



Bundesverband  
studentischer Raumfahrt



# ODIN

## Aufgabenstellung

Orbital launcher Design competItioN

Bundesverband studentischer Raumfahrt

21. Mai 2025, Version 1.0.2



## Inhaltsverzeichnis

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| 1. Motivation .....                                         | 3  |
| 2. Aufgabenübersicht .....                                  | 5  |
| 2.1. Systemischer Ansatz .....                              | 5  |
| 3. Teilnahmemöglichkeiten .....                             | 7  |
| 3.1. Wer darf teilnehmen? .....                             | 7  |
| 3.2. Wie sieht eine Teilnahme aus? .....                    | 7  |
| 3.3. Wie sieht eine Abgabe aus? .....                       | 8  |
| 4. Bewertung .....                                          | 9  |
| 4.1. Anforderungen an das Gesamtsystem .....                | 9  |
| 4.2. Bewertung pro Aufgabe .....                            | 11 |
| 5. Dokumentationsvorgaben .....                             | 14 |
| 5.1. Appendix-Inhalte .....                                 | 15 |
| 5.1.1. Empfohlene Struktur .....                            | 15 |
| 6. Aufgaben / Subsysteme .....                              | 16 |
| 6.1. Aufgabe Propulsion .....                               | 16 |
| 6.1.1. Anhang zur Aufgabe „Propulsion“ .....                | 16 |
| 6.2. Aufgabe Ground Support Equipment .....                 | 17 |
| 6.3. Aufgabe Aerostructure .....                            | 18 |
| 6.4. Aufgabe Avionics .....                                 | 18 |
| 6.5. Aufgabe Recovery .....                                 | 19 |
| 6.6. Aufgabe Payload .....                                  | 20 |
| 7. Zusatzaufgaben .....                                     | 21 |
| 7.1. Zusatzaufgabe: A) Flugsimulation .....                 | 21 |
| 7.2. Zusatzaufgabe: B) Fertigungsmethoden .....             | 22 |
| 7.3. Zusatzaufgabe: C) Entwicklungskosteneinschätzung ..... | 22 |

2

## Partner / Unterstützer



neuraspac

# 1. Motivation

In der studentischen Luft- und Raumfahrt gibt es eine Vielzahl von Hürden, die für einzelne Vereine nur schwer und unter großem Zeitaufwand zu überwinden sind.

Wir sind der Überzeugung, dass durch eine Kooperation der BVSR-Mitgliedsvereine solche Herausforderungen gemeinsam gemeistert werden können.

Einer dieser Bestrebungen ist die Fähigkeit, selbständig als studentisches Team eine Nutzlast in die Erdumlaufbahn zu befördern. Daher soll dieser Designwettbewerb sich mit dem Konzept eines Minimal Viable Orbital Launchers beschäftigen.

Als Minimal Viable Orbital Launcher (MVL) gilt, im Sinne dieses Wettbewerbs, eine vom Erdboden gestartete Trägerrakete, welche eine Nutzlast von 2 bis 6 Kilogramm in eine Erdumlaufbahn für zumindest zwei Wochen bis Wiedereintritt befördern kann.

Dabei soll die technische Komplexität des Systems möglichst geringgehalten werden.

Als Inspiration dient die japanische SS-520.

[<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S009457651931313X>.]

Ein solches Projekt wäre bei Erfolg ein aufsehenerregender Durchbruch für die studentische Raumfahrt und würde ein neues Zeitalter für Forschung und Lehre einläuten.

## Themen des Designwettbewerbs:

- Komponentendesigns zu einer „Space-Shot Rakete“ (suborbital, 100+ km Flughöhe)
- Auslegung dieser Rakete als Demonstrator für eine kleine orbitale Trägerrakete
  - Sammlung von Hochskalierungsvorstellungen
- Nutzlasten für eine kleine orbitale Trägerrakete
- Vorstellung von Vereins-Know-How
- Optional: Komponentendesigns zu einer kleinen orbitalen Trägerrakete

Das Zusammenwirken der in den Wettbewerbsaufgaben verlangten Komponentendesigns soll vorrangig einer suborbitalen Rakete dienen. Diese Rakete kann als „System“ verstanden werden, genauso wie eine orbitale Trägerrakete als „System“ verstanden werden kann.

Als „**Gesamtsystem**“ wird die Auslegung jener suborbitalen Rakete unter Miteinbeziehung der Hochskalierungsabsicht für eine spätere orbitale Trägerrakete bezeichnet, beziehungsweise das Vorhandensein von Komponentendesigns für beide Raketen.

Eine vollkommene Konzeptionierung eines Gesamtsystems ist nicht erforderlich.

Der Wettbewerb zielt darauf Vereins-Know-How zu sammeln, wodurch anhand von Annahmen auch an einzelnen Aufgabenstellungen (Subsystemen) ohne Gesamtsystemserarbeitung teilgenommen werden kann.

Siehe Kapitel „Aufgabenübersicht“ für systemischen Ansatz.

Ein möglicher kommerzieller Nutzen steht nicht im Vordergrund, die Systeme sollen als Forschungs- und Bildungsprojekt ausgelegt werden.

Wir möchten mit diesem Designwettbewerb auch in Erfahrung bringen, ob CubeSat-Missionen oder sonstige Nutzlasten, die durch eine dedizierte Trägerrakete wie einem MVL besondere Experimente durchführen können, erdenklich sind.



Die bisherigen Leistungen deutscher studentischer Raumfahrtvereine in der Raketentechnik sind eine weitere Inspiration für den Designwettbewerb.

Die Stuttgarter Gruppe HyEnD hält den europäischen Höhenrekord studentischer Raketen mit ihrer Rakete „N2ORTH“ bei 64,4 km.

Die Münchener WARR hat im Oktober 2024 den ersten studentischen bi-liquid Flug mit LOX als Oxidator durchgeführt und damit die studentische Verwendbarkeit von kryogenen Stoffen demonstriert. Dies sind beachtliche Meilensteine.

Zum jetzigen Zeitpunkt ist jedoch kein studentisches Team der Welt in der Lage eine Rakete mit der Leistungskraft der SS-520 zu fertigen.

Zur Annäherung an die Größenordnung studentisch bereits gebauter Antriebe bezüglich Gesamtimpuls werden die Aufgaben dieses Designwettbewerbs nach Komponentendesigns des vorher erwähnten Demonstrators (subscale MVL-Demonstrator) fragen. Abschließend werden zu jeder Aufgabe Designüberlegungen zur Skalierung zum MVL gesammelt. Dies dient der Heranführung der Wettbewerbsanforderungen an in naher Zukunft liegende Anforderungen für studentische Raketenprojekte.

Neben der Technologiedemonstration für einen möglichen MVL soll ein Demonstrator auch eine „Space-Shot Rakete“ sein. Dies bedeutet die 100 km Höhenmarke, die Kármán-Linie, zu überschreiten. Durch ein Bergungssystem können die Komponenten eines solchen Demonstrators nach dem Flug untersucht werden.

4

Auch die gemeinsame Erreichung dieses Ziels wäre ein großer Durchbruch für die studentische Raumfahrt. Besonders mit Hinsicht auf die Technologiedemonstrationen für einen zukünftigen MVL und die Seltenheit der studentischen Space-Shot Raketen.

Durch Kooperationen aus diesem Designwettbewerb können auch aktuelle und zukünftige Projekte der Vereine und des BVSr vorangetrieben werden.

Mit diesem Designwettbewerb erhoffen wir uns außerdem, Partnern in Industrie, Forschung und Bildung über die Wettbewerbseinreichungen einen übersichtlichen Eindruck der Aktivitäten in der studentischen Luft- und Raumfahrt zu bieten.

Die Spenden die bis zum Einsendeschluss am 30.05.2026 von Partnern gesammelt werden sollen primär den Preisen dienen. Ein Maximum von 9% der Spenden soll als Aufwandsentschädigung an Juroren ausgezahlt werden. Für jede Aufgabe des Wettbewerbs soll es mindestens eine Preiskürung geben, zudem soll es für die beste Einreichung mit Bearbeitung mehrerer Aufgaben eine Preiskürung namens „Hauptpreis“ geben.

Der aktuelle Stand der Preise soll spätestens im Frühjahr 2026 auf der Wettbewerbs-Webseite ersichtlich sein. Sponsoren haben zudem die Möglichkeit eigene Preiskategorien zu schaffen.

## 2. Aufgabenübersicht

Folgende **Hauptaufgaben** sind Kategorien des Preiswettbewerbs:

| Aufgabe / Subsystem      | Kurzbeschreibung                                       |
|--------------------------|--------------------------------------------------------|
| Propulsion               | Antriebskonzepte vorstellen                            |
| Ground Support Equipment | Bodenequipment vorstellen                              |
| Aerostructure            | Strukturelle und aerodynamische Komponenten vorstellen |
| Avionics                 | Elektronik, Lageregelung und Kommunikation vorstellen  |
| Recovery                 | Bergungskonzept der Demonstrator-Rakete vorstellen     |
| Payload                  | Mögliche Nutzlast für den MVL vorstellen               |

Folgende **Zusatzaufgaben** sind für Hauptpreisanwärter konzipiert (siehe Kapitel „Teilnahmemöglichkeiten“), können aber auch zum Zweck der Vorstellung von Vereins-Know-How bearbeitet oder teilweise bearbeitet werden:

| Zusatzaufgabe                     | Kurzbeschreibung                                  |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------|
| A) Flugsimulation                 | Flugsimulationen Demonstrator-Rakete und MVL      |
| B) Fertigungsmethoden             | Herstellung vorgestellter Komponenten beschreiben |
| C) Entwicklungskosteneinschätzung | Methodik zur Kosteneinschätzung vorstellen        |

5

Weitere Kategorien des Preiswettbewerbs sind von Sponsoren und Juroren abhängig. Die Kategorien und Modalitäten, sowie die Preise des Wettbewerbs können sich im Laufe der Einreichungsphase verändern. Siehe Webseite für den aktuellen Stand.

### 2.1. Systemischer Ansatz

Der Wettbewerb folgt einem dreistufigen Konzept zur Integration von Subsystemen:

#### Kernprinzipien

- Modularer Aufbau aller Komponenten
- Skalierbarkeit
- Testbarkeit aller Subsysteme

#### System-Modell:

1. **Demonstrator-System** Entwicklung einer suborbitalen Rakete mit:

- Mindestflughöhe 100 km (Kármán-Linie)
- Bergungsfähigkeit aller kritischen Komponenten
- Technologietransfer zum MVL

2. **Skalierung** Methodische Hochskalierung durch:

- Materialanalysen
- Lastprofile
- Schubskalierung
- Struktursimulationen



### 3. **Orbital-System** Konzeption des MVL mit:

- 2-6 kg Nutzlastkapazität
- mindestens 14-tägiger Orbitaldauer
- Zero-Debris-Konformität

#### **Richtlinien:**

- Jede Aufgabenbearbeitung muss unabhängig bewertbar sein (Aufgaben = Kapitel)
- Annahmen sind mit Quellenverweis zu kennzeichnen (z.B. Annahmen anhand der SS-520)
- Komponenten sollten mindestens zwei der folgenden Kriterien erfüllen:
  - Praktische Testbarkeit
  - gute Skalierbarkeit
  - Kosteneffizienz

Die folgende Grafik verdeutlicht Mindestanforderungen zur vollständigen Bearbeitung der jeweiligen Aufgaben:

#### **Mindestanforderungen für jeweilige vollständige Aufgabenbearbeitung**

Legende: - **bearbeitungsrelevant**

- **optional**

- **nicht bearbeitungsrelevant**

Text in den Kästen:

Beispiele für wichtigen Inhalt (möglicher Fokus)

| <b>Einreichung:</b><br><b>Aufgabe:</b> | <b>Komponentendesigns<br/>Space-Shot Demonstrator</b> | <b>Komponentendesigns<br/>MVL</b> | <b>Designüberlegungen MVL</b>      | <b>Verweise zu<br/>Aufgabenbearbeitung</b> |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Propulsion</b>                      | Triebwerksdesign                                      |                                   | Triebwerksdesign                   |                                            |
| <b>Ground Support<br/>Equipment</b>    | Launch Rail und Tracking                              |                                   | Launch Rail und Tracking           |                                            |
| <b>Aerostructure</b>                   | Tanks und lasttragende<br>Elemente                    |                                   | Tanks und lasttragende<br>Elemente |                                            |
| <b>Avionics</b>                        | Software und Platinen                                 |                                   | Software und Platinen              |                                            |
| <b>Recovery</b>                        | Fallschirmsystem                                      |                                   |                                    |                                            |
| <b>Payload</b>                         |                                                       | Cubesat-Mission                   |                                    |                                            |
| <b>Flugsimulation</b>                  |                                                       |                                   |                                    | RocketPy                                   |
| <b>Fertigungsmethoden</b>              |                                                       |                                   |                                    | Vorstellung Methoden                       |
| <b>Entwicklungskosteneinschätzung</b>  |                                                       |                                   |                                    | Vorstellung Methodik                       |

#### **Auslegung der Aufgaben:**

Kerninhalt des Wettbewerbs sind die Komponentendesigns des Space-Shot Demonstrators. Ihre Bewertung wird stärker gewichtet als andere Aspekte der Hauptaufgaben.

Die Zusatzaufgaben werden nur im Rahmen einer Teilnahme am Hauptpreiswettbewerb bewertet (siehe Kapitel „Teilnahmemöglichkeiten“). Trotzdem können wie zu jeder Hauptaufgabe interessante Konzepte in Form einer Teilbearbeitung der Aufgabe eingebracht werden. Bei erfolgreichen positiven Auffällen im Auswertungsprozess können diese Konzepte in der Zusammenfassung der Wettbewerbseinreichungen, welche durch die Juroren für die Sponsoren verfasst wird, erwähnt werden.  
Weitere Infos im Kapitel „Bewertung“.



### 3. Teilnahmemöglichkeiten

Dieser Wettbewerb ist in mehrere Aufgaben gegliedert, bei denen Teams die Möglichkeit haben, für einzelne oder mehrere Aspekte eines Space-Shot Demonstrators (subscale MVL) Designs einzureichen. Zudem werden pro Aufgabe Überlegungen zum (fullscale) MVL verlangt.

Diese können auch die Form von Designs haben.

#### 3.1. Wer darf teilnehmen?

Mitgliedsvereine des BVSР dürfen Teams für Wettbewerbseinreichungen bilden.

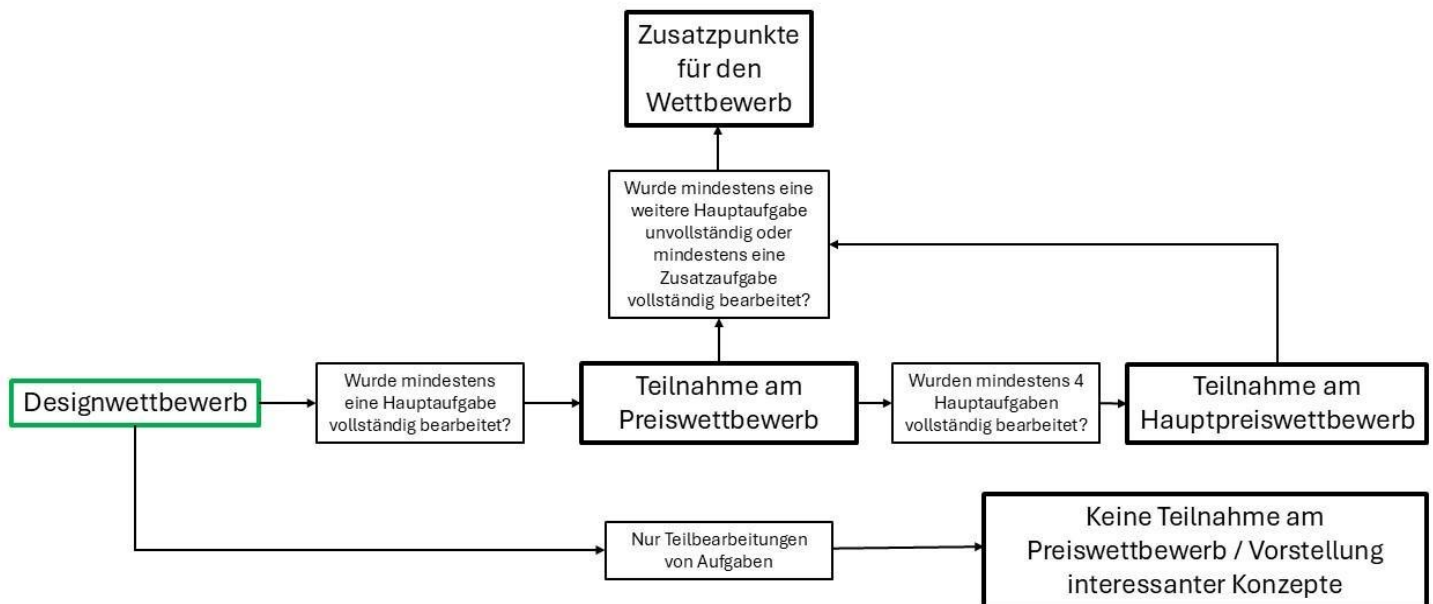
Zur BVSР Konferenz 2026 in Darmstadt gibt es die Möglichkeit für Teams aus Vereinen, die dem BVSР noch nicht beigetreten sind, dies fristgerecht für ihre Einreichung zu erledigen.

Innerhalb dieser Vereine dürfen auch mehrere Teams mit separaten Abgaben zum Wettbewerb gebildet werden.

#### 3.2. Wie sieht eine Teilnahme aus?

Es gibt 6 Hauptaufgaben und 3 Zusatzaufgaben. **Zur Teilnahme am Preiswettbewerb muss dabei mindestens eine Hauptaufgabe vollständig bearbeitet und abgegeben werden.** Dabei dürfen vergangene, bestehende und zukünftige Vereinsprojekte in angepasster Form, mit Bezug zur „Motivation“ des Wettbewerbs, in den Inhalten der Aufgabenbearbeitungen vorgestellt werden.

7



- Der Hauptpreiswettbewerb zielt darauf die beste Abgabe insgesamt zu küren.  
Der Preiswettbewerb sucht für jede Aufgabe jeweils einen Sieger.



- Um Hauptpreisanwärter zu werden, müssen mindestens 4 der 6 Hauptaufgaben vollständig bearbeitet werden
- Die Zusatzaufgaben sind dafür da, bei Teilnahme am Hauptpreiswettbewerb Zusatzpunkte zu sammeln
- Für die Teilnahme ohne Gesamtsystem (z.B. Abgaben die nur eine Aufgabe bearbeiten) können Annahmen getroffen werden
  - Diese müssen als solche erkennbar vorgestellt werden (z.B.: Wert X ist vom Flugprofil der SS-520 übernommen)

### 3.3. Wie sieht eine Abgabe aus?

- Für die Teilnahme an mehreren Aufgaben ist die Abgabe eines kohärenten Systems verlangt
- Die Abgabe soll die Form einer PDF haben
  - Bei Veränderungen innerhalb der Einreichungsphase wird die letzte (aktuellste) in dieser Phase abgegebene PDF als Einreichung zum Wettbewerb gelten
- Es dürfen mehrere Teams aus demselben BVSR Mitgliedsverein Einreichungen abgeben

Zum Zweck der Vorstellung von Vereins-Know-How gegenüber den Wettbewerbssponsoren dürfen auch kleine Abgaben gemacht werden, welche Aufgaben nur teilweise bearbeiten und nicht den Anforderungen einer Abgabe mit Teilnahme am Preiswettbewerb entsprechen.

8

Die Abgabemethode wird über E-Mail-Kontakt kommuniziert.

E-Mail: [odin@bvsr.space](mailto:odin@bvsr.space) .

Siehe Webseite für weitere Infos zur Teilnahme.

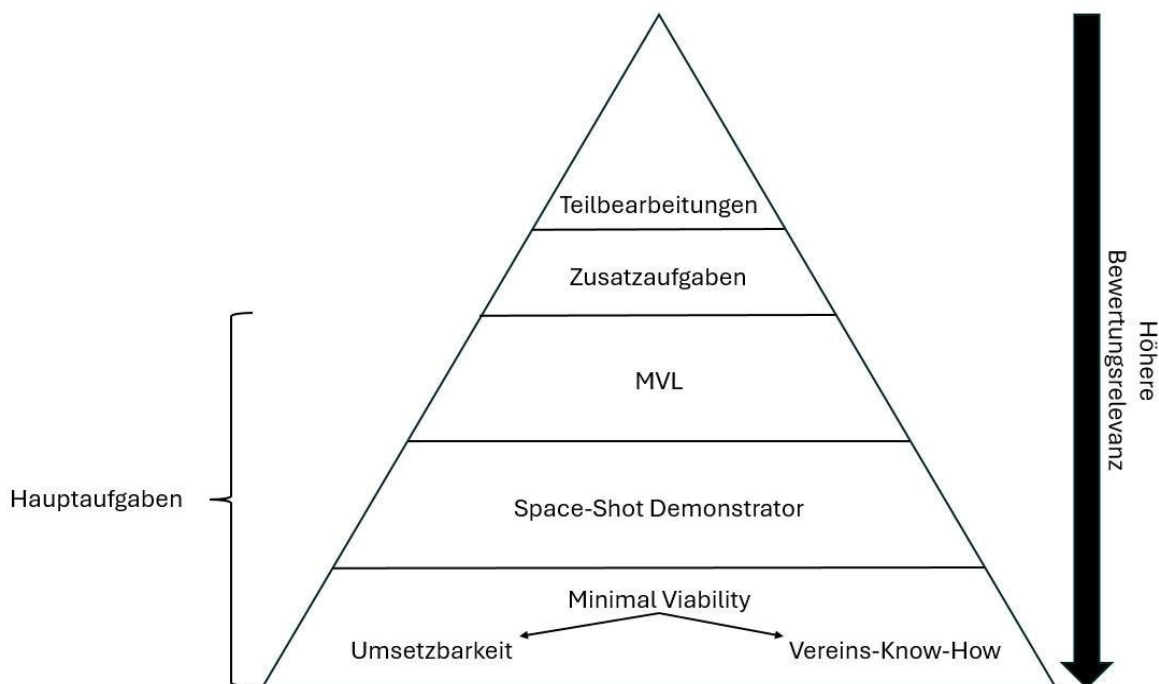


## 4. Bewertung

Der Wettbewerb orientiert sich am Minimal-Viability-Grundsatz: „Entwürfe müssen die Lücke zwischen theoretischem Konzept und praktischer studentischer Umsetzbarkeit schließen.“ Dies bedeutet:

- Priorisierung einfach testbarer Lösungen
- Nachweis der Machbarkeit mit Vereinsressourcen (Vereins-Know-How)
- Klare Trennung zwischen **Demonstrator-Komponenten** (suborbital) und **MVL-Designüberlegungen** (orbital)

Die Hauptaufgaben fragen jeweils nach Komponentendesigns für den in der „Motivation“ beschriebenen Space-Shot Demonstrator und nach Designüberlegungen für den, ebenfalls in der „Motivation“ beschriebenen, MVL. Es dürfen auch Komponentendesigns für den MVL eingereicht werden, dies ist zu jeder Hauptaufgabe (außer zur Hauptaufgabe „Payload“) optional. Das Vorstellen eines MVL-Konzeptes durch Designüberlegungen ohne konkrete MVL-Komponentendesigns ist zulässig, außer zur Aufgabe „Payload“.



9

MVL-Komponentendesigns können den Juroren helfen die Komponentendesigns für den Space-Shot Demonstrator in ihrer Demonstrations- und Testfunktion besser zu verstehen.

### 4.1. Anforderungen an das Gesamtsystem

Das Gesamtsystem besteht aus dem Zielsystem „MVL-Orbitalrakete“, dem Zwischenzielsystem „Space-Shot Demonstratorrakete“ und den beabsichtigten Testartikeln (optional) zu beiden Systemen. Siehe Kapitel „Motivation“.

Hier die Eckdaten zu den Anforderungen an die Systeme:

| Anforderung    | Demonstrator                                                               | MVL                                                   |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Art des Starts | klassisch (Startrampe)                                                     | klassisch (Startrampe)                                |
| Flugprofil     | Suborbital ( $\geq 100$ km)                                                | Orbital ( $\geq$ LEO,<br>$\geq 14$ Tage für Nutzlast) |
| Nutzlast       | Optional                                                                   | 2-6 kg                                                |
| Bergung        | Alle kritischen<br>Komponenten                                             | Optional                                              |
| Testprotokolle | Funktionsnachweis<br>erforderlich:<br>Testkonzept oder<br>Vereins-Know-How | Optional                                              |
| Zero-Debris    | Empfohlen                                                                  | Verpflichtend.                                        |

- ESA Zero-Debris Anforderungen:

[https://esamultimedia.esa.int/docs/spacesafety/Zero\\_Debris\\_Technical\\_Booklet.pdf](https://esamultimedia.esa.int/docs/spacesafety/Zero_Debris_Technical_Booklet.pdf).

10

Für alle Systeme und Testartikel gilt der zum Beginn dieses Kapitels („Bewertung“) vorgestellte Begriff der Minimal-Viability als Designausrichtungsvorgabe.

Das Zwischenzielsystem soll möglichst viele Aspekte des Zielsystems demonstrieren. Wobei die Designausrichtungsvorgabe der Minimal-Viability zu berücksichtigen ist. Weitere Anforderungen finden sich in den jeweiligen Aufgabenstellungen.

Die Aufgabenstellungen beinhalten die Definitionen zur Abgrenzung der Komponenten nach Funktion. Dies gibt vor welche Komponenten der Systeme für welche Aufgabenbearbeitung relevant sind.

Neben harten Anforderungen sind vor allem Optionalitäten in den Aufgabenstellungen beschrieben. Die Systeme sollen lediglich die Anforderungen aus obiger Tabelle erfüllen.

Außer Minimal-Viability und guter Demonstrationsfunktion gibt es keine Anforderungen an Testartikel. Sie sind als optionaler Appendix-Inhalt zu verstehen. Der Funktionsnachweis im Appendix kann ebenfalls auf Vorstellung / Verweis zu vergangenen Vereins-Projekten beruhen.

### **Zum Zielsystem:**

Die obere Grenze des Nutzlastgewichtes (6 kg) zu einem mindestens 14 Tage bestehenden Low Earth Orbit (LEO) dient als Konzeptionsbegrenzung, um die Skalierungsdistanz vom Space-Shot Demonstrator zum MVL zu begrenzen. Damit ist diese obere Begrenzung für die Auslegung des MVL-Konzeptes durch gute Begründung (beziehend auf Hochskalierungsproblematiken) im geringen Maße überschreitbar, während die untere Begrenzung für das Nutzlastgewicht (2 kg, 14 d, LEO) eine harte Mindestanforderung darstellt. Eine Begründung zur Überschreitung der Nutzlastgewichtsauslegung soll zu Beginn der



Aufgabenbearbeitung der Aufgabe „Propulsion“ oder „Payload“ geleistet werden, wenn für das MVL-Konzept eine solche Überschreitung vorhanden ist.

Konkrete Komponentendesigns und Designüberlegungen für das Bergungssystem des MVL werden nicht für den Preiswettbewerb bewertet, zu allen Aufgaben. Sie können aber für die Zusammenfassung der Wettbewerbseinreichungen, durch Juroren, aufgegriffen werden.

Andere konkrete Komponentendesigns für den MVL können in die Bewertung miteinfließen.

#### Allgemeines:

Für die Teilnahme an einzelnen Aufgaben, ohne Gesamtsystem, dürfen Annahmen getroffen werden. Diese Annahmen dürfen z.B. Werte der „SS-520“ oder anderer Raketen sein.

Für Erklärungen, Fragen und Verbesserungen bezüglich der Aufgabenstellung des ODIN kann jederzeit eine Kontaktperson aktiv werden oder diese E-Mail kontaktiert werden:

[odin@bvsvr.space](mailto:odin@bvsvr.space)

## 4.2. Bewertung pro Aufgabe

#### Punkteskala:

| Stufe             | Punkte | Kriterium                      |
|-------------------|--------|--------------------------------|
| Perfect           | 100    | Übertrifft Industriestandards  |
| Excellent         | 90     | Vollständige Konformität       |
| Very Good         | 75     | Erfüllt alle Kernanforderungen |
| Good              | 60     | Grundlegende Funktionalität    |
| Fair              | 50     | Teilweise Umsetzung            |
| Barely Acceptable | 40     | Kritische Mängel               |
| Worthless         | 0      | Nicht bewertbar                |

11

#### Bewertungsmethodik:

1. **Pro Aufgabe:** Max. 100 Punkte nach Punkteskala
2. **Gesamtbewertung** (nur für Hauptpreisanwärter relevant):  
(Hauptaufgabenpunkte × jeweilige Gewichtung) +  
(Zusatzaufgabenpunkte × jeweilige Gewichtung) -  
(Formfehler)



### Hauptaufgaben:

| KRITERIUM (AUFGABE PROPULSION)            | GEWICHTUNG |
|-------------------------------------------|------------|
| Minimal-Viability der Antriebskomponenten | 30 Punkte  |
| Designübersicht Demonstrator-Triebwerk    | 20 Punkte  |
| Skalierungsanalyse zum MVL                | 20 Punkte  |
| Simulationsmethodik (Schub/Verbrennung)   | 20 Punkte  |
| Testprotokolle & Validierung              | 10 Punkte  |
| <b>Gewichtung für Gesamtbewertung:</b>    | x1,1       |

| KRITERIUM<br>(AUFGABE GROUND SUPPORT EQUIPMENT) | GEWICHTUNG |
|-------------------------------------------------|------------|
| Sicherheitskonzept für Startplatz               | 30 Punkte  |
| Komponentendesigns Demonstrator-Startplatz      | 30 Punkte  |
| Qualität der Abläufe                            | 20 Punkte  |
| Transportkonzept                                | 10 Punkte  |
| Dokumentierte Risikoanalyse                     | 10 Punkte  |
| <b>Gewichtung für Gesamtbewertung:</b>          | x1,0       |

| KRITERIUM (AUFGABE AEROSTRUCTURE)      | GEWICHTUNG |
|----------------------------------------|------------|
| Strukturelle Belastungsanalyse         | 30 Punkte  |
| Leichtbauoptimierung                   | 30 Punkte  |
| Thermische Belastungsanalyse           | 10 Punkte  |
| Minimal-Viability                      | 30 Punkte  |
| <b>Gewichtung für Gesamtbewertung:</b> | x1,0       |

| KRITERIUM (AUFGABE AVIONICS)           | GEWICHTUNG |
|----------------------------------------|------------|
| Redundanzkonzept                       | 30 Punkte  |
| Strahlungs- und Vakuumkonformität      | 20 Punkte  |
| Echtzeit-Flugdatenauswertung           | 20 Punkte  |
| Energieeffizienzanalyse                | 10 Punkte  |
| Fehlertoleranz                         | 20 Punkte  |
| <b>Gewichtung für Gesamtbewertung:</b> | x1,1       |



| KRITERIUM (AUFGABE RECOVERY)           | GEWICHTUNG |
|----------------------------------------|------------|
| Zuverlässigkeit des Bergungssystems    | 40 Punkte  |
| Schockbelastungsanalyse                | 20 Punkte  |
| Minimal-Viability                      | 20 Punkte  |
| Gewichts-Optimierung                   | 20 Punkte  |
| <b>Gewichtung für Gesamtbewertung:</b> | x1,0       |

| KRITERIUM (AUFGABE PAYLOAD)            | GEWICHTUNG |
|----------------------------------------|------------|
| Zero-Debris-Konformität                | 30 Punkte  |
| Wissenschaftlicher Nutzen              | 20 Punkte  |
| Strukturelle und Thermische Integrität | 30 Punkte  |
| Energiehaushalt                        | 20 Punkte  |
| <b>Gewichtung für Gesamtbewertung:</b> | x1,1       |

**Zusatzaufgaben:**

| KRITERIUM (FLUGSIMULATION)             | GEWICHTUNG |
|----------------------------------------|------------|
| Realitätsnähe der Modelle              | 40 Punkte  |
| Einbeziehung in Aufgabenbearbeitungen  | 20 Punkte  |
| Visualisierungsqualität                | 20 Punkte  |
| Dokumentation der Randbedingungen      | 20 Punkte  |
| <b>Gewichtung für Gesamtbewertung:</b> | x1,0       |

| KRITERIUM (FERTIGUNGSMETHODEN)         | GEWICHTUNG |
|----------------------------------------|------------|
| Skalierbarkeit der Prozesse            | 40 Punkte  |
| Qualitätssicherungskonzept             | 30 Punkte  |
| Minimal-Viability                      | 30 Punkte  |
| <b>Gewichtung für Gesamtbewertung:</b> | x1,0       |

| KRITERIUM<br>(ENTWICKLUNGSKOSTENEINSCHÄTZUNG) | GEWICHTUNG |
|-----------------------------------------------|------------|
| Transparenz der Methodik                      | 40 Punkte  |
| Plausibilität der Annahmen                    | 40 Punkte  |
| Risikofaktorenanalyse                         | 20 Punkte  |
| <b>Gewichtung für Gesamtbewertung:</b>        | x1,0       |



## 5. Dokumentationsvorgaben

### Formale Anforderungen:

- PDF-Format (A4, einspaltig, 11pt Schrift)
- Maximal 120 Seiten Designvorstellungen (exkl. Appendix)
- Deutsche Sprache (Fachbegriffe auf Englisch erlaubt)
- Alle Abbildungen in Vektor- oder 300dpi-Rastergrafik

Hinweis: Kleinere Abgaben ermöglichen eine Fokussierung auf einzelne Aufgabenbearbeitungen.

Hinweis: Zum Beispiel einer bündigen Designvorstellung kann dieser „Technical Report“ zur European Rocketry Challenge betrachtet werden: <https://github.com/SpaceTeam/uHoubolt> .

### Strukturvorgaben (Beispiel):

| Abschnitt                             | Beschreibung                                 |
|---------------------------------------|----------------------------------------------|
| Teilnahmeabsicht                      | Info für Juroren                             |
| dekoratives Titelblatt                | Zur Schau von Logos etc.                     |
| Inhaltsverzeichnis                    | Inhaltsverzeichnis                           |
| 1. Abstract                           | Vorstellung Team und Wichtigstes der Designs |
| 2. Systemübersicht                    | Grobe Vorstellung Demo- und ggf. MVL-Rakete  |
| 3. Aufgabenbearbeitung „Recovery“     | Designvorstellungen (Designv.) Recovery      |
| 3.1. Auslösebedingungen Demonstrator  | inhaltlicher Abschnitt Designv. Demonstrator |
| 3.2. Fallschirmauslegung Demonstrator | inhaltlicher Abschnitt Designv. Demonstrator |
| 4. Einschätzung der Umsetzbarkeit     | Zusammenfassung und Aussichten               |
| Titelblatt für A. Appendix            | Trennblatt zum Appendix                      |
| A.1 „Recovery“: Freifallauslösetest   | Vorstellung des Tests                        |
| A.2 „Recovery“: Aero-Simulation       | Vorstellung einer Simulation                 |

### Konkrete Vorgaben:

#### 1. Teilnahmeabsicht

- Muss erste Seite sein (Siehe Tool auf Webseite!)
- Enthält Tabelle mit Seitenzahlen bewertungsrelevanter Abschnitte

#### 2. Systemübersicht

- Jedes Rendering mit Maßstabsangabe
- Eckdaten beider Systeme (Raketen) vorstellen
- Maximal 4 Seiten

#### 3. Aufgabenbearbeitungen

- Aufgabenbearbeitungen sind Kapitel zu Designvorstellungen
  - Überschriftenformat nach Beispiel: [3. Aufgabenbearbeitung „Recovery“]
- Verweise auf Appendix zwingend nummeriert (z.B. „Siehe Anhang A.1“)
- Empfehlung für Maximum von 50 Seiten pro Aufgabe
- Gesamtheit der Aufgabenbearbeitungen im Stil einer **bündigen Designvorstellung**





#### 4. Einschätzung der Umsetzbarkeit

- Fazit aus Aufgabenbearbeitungen
- Maximal 4 Seiten

#### 5. Appendix

- Empfehlung für Maximum von 150 Seiten Appendix
- Separate Seitennummerierung (A.1, A.2,...)

### 5.1. Appendix-Inhalte

#### Angaben im Appendix:

- Unterschriebene Testprotokolle (benötigt 2 Zeugen)
- Rohdaten zu allen Simulationen
- Alles was den Lesefluss bündiger Designvorstellungen stört
- **Hinweis:** Auch Bearbeitungen von Zusatzaufgaben sollen bündig vorgestellt werden
  - Zusatzaufgaben-Kapitel dürfen auch Verweise zum Appendix haben

#### 5.1.1. Empfohlene Struktur

##### 1. Allgemein

- Glossar der Fachbegriffe
- Abkürzungsverzeichnis

##### 2. Aufgabenspezifisch (Beispiele)

- A.1.2 „Recovery“: CFD-Simulationen der Fallschirmdynamik
- A.2 „Avionics“: Schaltpläne mit Stücklistennummern

##### 3. Sonstiges

- Literaturverzeichnis (DIN 1505)
- Team-CV (max. 1 Seite, optional)

## 6. Aufgaben / Subsysteme

**Hinweis: Für Strukturierung der Aufgabenbearbeitungen bitte zusätzlich Kriterien und Gewichtung aus Abschnitt „Bewertung pro Aufgabe“ berücksichtigen.**

### 6.1. Aufgabe Propulsion

Stellt Antriebe und Zündungsvorgänge der Demonstrator-Rakete vor.  
Stellt abschließend Designüberlegungen zur Propulsion des MVL vor,  
bzw. (Optional) die Komponentendesigns zur Propulsion des MVL.

Auch Designs zur propulsiven Lageregelung, falls in eurem Konzept vorhanden, sollen unter dieser Aufgabe vorgestellt werden. Nicht-propulsive Lageregelung und Lageregelungssoftware sollen unter der Aufgabe „Avionics“ vorgestellt werden.

Es dürfen selbstentwickelte, kommerziell erhältliche, sowie in Sounding-Rockets vorkommende Motoren vorgestellt werden.  
Raketentriebwerke aus militärischen Beständen dürfen nicht vorgestellt werden.

Unter den selbstentwickelten Antriebskonzepten dürfen Feststoff-, Monopropellant-, Ionen-, Bi-Liquid- und Hybrid-Antriebe vorgestellt werden. Begründet die Wahl eurer Triebwerksarten.

Beschreibt eure Simulationen, deren Annahmen und die Wahl der Anforderungen an eure simulierten Komponenten.

Inkludiert Illustrationen zu den Simulationsdaten und zum Geschehen welches die jeweilige Simulation beschreibt (falls anschaulich und sinnvoll).

Anregungen für Inhalte der Aufgabenbearbeitung zur Aufgabe „Propulsion“ befinden sich im Anhang dieser Aufgabenstellung.

Bewertungskriterien für „Propulsion“ sind:

- Minimal-Viability der Antriebskomponenten
- Designübersicht Demonstrator-Triebwerk
- Skalierungsanalyse zum MVL
- Simulationsmethodik (Schub/Verbrennung)
- Testprotokolle & Validierung

#### 6.1.1. Anhang zur Aufgabe „Propulsion“

Folgende Titel können Abschnitte der Aufgabenbearbeitung zur Aufgabe Propulsion sein. Bestimmte Titel können auch in anderen Aufgaben behandelt werden, siehe Unterpunkte in folgender Listung:

- Brennkammerauslegung
- Treibstoffwahl
- Komponentenanforderungen
- Kühlung
- Triebwerkssimulation für Demonstrator-Flugprofil

- Zündungs- und Stagingvorgänge
  - Staging aus raketenstruktureller Lastenansicht soll für die Bearbeitung der Aufgabe „Aerostructure“ vorgestellt werden
- Herstellungs- und Entwicklungskosten
  - Auch unter Zusatzaufgabe „Fertigungsmethoden“
  - Auch unter Zusatzaufgabe „Entwicklungskosteneinschätzung“
- Testmöglichkeiten
  - Auch unter Zusatzaufgabe „Fertigungsmethoden“
- Gefahren und Risiken

Besonders für Liquid-Antriebe relevant:

- Feed-System und Tanks
- Ventilsteuerung und Regelung
- Injektordesign
- Piping and Instrumentation Diagram etc.

[Siehe Kapitel „Aufgabenübersicht“]

## 6.2. Aufgabe Ground Support Equipment

Stellt das Ground Support Equipment (**GSE**) für die Demonstrator-Rakete vor.

Hierzu zählen Designs für Launch-Rail, Hold-Down, Fernbetankung, Quick-Disconnects, Tracking etc. Stellt im Anschluss GSE Designüberlegungen für den MVL vor.

Diese dürfen sich auch auf die Auslegung des GSE zur Demonstrator-Rakete beschränken.

Designs für Mission-Control sind nicht im Fokus der Aufgabe. Im Fokus steht stattdessen der Startplatz mit raketen-relevanten GSE und dessen „Operations“ (Abläufe).

Legt besonderes Augenmerk auf den Aspekt der Sicherheit für das Bodenpersonal bei der Beschreibung der Abläufe.

Sollte für Feststoffmotoren die Mischung des Treibstoffes am Startplatz stattfinden, beschreibt diesen Vorgang hier. Sollte für eigenständig gefertigte Feststoffmotoren die Mischung des Treibstoffes nicht am Startplatz stattfinden, beschreibt diesen Vorgang in der Zusatzaufgabe B).

Beachtet die Transportierbarkeit eures GSE, da die Startplätze für Demonstrator und MVL nicht festgelegt sind. Konzepte für die German Offshore Spaceport Alliance (GOSA) sind auch erlaubt.

**Optional:** Behandelt mögliche Anforderungen von Nutzlasten an das GSE.

Begründet Annahmen von Anforderungen.

Bewertungskriterien für „Ground Support Equipment“ sind:

- Sicherheitskonzept für Startplatz
- Komponentendesigns Demonstrator-Startplatz
- Qualität der Abläufe
- Transportkonzept
- Dokumentierte Risikoanalyse

### 6.3. Aufgabe Aerostructure

Stellt die strukturellen Komponenten eures Demonstrators vor.

Stellt danach die strukturellen Komponenten (oder thematikrelevante Designüberlegungen) eures MVL-Konzeptes vor. Siehe Kapitel „Motivation“.

Strukturelle Komponenten sind lasttragende Festkörper oder Baugruppen auf denen mindestens eine weitere lasttragende Komponente, mit weiteren Befestigungsmöglichkeiten für Funktions- und Struktur-Komponenten, befestigt ist. Auch sind sämtliche Komponenten die nicht zur Bearbeitung anderer Hauptaufgaben vorgestellt werden können Aerostructure-Komponenten. Simulationen zur Lasttragung durch Treibstofftanks und deren Inhalt können auch zur Bearbeitung dieser Aufgabe vorgestellt werden.

Strukturelle Komponenten wie z.B. Körperrohr, Spitze, Finnen, Kuppler und Railbuttons sollen via Struktur-, Thermal- und Aero-Simulation auf Lastenkonformität geprüft werden.

Beschreibt eure Simulationen und begründet die Wahl der Annahmen für diese.

Illustrationen zum simulierten Geschehen und zu Simulationsdaten sind immer erwünscht.

Sollten Komponentendesigns aus anderen Aufgabenbearbeitungen, wie z.B. zur Aufgabe „Propulsion“, auch als strukturelle Komponenten dienen, dürfen diese Designs zur Bearbeitung dieser Aufgabe („Aerostructure“) erneut vorgestellt oder mit Verweis zur Stelle in relevanter Aufgabenbearbeitung eingebracht werden.

Zeigt ausreichende Radiofrequenztransparenz für den Funkkontakt zum fliegenden Demonstrator und zum fliegenden MVL, falls nicht durch Außenantennen (zur Aufgabe „Avionics“) bereits behandelt.

Bei Nicht-Bearbeitung der Aufgabe „Avionics“ darf beliebig angenommen werden, ob eine Außenantenne vorhanden ist.

Zeigt die Funktionalität eurer Stufentrennungen. Stufentrennungsmechanismen sollen Fluglasten mit ausreichend Lastenspielraum standhalten und zuverlässig die Struktur der Rakete trennen, sobald dies notwendig wird. Erklärt eure Anforderungen an den Begriff der „Zuverlässigkeit“ und die Größe des Lastenspielraums.

Da für den Demonstrator ein Bergungssystem mitfliegen soll ist die Konzeption einer Nutzlastbefestigung etc. für den Demonstrator optional. Gut fundierte Gründe für oder gegen den Test von Nutzlast-Aspekten bezüglich Aerostructure Anforderungen beim Flug des Demonstrators werden bewertet (1 Punkt für Minimal-Viability).

Bewertungskriterien für „Aerostructure“ sind:

- Strukturelle Belastungsanalyse
- Leichtbauoptimierung
- Thermische Belastungsanalyse
- Minimal-Viability

### 6.4. Aufgabe Avionics

Stellt die Avionik des Demonstrators vor. Stellt danach eure Überlegungen zur Avionik des MVL vor. Siehe Kapitel „Motivation“.

Die Avionik beschäftigt sich mit Triebwerkssteuerung (inklusive Schubvektorsteuerung, falls vorhanden), Positions- und Lagebestimmung, Lageregelung, Power Management, Funkkontakt (Transmitter und Receiver an Bord der Rakete) und der Fallschirmauslösung (falls vorhanden) in Form von Software, zugehöriger Compute-Hardware, Sensorik und Antennendesigns.

Beachtet für den Demonstrator bereits möglichst viele Anforderungen eines Raumfluges des MVL in den Designs zur Avionik zu erfüllen. Begründet eure Anforderungen. Teil dieser Anforderungen müssen z.B. Vakuum und erwartbare thermische / Strahlungs-Einwirkungen sein. Führt im Appendix aus wie ihr sicherstellt, dass alle Avionik-Komponenten diese Anforderungen erfüllen.

Beachtet, nicht-propulsive Hardware zur Lageregelung in der Bearbeitung dieser Aufgabe vorzustellen und Hardware zur Propulsion, auch für Lageregelung, zur Aufgabe „Propulsion“ vorzustellen.

Bewertungskriterien für „Avionics“ sind:

- Redundanzkonzept
- Strahlungs- und Vakuumkonformität
- Echtzeit-Flugdatenauswertung
- Energieeffizienzanalyse
- Fehlertoleranz

## 6.5. Aufgabe Recovery

Stellt das Bergungskonzept für den Demonstrator vor.

19

Beschreibt die Auslösebedingungen und die Designs für das Bergungssystem.

Sollten die Auslösebedingungen zur Aufgabenbearbeitung der Aufgabe „Avionics“ bereits beschrieben sein, verweist zu geeigneter Stelle.

Im Falle eines Fallschirmsystems gehört zur Designbeschreibung beispielsweise:

- Auslösemechanismen
- Fallschirmauslegung
- Schockabsorber
- Verhalten des Fallschirmsystems beim Auswurf

Simulationen können das Verhalten des Bergungssystems demonstrieren.

Illustriert Simulationsdaten und das simulierte Geschehen anschaulich.

Bewertungskriterien für „Recovery“ sind:

- Zuverlässigkeit des Bergungssystems
- Schockbelastungsanalyse
- Minimal-Viability
- Gewichts-Optimierung



## 6.6. Aufgabe Payload

Beschreibt eure Nutzlast, deren Mission und erwähnt wie ein dedizierter MVL diesem Vorhaben nützlich sein kann. Konzepte zu Nutzlasten, die keine Vorteile durch einen MVL beziehen, dürfen auch eingereicht werden. Siehe Kapitel „Motivation“.

Für diese Aufgabe ist die Vorgabe des Space-Shot subscale Demonstrators zur Aufgabenerfüllung nicht relevant.

Die räumliche Form und Größe der Nutzlast darf CubeSat-Standards entsprechen, muss diese jedoch nicht zwangsweise erfüllen. Das Abweichen von Form und Größe gemäß bekannter CubeSat-Standards soll in einem vorangehenden Abschnitt eurer Aufgabenbearbeitung dieser Aufgabe prägnant gerechtfertigt werden.

Vorgegeben ist die Gewichtsbeschränkung bis maximal 6 kg und das Aufgreifen von **Zero-Debris Richtlinien der ESA**. Zeigt die Einhaltung dieser Richtlinien.

Erwähnt, welche besonderen Experimente und Beobachtungen wegen des Konzeptes einer dedizierten Trägerrakete durchgeführt werden können (Optional). Hierzu würde auch die Bewertung der Leistung der Trägerrakete durch Fähigkeiten der Nutzlast zählen.

Gliedert eure Abgabe zu dieser Aufgabe in Missionsbeschreibung und Design-Vorstellung.

Bewertungskriterien für „Payload“ sind:

- Zero-Debris-Konformität
- Wissenschaftlicher Nutzen
- Strukturelle und Thermische Integrität
- Energiehaushalt



## 7. Zusatzaufgaben

### 7.1. Zusatzaufgabe: A) Flugsimulation

Stellt die Flugsimulationen der Systeme vor, die ihr behandelt habt.

Hierzu zählen nicht nur Starts vom Boden aus, sondern auch Flugbahnen im Orbit, dortige Manöver und missionsendende Flugbahnen.

Flug(bahn)simulationen für Starts vom Boden aus können mit RocketPy oder eigener Software geschaffen werden.

Zeigt anhand einer Flugsimulation, wie die Demonstrator-Rakete sich während des SpaceShot-Fluges verhält. Die Simulation sollte so viele Aspekte des Fluges wie möglich abdecken und muss daher • Start,

- Schubphase,
- Stabilitätskaliber,
- Coasting,
- Fallschirmauswürfe (oder Verwendung sonstiges Bergungssystem),
- Fallverzögerung durch den Fallschirm (oder durch sonstiges Bergungssystem) und
- Landung beinhalten.

Im Falle von Schubvektorsteuerung erklärt die Annahmen zur Auslenkungsgeschwindigkeit oder verweist auf den zutreffenden Abschnitt in eurer Bearbeitung der Aufgabe „Propulsion“. Eine schätzende Rechnung oder Simulation soll das minimal notwendige Sperrgebiet für landende Stufen des Demonstrators visualisieren. Erläutert eure Definition von „minimal notwendig“ hinsichtlich des Sperrgebietes für den Demonstrator-Flug.

21

#### **MVL:**

Zeigt anhand einer Flugsimulation das Verhalten eures MVL von Start bis Orbit und gebt per schätzender Rechnung oder weiterer Simulation die Zeitpunkte der De-Orbits von Oberstufe und Nutzlast an (für den Fall, dass nach Erreichen des Zielorbits keine weitere Propulsion stattfinden kann). Diese Zeitpunkte sollen Konform mit Vorschriften des Wettbewerbs ( $t > 14$  Tage für Nutzlast) und Zero-Debris Richtlinien der ESA sein.◦

Eine schätzende Rechnung oder Simulation soll die minimal notwendigen Sperrgebiete für herabfallende oder landende Stufen des MVL visualisieren. Erläutert eure Definition von „minimal notwendig“ hinsichtlich der Sperrgebiete für den MVL-Flug.

Zeigt in einer letzten Simulation, dass Oberstufe und Nutzlast erfolgreich beim Wiedereintritt verglühen. Außer die beschriebene Mission zur Aufgabenbearbeitung der Aufgabe „Payload“ beabsichtigt eine Bergung von Nutzlast oder Oberstufe.

#### **Illustrationen:**

Inkludiert Illustrationen der Simulationsdaten und illustriert zusätzlich das simulierte Geschehen anschaulich.

Bewertungskriterien für „Flugsimulation“ sind:

- Realitätsnähe der Modelle
- Einbeziehung in Aufgabenbearbeitungen
- Visualisierungsqualität
- Dokumentation der Randbedingungen



## 7.2. Zusatzaufgabe: B) Fertigungsmethoden

Stellt Fertigungsmethoden und Fertigungsüberlegungen eurer Demonstrator- und MVL-Komponenten vor.

Es geht hierbei primär um Strukturelemente und Antriebskomponenten eures Demonstrators und Überlegungen zur Fertigung des MVL.

Gliedert eure Abgabe zu dieser Aufgabe in Fertigungsbeschreibungen zu Komponenten des Demonstrators und stellt abschließend Fertigungskonzepte für Komponenten des MVL vor.

Inkludiert Illustrierungen eurer Fertigungsmethoden. Bilder von Fertigungen eurer bisherigen Raketenprojekte sind, falls diese inhaltlich passen, erwünscht.

Verweise von der Bearbeitung dieser Zusatzaufgabe zu anderen Aufgabenbearbeitungen und umgekehrte Verweise sind erwünscht.

Bewertungskriterien für „Fertigungsmethoden“ sind:

- Skalierbarkeit der Prozesse
- Qualitätssicherungskonzept
- Minimal-Viability

## 7.3. Zusatzaufgabe: C) Entwicklungskosteneinschätzung

Stellt eine Methodik zur Einschätzung der Entwicklungskosten vor.

Wendet diese Methodik zur Einschätzung der Kosten der Demonstrator-Entwicklung an.

Kosteneinschätzungen sollen jeweils Median-Case und Best-Case abdecken.

Begründet eure Annahmen.

Wendet diese Methodik zur Einschätzung der Kosten der MVL-Entwicklung an.

Bewertungskriterien für „Entwicklungskosteneinschätzung“ sind:

- Transparenz der Methodik
- Plausibilität der Annahmen
- Risikofaktorenanalyse