

# ENGINEUITY

CanSat Team der HTBLuVA Salzburg



## Inhalt

Einleitung.....	3
Unser Team .....	3
Motivation .....	3
Missionsziele .....	3
Technische Beschreibung .....	4
Mechanisches Design .....	4
Elektrisches Design .....	6
Softwaretechnisches Design .....	8
Energiemanagement .....	9
Testergebnisse.....	9
Projektplan .....	10
Zeiteinteilung.....	10
Aufgabenverteilung.....	10
Flugauswertung.....	10
Kostenplanung.....	12
Kosten der Bauteilbestellung .....	12
Sonstige Kosten .....	12
Kosten für einen CanSat .....	13
Öffentlichkeitsarbeit.....	13
Sponsoren.....	15

## Einleitung

Der folgende Bericht dokumentiert die Teilnahme des Team Enginuity der HTL Salzburg am österreichischen CanSat Wettbewerb 2022.

## Unser Team

Wir sind das CanSat Team „engINUITY“ der HTBLuVA Salzburg, bestehend aus:

Pizzato Linda (Grafik und Mediendesign)

Ensinger Paul (Elektrotechnik)

Putz Sebastian (Elektrotechnik)

Tabakovic Armin (Elektrotechnik)

Walkner Peter (Elektrotechnik)

Schorn Johannes (Elektrotechnik)

Zuständige Lehrperson:

Dipl.-Ing Franz Reich (Elektrotechnik)

## Motivation

Die Inspiration für unseren CanSat kommt primär vom Mars Helikopter „Ingenuity“. Die Komplexität des Flug- und Landesystems in Kombination mit den autonomen Erkundungsmissionen weckte unser Interesse. In unserem CanSat haben wir also versucht, diese Konzepte bestmöglich auf unserem Planeten umzusetzen.

## Missionsziele

Die Primärmission umfasst das Messen von Temperatur und Luftdruck und die Übertragung dieser Messwerte im Sekundentakt an die Bodenstation. Aus den Messwerten wird die Auswurfhöhe und die Fallgeschwindigkeit berechnet. Die Messwerte werden in einem Diagramm dargestellt.

Sekundärmission:

Bau eines autonom gesteuerten Landers

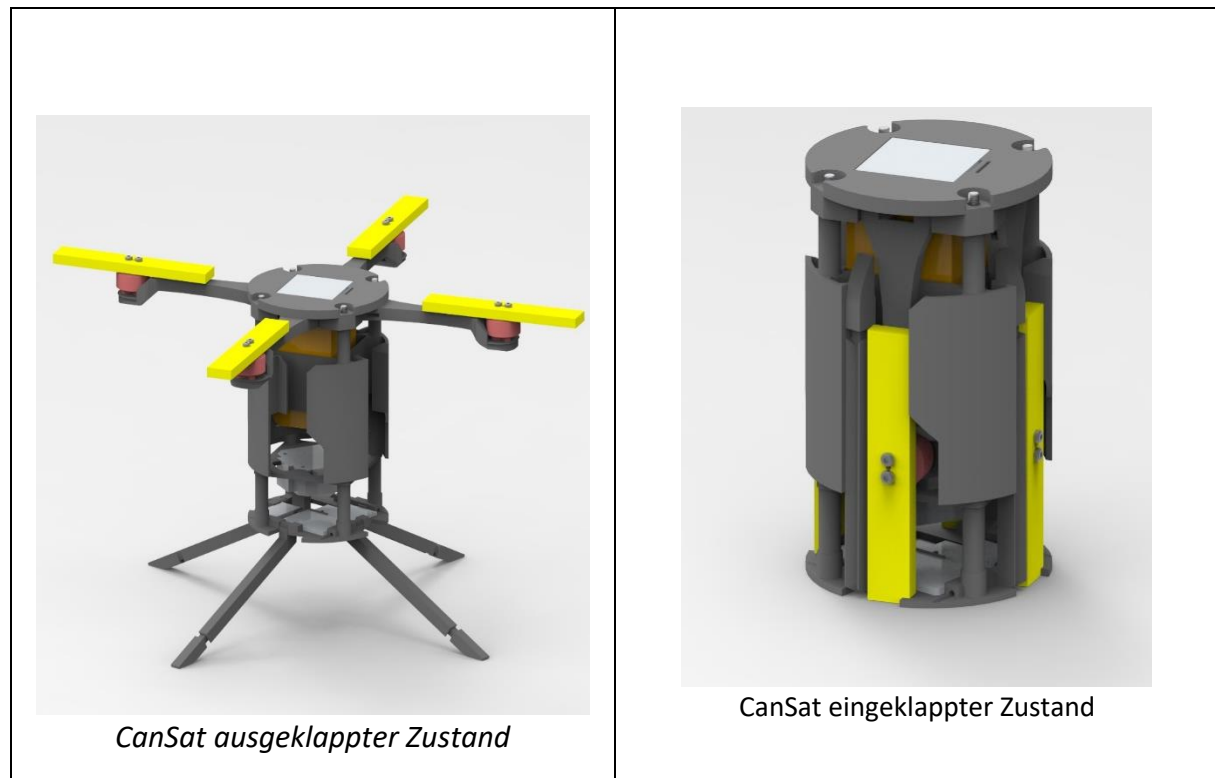
Landemissionen auf einem fremden Himmelskörper sind nach wie vor eine Herausforderung. Durch unvorhersehbare Verhältnisse kann die Sonde von dem geplanten Eintrittspunkt in die Planeten Atmosphäre abweichen. Um trotzdem den ausgewählten Landepunkt zu erreichen, muss eine Sonde autonom Punkte anfliegen können, denn das manuelle Steuern wäre durch die Verzögerung der Funkverbindung zu fremden Planeten unmöglich.

Wir wollen einen mit Rotoren ausgestatteten CanSat bauen, der sich beim Auswurf entfaltet und sich ohne Fallschirm selbst stabilisiert. Anschließend soll er eine autonome Ziellandung durchführen. Nach der Landung soll der CanSat noch einmal abheben und eine Erkundungsmission durchführen.

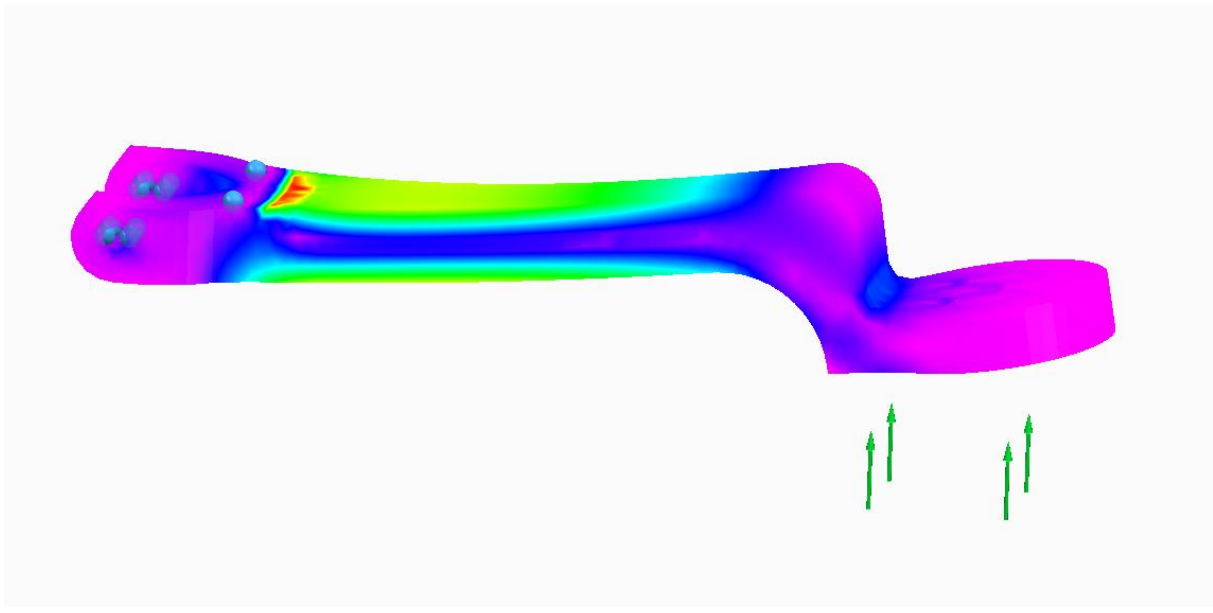
## Technische Beschreibung

### Mechanisches Design

Nach einigem Überlegen über diverse Bergungssysteme, wie Autorotation oder lenkbare Fallschirme, haben wir uns für eine faltbare Drohnenkonstruktion entschieden, da dieser Aufbau sehr viele Möglichkeiten bietet. In den folgenden zwei Abbildungen kann man das Konzept des CanSat gut erkennen.



Die größte Herausforderung in der Konstruktion war, dass das geringe Bauvolumen bestmöglich genutzt wird. Zusätzlich war es wichtig, das Gewicht so weit wie möglich zu reduzieren und trotzdem die nötige Stabilität zu gewährleisten. Hier kamen uns unsere Kenntnisse im Umgang mit CAD-Programmen zugute. In der Abbildung unten kann man eine Belastungssimulation sehen, in welcher durch eine Farbskala die Stärke der Belastungen des Materials verdeutlicht werden. Mit generativem Design wurde auch experimentiert, jedoch erwies sich manuelles Ändern der Geometrie als effektiver.

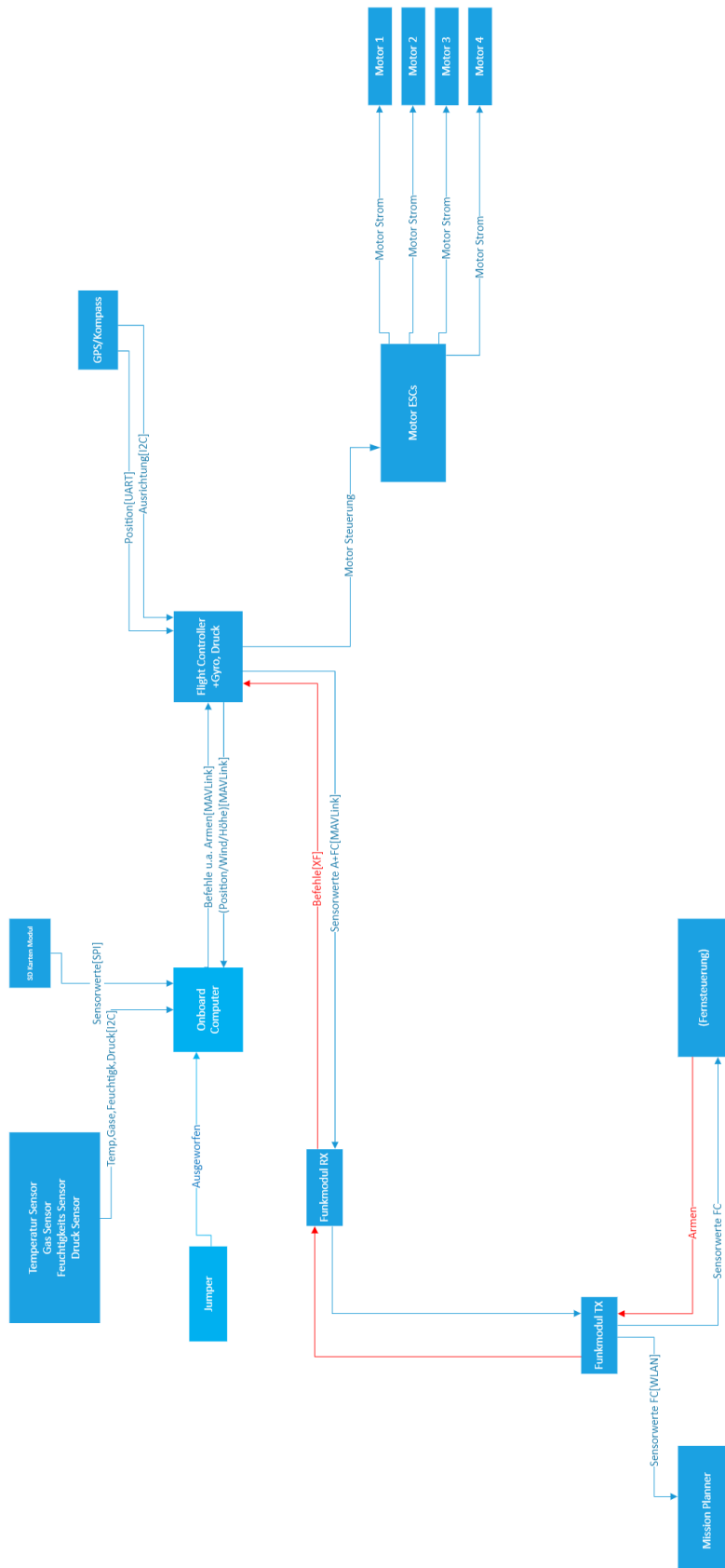


Nach Erstellen der CAD-Zeichnung, wurde der erste Prototyp direkt ausgedruckt und zusammengebaut. Nach insgesamt 8 Designversionen, war das finale Design fertiggestellt.

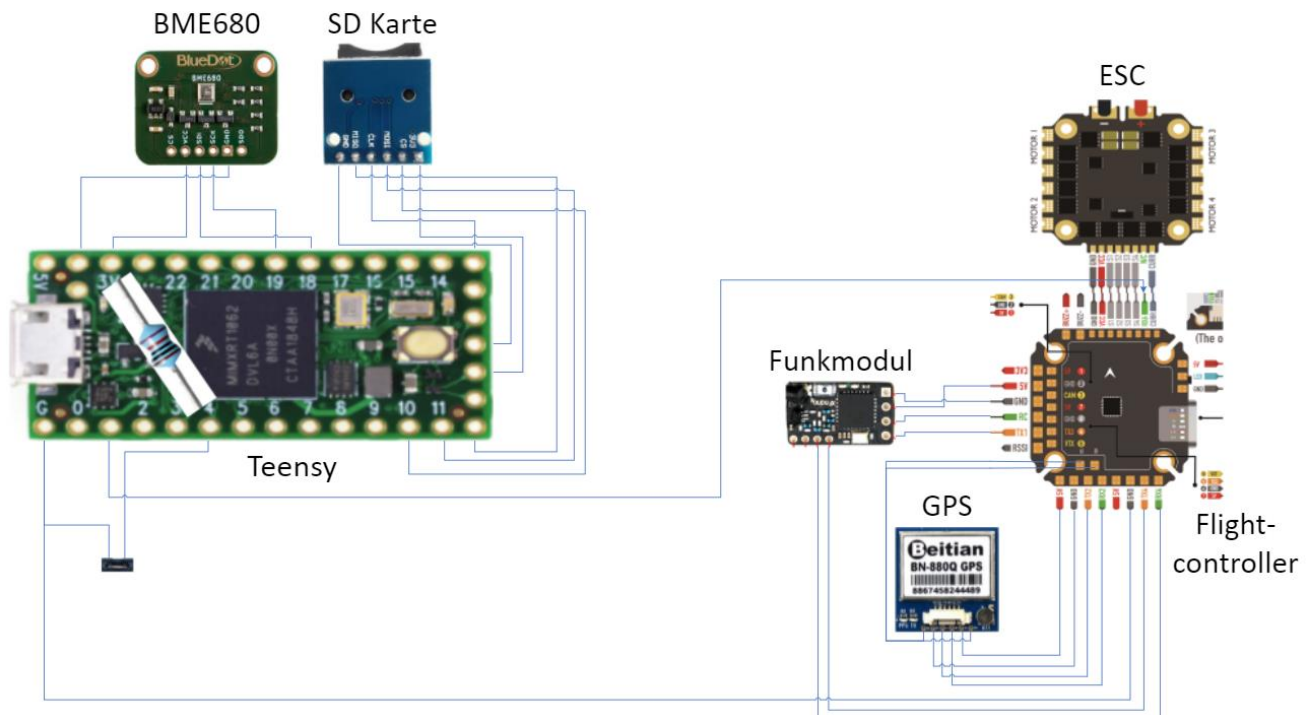


Fertiger CanSat

Elektrisches Design  
Übersichtsplan:



Pinbelegung:



Unsere Schaltung besteht grundsätzlich aus zwei Microcontrollern: Dem OnBoard Computer für die Messung von Druck und Temperatur über das BME680 Modul und für das Senden von Befehlen an den Flight Controller und dem Flight Controller für die Steuerung von den Motoren. Da auf dem Flight Controller eine fertige Firmware (Ardupilot) läuft, kann man am Flight Controller nur über Umweg Programmcode schreiben, deshalb haben wir uns für die Kommunikation zwischen OnBoard Computer und Flight Controller entschieden.

Unser Flight Controller ist der Mamba f405 mini mk3.5, denn er ist erstens klein und leistungsfähig, zweitens ist er mit vielen UARTs ausgestattet und drittens läuft auf ihm unsere gewählte Firmware.

Als Sensor wurde der BME 680 von Bosch Sensoren ausgewählt. Dies ist ein 4 in 1 Sensor, welcher einen sehr kleinen Formfaktor hat. Dieser Sensor kann Druck, Temperatur, Feuchtigkeit und eine Gaskonzentration messen. Jedoch muss der Gassensor, die verschiedenen Gase in einem Initialisierungsprozess kennen lernen. Mit einer eingebauten AI lernt der Sensor die Gase zu unterscheiden.

Der Onboard Computer ist ein Teensy 4.0. Dieser ist mit dem BME 680 kompatibel und hat optimalerweise kleine Abmessungen, zusätzlich ist er mit vielen UARTs ausgestattet.

Ein SD-Karten Modul speichert die Messwerte des BME 680 Sensors.

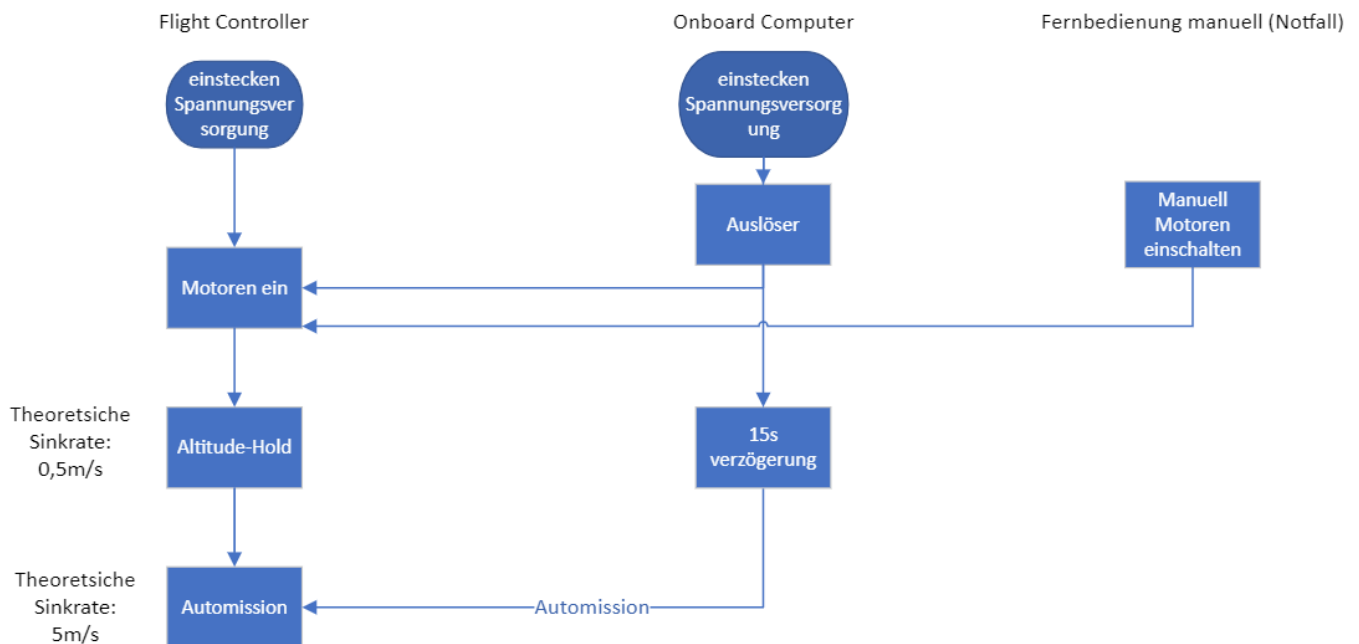
Als Funkmodul wurde ein Crossfire Nano RX (CanSat) und Crossfire Micro TX (Fernbedienung) verwendet, das RX Modul wurde mit dem Flight Controller verbunden, da man einerseits manuell eingreifen kann, falls etwas schief gehen sollte, andererseits misst der Flight Controller sowieso Druck und Temperatur und erfüllt somit die Live-Übertragung der Daten für die Primärmission.

Als GPS/Kompass Modul wurde das BN-880Q verwendet, da es ein gängiges Bauteil ist und auch Kompass und GPS in einem Bauteil vereint.

## Softwaretechnisches Design

Die nachfolgende Abbildung ist in folgende drei Spalten unterteilt: Flight Controller, Onboard Computer und Fernbedienung. Der Flight Controller steuert die Motoren des CanSat. Der Onboard Computer ist mit einem Auslöser verbunden und schaltet die Motoren zum Auswurfzeitpunkt ein. Als Sicherheitsmaßnahme können die Motoren des CanSat mit einer Fernbedienung eingeschaltet werden, falls das autonome Einschalten nicht funktioniert.

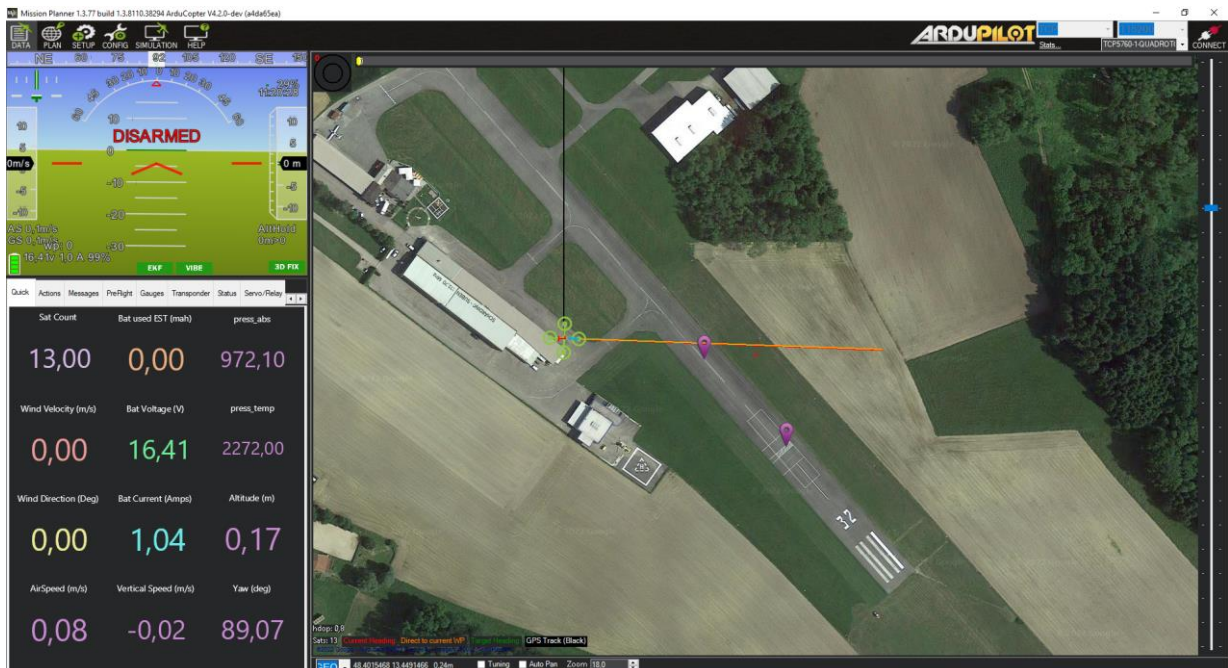
Bevor der CanSat in die Rakete kommt, werden der Flight Controller und der Onboard Computer eingeschaltet. Nach dem der CanSat aus der Rakete ausgeworfen wird, wird die Masche einer Schnur gelöst und die Arme mit den Motoren und die LandefüÙe des CanSat werden dadurch ausgeklappt. Der Onboard Computer detektiert den Auslösemechanismus und schaltet die Motoren ein. Der CanSat geht in den Altitude-Hold Modus. Dieser Modus dient der Stabilisierung nach dem Auswurf und dem Halten der aktuellen Höhe. Nach 15 Sekunden aktiviert der Onboard Computer die Automission. In der Automission fliegt der CanSat zu den verschiedenen GPS-Punkten, die vor dem Flug definiert worden sind und landet schließlich.



## Bodenstation

Unsere Bodenstation besteht aus zwei Komponenten: Einer RC Fernsteuerung, mit der bei Fehlern jederzeit eingegriffen werden kann, und einem Laptop mit der Software „Mission Planner“. Das Funkmodul sitzt in der Fernbedienung, welche die Telemetriedaten per WLAN and den Laptop weitergibt.





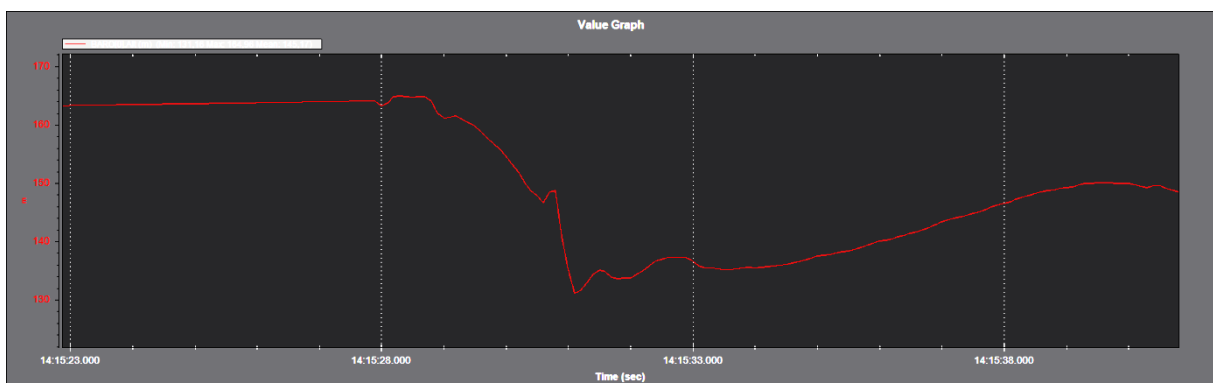
Auf der Bodenstation werden alle wichtigen Daten, wie Anzahl der GPS-Satelliten, GPS-Position, verbleibender Akku und die Daten der Primärmission angezeigt.

## Energiemanagement

Damit die benötigte Energiemenge möglichst platzeffizient verbaut wird, setzen wir auf ein duales Akkusystem. Der Hauptakku, ein 4S Akku, mit 850 mAh, speist den Flight Controller, Motorcontroller und die Motoren. Als sekundäre Akkus verwenden wir zwei parallel geschaltete 1S LiPo Akkus mit einer Gesamtkapazität von 1040 mAh. Dieses sekundäre Akkusystem speist den Onboard Computer, den BME 680 und die SD-Karte. Die Akkumulatoren sind so groß ausgelegt, dass eine Flugzeit von ca. 8-10 min und eine Stand-by Dauer von 8h erreicht werden kann. Der 4S Akku wurde von Tattu hergestellt und die zwei 1S Akkus wurden von Modster produziert.

## Testergebnisse

Um unseren CanSat auch in der Praxis zu erproben, haben wir unseren CanSat auf einem Modellflugplatz aus einem Modellflieger ausgeworfen. Somit haben wir den Auswurf, das Aufklappen und die automatische Stabilisierung im Flug erfolgreich testen können.

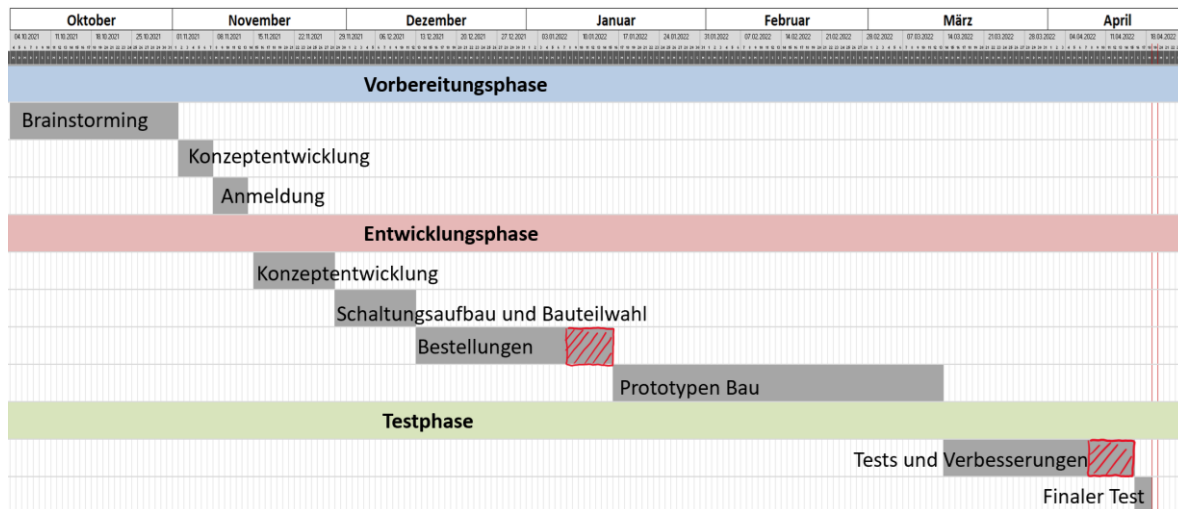


Im Höhenverlauf-Diagramm kann man gut erkennen, dass der Abstieg am Anfang des Fluges bereits nach 3 Sekunden stabilisiert und abgebremst war. Auch das autonome Landen haben wir vor dem Wettbewerb erprobt. Videos dazu befinden sich auf unserem Instagram Account.

## Projektplan

### Zeiteinteilung

Verzögerungen im Zeitplan sind rot schraffiert.



Von Oktober bis Mitte November hatten wir uns mit der Vorbereitungsphase befasst. In dieser Phase haben wir uns mit Brainstorming, Konzeptentwicklung und Anmeldung beschäftigt. Die Entwicklungsphase bestand aus Konzeptentwicklung, Schaltungsaufbau und Bauteilwahl und den Bau der ersten Prototypen. Diese Phase dauerte von Mitte November bis Mitte März. In der Testphase wurden einige Verbesserungen vorgenommen. Anschließend wurde der Finale Test abgehalten.

### Aufgabenverteilung

Linda Pizzato (Grafik und Mediendesign): Öffentlichkeitsarbeit

Ensinger Paul (Elektrotechnik): Mechanik und Flug Software

Putz Sebastian (Elektrotechnik): Auswurfsensor, Schematische Darstellungen

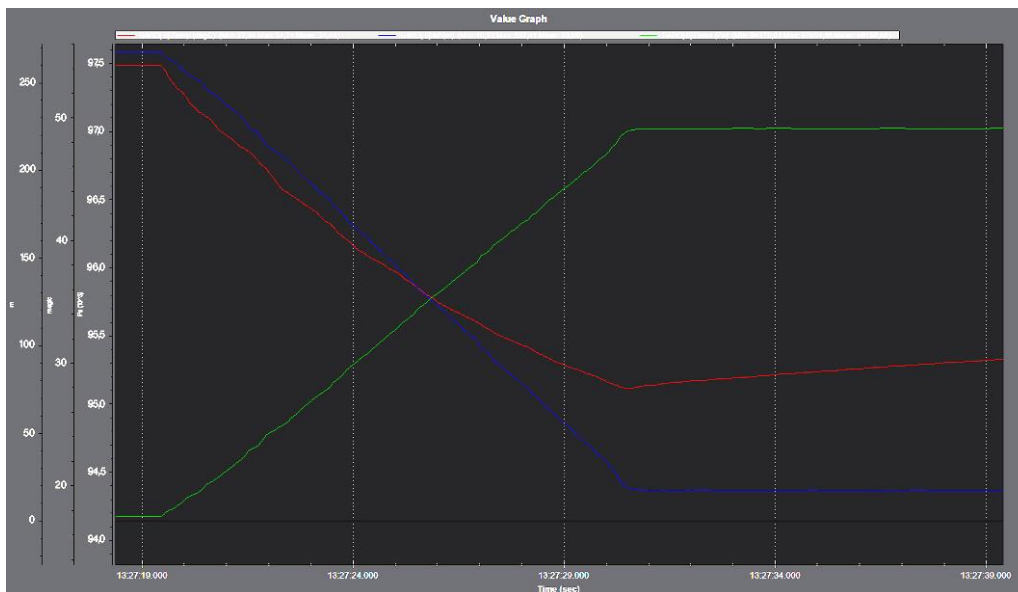
Tabakovic Armin (Elektrotechnik): Kommunikation Onboard Computer und Flight Controller

Walkner Peter (Elektrotechnik): Elektronische Arbeiten

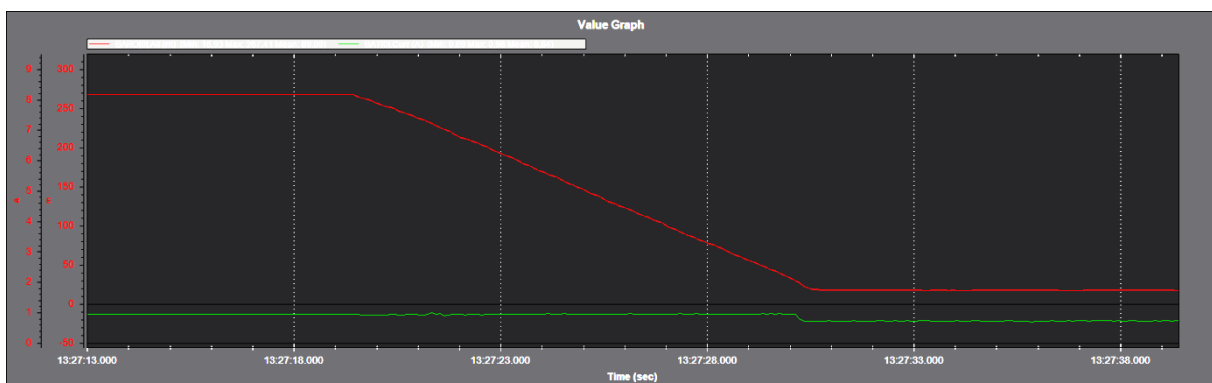
Schorn Johannes (Elektrotechnik): Onboard Computer Sensorik, Sponsoren, Live-Übertragung

### Flugauswertung


Im ersten Diagramm sind die Daten der Primärmission abgebildet. Die rote Kurve beschreibt den Temperaturverlauf, die grüne Kurve stellt den Luftdruck dar und die blaue Kurve ist die, durch den Luftdruck ermittelte Höhe.



In dem nächsten Diagramm ist noch einmal der Höhenverlauf in rot zu sehen und gleichzeitig der Batteriestrom. Aus dieser Grafik geht hervor, dass der Batteriestrom nur sehr niedrig war und somit die Motoren nur sehr langsam gedreht haben. Das Problem war, dass der Flight Controller ohne einem Gas Input der Fernbedienung denkt, die Drohne sei noch nicht abgehoben und die Motoren werden erst beim Abheben mit mehr Strom versorgt. Am Boden angekommen hat der Flight Controller die Motoren ganz ausgeschaltet (Knick in der grünen Linie).



Aufmerksam auf diesen Fehler wurden wir durch folgenden Blogpost:



**OldGazer**

1 Mar '18

Nothing gets 'mapped'. Pixhawk learns where HOVER THROTTLE is ( [http://ardupilot.org/copter/docs/ac\\_throttlemid.html](http://ardupilot.org/copter/docs/ac_throttlemid.html) ) and uses that throttle value for Altitude Hold, Loiter, and Position Hold.

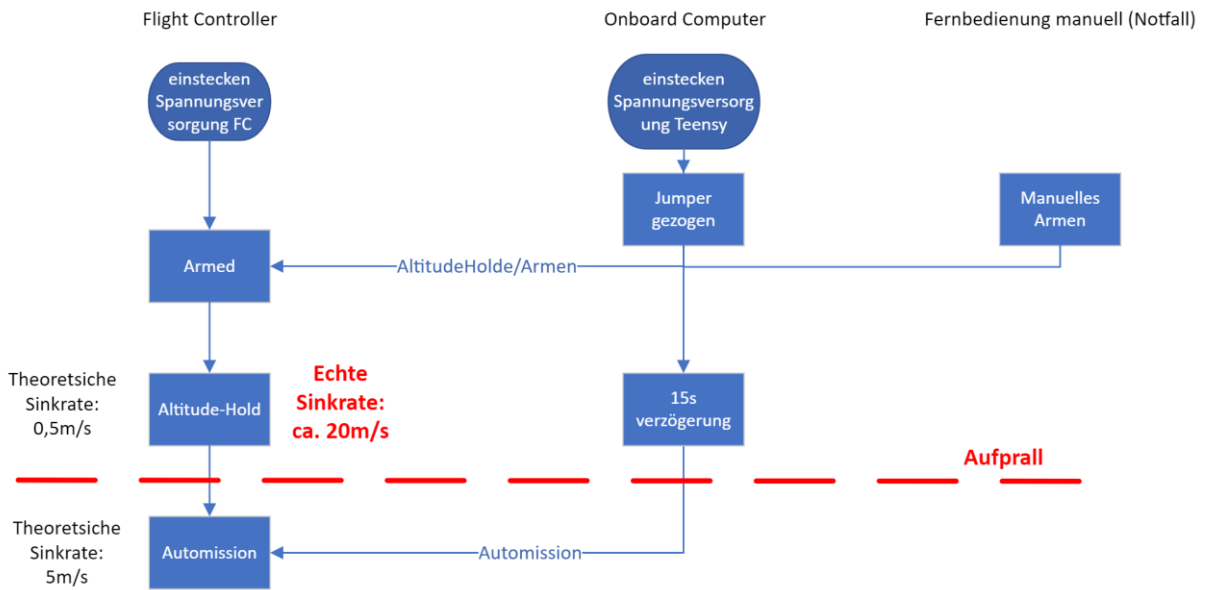
The dead band is used so minor hand "tremors" do not cause the aircraft to change altitude.

So, the aircraft is on the ground with motors armed and you switch to Altitude Hold. As far as Pixhawk knows on the ground is where you want to be and Pixhawk will not change motor speed and initiate an ascent until throttle crosses the UPPER boundary of the Altitude Hold dead band.

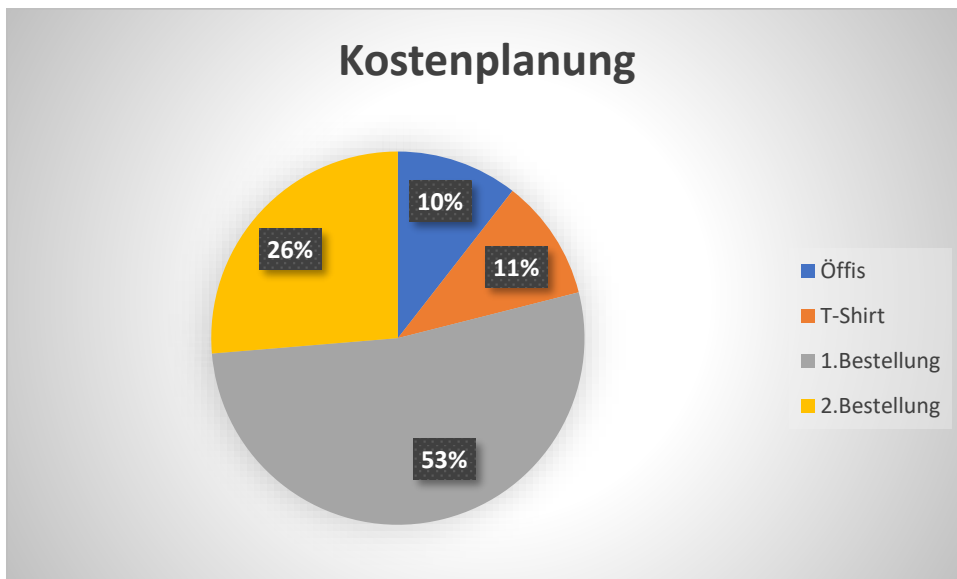
The fix is simple. Take off in Stabilize, climb to your target altitude and then engage Altitude Hold.

1 ♥ 🔗 ⋮ ↩ Reply

<https://discuss.ardupilot.org/t/problems-with-altitude-hold/26660/4>



## Kostenplanung



### Kosten der Bauteilbestellung

Art	Kosten in €
1. Bestellung	1000
2. Bestellung	500

### Sonstige Kosten

Art	Kosten in €
Öffis	200
T-Shirt	200

## Kosten für einen CanSat

Anzahl	Bauteil	Preis/ €
4	Motoren	49,04
1	Flight Controller	94,9
1	BME	20,99
1	Funkmodul	24,95
1	SD-Kartenmodul	3
1	GPS Modul	26
1	Teensy Board	26
1	Jumper	0,3
1	Federn	7,21
3	Akkus	39,26
4	Propeller	1,6
	3D-Druck-Teile	5
2	Kabel	0,8
	Summe	299,05

## Öffentlichkeitsarbeit

Öffentlich und aktiv sind wir hauptsächlich auf der Social Media Plattform Instagram.

Dort posten wir monatlich Updates unserer Arbeit, mit mehreren Bildern, Rendern und einer kurzen Beschreibung, was wir gemacht haben. Ebenfalls auf dem Account zu finden sind weitere interessante Infos, sowie Informationen zum Wettbewerb, unserem Team, was wir uns als Sekundärmission ausgedacht haben und die Termine der Finale.

Wir haben uns für diese Art der Präsentation unseres Projekts entschieden, da Instagram die meisten aktuellen User unserer Zielgruppe hat. Abgesehen davon wollten wir uns auf eine Plattform konzentrieren, und Instagram ist mit den schnellen Storys, die man auch in Highlights speichern kann, den langzeitigen Posts, den vielfältigen Carousels und den Kurzvideo-Reels derzeit am vielfältigsten.

Für diejenigen, die nicht auf Instagram sind, haben wir mit einer Website plus Blog vorgesorgt, wo die monatlichen Updates, unsere Sponsoren und das Team zu finden sind.



Für unser Corporate Design haben wir uns für frische Farben entschieden, die zu einem jungen und innovativen Projekt passen. Die drei Hauptfarben umfassen ein frisches gelb und zwei beruhigendere Blautöne. Mit diesen Farben und einem Beige als Hintergrundton haben wir dann aus eleganten Formen und Verläufen unser Design gestaltet. Ebenfalls zu unserer Corporate Identity zählen 2 Schriftfamilien, wovon eine kreativer ist und für Überschriften dient, die andere eine serifenlose Fließtextschriftart. Das Logo besteht ebenfalls aus unseren Farben und hat den CanSat im Hintergrund, darüber zu sehen ist ein Schriftlogo mit unserem Teamnamen.

Wenige Tage nach unserem Sieg in Linz wurden wir von den Salzburger Nachrichten kontaktiert, welche am Tag darauf eine Seite mit einem Artikel von uns veröffentlichte.

**SALZBURG AKTUELL**

Mit einer Rakete schossen Salzburger Schüler ihren selbst gebauten Satelliten in den Himmel. Bald reisen sie zu einem internationalen Bewerb.

**Der beste Satellit kam aus der HTL Salzburg**

Über ein halbes Jahr lang entwickelten und bauten Linda Preuss, Peter Wehner, Johannes Schiem, Sebastian Punt, Amin Tahirovic und Paul Ervinger an ihrem MiniSatelliten für den Bewerb der Europäischen Weltraumorganisation ESA. Bei dem am vergangenen Wochenende zwei Umrätestrunden pro Woche sei es bei Weitem nicht geliebt, sagt Franz Böck, Lehrer an der HTL Salzburg. Die sind an den Wochenenden und zumeist die ganzen Ferien in der Schule gewesen. "Belastet für den Einsatz werden die Schüler der vierten Klasse vergangene Woche mit dem Sieg bei der Österreich-Umschreibung des Eschertalstages in Schladming. Die Aufgabe der teilnehmenden Teams bestand darin, einen Satelliten in der Größe einer orangefarbenen Tennis- oder Tischtennisballgröße zu bauen. Dieser wurde in Schladming mit einer Rakete des Eschertalstages in eine Höhe von 100 Metern Höhe dort und ausgewertet. Während des Startfluges zurück zum Boden musste der Satellit Temperatur und Luftdruck messen und mindestens ein Mal pro Sekunde an die Bodenstation übertragen. Als zusätzlicher – selbst gewählter – Mission verpassten die Salzburger Schüler ihrem Gerät eine GPS-Indikatoren, um mit Hilfe von GPS-Sensoren zu Boden zu schweben, kann der Satellit gesteuert von einem Bodencomputer antworten. Zudem „die Funktion ähnlich wie bei einer Drohne mit Kamera, Funk- und Steuerungstechnik in die rechte Kamera Einheit zu verbauen ist eine Herausforderung gewesen“, sagt Lehrer Franz Böck. Die Jury, bestehend aus Fachleuten aus Raumfahrtindustrie und Forschung, setzte sich am 17. und 18. April in Schladming zu dem Sieger. Im letzten Tag am internationalen Finale in einer der ESA-Länder haben Österreich und zu weiteren Nationen beteiligt. Gesamtmeister ist der Thales Weltraumforschungs-Kooperationspartner der ESA. Für zum großen Messen mit dem anderen Nationenstern haben die Salzburger nach einer genauen Planung. „Wir werden Schachschachleistungen und vielleicht noch um eine Funktion erweitert“, sagt Schüler Paul Ervinger. Der Satellit soll in Bestleistung unter anderem Erkundungsaufgaben verbessern werden, wie das Verfügen der Mars- und Jupitermission.

**Daten & Fakten Das Siegerprojekt**

Drohne und Satellit in einem ist die Entwicklung der Salzburger HTL-Schüler. Mit Fokus auf dem Eschertalstages und vielen Prototypen sei es gelungen, alle Funktionen im Satellitenbau-Format zu realisieren, sagt Kooperationspartner Paul Ervinger.

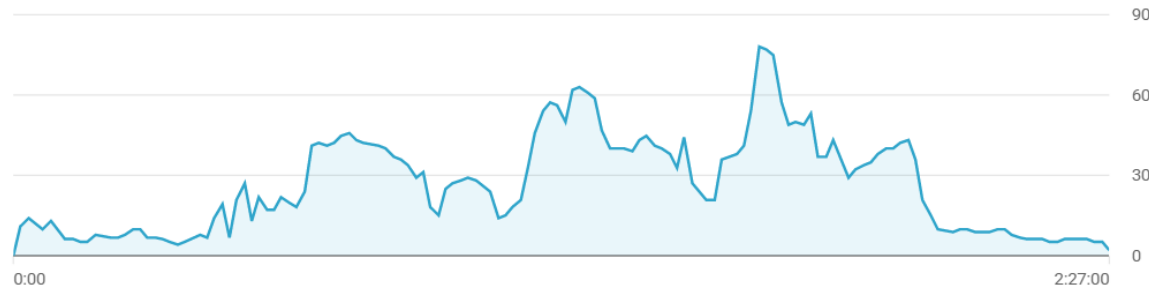
Als Highlight der Öffentlichkeitsarbeit haben wir den Raketenstart auf YouTube live gestreamt, wobei wir insgesamt 679 Aufrufe und einen hohen Interaktionswert mit ganzen 742 Chatnachrichten hatten

**Gleichzeitige Zuschauer**

Während des Livestreams

**78**

Max. gleichzeitige Zuschauer

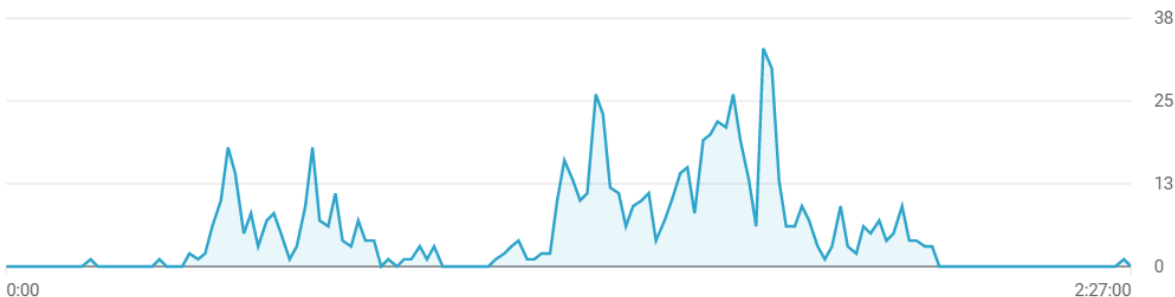


**Chatnachrichten**

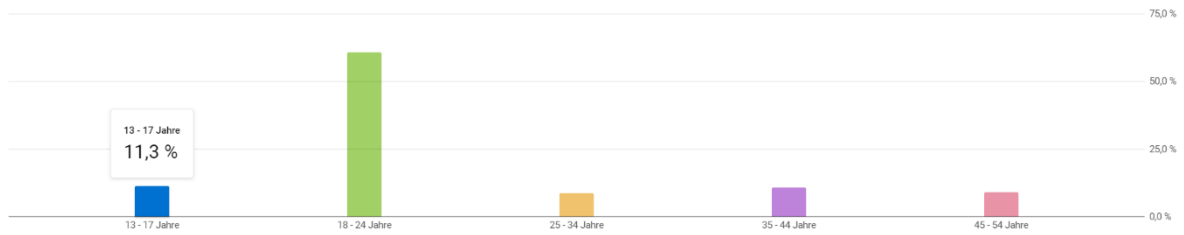
Während des Livestreams

**742**

Chatnachrichten insgesamt



Aufrufe nach Alter der Zuschauer



Im ersten Diagramm wird die Anzahl der Klicks über die Zeit dargestellt. Beim zweiten Diagramm sind die Chataktivitäten je Zeit ersichtlich. Das unterste Diagramm zeigt die Verteilung nach Alter und prozentualer Klicks.

## Sponsoren

Bei Fortschrittsberichten interessierten sich immer wieder Personen sehr für dieses außergewöhnliche Projekt und waren bereit einen Geldbetrag zu sponsern. Wir bedanken uns bei den Firmen: mindsetters, Lagerhaus, Ingenieurbüro Rogy und Druckerei Sallmann, ein besonderer Dank gilt auch der HTBLuVA Salzburg unterstützte.



Ing. Herbert Walkner

