

The logo features a white rounded rectangle with a blue arc above the text. The word 'Apex' is in blue and 'Explorer' is in red. The background of the entire page is a space-themed image showing a starry sky above a blue and white horizon line.

Apex Explorer

Version vom 26.09.25

Danke

Das dieses Raketenprojekt Wirklichkeit geworden ist habe ich der Mithilfe und Unterstützung einiger Menschen zu verdanken.

- Ann-Kathrin für die vielen Stunden während der Sie mich in meiner Werkstatt sitzen ließ
- Paul Kremser für den technischen Junpstart und unzählige richtige Stichwort die mir viele Umwege erspart haben.
- Achim Preuss für die ersten praktische Erprobung im Unterricht und den daraus folgenden Tipps und Anregungen.

Inhaltsverzeichnis

Bildergalerie.....	4
Einleitung.....	5
Übersicht.....	6
Aufbau der Rakete.....	6
Software.....	7
Startbildschirm.....	7
Flugdiagramme.....	8
Raketenphysik- Wie funktionieren Raketen?.....	9
Beschreibung der Flugphasen.....	9
Aerodynamik- Die Nase in den Wind.....	10
Ganz so einfach ist es aber doch nicht.....	11
Gruppenarbeit- Wer macht was?.....	12
JPL- Jet Propulsion Lab.....	12
FC- Flight Control.....	13
MU- Metrological Unit.....	13
MC- Mission Control.....	14
PR- Public Relations.....	14
Anleitungen.....	16
MC – Mission Control.....	16
JPL – Jet Propulsion Laboratory.....	20
Fallschirmfalten.....	26
FC – Flight Control.....	30
MU – Metrological Unit.....	36
PR – Public Relations.....	42
Fehlerbehebung- Trouble Shooting.....	44
JPL- Fehlerbehebung.....	44
FC- Fehlerbehebung.....	45
Technische Hinweise.....	46
Allgemeine Sicherheitshinweise.....	46
Entsorgung und Recycling.....	46
Kontaktdaten.....	46

Bildergalerie



Vorbereiten der Rakete

Daten der Rakete	
Länge	60cm
Gewicht	200g
Flughöhe	60m (kleiner Treibsatz)
	200m (großer Treibsatz)



Verbindung mit dem Laptop



Start der Rakete



Steuerung über ein Smartphone



Versandumfang

Einleitung

Disclaimer: Das Projekt befindet sich noch in der Entwicklung. Vor allem die Arbeitsblätter und die Anleitung sind noch nicht zu 100% zu Ende entwickelt, auch ein Lektorat fand noch nicht statt.

Die Raumfahrt wurde schon bevor sie überhaupt funktioniert hat als der Höhepunkt unserer technischen Entwicklung betrachtet. In dieser Einschätzung steckt natürlich eine große, vielleicht auch naive, Fortschrittsbegeisterung. Aber in der Bezeichnung der Raumfahrt und daher der Raketentechnik als Höhepunkt der menschlichen Entwicklung steckt auch ein wahrer Kern. Denn diese Fortschritte sind für uns Menschen nur deshalb erreichbar, weil wir Menschen zwei einzigartige Fähigkeiten besitzen: Die Fähigkeit von anderen zu lernen und Fähigkeit mit anderen zusammenzuarbeiten.

Und eben diese beiden Kernkompetenzen von uns Menschen werden wir benötigen damit dieses Raketenprojekt ein Erfolg wird. Sie müssen in kurzer Zeit Dinge lernen, die neu für Sie sind, aber ein anderer Mensch für Sie herausgefunden hat. Dieses Wissen finden Sie in dieser Anleitung und in den Checklisten. Weil das Menge an Wissen, die für das Raketenprojekt benötigen wird, zu viel für eine Person ist, wird dieses Wissen auf mehrere Teams aufgeteilt. Das bedeutet, dass Sie während des Projekts einen bestimmten Team zugeordnet werden und mit den anderen Teams zusammen arbeiten müssen.



Aber keine Angst, das Raketenprojekt hat vielleicht eine kulturantropologische Komponente, was Sie aber erleben werden ist etwas anderes. Mit Ihrem Team werden Sie einen Teil der Rakete ganz gut verstehen lernen und mit den anderen Teams dafür sorgen, dass zum Countdown die Arbeit aller Teams zusammen läuft. Wenn die Rakete dann zündet und abhebt werden sie freudig ihren Flug verfolgen und gebannt auf das Erscheinen des Fallschirms hoffen.

... und wenn die Rakete am Fallschirm schön langsam und sicher zu Boden schwebt, dann hat sich alles gelohnt.

Übersicht

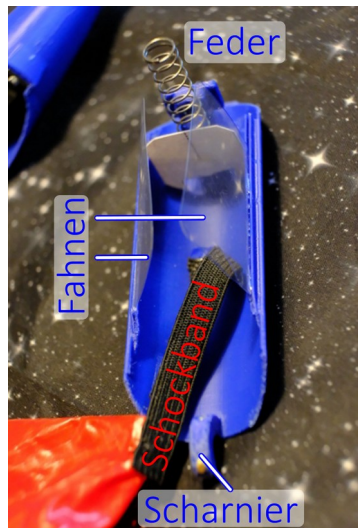
Aufbau der Rakete



Gesamtübersicht



Detail Triebwerkssektion



Detail Fallschirm-Klappe

Software

Die Rakete kann sich über WLAN mit digitalen Geräten verbinden. Die Kommunikation mit der Rakete geschieht dabei über zwei spezielle Webseiten.

- Den **Startbildschirm** um die Rakete zu starten und
- die Seite mit den **Flugdiagrammen** um den Flug auszuwerten

Mehr Infos zur Verbindung mit dem ApexExplorers unter **Verbindungstest** auf S. 26.

Startbildschirm

The image shows two side-by-side screenshots of a web interface for a rocket launch. The left screenshot is titled 'Mae_Jemison Startbildschirm' and displays various gauges and status indicators. The right screenshot is titled 'Startkontrolle' and shows control options for the launch.

Mae_Jemison Startbildschirm

- A large semi-circular gauge at the top with a needle pointing to 0. The scale ranges from 0 to 50.
- Aktuelle Höhe: 0 m** (Current height)
- Maximale Höhe: 1 m** (Maximum height)
- A small gauge with a needle pointing to 1. The scale ranges from 0 to 5.
- Beschleunigung: 1.0 g** (Acceleration)
- A gauge with a needle pointing to 0. The scale ranges from 0 to 100.
- Akku: 100%** (Battery level)
- A gauge with a needle pointing to 0. The scale ranges from 0 to 10.
- Schubkraft: -0.0 N** (Thrust)
- A circular icon with a refresh symbol.
- Laufzeit: 111.4 s** (Run time)
- A green button labeled **Fallschirm** (Parachute).

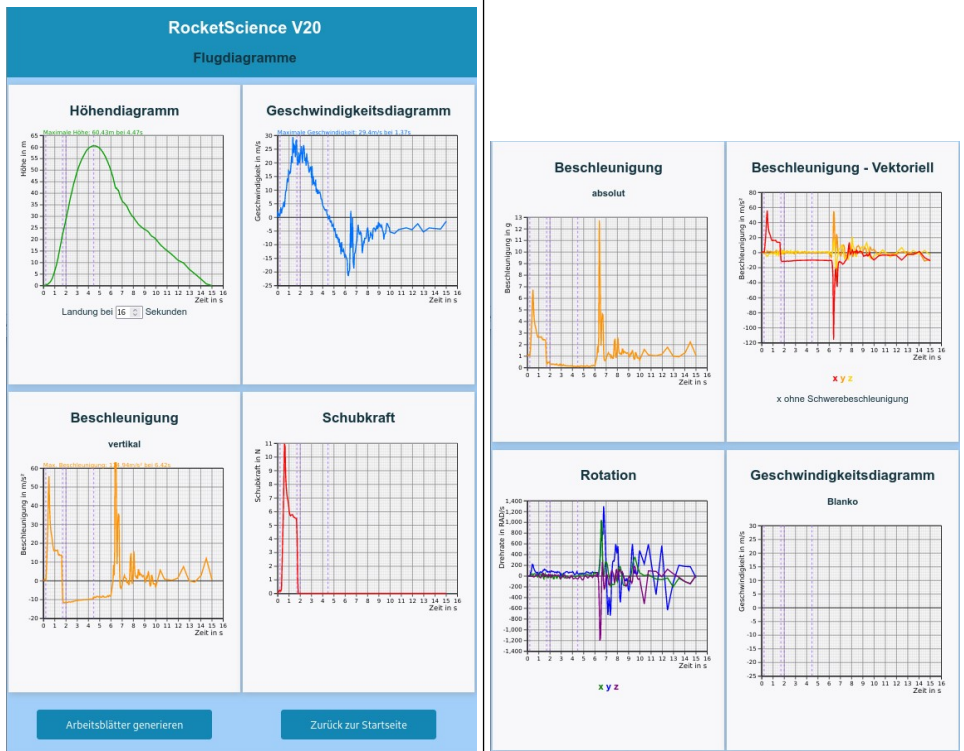
Startkontrolle

- Status: **Rakete vertikal | Rakete auf Startplattform | Akku geladen**
- Treibsatz:
- Fallschirmverzögerung:
- Startcode:
- A red button labeled **Start**
- A blue button labeled **Download der Messdaten**
- A blue button labeled **Flugdiagramme anzeigen**
- A blue button labeled **Download Logdaten**

Auf dieser Webseite können Sie alle wichtigen Messwerte der Rakete sehen, sowie alle benötigten Parameter für den Flug eingeben. Zusätzlich können Sie hier die Rohdaten des letzten Fluges als CSV-Datei (*Download der Messdaten*) und zur Fehlerdiagnose eine Datei mit Statusmeldungen (*Download Logdaten*) herunterladen .

Von dieser Seite aus kommen Sie auf die Webseite mit den **Flugdiagrammen**.

Flugdiagramme

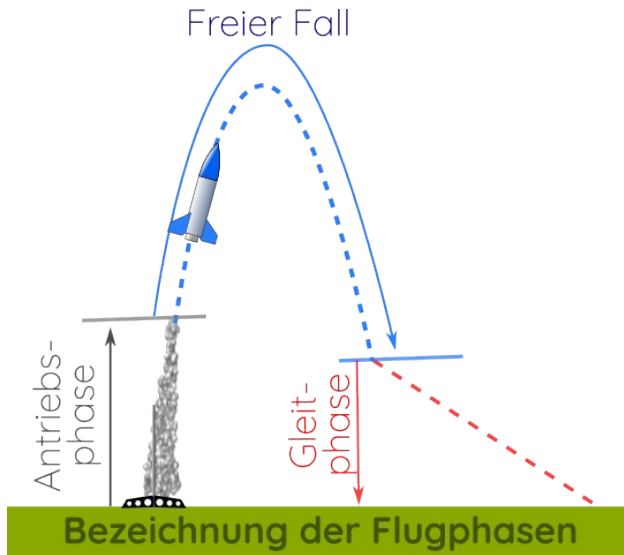


Auf dieser Webseite werden die Flugdiagramme des letzten Fluges dargestellt und zusammengefasst.

Aus diesen Flugdiagrammen erzeugt diese Webseite auch die Arbeitsblätter (*Arbeitsblätter generieren*) für die Auswertung im späteren Unterricht.

Raketenphysik- Wie funktionieren Raketen?

Beschreibung der Flugphasen



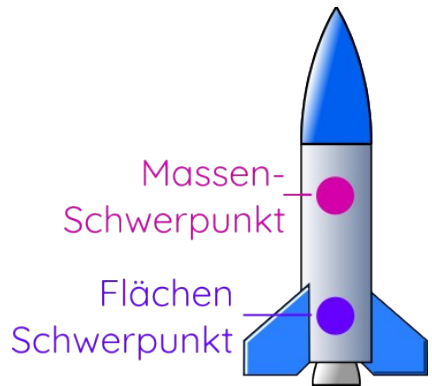
Im Flug unserer Rakete kann man drei unterschiedliche Flugphasen unterscheiden:

- **Antriebsphase**- In dieser Phase brennt der Treibsatz und beschleunigen die Rakete.
- **Freier Fall** Nach dem Abbrennen der Treibsätze fliegt die Rakete antriebslos auf einer Parabelbahn weiter. Obwohl sie am Anfang nicht fällt sondern steigt befindet sie sich physikalisch gesehen im "freien Fall". Eine mitfliegende Person würde sich in dieser Phase (nahezu) schwerelos fühlen.
- **Gleitphase**- Nach dem Auslösen des Fallschirms gleitet die Rakete mit einer konstanten Geschwindigkeit in Richtung Boden.

Aerodynamik- Die Nase in den Wind

Um zu verstehen warum eine Rakete stabil fliegt müssen wir zwei Schwerpunkte unterscheiden:

- Der **Massenschwerpunkt**- Das ist der klassische Schwerpunkt. Man könnte sich vorstellen, dass die ganze Masse der Rakete an diesem Punkt konzentriert wäre. Wenn sich die Rakete im freien Raum dreht, dann immer um diesen Punkt. Das passiert immer dann, wenn eine Kraft auf die Rakete wirkt, die nicht in Richtung des Schwerpunkts wirkt.
- Der **Flächenschwerpunkt**- das der Schwerpunkt der Flächen. Alle Kräfte, die auf die Flächen der Rakete wirken, greifen an diesem Punkt an. Das ist natürlich für die aerodynamischen Kräfte, also für die Kräfte durch den Fahrtwind, der Fall.



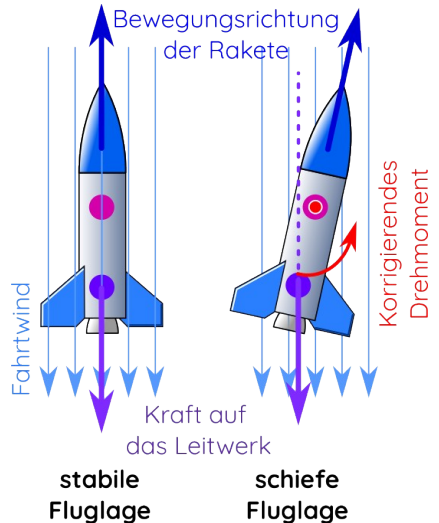
Hat die Rakete einmal eine Flugrichtung (**Bewegungsrichtung**) eingenommen, so bleibt sie stabil in dieser Fluglage.

Denn, wenn die von der vorherigen Flugrichtung abweicht (**schiefe Fluglage**), so wirken die aerodynamischen Kräfte durch den **Fahrtwind** auf die Leitwerke am Ende der Rakete. Diese Kräfte setzen am **Flächenschwerpunkt** an und drehen die Rakete um den **Massenschwerpunkt**.

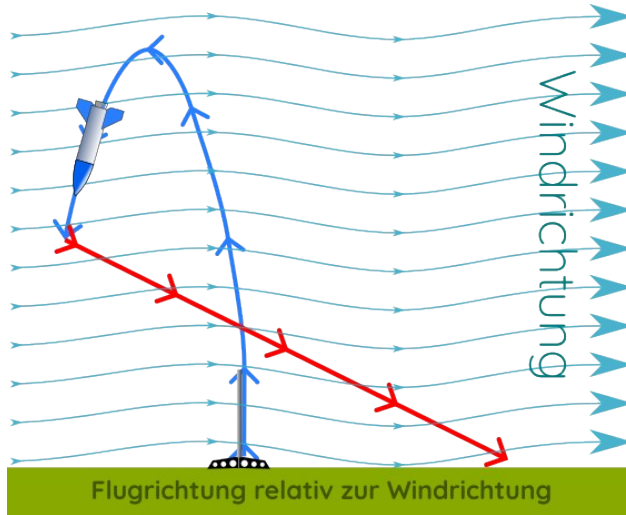
Dieses **Drehmoment** dreht die Rakete automatisch wieder in die vorherige Bewegungsrichtung und korrigiert somit die schiefe Fluglage.

Je weiter der Massenschwerpunkt und der Flächenschwerpunkte auseinander liegen um so stärker ist das korrigierende Drehmoment.

Dadurch fliegen Raketen, entgegen der intuitiven Erwartung, stabiler, je höher der Massenschwerpunkt liegt.



Ganz so einfach ist es aber doch nicht



Eine Rakete versucht also immer in die Richtung des Fahrtwindes zu fliegen. Wenn es windstill ist und sie die Startrampe mit einer Bewegungsrichtung senkrecht nach oben verlässt, wird sie weiterhin senkrecht nach oben fliegen.

Die Sache wird etwas komplizierter, wenn zum Fahrtwind noch ein *normaler* Wind dazukommt. Dann überlagern sich diese beiden Winde zu einem resultierenden Wind. Dadurch dreht sich die Rakete automatisch langsam in den Wind.

Wenn sie dann aber am Fallschirm hängt treibt sie wieder in die Windrichtung. Gutes Timing des Fallschirms kann dafür sorgen, dass die Rakete trotz starkem Wind nahezu wieder an der Startplattform landet. (siehe Winddrift-Simulationen auf Seite 36)

Gruppenarbeit- Wer macht was?

Der Raketenflug kann nur dann erfolgreich sein, wenn mehrere Teams gut zusammenarbeiten. Im folgenden Teil werden die Teams und ihre Aufgaben vorgestellt. Zusätzlich zu den zwei notwendigen Teams (JPL & FC) können drei zusätzliche Teams aufgestellt werden.

JPL- Jet Propulsion Lab¹

Das Team JPL ist für die Technik der Rakete verantwortlich. Ihre Aufgabe ist es eine funktionsfähige Rakete zur Verfügung zu stellen. Dazu gehört insbesondere:

- Die Funktionsweise der Rakete verstehen.
- Die Rakete zusammen und auseinander bauen.
- Den Fallschirm einwickeln und in die Rakete einsetzen.
- Die Treibsätze ein- und ausbauen.

Darüber hinaus muss das Team in Abhängigkeit vom verwendeten Treibsatz die optimale Verzögerungszeit für den Fallschirm bestimmen. Dies erfordert folgende Schritte:

- Die Flugbahn mit einem Computerprogramm simulieren.
- Verschiedene Auslösezeiten simulieren.
- Ein Optimum zwischen langer Freiflugphase und sicherem Abstand vom Boden bestimmen.
- Simulierte Höhenprofile zur späteren Analyse speichern/ausdrucken.

Nach dem Flug sollte das Team das tatsächlich geflogene Höhenprofil mit den simulierten Höhenprofil vergleichen.

Die Farbe des Teams JPL ist **Gelb**.

¹ Das *Jet Propulsion Laboratory* entwickelt die Raketenantriebe und Raumsonden für die NASA.

FC - Flight Control

Das Team FC ist für die Durchführung und Aufzeichnung des Experimentalflugs zuständig. Dazu gehören das Starten und die Bergung der Rakete sowie die Aufnahme der Flugbahn und das Sichern der Flugdaten. Das Team muss die Rakete kontrollieren und ansteuern können. Dazu gehören:

- Verbindung zwischen Tablet und Rakete herstellen
- Fallschirm auslösen und verschließen
- Verzögerungszeit einstellen
- Funktionsfähigkeit der Sensoren kontrollieren
- Flugdaten anzeigen
- Arbeitsblätter herunterladen
- Starten der Rakete

Die Farbe des Teams FC ist **Grün**.

MU- Metrological Unit

Dieses Team ist dafür zuständig, dass um die Rakete herum alles sicher ist. Zu diesem drumherum gehört vor allem das Wetter und der Ort an dem der Raketenflug stattfinden wird.

In der Vorbereitungsphase besorgt sich die MU die benötigten Informationen, um eine möglichst solide Wettervorhersage für den Flugtag zu erstellen. Augenmerk liegt dabei vor allem auf die zu erwartenden Windgeschwindigkeiten. Die MU gibt im Vorfeld das GO, ob ein Start am anvisierten Flugtag möglich ist und findet einen möglichen Ersatztermin. Die MU wählt das Flugfeld aus und entscheidet welche Gebiete des Flugfeld sicher sind und welche zum Gefahrengebiet gehören.

Die Farbe des Teams MU ist **Blau**.

MC- Mission Control

Die Aufgabe der Mission Control ist die Gesamtkoordination des Projekts. Die Teammitglieder müssen darauf achten, dass die anderen Teams sich sinnvoll absprechen und ihre Aufgaben rechtzeitig erledigen. Das Team MC entscheidet, wann welches Team an der Rakete arbeitet.

MC überprüft ob eine Phase abgeschlossen ist und gibt das GO für die nächste Phase.

... und ganz zum Schluss zählt Mission Control den Countdown runter.

Die Farbe des Teams MC ist **Rot**.

PR - Public Relations

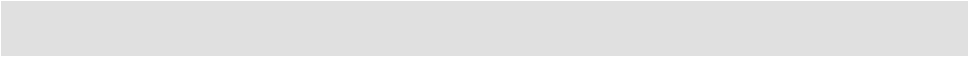
Die Aufgabe des Teams PR ist das Raketenprojekt zu dokumentieren um Außenstehenden einen kurzen Überblick darüber geben, was gemacht wurde. Sie müssen den Raketenflug als spannende Geschichte erzählen.

Dazu müssen Sie die verschiedenen Phasen in Bild, Ton und Video dokumentieren und in Interviews herausfinden welchen Beitrag die einzelnen AkteureInnen zum Raketenprojekt beigetragen haben. Diese Medien müssen Sie am Schluss in einer geeigneten Form zusammen stellen und präsentieren.

Natürlich müssen Sie von allen Personen, von denen Sie Bildaufnahmen machen eine Erlaubnis einholen.

Zusätzlich zur schulinternen Präsentation können Sie versuchen, in einer lokalen Zeitung einen Beitrag über das Raketenprojekt zu platzieren. Dafür müssen Sie mit den Redaktionen Kontakt aufnehmen und das Raketenprojekt möglichst interessant darstellen. Seien Sie sich bewusst, dass ein großer Teil der Arbeit erst nach dem Raketenflug statt finden kann. In der sogenannten *Post-Produktion* müssen Sie aus dem gesammelten Bildmaterial noch eine ansprechende *Story* kreieren.

Die Farbe des Teams PR ist **Lila**.



Anleitungen

In diesem Kapitel findet jede Gruppe eine detaillierte Beschreibung welche Aufgaben sich hinter jedem Punkt ihrer Checklisten verbergen.

Tipp: Legen Sie die Checkliste immer neben die Anleitung und schauen Sie nach welches Checkitem auf der Checkliste die Anleitung gerade beschreibt.

MC – Mission Control

Sie erhalten hier einen Überblick, was die anderen Teams in den jeweiligen Phasen erledigt haben sollten. Das soll Ihnen helfen die Teams anzusprechen und mit ihnen über ihren Fortschritt zu sprechen. Ziel ist es, dass Sie möglichst früh erkennen können, wenn es irgendwo Probleme gibt. Denn das ganze Raketenprojekt zum Stillstand, wenn nur eines der Teams nicht weiter kommt.

Wirklich kontrollieren müssen Sie aber meist nur, ob Ihnen die Teams für die momentane Phase ihr GO geben. Wenn alle Teams ihr GO gegeben haben rufen Sie die nächste Phase aus und die Teams fangen mit der neuen Phase an. Hier müssen Sie wahrscheinlich etwas Überzeugungsarbeit leisten. Viele Teams wollen einfach ihre Aufgaben abarbeiten und nicht auf die anderen Teams warten. Sie als Mission Control fällt es aber leichter den Überblick zu bewahren, wenn alle Teams sich in der selben Phase befinden.

Sowohl jeder Schritt auf der Checkliste seine eigene Wichtigkeit hat gibt es dennoch Schritte von denen der Erfolg des Projekts in besonderer Weise abhängt. Diese Schritte sind [blau hinterlegt](#).

Darüber hinaus gibt es Schritte die aus einem harmlosen Schulprojekt eine gefährliche Angelegenheit machen können. Diese sicherheitsrelevanten Schritten sind [rot hinterlegt](#).

Phase: Planung- Ort: Schule

RTFM Lesen Sie die Anleitung komplett durch. Auch die Teile der anderen Teams. Für eine gute Zusammenarbeit ist es nötig, auch die Aufgaben der anderen Teams grob zu kennen.

MU Wurde einegeeigneter Ort für den Raketenflug gefunden?
Was sagt die Wetterprognose des Teams MU über das Wetter am Flugtag?

JPL Was haben die Simulationen des Teams ergeben?
Welche Verzögerungszeit des Fallschirms wurde ausgewählt?

Ist die Sicherheitsmarge ausreichend?

Kann das Team JPL die Rakete auf- und abbauen und den Fallschirm wickeln und einsetzen?

FC Kann das Team mit dem Laptop oder Tablet Verbindung zur Rakete aufbauen? Klappt der Download der Daten mit dem Laptop/Tablet?

MC Haben Sie das Gefühl, das jedes Team weiß was zu tun ist?

Phase: Vorbereitung- Ort: Schule

MU Was sagt der neueste Wetterbericht über das Wetter am Flugtag?

JPL Hat dieses Team wirklich alle benötigten Sachen eingepackt? Wenn hier etwas vergessen wird ist kein Raketenflug möglich.
Ist der Akku der Rakete vollständig geladen?

FC Haben die Probedownloads geklappt? Ist der Laptop/Tablet zur Steuerung der Rakete aufgeladen?

MC Hat der Trockentest problemlos funktioniert? Scheuen Sie sich nicht einen zweiten Trockentest durchzuführen, falls der erste Test nicht reibungslos funktioniert hat. Wenn am Flugtag der Treibsatz zündet gibt es keinen Raum mehr für Fehler.

Phase: 1- Ort: Startzentrale

MU In welche Richtung weht heute der Wind? Hat dieses Team die Orte für die Startplattform, die Startzentrale und den Aufenthaltsbereich klar ausgewiesen? Sind diese Orte an die heutige Hauptwindrichtung angepasst? Haben alle am Raketenflug beteiligten die Lage dieser Orte mitbekommen?
Sind zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen (wie z.B. Absperrungen) umgesetzt worden?

JPL Hat das JPL-Team die richtige Treibsatzart eingesetzt?

FC Ist die Startplattform am richtigen Ort aufgebaut?

MC Haben Sie das GO aller Gruppen erhalten?

Phase: 2- Ort: Startzentrale

- MU** Nimmt das MU-Team alle 5 Minuten neue Daten in das Windprotokoll auf?
- JPL** Ist der Fallschirm korrekt eingewickelt und mit der Fallschirmsicherung gesichert?
Ist der Zünder in den Treibsatz eingeführt worden, das Zünderkabel aber **nicht** in die Zündbuchse gesteckt?
- FC** Nichts in dieser Phase
- MC** Hier benötigen Sie nur das GO des JPL-Teams

Phase: 3- Ort: Startzentrale

- MU** Nimmt das MU-Team wirklich alle 5 Minuten neue Daten in das Windprotokoll auf?
- JPL** Steht die Rakete voll montiert auf der Startplattform?
Ist sie eingeschaltet?
- FC** Nichts in dieser Phase.
- MC** Hier benötigen Sie nur das GO des JPL-Teams.

Phase: 4- Ort: Startzentrale

- MU** Nimmt das MU-Team wirklich alle 5 Minuten neue Daten in das Windprotokoll auf?
- JPL** Wurde die Fallschirm-Sicherungskappe entfernt?
- FC** Hat sich das FC-Team erfolgreich mit der Rakete verbinden können?
Geben alle Sensoren (Beschleunigung, Kraft und Höhe) sinnvolle Werte aus?
- MC** Hier benötigen Sie das GO der Teams JPL und FC.

Phase: 5- Ort: Startzentrale

- MU** Hat das Team ihr Windprotokoll ausgewertet?
Sagt das MU-Team GO oder NOGO zum Raketenstart?
- JPL** Wurde das Zünderkabel in die Zündbuchse eingeführt?
Leuchtet die Zünd-LED grün?
Ist der Gefahrenbereich um die Startplattform geräumt worden? Ist das ganze Team JPL im Aufenthaltsbereich? Sind FC und MC in der Startzentrale.
- FC** Nichts in dieser Phase.
- MC** Hier benötigen Sie nur das GO der Teams MU und JPL.

Phase: 6- Ort: Startzentrale

- MU** Nichts in dieser Phase.
- JPL** Nichts in dieser Phase.
- FC** Wurde die korrekte Verzögerungszeit eingestellt?
Wurde der Sicherheitscode (von der Lehrkraft) eingegeben?
- MC** Nach dem GO des FC-Teams geben Sie das Achtungssignal (Pfeife), damit alle den Flug der Rakete verfolgen.
Beginnen Sie den Countdown.
Das Team FC startet die Rakete am Ende ihres Countdown.

Phase: 7 - Ort: Im Feld

- MU** Hat dieses Team die Landeentfernung und die Landerichtung bestimmt und auf dem Windprotokoll festgehalten?
- JPL** Nichts in dieser Phase.
- FC** Ist die Rakete sicher geborgen worden?
Konnte das Team FC alle Daten herunterladen?
- MC** Wurden die Daten gesichert und die Rakete ausgeschaltet?

JPL – Jet Propulsion Laboratory



Sicherheitshinweise:

- Tragen Sie immer eine Schutzbrille, wenn ein Zünder in den Treibsatz eingesetzt wurde.

Sowohl jeder Schritt auf der Checkliste seine eigene Wichtigkeit hat gibt es dennoch Schritte von denen der Erfolg des Projekts in besonderer Weise abhängt. Diese Schritte sind **blau hinterlegt**.

Darüber hinaus gibt es Schritte die aus einem harmlosen Schulprojekt eine gefährliche Angelegenheit machen können. Diese sicherheitsrelevanten Schritten sind **rot hinterlegt**.

Phase: Planung- Ort: Schule

Planung Schule	RTFM <input type="checkbox"/> Anleitung lesen Weigh-In <input type="checkbox"/> Gewicht der Rakete messen <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">mit Treibsatz</td> <td style="width: 50%;">ohne Treibsatz</td> </tr> </table>	mit Treibsatz	ohne Treibsatz	Simulation <input type="checkbox"/> Simulationen durchführen <input type="checkbox"/> Verzögerungszeit für Treibsätze bestimmen <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">C6-P:</td> <td style="width: 50%;">D9-P:</td> </tr> </table>	C6-P:	D9-P:	Rehearsal <input type="checkbox"/> Rakete und SP zusammenbauen <input type="checkbox"/> Fallschirm kontrollieren <input type="checkbox"/> Fallschirm wickeln & einsetzen <input type="checkbox"/> Fallschirm auslösen (mit FC) <input type="checkbox"/> Probedurchlauf mit FC und MC	
mit Treibsatz	ohne Treibsatz							
C6-P:	D9-P:							

RTFM Lesen Sie die Anleitung komplett durch. Auch die Teile der anderen Teams. Für eine gute Zusammenarbeit ist es nötig, auch die Aufgaben der anderen Teams grob zu kennen

Weigh in Wiegen Sie der Rakete mit und ohne Treibsatz. Achten Sie darauf, wer in Ihrem Team die Berechtigung hat den Treibsatz anzufassen.
 → Tragen Sie die gemessenen Gewichte auf der Checkliste ein.

Simulation Verwenden Sie das Simulationsprogramm *OpenRocket* um den Flug der Rakete zu simulieren. Die Parameter der Rakete können Sie mit der Datei *Schulrakete.ork* einlesen.
 Untersuchen Sie, welche Verzögerungszeit für den Fallschirm optimal ist. Optimal ist eine Verzögerung, die eine möglichst lange Flugzeit ohne Fallschirm ermöglicht, aber gleichzeitig genug Sicherheitsabstand zum

Boden für das Öffnen des Fallschirms ermöglicht. Der Fallschirm benötigt vom Befehl zum Auslösen bis er sich voll entfaltet hat etwa 0,5s.

Bedenken Sie, dass die Simulation immer von einer idealen Situation ausgeht. Beim wirklichen Flug wird nicht alles perfekt ablaufen.

Berücksichtigen Sie dies in ihrem Sicherheitsfaktor.

Diese Verzögerung ist natürlich für die verschiedenen starken Treibsätze (C6-P und D9-P) unterschiedlich. Diskutieren Sie die von Ihnen gewählte Verzögerungszeit mit dem MU-Team. Möglicherweise ist die von Ihnen favorisierte Verzögerung auf dem konkreten Flugfeld nicht möglich. Passen Sie gegebenenfalls die Verzögerungszeit an diese Einschränkungen an.

→ Tragen Sie die Kerndaten des Raketenflugs, Maximale Flughöhe (Apogäum) und Zeit bis zur Landung auf der ersten Seite der Checkliste ein.

-> Tragen Sie die Verzögerungszeit für die Treibsätze in Ihre Checkliste ein.

Rehearsal

Üben Sie die Finnen der Rakete an- und wieder abzubauen, sowie die Startplattform aufzubauen.

Kontrollieren Sie den Fallschirm:

- Ist der Stoff des Fallschirms unbeschädigt?
- Sind die Schnüre des Fallschirms in Ordnung?
- Ist der Karabiner der den Fallschirm mit der Rakete verbindet geschlossen & gesichert?

Üben Sie das Wickeln der Fallschirme entsprechend der Falanleitung (S. 26) und setzen Sie diese in die Fallschirmbucht (FSB) ein. Verschließen die Fallschirmklappe (FSK) mit Hilfe der Fallschirmsicherung (FSS).

Treffen Sie sich mit dem FC-Team und üben Sie das Verschließen und das Öffnen der Fallschirmklappe über die Webseite. Überprüfen Sie ob der Fallschirm dabei gut und kraftvoll ausgeworfen wird.



Fallschirm-
sicherung FSS

Probe- durchlauf

Treffen Sie sich mit den anderen Teams und führen Sie einen Trockendurchlauf des Raketenstarts ohne Treibsatz (!) anhand der Checkliste durch. Tragen Sie die Rakete nach dem Zündsignal per Hand im Treppenhaus einige Stockwerke hoch um die Höhenmessung zu testen.

Phase: Vorbereitung- Ort: Schule

Vorbereitung Schule	Materialliste erstellen <input type="checkbox"/> Anzahl und Art der Treibsätze <input type="checkbox"/> Passende Anzahl an Zündern (plus 2) <input type="checkbox"/> Kleber für Zünder <input type="checkbox"/> Powerbank <input type="checkbox"/> Kabel <input type="checkbox"/> Material für Rakete	Material zusammentragen <input type="checkbox"/> Rakete + Finnen <input type="checkbox"/> Treibsätze <input type="checkbox"/> Zünder <input type="checkbox"/> Powerbank <input type="checkbox"/> Kabel <input type="checkbox"/> Transportbox	Material kontrollieren <input type="checkbox"/> Rakete 100% geladen <input type="checkbox"/> Powerbank geladen <input type="checkbox"/> Kabel passen <input type="checkbox"/> Kabel funktionieren	Material einpacken <input type="checkbox"/> Transportsicher verpackt <input type="checkbox"/> Sicher zwischen-gelagert	VB GO <input type="checkbox"/>
-------------------------------	--	---	--	---	--------------------------------

Materialliste Erstellen Sie eine detaillierte Liste aller Materialien, die Sie für den Raketenflug benötigen. Tragen die diese Materialien auf einem Tisch übersichtlich zusammen.

Kontrollieren Sie die Materialien. Achten Sie insbesondere darauf, dass die Rakete und die Powerbank vollständig geladen sind.

Verpacken Sie die Materialien transportsicher und lagern Sie sie sicher ein.

Phase 1- Ort: Startplattform

Phase 1 Startplattform	Startplattform <input type="checkbox"/> Aufbau der Startplattform am vom MU ausgewiesenen Ort	Material <input type="checkbox"/> Material zur Startplattform bringen <input type="checkbox"/> Sinnvoll platzieren	Kontrolle <input type="checkbox"/> Treibsatzart kontrollieren <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"><tr><td style="padding: 2px;">C6-P</td><td style="padding: 2px;">D9-P</td></tr></table>	C6-P	D9-P	Rakete bestücken <input type="checkbox"/> Treibsatz einführen <input type="checkbox"/> Treibsatz mit Metallbügel sichern	1 GO <input type="checkbox"/>
C6-P	D9-P						

Start-plattform Warten Sie, bis das MU-Team den Ort für die Startplattform ausgewiesen hat. Bauen Sie dort die Startplattform auf. Achten Sie darauf, dass der Führungsstab der Plattform senkrecht steht.

Material Bringen Sie alles benötigte Material zur Startplattform und platzieren Sie es dort sinnvoll.

Kontrolle Kontrollieren Sie die **Kennzeichnung des Treibsatzes**. (Double-Check)

Rakete bestücken Führen Sie den Treibsatz ein und kontrollieren Sie, ob der Bügel den Treibsatz gut sichert.



Phase 2- Ort: Startplattform

Phase 2 Startplattform	Fallschirm einsetzen <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Fallschirm neu einwickeln <input type="checkbox"/> Fallschirmklappe einsetzen <input type="checkbox"/> Fallschirmsicherung anbringen 	Zünder einsetzen <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Zünderkabel (Anschlüsse) <u>nicht</u> mit Rakete verbinden <input type="checkbox"/> Zünderkopf in Triebwerk einführen. <input type="checkbox"/> Zünderkopf mit Klebestreifen fixieren. 	2 GO <input type="checkbox"/>
----------------------------------	---	---	-------------------------------

Fallschirm einsetzen

Wickeln Sie den Fallschirm (erneut). Damit sich der Fallschirm sicher entfaltet darf er nicht zulange eingewickelt gewesen sein. Lange Wickelzeiten können zu "Verklebungen" führen. Setzen Sie den gewickelten Fallschirm in die Fallschirmbuchse ein und verschließen Sie die Fallschirmklappe mit der Fallschirmsicherung.

Zünder einsetzen

Das wichtigste zuerst: In diesem Schritt den Zündstecker **noch nicht** in die Zündbuchse der Rakete stecken! **Sonst besteht die Gefahr einer Fehlzündung!**

Führen Sie den Kopf des Zünders (silberner Metallteil) in die Düse der Rakete ein. Klemmen Sie das Kabel des Zünders in die Zündkabelklammer ein und sichern Sie den Zündkopf mit einem Klebestreifen.



Phase 3- Ort: Startplattform

Phase 3 Startplattform	Assembly <input type="checkbox"/> Finnen an Rakete <input type="checkbox"/> Rakete auf Startplattform stellen	Boot <input type="checkbox"/> Rakete einschalten <input type="checkbox"/> FC kann Kontakt zur Rakete aufbauen.	3 GO <input type="checkbox"/>
----------------------------------	--	---	---

Assembly Montieren Sie die Finnen an die Rakete.
Schieben Sie die Rakete über den Führungsstab auf die Startplattform.

Boot Kontrollieren Sie, ob die Fallschirmsicherung über der Fallschirmklappe sitzt. Schalten Sie die Rakete ein. Nach einer kurzen Zeit sollte die Betriebs-LED regelmäßig blinken (0,5 s an / 0,5s aus). Warten Sie darauf, ob das FC-Team über das WLAN Kontakt zur Rakete aufbauen kann.

Phase 4- Ort: Startplattform

Phase 4 Startplattform	Fallschirm <input type="checkbox"/> Fallschirmklappe ist verschlossen (durch FC) <input type="checkbox"/> Kontrolle: Fallschirms ganz in der FS-Bucht <input type="checkbox"/> Fallschirm-Sicherungskappe entfernen	Doppelcheck <input type="checkbox"/> Alle Sicherungen (rot) an der Rakete entfernen	4 GO <input type="checkbox"/>
----------------------------------	---	---	---

Fallschirm Lassen Sie das FC-Team über die Webseite die Fallschirmklappe verschließen.
Kontrollieren Sie ob der Fallschirm komplett in der Fallschirmbucht sitzt und keine Seile oder Teile des Stoff durch die Ritze nach außen ragen.
Entfernen Sie nun die rote Fallschirmsicherung von der Rakete.

Sensoren-Check Unterstützen Sie das Team FC beim Funktionstest der Sensoren.
Für den Test der Höhenmessers müssen Sie die Rakete wahrscheinlich etwas anheben.

Doppel-Check Stellen Sie sicher, dass alle Sicherungen (rot) von der Rakete entfernt wurden.

Phase 5- Ort: Startplattform (gegen Ende: Aufenthaltsbereich)

Phase 5 Startplattform ↘ Aufenthaltsbereich	Software okay? <input type="checkbox"/> Auf okay von FC warten <input type="checkbox"/> Alles Material im Aufenthaltsbereich	Live Wire <input type="checkbox"/> Zündungsstatus-LED dunkel <input type="checkbox"/> Zünderkabel (Anschlüsse) in Rakete einstecken <input type="checkbox"/> Zündungskontakt (grüne LED)	In Sicherheit <input type="checkbox"/> Ganzes JPL-Team im Aufenthaltsbereich	5 GO <input type="checkbox"/>
---	---	--	--	----------------------------------

Software

Lassen Sie sich vom FC-Team bestätigen, dass die Software zuverlässig läuft. Das ist an einem schön gleichmäßigen Rotieren des Raketensymbols zu erkennen.

Bringen Sie alles nicht mehr benötigte Material in den Aufenthaltsbereich.

Live Wire

Dies ist der für Sie gefährlichste Schritt! Sobald Sie das Zündkabel mit der Buchse an der Rakete verbunden haben kann es zu einer Fehlzündung kommen. Stellen Sie sicher, dass die Zündungsstatus-LED **nicht** leuchtet. Stecken Sie erst dann die Kabel des Zünders in die Zündungsbuchse. Wenn die Zündungsstatus-LED **grün** leuchtet ist der Zünder korrekt eingesetzt.



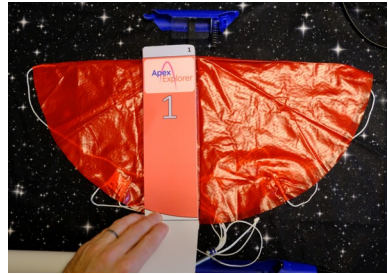
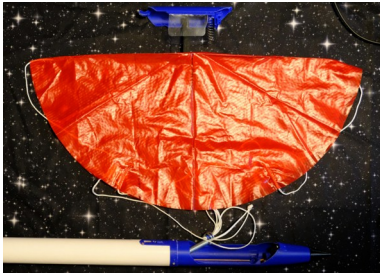
In Sicherheit

Ihre Aufgabe ist mit dem Bereitstellen einer startbereiten Rakete abgeschlossen. Begeben Sie sich mit ihrem gesamte JPL-Team in den Aufenthaltsbereich.

Beobachten Sie beim Achtungssignal den Flug der Rakete ... nicht nur um das Spektakel nicht zu verpassen; es dient auch ihrer Sicherheit. Wer die Rakete beobachtet, dem fällt sie nicht auf den Kopf.

Fallschirmfalten

Das Falten den Fallschirms ist eine der wichtigsten Aufgaben an der Rakete, denn wenn sich der Fallschirm nicht richtig entfaltet kann die Rakete beschädigt werden.



Falten Sie den Fallschirms so, dass ein Halbkreis entsteht. Die Schnüre sollten möglichst komplett im Fallschirm liegen.

Legen Sie das erste Blatt der Falthilfe links der Mitte auf den Fallschirm



Schlagen Sie die rechte Seite über die Falthilfe und streichen Sie sie glatt.

Klappen Sie die zweite Seite der Falthilfe nach unten.

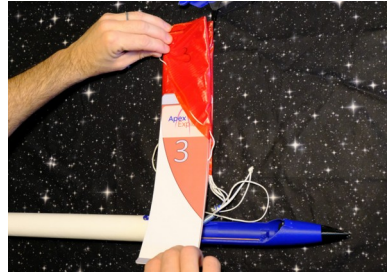


Schlagen Sie die linke Seite nach rechts und streichen Sie sie glatt.

Klappen Sie die dritte Seite der Falthilfe nach unten.



Schlagen Sie die rechte Seite des Fallschirms darüber.

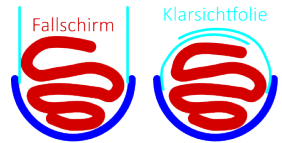


Halten die den gefalteten Fallschirm oben fest und ziehen Sie die Falthilfe vorsichtig nach unten aus dem Fallschirm.

Im nächsten Schritt müssen Sie den Fallschirm in der anderen Richtung im Zick-Zack falten um ihn in die Fallschirmklappe einlegen zu können.

Wichtig: Rollen Sie den Fallschirm nie ein.

Fallschirme werden immer gefaltet, nie gerollt.

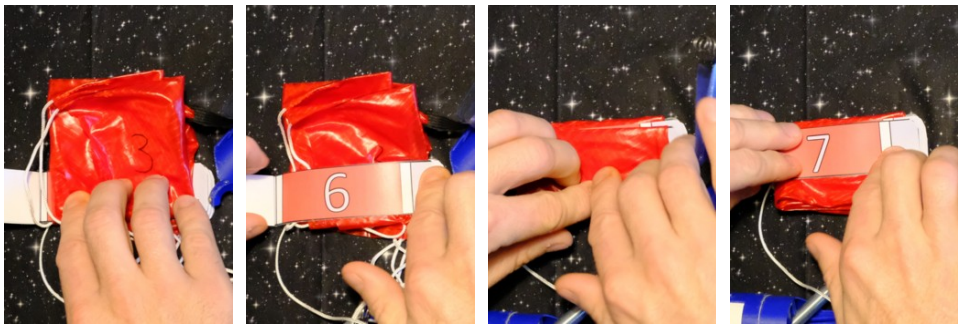


Legen Sie die erste Seite der kleinen Falthilfe unter den Fallschirm und klappen Sie die zweite Seite darüber.

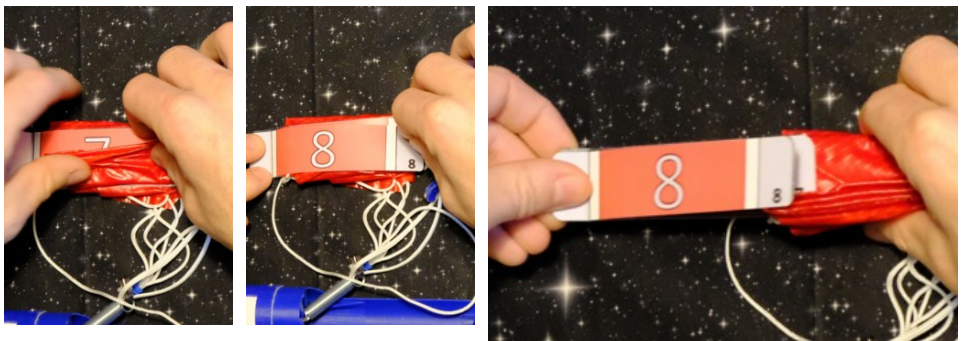
Falten Sie nun den Fallschirm über die Seite 2 und klappen Sie die Seite 3 darüber.



Wiederholen Sie diesen Vorgang mit den Seiten 4 & 5 ...



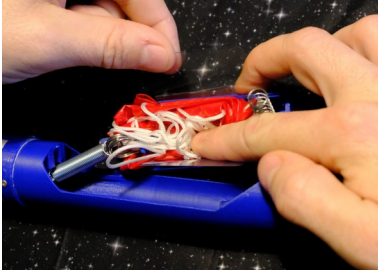
... ebenso mit Seite 6 & 7 ...



... bis zur Seite 8.

Ziehen Sie die Falthilfe nach links aus dem Fallschirm heraus.

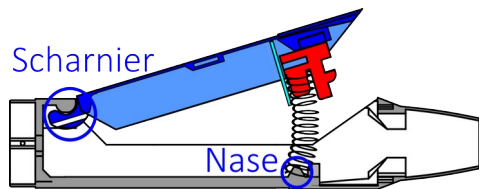
Jetzt haben Sie den Fallschirm in ein kleines Paket gefaltet, das in die Fallschirmklappe passt.



Drücken Sie das Fallschirm-Paket in die Fallschirm-Klappe.



Falten Sie die transparenten Plastikfahnen über das Fallschirm-Paket. Achten Sie darauf, dass alle Schnüre und die Schockabsorber-Feder auch von den Fahnen umschlungen werden.



Führen Sie das Scharnier der Fallschirm-Klappe in die passende Nut an der Rakete ein und drücken Sie die Feder so weit nach unten, dass sie auf der Nase landet.



Schließen Sie die Fallschirm-Klappe ...



... und sichern Sie die Klappe mit der Fallschirmsicherung.

Hinweis: Fallschirme nie gefaltet lagern! Um zu Verhindern, dass der Fallschirm über die Zeit zusammenklebt und sich im Flug nicht öffnet, sollte der Fallschirm nie zusammengefasst gelagert werden, sondern immer möglichst breit und lose ausgebreitet sein.

FC – Flight Control

Sowohl jeder Schritt auf der Checkliste seine eigene Bedeutung hat gibt es dennoch Schritte von denen der Erfolg des Projekts in besonderer Weise abhängt. Diese Schritte sind blau hinterlegt.

Darüber hinaus gibt es Schritte die aus einem harmlosen Schulprojekt eine gefährliche Angelegenheit machen können. Diese sicherheitsrelevanten Schritten sind rot hinterlegt.

Phase: Planung- Ort: Schule

Planung Schule	RTFM <input type="checkbox"/> Anleitung lesen	Verbindungstest <input type="checkbox"/> Rakete einschalten <input type="checkbox"/> Tablet mit Rakete verbinden <input type="checkbox"/> Datenanzeige reagiert korrekt	Funktionstest <input type="checkbox"/> FSK löst aus und rastet ein <input type="checkbox"/> Datendownload funktioniert <input type="checkbox"/> Sichern der Daten	Wet Rehearsal <input type="checkbox"/> Probedurchlauf mit JPL und MC	PO <input type="checkbox"/>
-------------------	--	--	--	---	--------------------------------

RTFM

Lesen Sie die Anleitung komplett durch. Auch die Teile der anderen Teams. Für eine gute Zusammenarbeit ist es nötig, auch die Aufgaben der anderen Teams grob zu kennen

Verbindungs- test

Schalten Sie die Rakete ein.

Hinweis: Aus Sicherheitsgründen wird bei einem Neustart der Rakete der Verschluss der Fallschirmklappe geöffnet². Wenn Sie verhindern wollen, dass dabei ein eingepackter Fallschirm ausgeworfen wird, können Sie die Fallschirmklappe mit der Fallschirmsicherung dauerhaft verschließen³.

Nach dem Einschalten sollte ein WLAN-Netz mit dem Namen der Rakete erscheinen. Verbinden Sie sich mit diesem Netz. Gehen Sie dann über einen Browser auf die Internetseite **Raketen_Name.local**. Ersetzen sie hierbei **Raketen_Name** durch den wirklichen Namen Ihrer Rakete, so wie er im WLAN angezeigt wird.

Kontrollieren Sie, ob die Datenübertragung zuverlässig funktioniert. Das erkennen Sie an einem gleichmäßigen Drehen des Raketensymbols.

Überprüfen Sie das die Sensoren korrekt arbeiten:

- Schütteln Sie die Rakete leicht. Reagiert der Beschleunigungszeiger?
- Setzen Sie den Dummy-Treibsatz ein und drücken Sie diesen

- 2 Dies ist eine Sicherheitsmaßnahme. Sollte während des Fluges die Stromversorgung der Rakete kurzzeitig aussetzen wird sie durch dieses Verfahren wenigstens nicht am Boden zerschellen.
- 3 Bei Fragen zur Fallschirmsicherung wenden Sie sich an das JPL-Team.

leicht hinein. Reagiert die Kraftanzeige?

- Heben Sie die Rakete nach oben. Reagiert die Höhenanzeige?

Finden Sie heraus, wie Sie auf ihrem Laptop/Tablet ein Bildschirmvideo aufnehmen können. Ein Video der Anzeigen während des Flugs könnte für die Auswertung interessant sein.

Funktions- test

Machen Sie sich mit dem Auslösen des Fallschirms und den Verschließen der Fallschirmklappe vertraut. Der Verschlussmechanismus wird über die Webseite gesteuert.

Überprüfen Sie, ob Sie die Messdaten herunterladen können. Überlegen Sie sich, wo und wie Sie diese Daten auf ihrem Gerät abspeichern.

Gehen Sie danach auf die Seite **Flugdiagramme**. Dort sehen Sie die Daten des letzten Raketenflugs. Laden Sie sich dort die Arbeitsblätter herunter. Überprüfen Sie auch hier, ob die Datenübertragung klappt und überlegen Sie sich einen Speicherort für die Arbeitsblätter. Löschen Sie die heruntergeladenen Dateien gleich wieder, damit es später nicht zu Verwechslungen kommt.

Probe- durchlauf

Treffen Sie sich mit den anderen Teams und führen Sie einen Trockendurchlauf des Raketenstarts **ohne Treibsätze** (!) anhand der Checkliste durch. Tragen Sie die Rakete nach dem Zündsignal per Hand im Treppenhaus einige Stockwerke hoch um die Höhenmessung zu testen.

Phase: Vorbereitung- Ort: Schule

Vorbereitung Schule	Startplatz <input type="checkbox"/> Lageplan von MC besorgen <input type="checkbox"/> Triagulierungs- punkte und - personen festlegen	Materialliste erstellen <input type="checkbox"/> Tablet <input type="checkbox"/> Lademöglichkeiten <input type="checkbox"/> (Campingtisch und- stühle)	Material einpacken <input type="checkbox"/> Transportsicher verpackt <input type="checkbox"/> Sicher zwischen- gelagert	VB GO <input type="checkbox"/>
-------------------------------	--	---	--	--------------------------------

Startplatz Besorgen Sie sich vom MC-Team einen Plan des Geländes für den Raketenflug. Fragen Sie das MC-Team auch nach der wahrscheinlichsten Windrichtung. Lassen Sie sich zeigen wo das MC-Team die Startplattform, die Startzentrale und den Aufenthaltsraum platziert hat.

Materialliste Erstellen Sie eine detaillierte Liste aller Materialien, die Sie für den Raketenflug benötigen.
Tragen die diese Materialien auf einem Tisch übersichtlich zusammen. Kontrollieren Sie die Materialien. Achten Sie insbesondere darauf, dass ihr Laptop/Tablet ausreichend geladen ist.
Besorgen Sie sich, falls möglich einen Campingtisch und mehrere Stühle für Ihre Startzentrale. Verpacken Sie die Materialien transportsicher und lagern Sie sie sicher ein.

Phase 1 & 2 - Ort: Startzentrale

Phase 1 Startzentrale	Startzentrale <input type="checkbox"/> (Campingtisch aufbauen)		1 GO <input type="checkbox"/>
---------------------------------	--	--	-------------------------------

**Start-
zentrale** Bauen Sie ihre Startzentrale auf.

Phase 4 - Ort: Startplattform

Phase 4	Boot	Sensorencheck	4 GO
Startplattform	<input type="checkbox"/> Tablet mit Rakete verbinden <input type="checkbox"/> Ladezustand der Rakete >80% <input type="checkbox"/> Raketenzeit läuft ruckelfrei <input type="checkbox"/> Fallschirmklappe verschließen (gelb)	<input type="checkbox"/> Beschleunigungssensor arbeitet <input type="checkbox"/> Kraftsensor arbeitet	<input type="checkbox"/>

Boot

Gehen Sie zur Startplattform und verbinden Sie ihren Laptop/Tablet mit der Rakete sobald diese vom JPL-Team eingeschaltet wurde. Falls mehrere Raketen auf dem Flugfeld sind müssen

Sie sicherstellen, dass Sie auch mit ihrer Rakete verbunden sind und nicht aus Versehen mit der Rakete eines anderen Teams.

Überprüfen Sie den Ladestand des Akkus. Falls dieser unter 80% ist, lassen Sie die Rakete vom JPL-Team wieder aufladen.




Sensorencheck

Kontrollieren Sie, ob die Übertragung gleichmäßig verläuft.

Überprüfen sie die Reaktion aller drei Sensoren (Höhe, Beschleunigung und Kraft). Zur Überprüfung der Höhenanzeige muss das Team JPL die Rakete unter Umständen von der Startplattform heben.

Phase 6 - Ort: Startzentrale

<p>Phase 6 Startplattform Startzentrale</p>	<p>Flugparameter eingeben</p> <p><input type="checkbox"/> Verzögerung einstellen (Wert von JPL)</p> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 20px; margin-left: 20px; display: flex; justify-content: flex-end; align-items: center; padding-right: 5px;"> s </div>	<p>Umzug in die Startzentrale</p> <p><input type="checkbox"/> Alle Mitglieder in der Startzentrale oder an den Triangulierungspunkten</p> <p><input type="checkbox"/> Datenübertragung weiter stabil</p> <p><input type="checkbox"/> <u>Sicherheitscode eingeben</u></p> <p><input type="checkbox"/> Bildschirmvideo starten</p> <p><input type="checkbox"/> <u>Start am Ende des Countdowns</u></p>	
--	---	---	--

Flugparameter

Geben Sie die von dem JPL-Team berechnete Verzögerung auf der Webseite ein. Lassen Sie sich diese Wert nochmals vom JPL-Team bestätigen.

Startzentrale

Alle Mitglieder Ihres Teams müssen nun in der Startzentrale sein. Kontrollieren Sie, ob die Datenübertragung auch zur Startzentrale noch stabil ist.

Geben Sie nun den Sicherheitscode ein. (Bzw. lassen Sie ihn eingeben)

Vorsicht: Ab diesem Moment kann die Rakete jederzeit gestartet werden. Starten Sie das Bildschirmvideo auf den Laptop/Tablet.

Signalisieren Sie dem MC-Team, dass Sie bereit für den Countdown sind.

Starten Sie die Rakete am Ende des Countdowns.

Phase 7 - Ort: Startzentrale

Phase 7 Im Feld	Bergung <input type="checkbox"/> Raketenflug beobachten <input type="checkbox"/> Rakete durch Triangulierung bergen <input type="checkbox"/> Messung benden <input type="checkbox"/> Landungspunkt für MC markieren	Datensicherung <input type="checkbox"/> Messdaten herunterladen <input type="checkbox"/> Screenshot der Flugdiagramme <input type="checkbox"/> Download der Arbeitsblätter <input type="checkbox"/> Rakete ausschalten	GO <input type="checkbox"/>
---------------------------	--	---	--------------------------------

Bergung

Beobachten Sie den Flug der Rakete. Begeben Sie sich so schnell wie möglich zur Landestelle der Rakete. Am sichersten für die Rakete ist es wenn Sie jemand aus der Luft fängt. Achten Sie aber bei unwegsamem Gelände darauf nicht zu stolpern. Die Messung wird ein paar Sekunden nach der Landung⁴ automatisch gestoppt.

Markieren Sie die Landestelle für das MU-Team. Das MU-Team speichert den Winddrift der Rakete.

Datensicherung

Das ist für Ihr Team (und das ganze Projekt) der wichtigste Schritt: Die Sicherung der Daten des Fluges.

Laden Sie als Erstes die Datei mit den Messdaten herunter.

Gehen Sie dann auf die Seite Flugdiagramme.

Passen Sie dort, wenn nötig die Zeitspanne an, die auf den Graphen angezeigt wird. Gut ist es wenn die Landung noch auf den Graphen erkennbar ist. Machen Sie von dieser Seite einen Screenshot.

Laden Sie nun die Arbeitsblätter herunter.

Nach dem Erfolgreichem Download und Sicherung der Arbeitsblätter können Sie die Rakete ausschalten.

4 Der Mikroprozessor versucht anhand der Sensoren zu erkennen wann die Rakete gelandet ist. Das funktioniert natürlich nicht immer. Passen Sie gegebenenfalls die Zeitachse der Flugdiagramme an.

MU – Metrological Unit

Phase: Planung - Ort: Schule

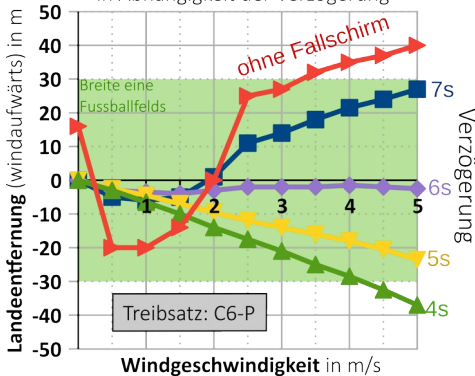
Planung Schule	Ort für Flug auswählen <input type="checkbox"/> Genug Platz <input type="checkbox"/> Gute Erreichbarkeit <input type="checkbox"/> Erlaubnis Besitzer <input type="checkbox"/> Karte von Startplatz besorgen	Ort vorbereiten <input type="checkbox"/> Hauptwindrichtung ermitteln <input type="checkbox"/> Lage von SPZ & AB festlegen <input type="checkbox"/> [Triangulierungspunkte festlegen] <input type="checkbox"/> Maximale Windgeschwindigkeit bestimmen <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div> m/s	Wetterprognose <input type="checkbox"/> Tägliche Kontrolle der Wetterprognose <input type="checkbox"/> Uhrzeit für Start festlegen <input type="checkbox"/> GO für Flugtag	P GO <input type="checkbox"/>
--------------------------	--	--	---	--

Ort auswählen

Ihre erste und wichtigste Aufgabe ist es einen passenden Ort für den Raketenflug zu finden. Dieser Ort sollte genug Platz bieten, da die Rakete je nach verwendeten Treibsatz und Windgeschwindigkeit recht weit von der Startplattform entfernt landen kann. Unten sehen Sie ein Diagramm mit dem Sie abschätzen können welchen Platzbedarf Sie benötigen. Da diese Werte aus Simulationen stammen sollten Sie zur Sicherheit 50% dazurechnen.

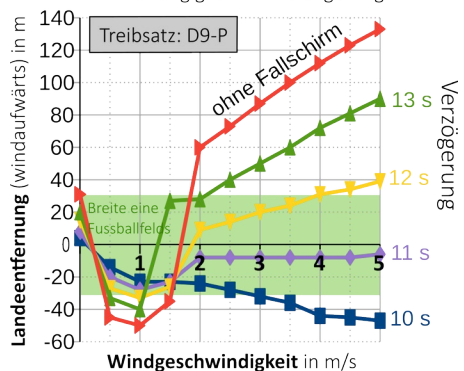
Winddrift

in Abhängigkeit der Verzögerung



Winddrift

in Abhängigkeit der Verzögerung



Simulationen des Abdriften der Rakete durch Seitenwind

Bei der Verwendung des kleinen Treibsatzes (C6-P) und moderaten Windgeschwindigkeiten sollte ein Fußballfeld genug Platz bieten.

Sicherheitseinschränkungen

Überprüfen Sie (mit Google Maps) zusätzlich ob zu den folgenden Objekten ein Mindestabstand von 150 m (Treibsatz C6P) zu folgenden Objekten eingehalten wird:

- Stromleitungen
- Gewässer
- Bahnanlagen
- Flugplätze (1,5km)

Fragen Sie das JPL-Team welche Verzögerungszeit für den Flug optimal wäre und überprüfen Sie ob diese Verzögerungszeit auf dem Flugfeld sinnvoll ist.

Bestimmen Sie die maximale zulässige Windgeschwindigkeit für das von Ihnen ausgewählte Flugfeld und die angestrebte Verzögerungszeit.

Tragen Sie diesen Wert auf der Checkliste (Seite 1 & 2) ein.

Ist das Gelände frei zugänglich? Falls ja, überlegen Sie, wie Sie verhindern können, dass Unbeteiligte während des Fluges das Flugfeld betreten.

Planen Sie wie die Hin- und Rückfahrt zum Flugfeld möglich ist.

Holen Sie sich gegebenenfalls die Erlaubnis des Besitzers des Grundstücks ein.

Ort vorbereiten

Besorgen Sie sich ein Satellitenbild des Flugfeldes (-> maps.google.de) und drucken Sie dieses mehrmals aus.

Ermitteln Sie die Hauptwindrichtung am Flugfeld (-> windfinder.com).

Schauen Sie sich die Windgeschwindigkeiten und -richtungen für unterschiedliche Tage an um abzuschätzen wie stabil die Windrichtung ist.

Legen Sie fest, wo sich die Startplattform der Rakete auf dem Flugfeld befinden soll. Bedenken Sie, dass die Rakete hauptsächlich in oder entgegen der Windrichtung abtreiben wird. Bestimmen Sie nun, wo die Startzentrale sein soll. Diese sollte ca. 10 m von der Startplattform entfernt sein, am besten quer zur Windrichtung von der Startplattform.

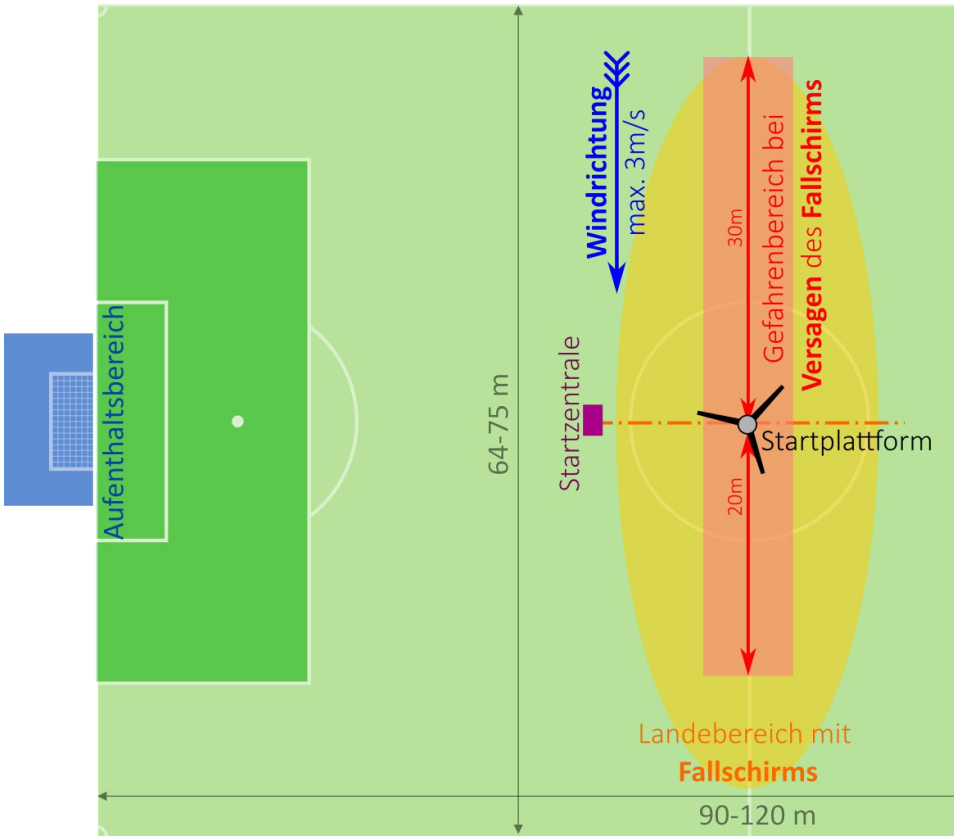
Der Aufenthaltsbereich sollte der sicherste Ort auf dem Flugfeld ein, von dem man den Flug der Rakete noch gut verfolgen kann. Nutzen Sie dabei Zäune oder Überdachungen als zusätzlichen Schutz.

Wenn Sie vorhaben den Großen Treibsatz zu verwenden (D9-P) ist es möglicherweise sinnvoll eine Triangulation vorzubereiten. Dies wird Ihnen die Bergung der Rakete erleichtern, falls diese weit entfernt von der Startplattform landet.

Legen Sie auf dem Plan des Flugfeldes die Orte für die Triangulierung der Landestelle fest. Diese sollten möglichst ein gleichschenkeliges Dreieck mit einer Seitenlänge zwischen 50 m und 100 m betragen. Sollte die Rakete deutlich von einem senkrechten Kurs abweichen und weit weg vom Startplatz landen können Beobachter von diesen Punkten das Suchteam sehr schnell zur Landestellen dirigieren.

Ort besichtigen

Wenn möglich besichtigen Sie das Flugfeld vor dem Flugtag einmal persönlich und überzeugen Sie sich, dass es auch so aussieht, wie auf den von Ihnen verwendeten Bildern und Karten.




Beispiel Fußballfeld

Ein Fußballfeld ist ein gutes Flugfeld. Daher werden an diesem Beispiel ein paar Überlegungen veranschaulicht. Selbst bei ungünstiger Windrichtung sollte eine Fußballfeld groß genug

sein, so dass die Rakete innerhalb des Fußballfelds landet. Wenn man die Startplattform auf den Anstoßpunkt des Feldes legt, ist man unabhängig von Wechselnden Windrichtungen. Die Startzentrale kann am Rand des Mittelkreises stehen. Dadurch ist der Mittelkreis auch klar aus Gefahrenbereich definiert. Der Aufenthaltsbereich könnte zum Beispiel hinter dem Tor liegen. Vielleicht gibt es sogar überdachte Spielerkabinen, die zusätzlichen Schutz bieten können.

Wetterprognose

Kontrollieren Sie täglich die Wettervorhersage für den Flugtag und tragen Sie diese Vorhersagen auf ihrer Checkliste ein. Falls Sie die Möglichkeit haben den Uhrzeit des Raketenfluges zu wählen, bestimmen Sie ein Zeitfenster mit den besten Wetteraussichten am Flugtag. Entscheiden Sie anhand der Stabilität der Wettervorhersage wann Sie ein definitives GO für den Flugtag geben können

Phase: Vorbereitung - Ort: Schule				
Vorbereitung Schule	Messgeräte ausprobieren <input type="checkbox"/> Anemometer <input type="checkbox"/> Windrichtungs-anzeiger <input type="checkbox"/> Kompass	Material zusammentragen <input type="checkbox"/> Anemometer <input type="checkbox"/> Windrichtungsanzeiger <input type="checkbox"/> Kompass <input type="checkbox"/> Windprotokolle <input type="checkbox"/> Messrolle	Material einpacken <input type="checkbox"/> Transportsicher verpackt <input type="checkbox"/> Sicher zwischengelagert	

Messgeräte ausprobieren Machen Sie sich mit dem Anemometer (Windstärkenmessgerät) vertraut. Üben Sie auch die Windrichtung mit Hilfe eines Kompass zu bestimmen.

Material Tragen Sie alles benötigte Material zusammen und legen Sie es für eine Übersicht auf einem Tisch aus.

Transport Verpacken Sie das benötigte Material sicher und lagern Sie es ein.

Phase 1 - Ort: Flugfeld

Phase 1 Flugfeld	Orte markieren <input type="checkbox"/> Kontrolle Windrichtung <input type="checkbox"/> SP, SZ und AB markieren	Messung beginnen <input type="checkbox"/> Windanzeiger aufbauen <input type="checkbox"/> Messungen beginnen	1 GO <input type="checkbox"/>
----------------------------	--	--	----------------------------------

Orte markieren

Bestimmen Sie die aktuell vorherrschende Windrichtung. Passen Sie gegebenenfalls die Lage der Startplattform, der Startzentrale und des Aufenthaltsbereich an die aktuelle Windrichtung an. Markieren Sie die verschiedenen Bereiche und weisen Sie die anderen Teams in diese Bereiche ein.

Messungen beginnen

Bauen Sie den Windanzeiger im Aufenthaltsbereich auf und beginnen Sie mit der kontinuierlichen Messung der Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen. Seien Sie darauf vorbereitet, dass das MC-Team Sie bald um eine Prognose bezüglich der Windgeschwindigkeit bitten wird. Nach ein paar Messungen werden sich die Histogramme auf der Seite 3 der Checkliste mit Werten füllen, die Ihnen eine solche Vorhersage erleichtern wird.

Phase 5 - Ort: Aufenthaltsbereich

Phase 5 Aufenthaltsbereich	Auswertung <input type="checkbox"/> Windprotokoll auswerten <input type="checkbox"/> Hohe Wahrscheinlichkeit für geeignete Windverhältnisse in den nächsten 10 Minuten	5 GO <input type="checkbox"/>
--------------------------------------	--	----------------------------------

Auswertung

Jetzt ist Ihre Expertise befragt! Betrachten Sie die von Ihnen erstellten Histogramme (Häufigkeitsverteilungen) von Windgeschwindigkeit und Windrichtung. Entscheiden Sie anhand der Verteilung ob die Windgeschwindigkeit in den nächsten 10 Minuten unterhalb dem maximal zulässigen Wert bleiben wird. Falls Sie daran Zweifel haben muss der Start verschoben werden bis Sie Ihr Okay geben können.

Phase 6&7 - Ort: Flugfeld

Phase 6 Aufenthaltsbereich	Flugprotokoll <input type="checkbox"/> Windstärke und Windrichtung während des Flugs notieren	
Phase 7 Flugfeld	Flugprotokoll <input type="checkbox"/> Landerichtung und Landentfernung notieren	7 GO <input type="checkbox"/>

Flugprotokoll

Messen Sie (durchschnittliche) Windgeschwindigkeit und Windrichtung während des Raketenflugs. Notieren Sie diesen Wert auf Ihrer Checklist (Checkliste Seite 3).

Landungsprotokoll

Messen Sie die Entfernung und die Richtung mit der die Rakete von der Startplattform gelandet ist. Tragen Sie diese Werte auch auf der Checkliste (Checkliste Seite 3) ein.

PR – Public Relations

Phase: Planung - Ort: Schule

Was geht ab? Lesen Sie sich die Anleitung und die Checklisten aller Teams durch und notieren Sie sich Momente die sich gut für eine Dokumentation eignen. Sprechen Sie mit allen Teams und fragen Sie die Mitglieder der Teams, welche Momente sie für entscheidend halten.

Bürokratie Fragen Sie alle TeilnehmerInnen des Projekts ob sie einverstanden sind fotografiert und gefilmt zu werden. Holen Sie sich schriftliche Erlaubnisse ein. Fragen Sie auch nach, welche Form der Veröffentlichung (schulintern oder auch öffentlich) für die TeilnehmerInnen in Ordnung sind. Passende Formulare finden kann Ihnen ihre Lehrkraft geben.

Medien auswählen Überlegen Sie sich in welcher Form Sie das Projekt präsentieren wollen. Folgende Präsentationsformen könnten sich eignen:

- Ein Poster um es im Schulhaus aufzuhängen
- Ein Bericht auf der Homepage der Schule
- Ein kurzes Video
- Ein Betrag auf den Sozialen Medien der Schule

Storyboard Fertigen Sie ein Storyboard an. Ein Storyboard ist eine Skizze die wiedergibt, wie Sie ihre Geschichte erzählen wollen. Richtig professionell ist es, wenn Sie schon Skizzen der geplanten Aufnahmen erstellen. Das Storyboard wird Ihnen beim Raketenflug helfen keinen wichtigen Moment zu verpassen.

Phase: Vorbereitung - Ort: Schule

Pitchen Überlegen Sie sich welche lokalen Medien (Zeitungen, Radiosender, ...) Interesse an dem Raketenprojekt haben könnte. Suchen Sie Kontaktmöglichkeiten zu den betreffenden Redaktionen. Nehmen Sie Kontakt zu diesen Redaktionen auf und versuchen Sie diese davon zu überzeugen einen Bericht über das Raketenprojekt zu bringen.

Probekstart Nutzen Sie den Probekstart im Schulhaus ihre Aufnahmen auszuprobieren und den Ablauf kennenzulernen, damit beim echten Start alles klappt. Fragen Sie nach, wenn Sie nicht verstehen warum gerade etwas passiert. Man kann eine Geschichte nur dann gut erzählen, wenn man ihren Inhalt

auch (zumindest oberflächlich) versteht.

Phase 1 bis 7

Foto-Op Jetzt müssen Sie die Aufnahmen in den "Kasten" bekommen.
Achten Sie auf die Sicherheitszonen.

**Presse-
sprecherIn** Falls ReporterInnen zum Raketenflug kommen sollten müssen Sie sich um diese kümmern. Empfangen, Herumführen und Erklären was gerade passiert.

Nachbereitung- Nach dem Flugtag

**Post-
Produktion** Jetzt fängt Ihre eigentliche Arbeit an:

- Bildmaterial sichten und gegebenenfalls löschen oder sichern
- Texte erstellen
- Präsentation zusammenstellen

It's show time Präsentieren oder veröffentlichen Sie ihre Geschichte.

Fehlerbehebung - Trouble Shooting

Falls etwa schief läuft finden Sie hier Tipps wie das Problem gelöst werden kann. Da unterschiedliche Probleme den verschiedenen Teams begegnen werden sind die Probleme nach den Teams sortiert.

JPL- Fehlerbehebung

Problem	Lösungsmöglichkeiten
Die Fallschirmklappe lässt sich nicht schließen.	<ul style="list-style-type: none">• Stellung des Servos kontrollieren.<ul style="list-style-type: none">◦ Der Servo muss die Verriegelung ganz nach rechts gedreht haben.• Das Schloss in der Fallschirmklappe sitzt nicht korrekt.<ul style="list-style-type: none">◦ In der Fallschirmklappe ist am oberen Ende das Schloss für den Servo angebracht. Dieses Schloss kann nach vertikal verschoben werden. Die richtige Position sollte ganz unten sein.
Die Zündungs-LED leuchtet nicht grün, wenn der Zünder eingesetzt wurde.	<ul style="list-style-type: none">• Rakete auf die Startplattform stellen.<ul style="list-style-type: none">◦ Die Zündungs-LED leuchtet nur wenn der Führungsstab der Startplattform in der Führungsschiene an der Rakete steckt.◦ Wackeln Sie an der Rakete während sie an der Führungsschiene steckt.• Anderen Zünder verwenden.
Die Webseite/App erkennt nicht, dass die Rakete auf der Startplattform steht	<p>In der oberen Führung ist ein Schalter eingebaut. Der Führungsstab muss diesen betätigen, damit die Rakete erkennt, dass sie auf der Startplattform steht.</p> <ul style="list-style-type: none">• Wackeln Sie an der Rakete während sie an der Führungsschiene steckt.• Drehen Sie die Rakete auf die andere Seite des Führungsstabs
Die Fallschirmklappe öffnet sich selbstständig	<ul style="list-style-type: none">• Dies passiert, wenn der Mikroprozessor der Rakete neu gestartet wird.<ul style="list-style-type: none">◦ Entweder jemand hat die Rakete aus- und wieder eingeschaltet.◦ Der Mikroprozessor war überlastet-> wenden Sie sich an das Team FC.

FC- Fehlerbehebung

Problem	Lösungsmöglichkeiten
Verbindung zur Webseite kann nicht aufgebaut werden.	<ul style="list-style-type: none"> • WLAN am Laptop/Tablet ausschalten • Rakete aus- und wieder einschalten • WLAN am Laptop/Tablet einschalten • Webadresse (<i>Raketen_Name.local</i>) von Hand neu eingeben.
Die Verbindung zur Rakete ist instabil	<p>Die Rakete stellt zwar ein WLAN zur Verfügung aber keinen Zugang zum Internet. Manche mobilen Geräte merken das und wechseln selbstständig in ein Netzwerk mit Zugang zum Internet.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deaktivieren Sie die mobilen Daten. • Ignorieren/vergessen Sie andere WLAN-Netze in der Nähe.
Einer der Sensoren reagiert nicht	<ul style="list-style-type: none"> • Rakete neu starten.
Die Webseite/App erkennt nicht, dass die Rakete auf der Startplattform steht	<p>In der oberen Führung ist ein Schalter eingebaut. Der Führungsstab muss diesen betätigen, damit die Rakete erkennt, dass sie auf der Startplattform steht.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wackeln Sie an der Rakete während sie an der Führungsschiene steckt. • Drehen Sie die Rakete auf die andere Seite des Führungsstabs
Der Mikroprozessor der Rakete startet selbstständig neu	<p>Das können Sie daran erkennen, dass die Uhr auf der Webseite wieder auf 0s zurückgesprungen ist und der Fallschirm ausgeworfen wird.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Möglicherweise ist der Mikroprozessor mit der WLAN überlastet. Kurzzeitige Spitzen im Datenverkehr lassen die Spannungsversorgung des Prozessors soweit einbrechen, dass die Notabschaltung aktiviert wird. <ul style="list-style-type: none"> ◦ Verbinden Sie nur so viele Geräte mit der Rakete wie für den Flug nötig. Das reduziert den Datenverkehr. ◦ Laden Sie den Akku auf. Dann hat der Mikroprozessor mehr Puffer.

Technische Hinweise

Allgemeine Sicherheitshinweise

- Der Apex-Explorer ist nur für Jugendliche ab 14 Jahren geeignet.
- Der Apex-Explorer darf nur unter der Aufsicht einer Lehrkraft gestartet werden.

Entsorgung und Recycling

Die Rakete bitte nicht im Hausmüll entsorgen sondern an uns (kostenfrei) zurückschicken. Für einen Retourenschein kontaktieren Sie uns bitte.

Kontaktdaten

Anschrift:

Raketenwerkstatt Dr. Benjamin Bertsche
Heinrich-von-Stephan-Str. 16
79100 Freiburg i. Br.

E-Mail: raketenwerkstatt@posteo.de