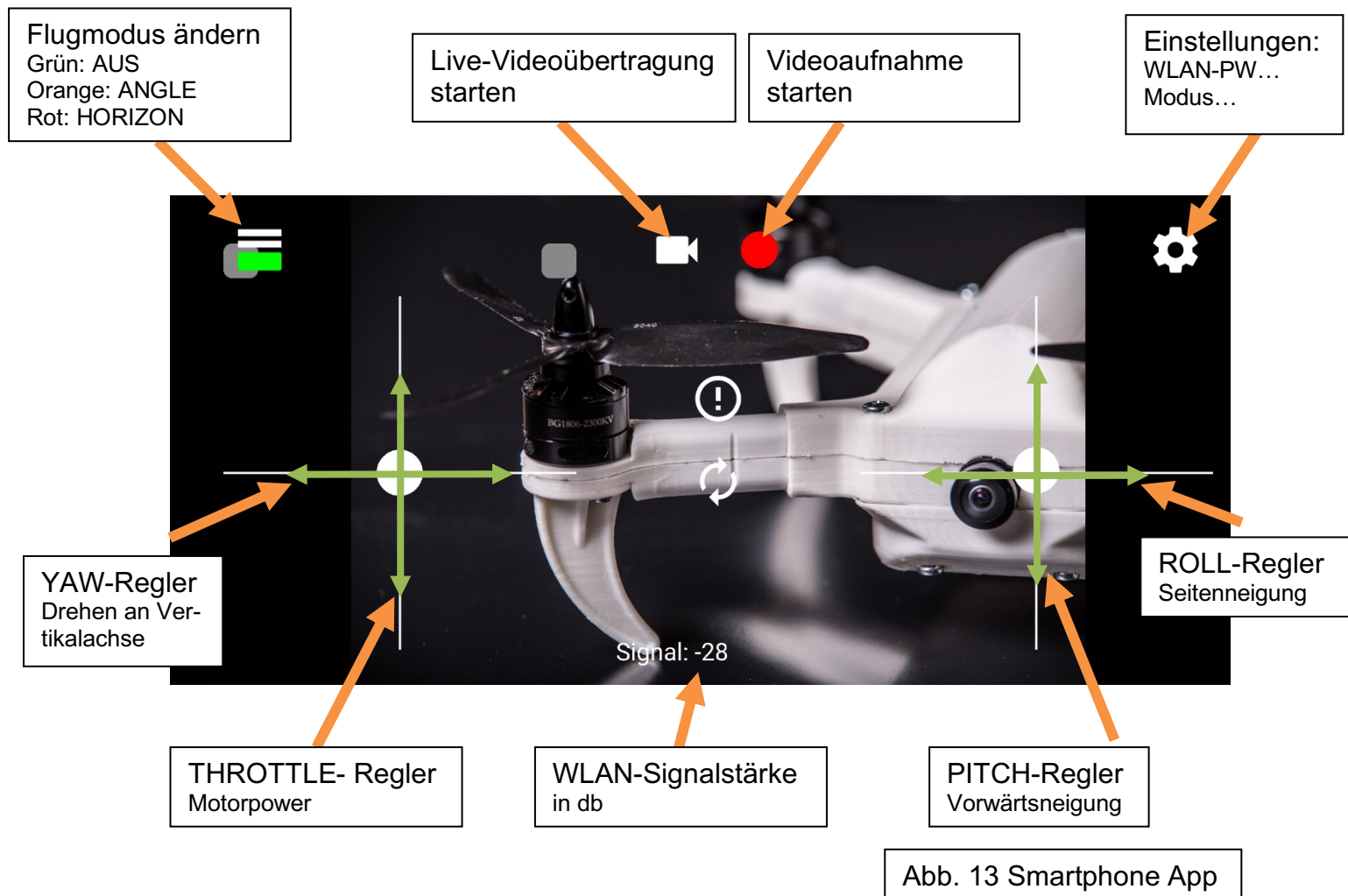
# Thema | Titel Ferngesteuerte Drohne

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

## Steuerung via Handy mit dem Raspberry Pi

Die angehängte .APK- Datei kann nur auf einem Android-Smartphone installiert werden. Diese beinhaltet die WiFree App. Wenn das Handy mit dem WLAN des Raspberry Pi verbunden ist (**PW: 123412341234**) und die sonstigen Verbindungen und Einstellungen stimmen, lässt sich die Drohne nun steuern.





## Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

*Steuerung mit FlySky Controller (weiter auf Seite 13)*

1. Stellt sicher, dass die Fernbedienung mit dem Empfänger verbunden ist.
2. Der Empfänger wird mit einem 3-fach Jumperkabel (2x Female) mit dem Naze32 verbunden. Hierbei wird im Servo-IBUS Port einmal GND links (Schwarz), in der Mitte 5V-Pegel (Rot) und rechts das Signalkabel (Braun) angeschlossen.

Die drei Kabel werden an den Flightcontroller angeschlossen. Hierfür wird das 5V Kabel (Rot) an einen 5V Pin sowie das GND Kabel (Schwarz) an einen GND Pin des FC angeschlossen. Das Signalkabel wird an den RX Pin (Pin 4) angeschlossen (Siehe Abbildung 15).



Abb. 14 Kabelverbindung am Fly-Sky- Receiver

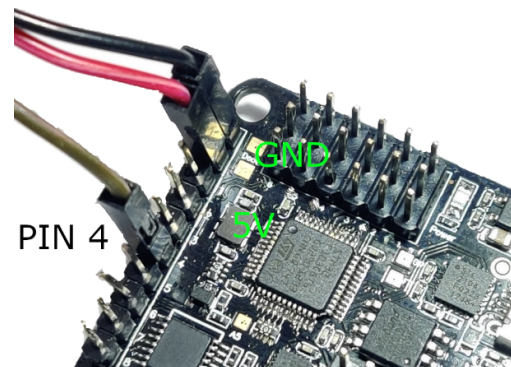


Abb. 15 Servomotor mit Halterung

3. In Cleanflight muss noch der Receiver konfiguriert werden.
  - a) Ports: UART2 → Serial Receive: An  
→ Save and Reboot
  - b) Receiver:
    - Receive Mode: RX\_SERIAL
    - Serial Receiver Provider: IBUS
    - Save



c) Modes:

Modes DOCUMENTATION FOR 1.14.2

Use ranges to define the switches on your transmitter and corresponding mode assignments. A receiver channel that gives a reading between a range min/max will activate the mode. Remember to save your settings using the Save button.

ARM	AUX 1	Min: 1775 Max: 2100	900   1000   1200   1400   1500   1600   1800   2000   2100
ANGLE	AUX 2	Min: 1350 Max: 1650	900   1000   1200   1400   1500   1600   1800   2000   2100
BARO	AUX 2	Min: 1775 Max: 2100	900   1000   1200   1400   1500   1600   1800   2000   2100
HEADFREE	AUX 3	Min: 1700 Max: 2100	900   1000   1200   1400   1500   1600   1800   2000   2100

→ Save

Abb. 16 Modes

Nun sollte man im Receiver Reiter beim Bewegen der Steuerelemente eine direkte Änderung der Werte sehen. Sollte das nicht der Fall sein, gehen Sie die Schritte von vorne noch einmal durch.



## Thema | Titel

## Ferngesteuerte Drohne

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

### Der Drohnenkörper

**Folgende Teile benötigen Sie:** Aufsatz, Mittelstück, Frontteil, Heckteil, M3 Schrauben, Steuerung aus vorherigem Schritt (Raspberry Pi oder FlySky) mit NAZE32, Batterie, Jumperkabel

**Info:** Der Drohnenkörper beinhaltet den Flightcontroller sowie den Akku, die Steuereinheit und die Verbindungen zwischen diesen. Im letzten Teil der Anleitung werden die Arme in die sechseckigen Öffnungen im Aufsatz eingesteckt und mit einer Schraube befestigt.



Abb. 17 Der Drohnenkörper

1. Zuerst wird ein Adapter für die Batterie zu den einzelnen Motoren gebaut. Hier nimmt man 16 AWG Kabel in Rot und Schwarz. Zunächst kürzt man 4 AWG Kabel auf 8 cm (jeweils am roten und am schwarzen Kabel), entfernt etwa 1 cm Isolierung und lötet diese zu einem X (wie in Abb. 28 gezeigt). Wichtig ist, dass rote und schwarze Kabel kein Kontakt haben. An den Kabelenden wird jeweils ein männlicher XT60-Stecker befestigt. **Das schwarze Kabel kommt an**

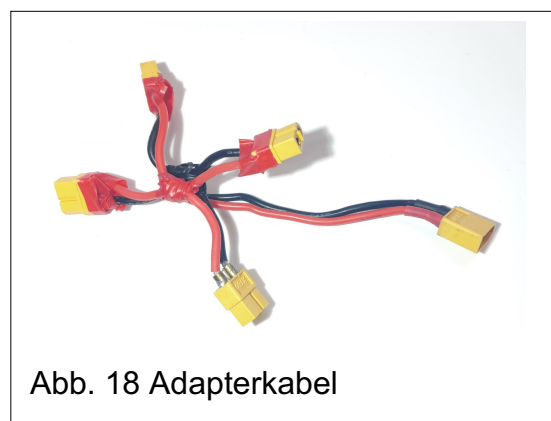


Abb. 18 Adapterkabel



## Thema | Titel      Ferngesteuerte Drohne

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

**die abgerundete Seite!** In der Kreuzmitte wird noch ein ca. 15 cm langes Kabel angelötet und an dessen Ende ein weiblicher XT60-Stecker. Die Verbindung in der Mitte des Kreuzes wird nun mit Isolierband umhüllt, um sie vor einem Kurzschluss zu schützen.

- Das Adapterkabel wird nun in den 3D-gedruckten Aufsatz gesteckt, sodass das lange Kabel durch den Schacht nach unten läuft und die vier Verbindungen je in Richtung eines Armes zeigen. Anschließend wird ein 2-fach Jumperkabel (Male-Female, Rot und Schwarz) und ein 3-fach Jumperkabel von der Steuerung (Schwarz, Braun, Rot) ebenfalls durch den Schacht geführt.

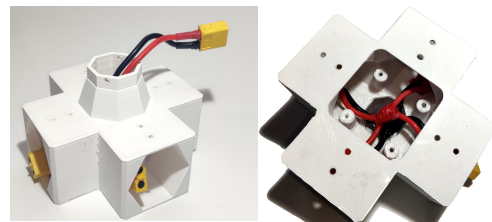


Abb. 19 Aufsatz mit Adapterkabel

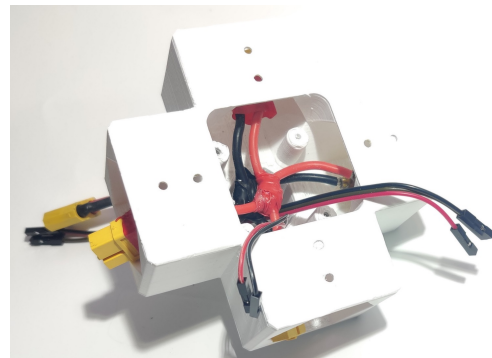


Abb. 20 Aufsatz mit Adapter- und Jumperkabel



## Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

- Der Aufsatz wird nun auf das Mittelstück des Drohnenkörpers gelegt. Hierzu werden das Batterieadapterkabel und die Jumperkabel zur Spannungsüberprüfung (schwarz & rot) durch das Loch für die Batterie gelegt.

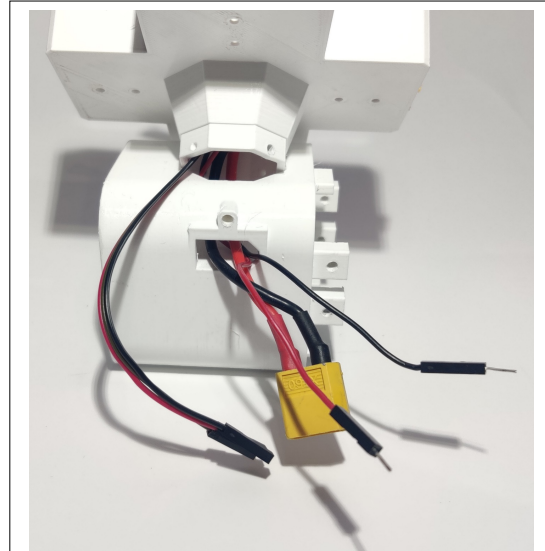


Abb. 21 Aufsatz auf Mittelstück mit Kabeln

*Steuerung via Raspberry Pi (mit FlySky weiter auf Seite 20)*

- Die Raspberry Pi-Cam mit dem Flachbandkabel wird in die für die Kamera vorgesehene Aussparung von oben in den vorderen Drohnenkörper eingeführt. Die Kamera sollte nun durch das runde Loch zu sehen sein.

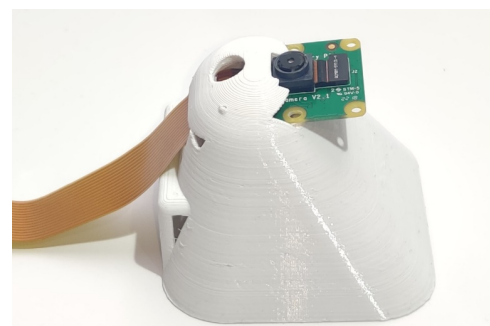


Abb. 22 Kamera im Vorderen Drohnenkörper

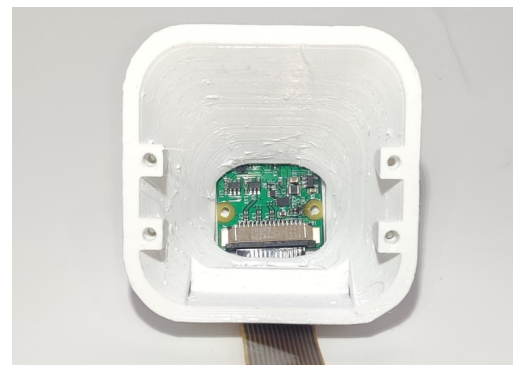


Abb. 23 Korrekte Platzierung der Pi-Cam



## Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

- Das Flachbandkabel wird nun durch die zweite Aussparung zurück in den Körper gelegt und leicht angezogen.

Abschließend wird die Kamera noch mit zwei der Naze32 Case Schrauben (1,7 x 6 mm, selbstziehend) befestigt.



Abb. 24 Führung des Flachbandkabels

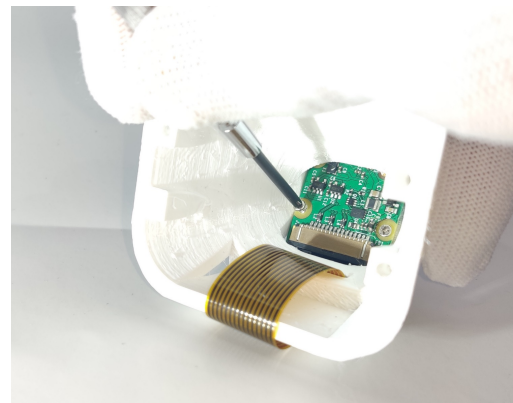


Abb. 25 Befestigen der Kamera





## Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

- Das Flachbandkabel wird nun mit dem Raspberry Pi verbunden und die Steckverbindung am Kamera-Connector angeschlossen.

Der Raspberry Pi wird nun in das obere Fach des Mittelstücks eingeführt, so dass die verwendeten Pins (GND, 5V, TX) über der Öffnung liegen. Jetzt kann das 3-fach Flachbandkabel an den Raspberry Pi angeschlossen werden (Siehe Abbildung 9 auf Seite 8).

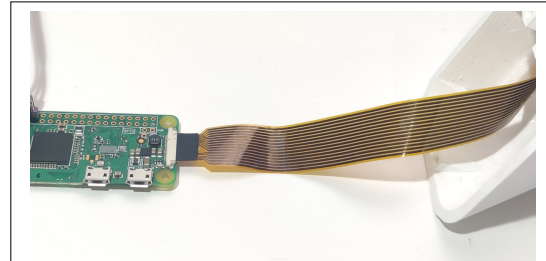


Abb. 26 Kamera am Raspberry Pi

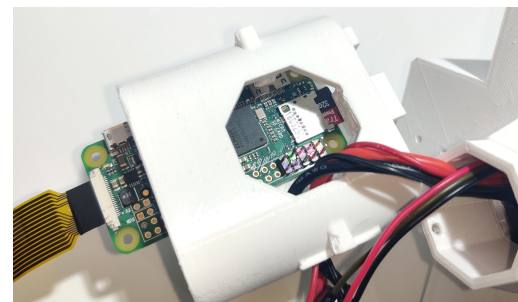


Abb. 27 Platzierung des Raspberry Pi im Drohnenkörper

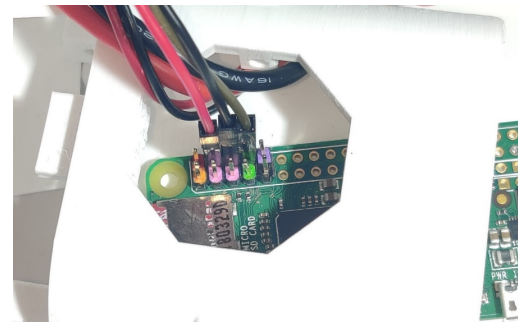


Abb. 28 Datenkabel am Raspberry Pi

- Anschließend kann der Aufsatz auf die Öffnung gesteckt werden.  
Achten Sie darauf, dass der Aufsatz wie ein 'X' auf dem Körper liegt, damit die Bohrungen seitlich aus dem Körper zeigen.

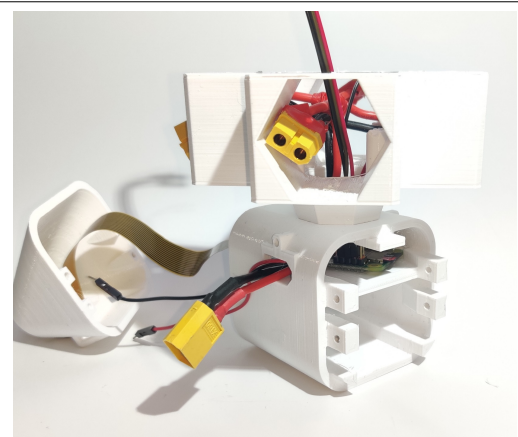


Abb. 29 Körper mit Aufsatz



## Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

- Nun kann das Drohnenvorderteil mit Kamera am Mittelstück des Drohnenkörpers befestigt werden. Hierzu werden die Bohrungen im Frontteil über die Bohrung im Mittelstück gelegt und mit zwei diagonalen M3 Schrauben befestigt.

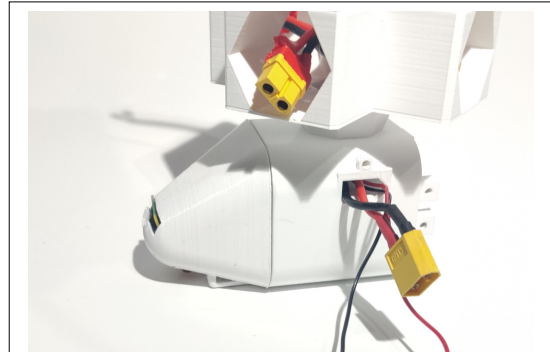


Abb. 30 Drohnenkörper mit befestigter Front (inkl. Kamera)

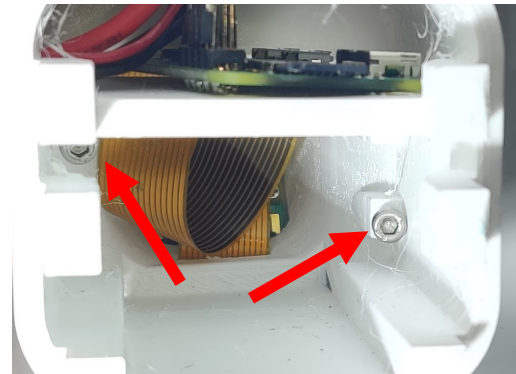


Abb. 31 Befestigtes Frontstück

- Als nächstes muss der Aufsatz mit Schrauben befestigt werden. Hierzu werden zwei lange M3 Schrauben seitlich durch die Bohrung im Mittelstück in den Aufsatz eingeschraubt. Hier sollte der Aufsatz mit leichtem Druck auf das Mittelstück festgehalten werden.

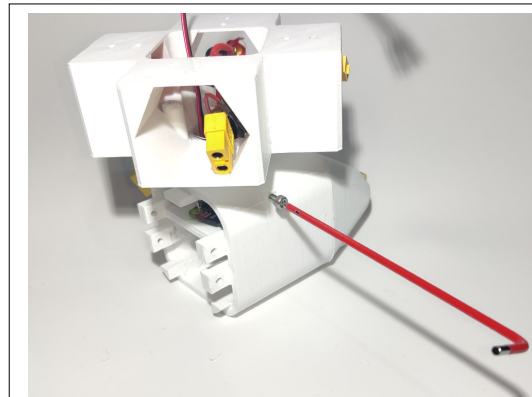


Abb. 32 Drohnenkörper beim Befestigen des Aufsatzes



## Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

- Für eine ausreichende Stromversorgung wird nun das Akkupack in das untere Fach des Drohnenkörpers und das Lade- sowie das Entladekabel zwischen die linken Ausleger gelegt, auf dem sich die Bohrungen für die Schrauben zur Befestigung des Heckteils befinden.



Abb. 33 Batterie im Drohnenkörper

- Anschließend wird das Drohnen-Heckstück aufgesteckt. Die Kabel sollten mit leichtem Druck in die Aussparung passen und die M3 Schrauben (ca. 15 mm) in die Bohrung eingeschraubt werden.

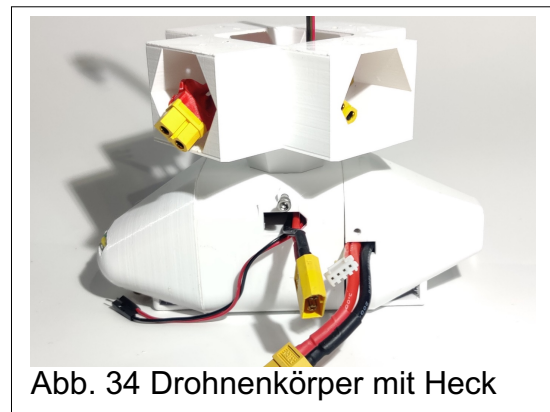


Abb. 34 Drohnenkörper mit Heck



## Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

*Steuerung via FlySky (Fertigstellung des Drohnenkörpers auf Seite 22)*

1. Das Steuerkabel wird nun vorne aus dem Mittelstück gelegt und an den Fly-Sky-Receiver angeschlossen (siehe Abbildung 14). Die Antennenkabel des Empfängers müssen nun durch die Öffnung der Batteriekabel durchgelegt werden. Anschließend kann der Empfänger mit der flachen Seite vorne in das Mittelstück gedrückt werden. Dabei muss auf einen sauberen Verlauf der Antennenkabel sowie der Batteriekabel geachtet werden. Der Empfänger muss mit dem Mittelstück des Drohnenkörpers eine Ebene bilden.

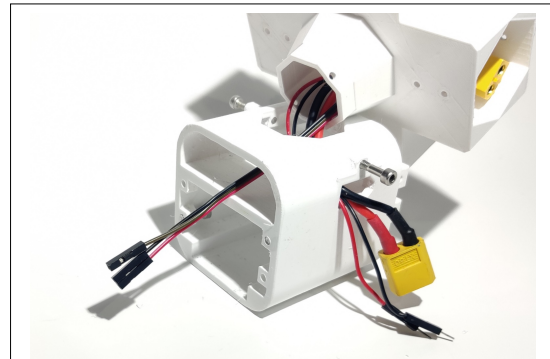


Abb. 35 Kabelverlauf im Drohnenkörper

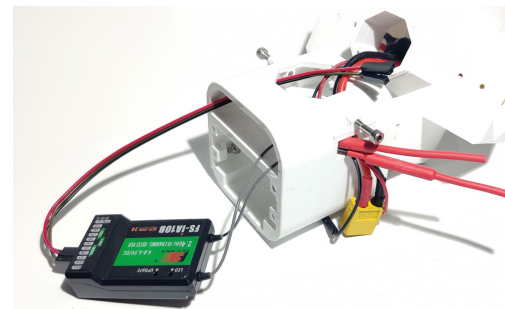


Abb. 36 Drohnenkörper mit angeschlossenem Empfänger

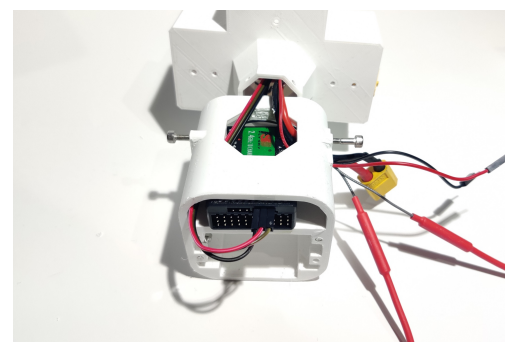


Abb. 37 Empfänger im Drohnenkörper



## Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

2. Anschließend kann der Aufsatz auf die Öffnung im Mittelstück aufgesteckt werden.

Achten Sie darauf, dass der Aufsatz wie ein 'X' auf dem Körper liegt, damit die Bohrungen seitlich aus dem Körper zeigen. Der Aufsatz muss nun mit Schrauben befestigt werden. Hierzu werden zwei lange M3 Schrauben seitlich durch die Bohrung im Mittelstück in den Aufsatz eingeschraubt. Hierbei sollte der Aufsatz mit leichtem Druck auf dem Mittelstück festgehalten werden.



Abb. 38 Körper mit Aufsatz

3. Nun kann das Drohnenvorderteil mit dem Mittelstück des Drohnenkörpers verbunden werden. Hierzu werden die Bohrungen im Frontteil über die Bohrung im Mittelstück gelegt und mit zwei diagonalen M3 Schrauben befestigt.



Abb. 39 Drohnenkörper mit Front

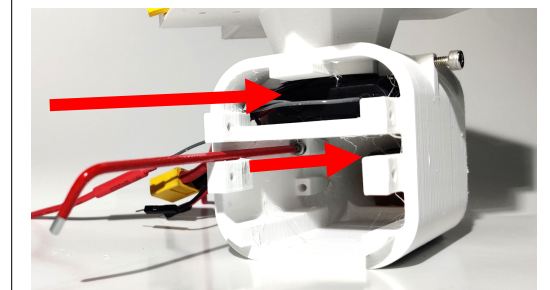


Abb. 40 Befestigung des Frontstücks mit zwei Schrauben



## Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

4. Für eine ausreichende Stromversorgung wird nun das Akkupack in das untere Fach des Drohnenkörpers und das Lade- sowie das Entladekabel zwischen die linken Ausleger gelegt. Die Bohrungen sind für die Schrauben.

Abschließend wird das Drohnen-Heckstück aufgesteckt. Die Kabel sollten mit leichtem Druck in der Aussparung passen und die M3 Schrauben (ca. 15 mm) in die Bohrung eingeschraubt werden.

### *Fertigstellung des Drohnenkörpers*

1. Um am Naze32 die Spannung überprüfen zu können, müssen die beiden Jumperkabel (schwarz und rot) mit der Batteriespannung verbunden werden. Hierzu muss das rote Jumperkabel Kontakt mit dem roten Kabel der Ladebuchse und entsprechend das schwarze Kabel Kontakt zum schwarzen Kabel der Ladebuchse haben. Anschließend kann die Verbindung mit einem Kabelbinder gesichert werden.

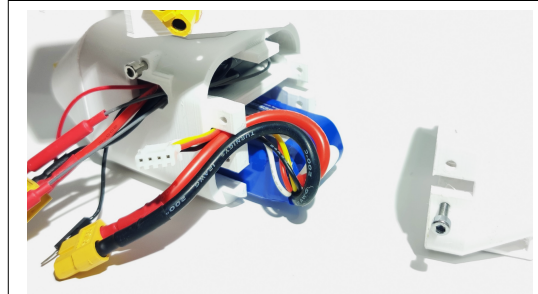


Abb. 41 Batterie im Drohnenkörper

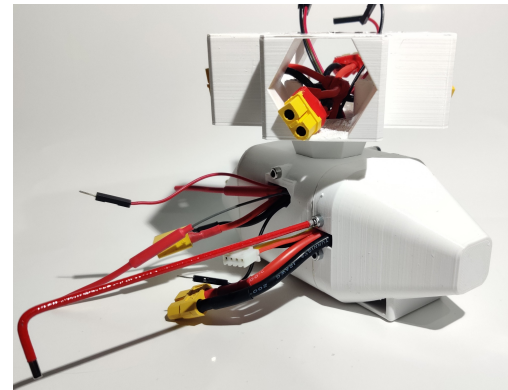


Abb. 42 Drohnenkörper mit Heck

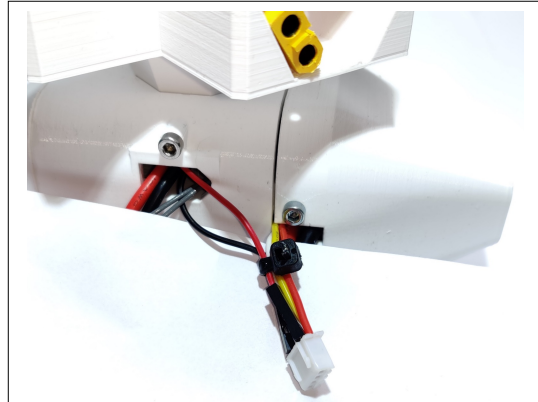


Abb. 43 Batterie Spannungsüberprüfung



## Thema | Titel      Ferngesteuerte Drohne

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

2. Nachdem nun alle Kabel verlegt sind und die Steuerung und die Batterie an der richtigen Stelle eingebaut sind, muss der zentrale Computer eingebaut werden, der Naze32.

**Vorsicht! Hier ist die Ausrichtung des Chips zu beachten, da es sonst beim Fliegen zu Sachschaden und Verletzungen kommen kann!**

3. Der Naze32 kann nun wie auf der Abbildung 45 in die Öffnung gelegt werden. Um eine saubere Kabelführung zu gewährleisten, achten Sie darauf, dass die Jumperkabel zum Akku rechts hinten und die Steuerkabel links hinten am Chip vorbeilaufen. Diese können provisorisch auch mit Klebeband befestigt werden. Die Bohrungen sollten nun mit mindestens 3 Schrauben befestigt werden. Hierzu sind 2 x 12 mm Halbrundschrauben zu verwenden. Ziehen Sie die Schrauben nicht zu fest an, da es sonst zu Defekten am Chip kommen kann. Der Chip muss jedoch festsitzen.

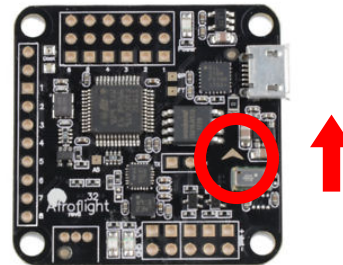


Abb. 44 Naze32 Richtung

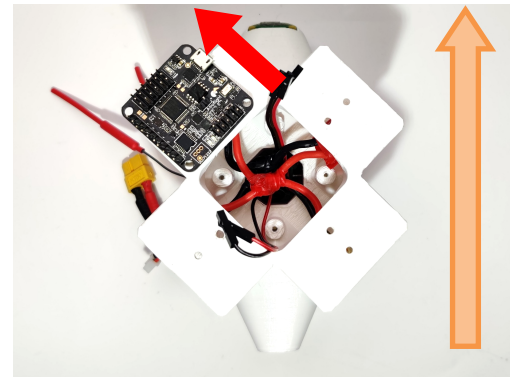


Abb. 45 Ausrichtung Naze32  
(Orange: Drohnenausrichtung, Rot: Naze32 Ausrichtung)

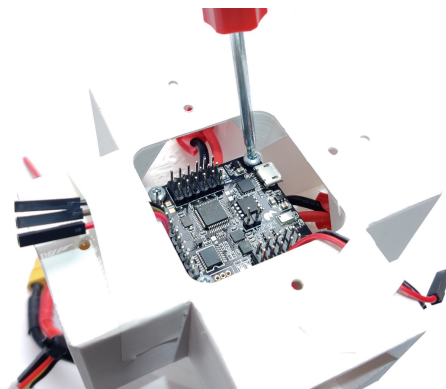


Abb. 46 Befestigen des Flightcontrollers



# Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

## Die Drohnenarme

**Folgende Teile benötigen Sie:** *Propeller, Motor, Fuß, Motorschrauben, Drohnenarm, ESC, XT60-Stecker, Deckel, M3- Schrauben*

**Info:** Nun werden die vier verschiedenen Arme zusammengebaut. Die Vorgehensweise ist für jeden einzelnen Arm identisch. Die Arme bestehen aus den Propellern, den Motoren, der Electronic Speed Controller (ESC) zum Steuern der Motoren durch den FC und dem Fuß, der die Drohne bei den Landungen abfangen soll.

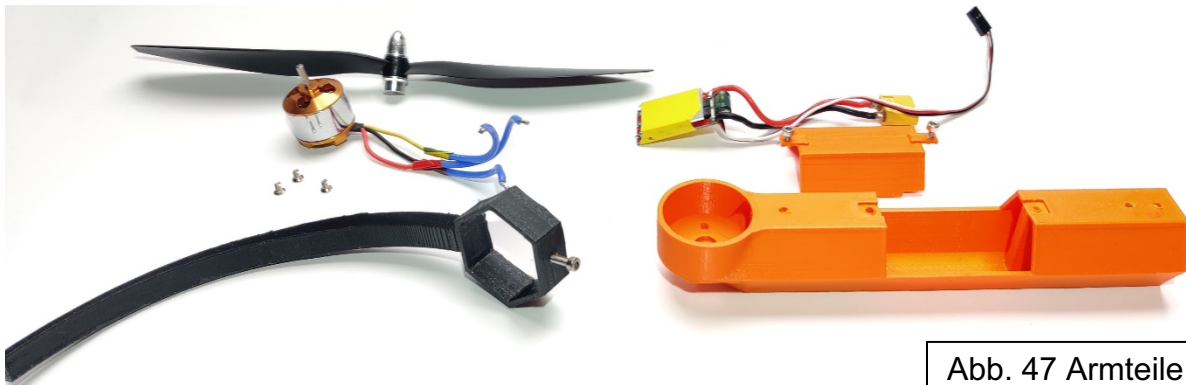


Abb. 47 Armteile

Die Kabel am Motor müssen aufgrund der Länge des Armes erweitert werden. Diese werden dann direkt an den Motorcontroller (ESC) angelötet. Wer mehr Variabilität möchte und Teile schneller austauschen können will, kann auch Stecker verwenden.

1. Die Kabel werden in Kabelkanäle verlegt. Hier empfiehlt es sich, zwei der Kabel in den einen und das verbleibende in den anderen Schacht zu legen.

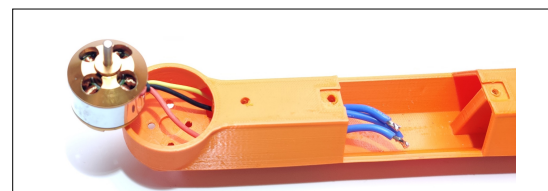


Abb. 48 Kabelführung des Motors im Drohnenarm

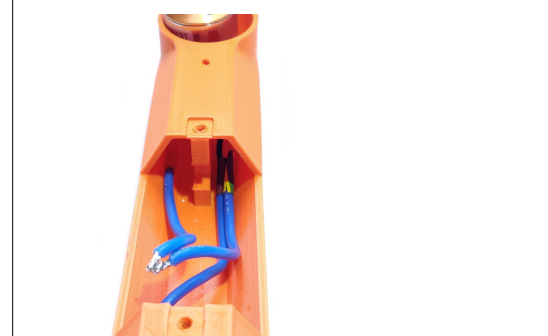


Abb. 49 Kabelführung zum Motor





## Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

- Um den Motor mit den mitgelieferten Schrauben zu befestigen, muss dieser mit leichtem Geschick richtig positioniert werden, da andernfalls die Schrauben nicht zu befestigen sind. Hier kann man zwei kleine Inbusschlüssel nehmen, um diesen in die richtige Richtung zu drehen und dort festzuhalten, während man die erste Schraube befestigt. Danach können die seitlichen Schrauben festgemacht werden.



Abb. 50 Motorenplatzierung im Drohnenarm

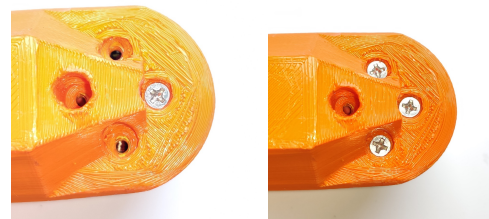


Abb. 51 Motorbefestigung mit Schrauben

- Nun kann der ESC mit den Motorverbindungen über der Öffnung mit Klebeband befestigt werden, um anschließend die 3 Motorkabel anzulöten.

**Vorsicht! Die Kabel dürfen in keinem Fall mit den anderen Kabeln oder dem Kühlkörper verbunden sein, da es sonst zu einem Kurzschluss kommt!**

An die Stromkabel des ESC wird jeweils ein weiblicher XT60-Stecker angelötet (GND (schwarz) an abgerundeter Seite).

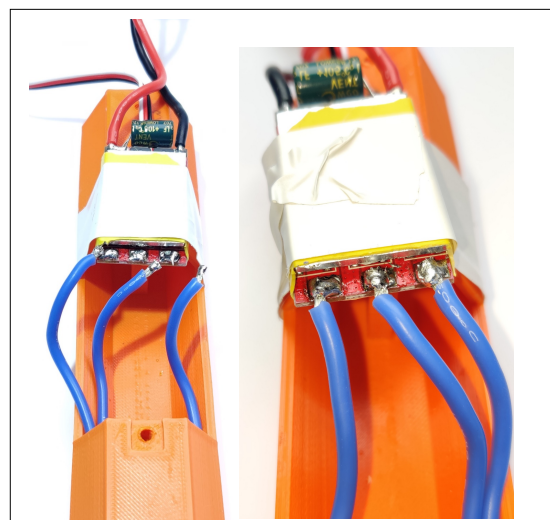


Abb. 52 Anlöten der Motorkabel an den ESC



## Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

4. Nachdem alle Kabel angelötet sind, kann der ESC in die Aussparung gesteckt werden. Hierzu kommt das Stromkabel, welches zum Aufsatz führt und an das Adapterkabel angeschlossen wird, in den einen Schacht und das dreifach-Jumperkabel in den anderen.



Abb. 53 ESC in Aussparung

5. Abschließend wird der Fuß über den Arm gezogen (siehe Abbildung 54) und in der Bohrung mit einer M3 Schraube im Arm befestigt.



Abb. 54 Befestigen des Fußes



# Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

## Der Zusammenbau der Drohne

**Info:** Da die Einzelteile nun zusammengebaut sind, müssen diese nur noch zusammengefügt, verschraubt und verbunden werden. Hier wurde die Steuerung via FlySky Fernbedienung benutzt. Bei Benutzung des Raspberry Pis sind die durchzuführenden Schritte identisch.

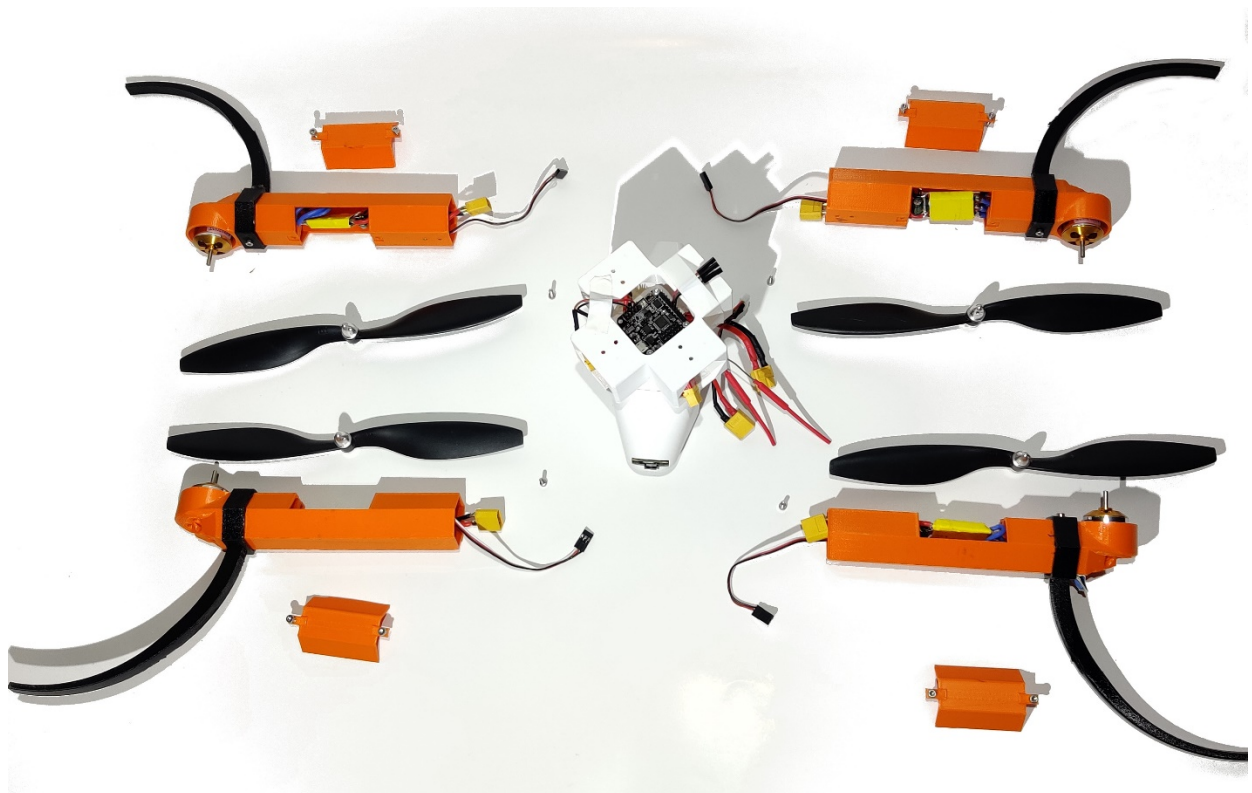


Abb. 55 Alle Teile



## Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

1. Zuerst werden die Arme nacheinander in den Aufsatz gesteckt. Hierbei müssen zuerst die XT60 Stecker der Arme mit denen des Batterieadapters verbunden werden und die dreifach Jumperkabel der ESCs in die Öffnung im Aufsatz gelegt werden. Anschließend kann der Arm in den Aufsatz gesteckt werden. Dabei ist es möglich, dass der XT60 Stecker blockiert. Das kann aber durch leichten Zug am Stromkabel des ESC behoben werden.

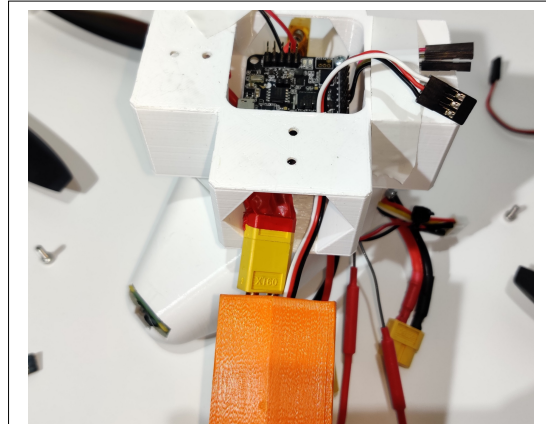


Abb. 56 Kabelverlauf bei Montieren des Armes

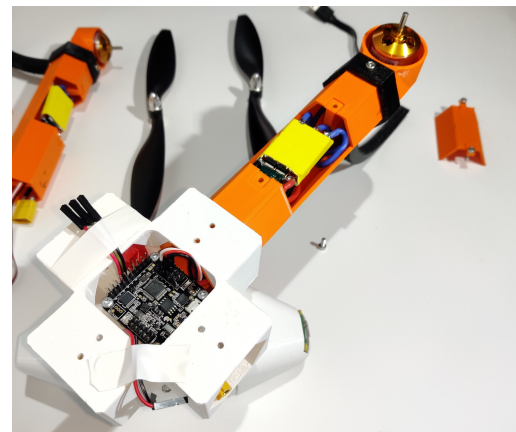


Abb. 57 Zusammenstecken des Armes in den Aufsatz

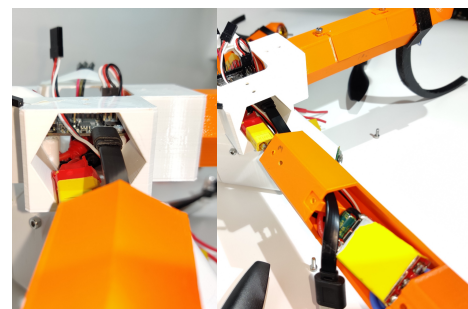


Abb. 58 Verbinden des Micro-USB Kabels

### **Ausnahme beim Arm vorne rechts:**

Da dort die Micro-USB Schnittstelle des Flightcontrollers ist, sollte man an diese ein Micro-USB-Verlängerungskabel anschließen und durch den Arm führen (siehe Abb. 58). So kann man die Drohne auch nach dem Zusammenbau noch konfigurieren.



## Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

- Die ESCs werden nun auch an den FC angeschlossen. Dabei müssen die Kabel aus den vier Armen richtig an die Pins des Naze32 angeschlossen werden. Das schwarze Kabel muss immer außen sein. Nachdem das ESC-Jumperkabel leicht zurückgezogen wurde, kann der Deckel auf dem Arm mit zwei M3 Schrauben befestigt werden. Der Deckel des Arms mit Micro-USB Kabel kann mit einem Messer leicht bearbeitet werden, so dass der Anschluss zugänglich ist.

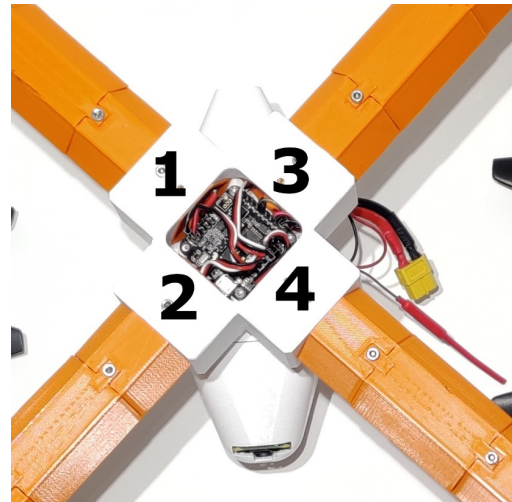


Abb. 59 Drohne mit Motornummern

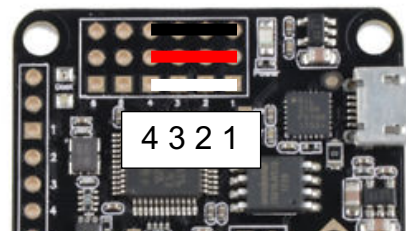


Abb. 60 Motorpins am Naze32

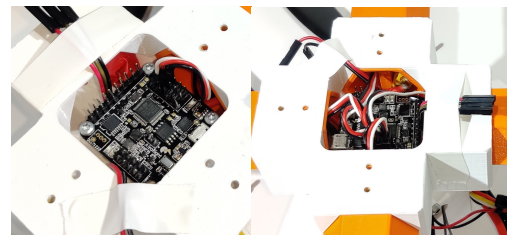


Abb. 61 Einstecken der Kabel

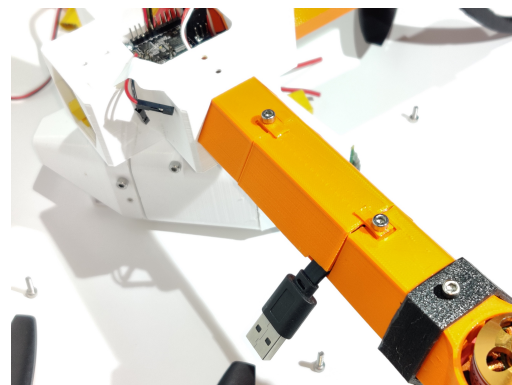


Abb. 62 Deckel mit USB-Kabel



## Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

- Die Jumperkabel aus dem Drohnenkörper werden nun angesteckt. Diese umfassen die Kabel zur Spannungsüberprüfung und Steuerung.

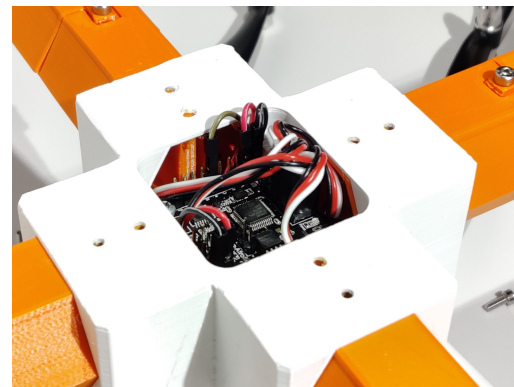


Abb. 63 Aufsatz mit allen verbundenen Kabeln

- Nachdem die Arme vollständig eingeführt sind, kann nun auch jeweils eine M3 Schraube zur Befestigung eingedreht werden.



Abb. 64 Befestigen der Drohnenarme

- Zum Schluss können noch die zwei Antennen mit Isolierband an den Aufsatz sowie an den Drohnenkörper geklebt werden. (Winkel zwischen den Antennen: 90° für optimale Reichweite).

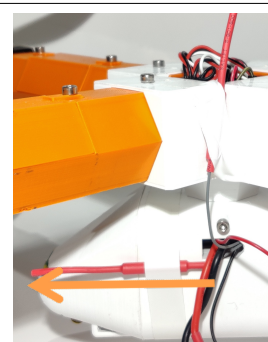


Abb. 65 Befestigen der Antennen



## Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

6. Jetzt kann die Drohne wieder mit dem Computer verbunden werden, um die Drohnenmotoren zu konfigurieren. Auch kann das Akkukabel am Drohnenkörper verbunden werden.



Abb. 66 Verbundenes USB-Kabel zum Computer

7. Um die ESCs einzustellen, muss in Cleflight im Reiter „Motor“ manuell auf Maximal eingestellt werden und anschließend erst das Akkukabel an das Adapterkabel angeschlossen werden. Um die Konfiguration fertigzustellen, muss dann der Motorregler für alle Motoren auf 0 gestellt werden. Erst jetzt sind die Motoren einheitlich eingestellt, was die Voraussetzung für einen sicheren Flug ist. Es empfiehlt sich, für die Konfiguration der ESC und Motoren ein Tutorial im Internet anzuschauen.

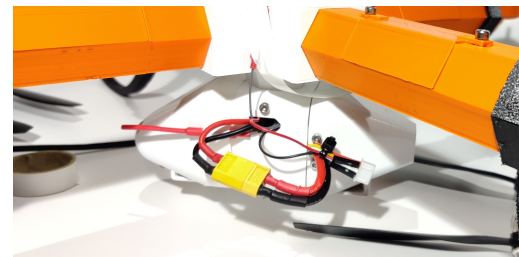


Abb. 67 Anschließen des Akkus

8. Wenn die ESCs konfiguriert sind, muss die Drehrichtung der Motoren überprüft werden. Gegenüberliegende Motoren **müssen** in dieselbe Richtung drehen. Benachbarte Motoren müssen sich entsprechend gegengleich drehen. Wenn das nicht der Fall ist, müssen beim ESC zwei Kabel vertauscht werden (siehe Abb. 69).

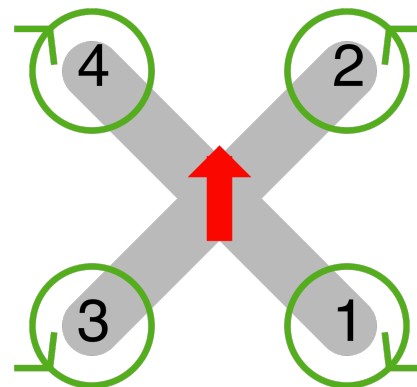


Abb. 68 Motordrehrichtung

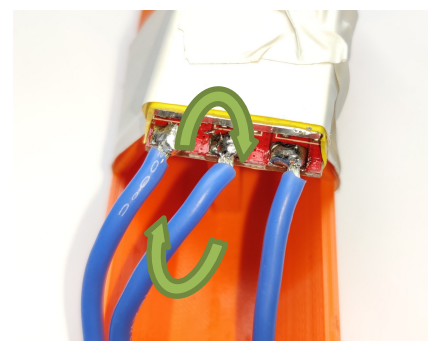


Abb. 69 ESC bei falscher Drehrichtung



## Thema | Titel **Ferngesteuerte Drohne**

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule

9. Auch die Steuerung sollte überprüft werden. Hierzu wird die Fernbedienung bzw. das Handy mit der Drohne verbunden und in Cleanflight im Reiter „Receiver“ kontrolliert, ob die Steuersignale ankommen und übereinstimmen.

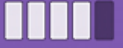
10. Zuletzt können die Propeller aufgesetzt werden. Je nach Drehrichtung muss der richtige Propeller eingebaut werden, so dass der Motor mithilfe des Propellers einen Schub nach oben erzeugt. Die Propeller sollten fest sitzen; hierfür verwendet man einen kleinen Inbusschlüssel. Alternativ kann man auch kleine Schraubenzieher, Bohrer oder Zangen verwenden.



Abb. 70 Befestigen des Propellers

Die Drohne ist nun fertiggestellt. Viel Spaß beim schönen und sicheren Jungfernflug!





## Thema | Titel

## Ferngesteuerte Drohne

Autorin | Autor

Benedikt Münch, Josef-Durler-Schule Rastatt, Gewerbeschule



***Die Drohne als Quadrocopter ist jetzt bereit für einen ersten Probelauf. Die Inbetriebnahme sollte ausschließlich durch eine Lehrkraft erfolgen!***



### 3. Pädagogische Hinweise

- Eine Gruppeneinteilung ist zu empfehlen.
- Das Arbeiten mit Werkzeugen bedarf immer der besonderen Aufmerksamkeit einer Lehrkraft.
- Die Elektronik sollte **ausschließlich** durch die Lehrkraft in Betrieb genommen werden.
- Sämtliche bewegliche Teile sind auf Leichtgängigkeit zu prüfen.
- Das Fliegen der Drohne darf nur in geschlossenen Räumen erfolgen!

### 4. Quellenangaben

#### 4.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 10, 11, 16 und 68 sind aus der Cleanflight- Software (Open Source, <http://cleanflight.com/>; letzter Abruf: 17.03.2020) Alle verbleibenden Bilder wurden vom Autor selbst angefertigt.

#### 4.2. Open Source

WiFree-App sowie Betriebssystem des Raspberry Pi von <https://open-diy-projects.com/>, WiFree-Copter von @EagleEi