



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

## **Bachelorarbeit**

Cristian Andrés Quelal Palacios

### **„DaaS“ Betriebskonzept und UAS- Analyse für den optimalen Betrieb.**

**Cristian Andrés Quelal Palacios**  
**„DaaS“ Betriebskonzept und UAS-**  
**Analyse für den optimalen Betrieb.**

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung

im Studiengang Flugzeugbau  
am Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau  
der Fakultät Technik und Informatik  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

in Zusammenarbeit mit:  
Hamburg Port Authority AöR  
Port Process Solution  
Neuer Wandrahm 4  
20457 Hamburg

Erstprüfer/in: Prof. Dr. -Ing. Eckart Nast  
Zweitprüfer/in: Diplom der Filmakademie Baden-Württemberg im Studiengang Produktion  
Christian Bahr

Abgabedatum: 15.11.2024

# **Kurzreferat**

## **Name des Studierenden**

Cristian Andrés Quelal Palacios

## **Thema der Bachelorthesis**

„DaaS“- Betriebskonzept und UAS-Analyse für den optimalen Betrieb.

## **Stichworte**

Betriebskonzept, dronePORT, Hamburg, Hafen, HPA, Katastrophenschutz, Mitigations, Normalbetrieb, Regelbetrieb, Risikoanalyse, UAS, Use-Case, Unterelbe, Wasserwege.

## **Kurzzusammenfassung**

In Absprache mit der Hamburg Port Authority AöR (HPA) umfasst diese Arbeit den Entwurf eines Betriebskonzeptes zur Einführung eines Regelbetriebs von teleoperierten UAS-Flügen im Hamburger Hafen. Dafür werden die Bedarfe der HPA für diesen Einsatz identifiziert, und ein Fluggebiet innerhalb des Hamburger Hafens wird unter Berücksichtigung des Luftraums in der Hansestadt Hamburg bzw. des Betriebs in einer Kontrollzone (CTR) festgelegt. Nach der Identifikation der Aufgaben der HPA sowie Festlegung des Fluggebietes wird die Struktur eines Betriebskonzeptes vorgeschlagen und der dafür erforderliche Inhalt - wie z.B. betriebliche Verfahren, Ausbildungskonzepte, usw. - erläutert.

Anschließend wird eine Risikoanalyse nach dem SORA-Prozess der EASA für das festgelegte Fluggebiet bzw. geplanten Flugbetrieb durchgeführt. In diesem Teil werden die initialen Boden- und Luftrisikoklassen identifiziert. Mithilfe der JARUS- und EAR for UAS-Richtlinien der EASA werden Minderungsmaßnahmen angewandt, um das initiale Risiko zu senken und finale Risikoklassen festzulegen. Damit kann eine Sicherheitskategorie SAIL bestimmt werden.

Zum Abschluss wird eine grobe UAS-Analyse für den geplanten Betrieb der HPA durchgeführt, um festzustellen, welches System für das Fluggebiet und die zu erfüllenden Aufgaben geeignet ist. Dazu werden drei UAS von drei unterschiedlichen Herstellern verglichen, und es wird eine Auswahlempfehlung in Bezug auf einen möglichen zukünftigen Kauf von Systemen für die HPA ausgesprochen.

**Name of Student**

Cristian Andrés Quelal Palacios

**Title of the paper**

„DaaS“- Concept of Operations and UAS analysis for the optimal operations.

**Keywords**

Concept of Operations, disaster protection, dronePORT, Hamburg, HPA, lower Elbe, Mitigations, normal operations, Port, regular operations, risk assessment, UAS, Use-Case, waterways.

**Abstract**

In coordination with the Hamburg Port Authority (HPA), this work involves designing a concept of operations for the implementation of routine teleoperated UAS flights within the Port of Hamburg. To this end, the specific needs of the HPA for this application are identified, and a flight area within the Port of Hamburg is defined, considering the airspace of the City of Hamburg and operations within a controlled traffic region (CTR). After identifying the HPA's tasks and defining the flight area, the structure of a concept of operations is proposed, along with the necessary content, such as operational procedures and training concepts.

Subsequently, a risk analysis based on the SORA process of the EASA is conducted for the designated flight area and planned flight operations. In this section, the initial ground and air risk classes are identified. Using the JARUS and EAR for UAS guidelines of the EASA, mitigation measures are applied to reduce the initial risk, enabling the definition of final risk classes. This process allows for determining a safety assurance and integrity level (SAIL).

Finally, a general UAS analysis for the planned operations of the HPA is conducted to determine which system is best suited for the flight area and the tasks to be performed. For this purpose, three UAS models from three different manufacturers are compared, and a recommendation for selection is made regarding a potential future purchase of systems for the HPA.

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich recht herzlich bei den Menschen bedanken, die mein Studium ermöglicht und begleitet haben.

In erster Linie möchte ich diese Abschlussarbeit meinen Eltern – Patricio Quelal und Maura Palacios- widmen. Ohne deren liebevolle Untersetzung und Geduld wäre die Erfüllung meines ersten akademischen Zieles nicht möglich. Danke für das Verständnis und die Akzeptanz, mein Flugzeugbau-Studium so weit Weg vom zuhause durchführen zu können.

Diese Danksagung richtet sich auch an den Rotary Club Zerst, die Gastfamilien und die Freunde aus der Stadt Zerst/Anhalt, wo dieser lange Weg angefangen hat. Zehntausend Kilometer von der Heimat entfernt zu sein ist nicht einfach, aber dank eurer Unterstützung und regelmäßigem Kontakt hat es sich anders angefühlt. Vielen Dank insbesondere an die Familien: Enke, Patheil, Voß, Schreck, Lux, Steffen und Krüger.

Auch weiter in der rotarischen Familie, vielen Dank an die Familie Bettenhausen aus Lüneburg für die wundervolle Gastfreundschaft, Unterstützung und Begleitung bei der Erfüllung meines Zieles.

Zu guter Letzt bedanke ich mich bei der Hamburg Port Authority (HPA), insbesondere bei der Sparte Port Process Solution für die Möglichkeit, die letzte Schritte meines Studiums unter eurer Begleitung durchführen zu dürfen.

## **Anmerkung**

In diesem Dokument wird das Wort „Drohne“ statt „UAS oder unbemanntes Luftfahrtsystem“ häufig verwendet. Dies aufgrund der Erweiterung dieses Begriffes in der unbemannten Luftfahrt-Branche.



**FAKULTÄT TECHNIK UND INFORMATIK**  
**DEPARTMENT FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUGBAU**  
**Professor Dr.- Ing. E. Nast**

## **Aufgabenstellung Bachelorarbeit**

**Name:** Cristian Andrés Quelal Palacios

**Thema:** „DaaS“ Betriebskonzept und UAS-Analyse für den optimalen Betrieb.

### **1. Einführung**

Der Hamburger Hafen erfüllt als Welthafen eine ihm durch Geschichte und Lage zugewiesene besondere Aufgabe sowohl als Verkehrszentrum als auch als Träger wirtschaftlichen Wachstums. Dieser besonderen Verantwortung folgend wurde die „Hamburg Port Authority“ (HPA) als Anstalt öffentlichen Rechts gegründet und mit der Erfüllung dieser Aufgabe und zugleich eines verbesserten und effizienteren Hafeninfrastrukturmanagement beauftragt. Neben weiteren technischen, wie auch prozesstechnischen Optimierungen, möchte die HPA teleoperierte Drohnenservices im Hamburger Hafen integrieren und betreiben.

Die HPA plant den Einsatz von teleoperierten Drohnenservices vor allem in den Bereichen „Prävention und Management von Sonderereignissen“ sowie „Wasserflächenkontrollen“, um die dort bestehenden Prozesse sicherer zu gestalten bzw. optimieren zu können. Teilweise handelt es sich auch um gänzlich neue Services zur Steigerung der Sicherheit und Effizienz von eingesetzten Ressourcen. Drohnen werden dabei zukünftig im Rahmen unterschiedlicher Lagen zum Einsatz kommen, z.B. bei Sturmfluten, Unfällen oder anderen unvorhergesehen Ereignissen, um Sensordaten wie z.B. hochauflösendes Video- und Fotomaterial für ein genaues Lagebild zu liefern.

In diesem Sinne ist es erforderlich, ein standardisiertes Betriebskonzept zu entwerfen, das die Anforderungen der nationalen sowie europäischen zuständigen Behörden für den sicheren Betrieb erfüllt. Außerdem, es ist wichtig, eine korrekte UAS-Auswahl mit Blick auf die zu erfüllenden Aufgaben zu treffen, damit die Flugoperation effizient und optimal abläuft.

## 2. Aufgabenstellung:

Es soll der Hamburger Hafen bzw. die Zuständigkeit der Hamburg Port Authority (HPA) untersucht werden, indem die Nutzung von unbemannten Luftfahrtsysteme in einen sicheren Regelbetrieb eingesetzt werden kann. Dafür sind die folgenden Aufgaben abzuarbeiten:

- Literatur- und Anforderungsrecherche bei den zuständigen Behörden (EASA/ LBA/ DFS).
- Technische Daten von UAS-Hersteller sammeln.
- Dokumentenstruktur für ein Betriebskonzept mit der Erfüllung der Anforderungen der zuständigen Behörden für einen sicheren Betrieb festlegen.
- Risikobewertung einer zu den HPA Use-Cases vergleichbaren Flugmission.
- UAS-Auswahl für den optimalen Betrieb unter Berücksichtigung des Einsatzszenarios.

Diese Abschlussarbeit wird in Zusammenarbeit / mit Unterstützung der Firma *Hamburg Port Authority AöR (HPA)* durchgeführt.

Besondere Vereinbarungen mit der unterstützenden Firma:

Grundlage für die Risikoanalyse und Sicherheitskonzept sollen für die HPA verwendbare Einsatzszenarien sein.

Hamburg, den 09.08.2024

# Inhaltsverzeichnis

|                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-----------|
| <b>Abbildungsverzeichnis:</b>                   | <b>9</b>  |
| <b>Tabellenverzeichnis</b>                      | <b>10</b> |
| <b>Liste der Abkürzungen:</b>                   | <b>11</b> |
| <b>1 Einleitung</b>                             | <b>13</b> |
| 1.1 Motivation                                  | 13        |
| 1.2 Hintergrund                                 | 13        |
| 1.3 Wichtige Begriffe und Definitionen          | 15        |
| 1.4 Dokumentstruktur                            | 16        |
| <b>2 Betriebsdefinition</b>                     | <b>17</b> |
| 2.1 Bedarfe der HPA                             | 17        |
| 2.2 Use-Case Bestimmung                         | 19        |
| <b>3 Betriebskonzeptstruktur</b>                | <b>22</b> |
| 3.1 Allgemeiner Teil                            | 22        |
| 3.2 Verfahrensbeschreibung (Procedures)         | 27        |
| 3.2.1 Flugplanung                               | 27        |
| 3.2.2 Missionsdurchführung                      | 29        |
| 3.3 Normalbetrieb und Fluggebiet                | 33        |
| 3.3.1 Betriebsgrenzen                           | 33        |
| 3.3.2 Bestimmung der Risikoklassen              | 34        |
| 3.3.3 Betriebsgelände – HPA dronePORT           | 39        |
| 3.4 Ausbildung                                  | 40        |
| 3.5 Notfallplan – Emergency Response Plan (ERP) | 42        |
| 3.6 UAS-Technik                                 | 44        |
| 3.7 Wartung                                     | 45        |
| <b>4 SORA – Analyse</b>                         | <b>46</b> |
| 4.1 Einstieg                                    | 46        |
| 4.2 Bodenrisikoklasse – Ground Risk Class (GRC) | 48        |
| 4.2.1 Minderungsmaßnahmen (Mitigations)         | 48        |
| 4.3 Luftrisikoklasse – Air Risk Class (ARC)     | 51        |
| 4.3.1 Minderungsmaßnahmen (Mitigations)         | 51        |
| 4.4 SAIL-Wert-Bestimmung                        | 54        |
| 4.5 Operation Safety Objectives – OSO's         | 54        |
| <b>5 UAS-Analyse</b>                            | <b>57</b> |
| 5.1 Betriebsszenario                            | 57        |
| 5.2 Technische Anforderungen                    | 58        |
| 5.3 UAS-Vergleich                               | 60        |
| 5.4 Systemauswahl und Empfehlungskriterien      | 63        |
| <b>6 Konklusion</b>                             | <b>64</b> |
| <b>7 Literatur und Quellenverzeichnis</b>       | <b>65</b> |
| <b>Anhang A: SORA-Formular</b>                  | <b>66</b> |



# Abbildungsverzeichnis:

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Hamburger Hafen / dronePORT [Google Earth] .....                                                          | 17 |
| Abbildung 2: Hamburg Kontrollzone [DFS – Deutsche Flugsicherung] .....                                                 | 20 |
| Abbildung 3: Dipul Darstellung Flugroute - [HPA und dipul.de] .....                                                    | 21 |
| Abbildung 4: Organisationsübersicht in Bezug auf den Flugbetrieb .....                                                 | 23 |
| Abbildung 5: Fluggebiet und Risikopuffer – JARUS Annex A.....                                                          | 34 |
| Abbildung 6: Luftrisiko – [EAR for UAS – EASA] .....                                                                   | 37 |
| Abbildung 7: ERP-Vorlage [HPA „DaaS“] .....                                                                            | 43 |
| Abbildung 8: Darstellung des Flugbetriebs - [EAR for UAS-EASA] .....                                                   | 46 |
| Abbildung 9: SORA-Prozess [EASA-Webseite].....                                                                         | 46 |
| Abbildung 10: Luftrisiko Mitigations - [JARUS Annex C].....                                                            | 52 |
| Abbildung 11: Multikopter - [ZAL <a href="https://zal.aero">https://zal.aero</a> ] .....                               | 58 |
| Abbildung 12: VTOL - [Drone Engr - <a href="https://www.droneassemble.com/">https://www.droneassemble.com/</a> ] ..... | 59 |
| Abbildung 13: V25 [HHLA Sky GmbH] .....                                                                                | 60 |
| Abbildung 14: Zerc - [GlobeUAV] .....                                                                                  | 60 |

# Tabellenverzeichnis

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: Einsatzbereiche für UAS .....                              | 18 |
| Tabelle 2: Bodenrisikoklasse – [EAR for UAS EASA] .....               | 35 |
| Tabelle 3: Bodenrisiko - Minderungsmaßnahmen [EAR for UAS EASA] ..... | 36 |
| Tabelle 4: SAIL-Wert Bestimmung – [EAR for UAS EASA] .....            | 38 |
| Tabelle 5. OSO´s - [EAR for UAS EASA] .....                           | 55 |
| Tabelle 6: Bewertungskriterien .....                                  | 59 |
| Tabelle 7: UAS-Vergleich .....                                        | 61 |

# Liste der Abkürzungen:

|               |                                                                                      |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ADS-B</b>  | Automatic Dependent Surveillance - Broadcast                                         |
| <b>AGL</b>    | Above Sea Level                                                                      |
| <b>ARC</b>    | Air Risk Class                                                                       |
| <b>BAF</b>    | Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung                                                 |
| <b>BFU</b>    | Bundesstelle für Flugumfalluntersuchung                                              |
| <b>BOS</b>    | Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben                                  |
| <b>BVLOS</b>  | Beyond Visual Line of Sight                                                          |
| <b>CRM</b>    | Crew Resource Management                                                             |
| <b>CTR</b>    | Controlled Traffic Region                                                            |
| <b>DaaS</b>   | Drones as a Service                                                                  |
| <b>Dipul</b>  | Digitale Plattform Unbemannte Luftfahrt                                              |
| <b>DFS</b>    | Deutsche Flugsicherung                                                               |
| <b>DVR</b>    | Design Verification Report                                                           |
| <b>EAR</b>    | Easy Access Rules                                                                    |
| <b>EASA</b>   | European Union Aviation Safety Agency                                                |
| <b>EDHH</b>   | Flughafen Hamburg-Fuhlsbüttel                                                        |
| <b>EDHI</b>   | Flughafen Hamburg-Finkenwerder                                                       |
| <b>EGRED</b>  | Empfehlungen für Gemeinsame Regelungen zum Einsatz von Drohnen in Bevölkerungsschutz |
| <b>ERP</b>    | Emergency Response Plan                                                              |
| <b>EU</b>     | European Union                                                                       |
| <b>FLARM</b>  | Kollisionswarnsystem für die Allgemeine Luftfahrt und Drohnen                        |
| <b>GRC</b>    | Ground Risk Class                                                                    |
| <b>HASTA</b>  | Hafenstab                                                                            |
| <b>HHLA</b>   | Hamburger Hafen und Logistik AG                                                      |
| <b>HPA</b>    | Hamburg Port Authority AöR                                                           |
| <b>ICC</b>    | Integrated Control Center                                                            |
| <b>JARUS</b>  | Joint Authorities for Rulemaking of Unmanned Systems                                 |
| <b>LBA</b>    | Luftfahrtbundesamt                                                                   |
| <b>LI</b>     | Landside Infrastructure                                                              |
| <b>LuftVO</b> | Luftverkehrs-Ordnung                                                                 |
| <b>METAR</b>  | Meteorological Aerodrome Report                                                      |
| <b>MTOW</b>   | Maximum Takeoff Weight                                                               |
| <b>NOTAM</b>  | Notice to Airmen                                                                     |
| <b>NFZ</b>    | No Fly Zone                                                                          |
| <b>OSO</b>    | Operation Safety Objectives                                                          |
| <b>PA</b>     | Port Affairs                                                                         |

|             |                                             |
|-------------|---------------------------------------------|
| <b>PC</b>   | Personal Computer                           |
| <b>PIC</b>  | Pilot in Command                            |
| <b>RTH</b>  | Return to Home                              |
| <b>RTL</b>  | Return to Launch                            |
| <b>UAS</b>  | Unmanned Aircraft System                    |
| <b>SAIL</b> | Specific Assurance and Integrity Level      |
| <b>SLP</b>  | Safety Landing Point                        |
| <b>SORA</b> | Specific Operation Risk Assessment          |
| <b>TMPR</b> | Tactical Mitigation Performance Requirement |
| <b>VFR</b>  | Visual Flight Rules                         |
| <b>VLOS</b> | Visual Line of Sight                        |
| <b>VTOL</b> | Vertical Takeoff and Landing                |

# 1 Einleitung

Dieses Dokument wird in Absprache mit der Hamburg Port Authority AöR (weiter im Text als HPA) Abteilung Port Process Solution geschrieben und dient dazu das Betriebskonzept des „DaaS – Drones as a Service“ Projekts unter Verwendung von in der Zukunft verwendbaren Einsatzszenarien zu strukturieren.

## 1.1 Motivation

Die Verwendung neuer Technologien in einem urbanen Raum ermöglicht den Menschen Prozesse zu vereinfachen und zu optimieren. Diese können ein reinwirtschaftliches oder ein sicherheitsbezogenes Interesse haben.

In der Luftfahrt, mit der Weiterentwicklung von unbemannten Systemen, ist eine Vielfalt von Einsätzen in unterschiedlichen Bereichen zu finden und die Zahlen dieser Nutzung von UAS sind in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Aus diesem Grund ist es wichtig für alle im Luftraum beteiligten Akteuren Betriebs- und Sicherheitskonzepte zu definieren, damit es sichergestellt werden kann, dass die Flugoperationen geregelt und ohne Gefahr stattfinden können.

Im Hamburger Hafen, mit seiner Geschichte, wichtiger Lage und besonderer Teilnahme an der deutschen und weltweiten Wirtschaft, ist die Teleoperation von Drohnen für die Erfüllung spezifischer Aufgaben als wichtiges Ziel im Hafeninfrastruktur- und Katastrophenschutzmanagement vorgesehen.

## 1.2 Hintergrund

*„Die Hamburg Port Authority (HPA) betreibt seit 2005 ein zukunftsorientiertes Hafenmanagement aus einer Hand und ist überall dort aktiv, wo es um Effizienz, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit im Hamburger Hafen geht. Den wachsenden Ansprüchen des Hafens begegnet die HPA mit intelligenten und innovativen Lösungen. Die HPA ist verantwortlich für die effiziente, ressourcenschonende und nachhaltige Planung und Durchführung von Infrastruktur- Maßnahmen im Hafen und ist Ansprechpartner für alle Fragen hinsichtlich der wasser- und landseitigen Infrastruktur, der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs, der Hafenbahnanlagen, des Immobilienmanagements und der wirtschaftlichen Bedingungen im Hafen.“ [hamburg-port-authority.de]*

Die HPA findet die teleoperierte Drohnenservices im Hafengebiet ein starker Bestandteil bei der Optimierung ihrer Aufgaben unter ihrer Zuständigkeit und plant seit mehr als fünf Jahren mit verschiedenen Projekten wie z.B. „PORTwings“ den regelmäßigen Einsatz von UAS im Hamburger Hafen. Bedarfs- und Einsetzbarkeitsanalysen wurden in der Vergangenheit durchgeführt, damit der zukünftige Flugbetrieb von Drohnen einen freien Weg bekommen kann.

Die allgemeine Einsatzszenarien wurden festgelegt und diese fokussieren sich auf regelmäßige Infrastruktur- und Wasserwegekontrolle, sowie Prävention und Management von Sonderereignissen.

Die Folgen aus den vorherigen Projekten wurden positiv angenommen und haben einen vorstrukturierten Pfad und Kenntnisse für den kommenden Regelbetrieb geliefert. In Bezug auf die technischen Anforderungen wurde eine Entscheidung getroffen, indem die HPA auf die eigene Entwicklung von UAS verzichtet und für den Betrieb geeigneten Drohnen aus dem freiwirtschaftlichen Markt kauft.

Die Beschaffung der passenden physischen und elektronischen Infrastruktur für teleoperierte Drohnenservices wurde angefangen und hat so einen Reifegrad erreicht, dass bestimmte Flugmissionen einer niedrigen Sicherheitskategorie durchgeführt werden können.

### 1.3 Wichtige Begriffe und Definitionen

Die folgenden Begriffsbedeutungen sind ein wichtiger Teil für das Verstehen dieses Dokumentes, denn sie werden häufig in jedem Kapitel genannt. Diese Definitionen kommen aus dem Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO), Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 „über die Vorschriften und Verfahren für den Betrieb von unbemannten Luftfahrzeugen“ und EASA-Dokumentation.

**UAS Unmanned Aircraft System – unbemanntes Luftfahrtsystem:** ein unbemanntes Luftfahrzeug sowie die Ausrüstung für dessen Fernsteuerung.

**VLOS (Visual Line Of Sight):** Betrieb in direkter Sicht, eine UAS-Betriebsart, bei der der Fernpilot in der Lage ist, einen ununterbrochenen und nicht unterstützten Sichtkontakt mit dem unbemannten Luftfahrzeug aufrechtzuerhalten, sodass er dessen Flugweg so steuern kann, dass Kollisionen mit anderen Luftfahrzeugen, Menschen und Hindernissen vermeiden werden.

**BVLOS (Beyond Visual Line Of Sight):** Betrieb außerhalb direkter Sicht, eine UAS-Betriebsart, die nicht in VLOS durchgeführt wird.

**Specific Operation Risk Assessment (SORA):** übersetzt; Risikogerechte Methode, um die erforderlichen Nachweise und Sicherheiten für den sicheren Betrieb eines unbemannten Luftfahrzeugsystem in der Kategorie „Specific“ zu bestimmen.

**Specific Assurance and Integrity Level (SAIL):** übersetzt; Ein Konzept im Rahmen des SORA-Prozesses. Hilft dabei, das Risikoniveau einer spezifischen UAS-Operation zu bestimmen und die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen festzulegen.

## **1.4 Dokumentstruktur**

In diesem Abschnitt wird die Dokumentenstruktur des fachlichen Teils dieser Abschlussarbeit kurz dargestellt.

### Kapitel 1 – Einleitung:

Themaeinführung, sowie Hintergrund bei der HPA: Erklärung wichtiger Begriffe in diesem Dokument.

### Kapitel 2 – Betriebsdefinition:

Kurze Beschreibung der Bedarfe der HPA und Festlegung des für dieses Dokument relevanten Fluggebiets bzw. Use-Case.

### Kapitel 3 – Betriebskonzeptstruktur:

Beschreibung der wesentlichen Teile eines Betriebskonzeptes unter Berücksichtigung der Anforderungen und Richtlinien der nationalen und europäischen Luftfahrtbehörden.

### Kapitel 4 – SORA-Analyse:

Durchführung und Beschreibung einer EASA bzw. LBA standardisierten Risikoanalyse für den UAS-Flugbetrieb in dem ausgewählten Fluggebiet.

### Kapitel 5 – UAS-Analyse:

Vergleich unterschiedlicher UAS verschiedener Hersteller, die einen optimalen und effizienten Betrieb im Hamburger Hafen ermöglichen können.

### Kapitel 6 – Konklusion:

Abschlusswort und Erklärung des weiteren Vorgehens.



## 2 Betriebsdefinition

In diesem Kapitel werden die Stützpunkte des Betriebs beschrieben, sowie die Ziele der HPA für die teleoperierte Drohnenservices im Hamburger Hafen. Außerdem wird das Modellfluggebiet bzw. Use-Case für die weitere Bearbeitung des Dokuments festgelegt.

### 2.1 Bedarfe der HPA

Wie im Kapitel 1 erwähnt, hat die HPA bestimmte Aufgaben im Hamburger Hafen zu erfüllen. Das Projekt „DaaS – Drones as a Service“ ist in diesem Fall der verantwortliche Akteur für den UAS-Betrieb und dessen Teleoperation. In Absprache mit den anderen Sparten der Organisation PA und LI (Port Affairs und Landside Infrastructure) und aus vorherigen Projekten wurden spezifische Bereiche identifiziert, wo der Einsatz von UAS sinnvoll ist.

In der kommenden Abbildung [Abb.1] ist der Hamburger Hafen als Zuständigkeit der HPA in der Stadt Hamburg zu sehen. Wobei es auch andere Gebiete wie die Insel Neuwerk und ein Teil im Cuxhaven in dieser Verantwortlichkeit fallen. Die rote gesetzte Markierung bezeichnet die Lage des dronePORTs im Hafengebiet<sup>1</sup>. Dieser Standort dient als Einsatzzentrale für die Drohnenservices der HPA.

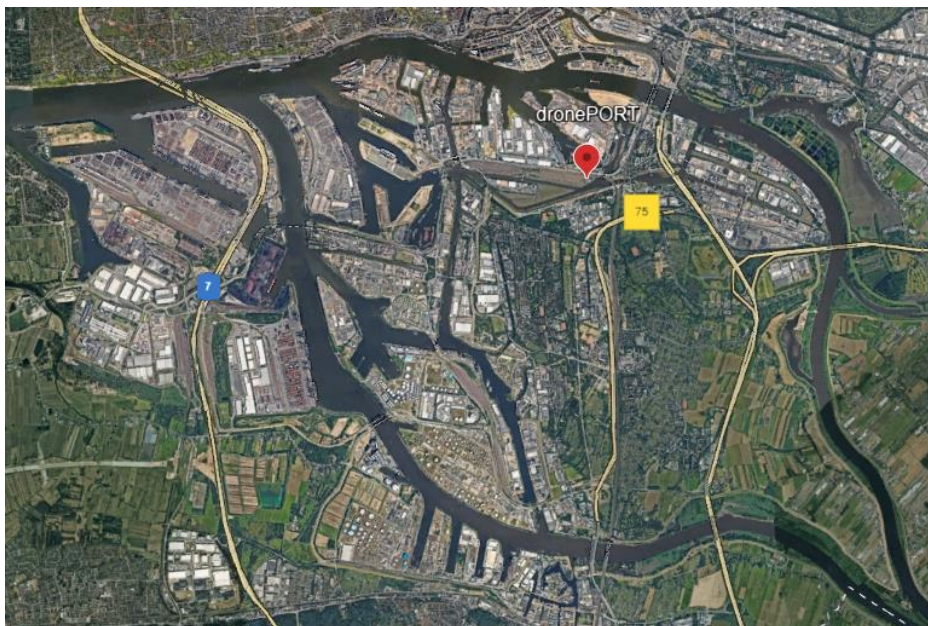


Abbildung 1: Hamburger Hafen / dronePORT [Google Earth]

Mit dem Bild ist es zu erkennen, dass die Wasserwege als nutzbare Fläche für die Flugrouten der Drohnen verwendet werden können und dienen als Ausgangspunkte für

---

<sup>1</sup> Erläuterung im §2 Hafenentwicklungsgesetz (HafenEG) [landesrecht-hamburg.de]

den Regelbetrieb der Flugoperationen. Diese haben auch eine große Bedeutung für die Umweltschutz- und Risikothematik (später im Kapitel 4).

Folgende wichtige Aufgaben der oben erwähnten Sparten werden in einer Tabelle [Tab.1] aufgelistet und kurz beschrieben. Diese möglichen Einsätze wurden in vorherigen Treffen bzw. Workshops besprochen, um zu verstehen, warum der Einsatz von UAS im Hafen eine effizientere Arbeit in bestimmten Bereichen ermöglicht.

| <b>Zuständigkeit</b>         | <b>Aufgabe</b>                            | <b>Kurze Beschreibung</b>                                                                                                                                |
|------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| HASTA – Hafenstab            | Lagebild bei Sturmflut & Polderkontrollen | Überprüfung der einzelnen Polder. Stellungs- und Zustandskontrolle von Türen und Toren im Rahmen von Sturmfluten.                                        |
| HASTA – Hafenstab            | Einsatzleitungslagebild                   | Lagebildservice im gesamten Hafengebiet. Schnellere Lageerfassung und höhere Reaktionsgeschwindigkeit des Krisenstabes.                                  |
| PA2 – Wasserbehörde          | Wasserflächenkontrolle                    | Überprüfung der effizienten und korrekten Nutzung der Wasserflächen und Liegeplätze.                                                                     |
| PA2 – Wasserbehörde          | Evakuierung und Personenrettung           | Bereitstellung der HPA-Infrastruktur zur Unterstützung von weiteren Sicherheitsbehörden bei Personenrettungen, Evakuierungen, Gefahrstoffaustritt, o. ä. |
| LI – Landside Infrastructure | Wegekontrollen und Zustandserfassungen    | Wegeaufsicht für Straßen im Hafenbereich.                                                                                                                |
| LI – Landside Infrastructure | Ereigniskontrollen                        | Ereigniskontrolle und Lagebild für die Optimierung der Verkehrskoordination im Hafengebiet.                                                              |

Tabelle 1: Einsatzbereiche für UAS

Die Drohneninfrastruktur der HPA ermöglicht nicht nur eine effizientere interne Arbeit, sondern auch öffnet Türen für die Zusammenarbeit mit anderen Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (weiter als BOS), die auch im Hafengebiet bzw. über den Wasserwegen tätig sind. Z.B. die Unterlebekontrolle, auch als Unterelbeflug genannt, was von der Hamburger Polizei durchgeführt wird. Es ist schon bekannt, dass die HPA eine enge Zusammenarbeit mit der Polizei im Rahmen des Unterelbefluges angefangen hat. Das bedeutet, dass der Einsatz von UAS bis zur Elbmündung erweitert werden kann. Hiermit ist es wichtig für den Flugbetrieb einen höheren Sicherheitsgrad im technischen sowie im organisatorischen Sinne zu gewährleisten.

In diesem Sinne ist es wichtig zu erwähnen, dass die HPA UAS-Einsätze sich auf Kontrolle sowohl der Infrastruktur als auch der Wasserwege fokussieren und damit eine Erweiterung der Aufgaben in Zusammenarbeit mit anderen Behörden zu gestalten.

## 2.2 Use-Case Bestimmung

Mit dem Einstieg in der Zuständigkeit der HPA und die Erkennung der Bereiche, wo die Drohneneinsätze sinnvoll für eine Steigerung der Effizienz sein können, wird in diesem Abschnitt ein Use-Case definiert. Diese Bestimmung gilt als Ausgangspunkt für die kommende Kapitel dieses Dokumentes, wie die Beschreibung des Betriebskonzeptes und die Risikoanalyse nach dem SORA-Verfahren der LBA bzw. EASA.

Damit es einen effizienten und optimalen Betrieb stattfinden kann, sollen die Flugmissionen ein BVLOS Character haben. Flüge, die ohne die konstante Präsenz von Mitarbeiter am Einsatzort durchgeführt werden können, vereinfachen Prozessen, sparen Kosten, Zeit und Einsatzkräfte. Außerdem sind die vom dronePORT VLOS erreichbare Gebiete nicht so relevant, dass es ein Drohnenbetrieb nur an diesem Standort für die HPA sich lohnen würde.

Bekannt ist, dass die Wasserwege im Hamburger Hafen bei der Erfüllung von katastrophen-, sicherheits- und kontrollbezogene Aufgaben eine große Rolle spielen. Deswegen ergibt es Sinn einen Flug über diesen Wasserstraßen durchzuführen.

Damit die Zuständigkeit der HPA in keinen Konflikt mit anderen Behörden anderer Bundesländer steht, ist es wichtig eine Flugmission zu definieren, die innerhalb der Landegrenzen der Stadt Hamburg stattfindet. Dieser Punkt schließt aber nicht aus, die Möglichkeit diese geographischen Grenzen für zukünftige Flugmissionen zu erweitern. Hierfür ist es erforderlich eine enge Zusammenarbeit mit den an Hamburg anliegenden Bundesländer Niedersachsen und Schleswig-Holstein.

Ein weiterer wichtige Punkt für die Bestimmung des Fluggebietes ist die Berücksichtigung der Besonderheiten im Hamburger Luftraum, was einen direkten Einfluss auf den Drohnenflugbetrieb der HPA hat. Die folgende Abbildung [Abb.2] zeigt die Kontrollzone (CTR) in Hamburg mit zwei Flughäfen Hamburg-Fuhlsbüttel (EDDH) und Hamburg-Finkenwerder (EDHI / Airbus). Der Hamburger Hafen befindet sich innerhalb dieses Bereichs. Der Einfluss dieser Kontrollzone beschränkt die Flughöhe eines UAS und die Sicherheitskategorie des Betriebs wird hoch kategorisiert.

Die technische und kritische Infrastruktur im Hafen beeinflussen ebenso den Flugbetrieb und stehen im Konflikt mit den Anforderungen der DFS für Flüge innerhalb der Kontrollzone in Bezug auf die Flughöhe. Zu beachten sind in diesem Fall die Köhlbrandbrücke, Stromleitungen, Windanlagen, hochgeklappte Containerbrücken und Kraftwerke.



Abbildung 2: Hamburg Kontrollzone [DFS – Deutsche Flugsicherung]

Mit den Betrachtungen aus den vorherigen Paragrafen wird ein Use-Case und eine Flugroute mit den folgenden Ausgangsparameter festgelegt:

- dronePORT als Betriebsleitstelle bzw. Star- und Landepunkt
- BVLOS Flug
- Zuständigkeitsgebiet der HPA
- Wasserwege im Hamburger Hafen
- Hamburger Kontrollzone (CTR)
- Evtl. Zusammenarbeit mit anderen Behörden

Der resultierende Use-Case bzw. Flug aus diesen Parametern ist die Durchführung von Wasserwege- und Infrastrukturkontrolle im Unterelbegebiet bis zur Hamburger Landesgrenze. Die Flughöhe beträgt maximal 150 m, diese Höhe kann variieren und ist von den Aufgaben der Flugmission im festgelegten Gebiet abhängig. Die gesamte Strecke vom dronePORT bis zur Landesgrenze und zurück über den Wasserwegen beträgt ca. 38 km.

Die Darstellung des Fluges wird Anhand des Dipul (Digitale Plattform Unbemannte Luftfahrt) -Tools erstellt und wird in der Abbildung [Abb.3] dargestellt.

Dipul ist eine webbasierte Plattform vom „Bundesministerium für Digitales und Verkehr“ für den UAS-Betrieb im deutschen Gebiet und verfügt von aktualisierter Information der unbemannten Luftfahrt, ein Map-Tool mit angezeigten Geo-Zonen sowie ein Platz für Anträge und Behördendienste.



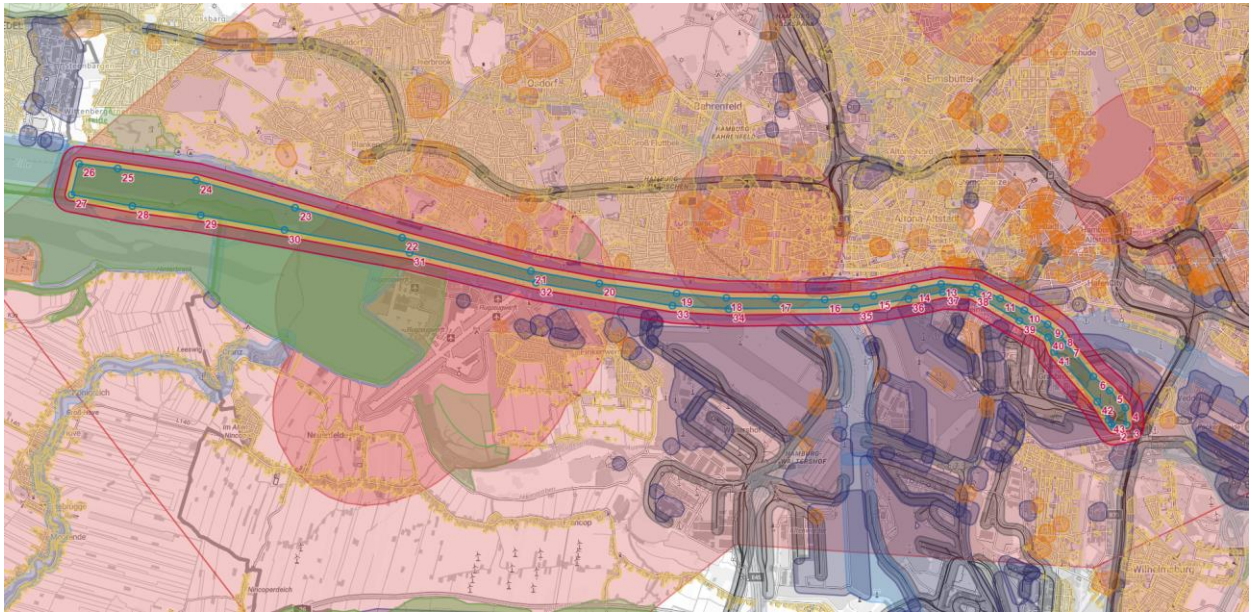


Abbildung 3: Dipul Darstellung Flugroute - [HPA und dipul.de]

## 3 Betriebskonzeptstruktur

In diesem Kapitel wird die Struktur des Betriebskonzeptes definiert und die entscheidenden Punkte beschrieben. Aus Datenschutzgründen bzgl. HPA ist dieser Teil nicht unmittelbar das Gleiche was in das Betriebskonzept kommt, da es sich um kein Dokument handelt, was eins zu eins übernommen werden kann. Das bedeutet aber nicht, dass spezifische Themen ausgeschlossen werden.

Dieser Abschnitt richtet sich nach den Formulierungshilfen der EASA, Easy Access Rules for Unmanned Systems und EGRED 2. Diese Dokumente gelten nur als Richtlinien und werden nicht hier direkt abgeschrieben.

### 3.1 Allgemeiner Teil

Dieser Abschnitt beinhaltet organisations- bzw. UAS-Betreiber bezogene Themen. Das Ziel dieses Kapitels im Betriebskonzept ist die klare Darstellung des Unternehmens sowie die Beschreibung der Mitarbeiterrollen, die einen direkten Bezug auf den Drohnenbetrieb haben. Dazu gehören die Festlegung der organisatorischen Betriebsgrenzen sowie die notwendigen Dokumente; Datenschutzerklärung und Umweltleitlinien, seitens HPA.

Vor der Festlegung der Mitarbeiterrollen und deren Beschreibung muss die Verantwortlichkeit des Betriebs geklärt werden. In diesem Fall werden Teile der Dokumente durch den verantwortlichen Betriebsleiter sowie die Geschäftsführung der HPA unterschrieben. Zu beachten in diesem Teil ist die Vollständigkeit der legalen Dokumentation und die Übereinstimmung mit den sowohl europäischen als auch nationalen Gesetzen in Bezug auf den Betrieb von unbemannten Luftfahrtssystemen.

Die Definition bzw. Erklärung der Verfahren zu: Änderungen in der Organisationsübersicht, Aufbewahrungsristen, Dokumentenverwaltung sind auch ein Bestandteil dieses ersten Kapitels vom Betriebskonzept.

Die folgende Abbildung [Abb.4] zeigt eine Organisationsübersicht des Drohnenbetriebs der HPA von der Geschäftsführung bis zur Besatzung. Das ist wichtig zur Darstellung der Rollenbeschreibung innerhalb des Unternehmens sowie die Dienstleister, die auch eine Rolle spielen, und ab welcher Ebene findet die richtige Arbeit bezogen auf teleoperierte Drohnenflüge statt.

Die Ebenen Hersteller/Technik und Training werden von befähigten externen Unternehmen durch die HPA beauftragt und übernehmen die Verantwortlichkeit bei ihrer spezifischen Thematik.

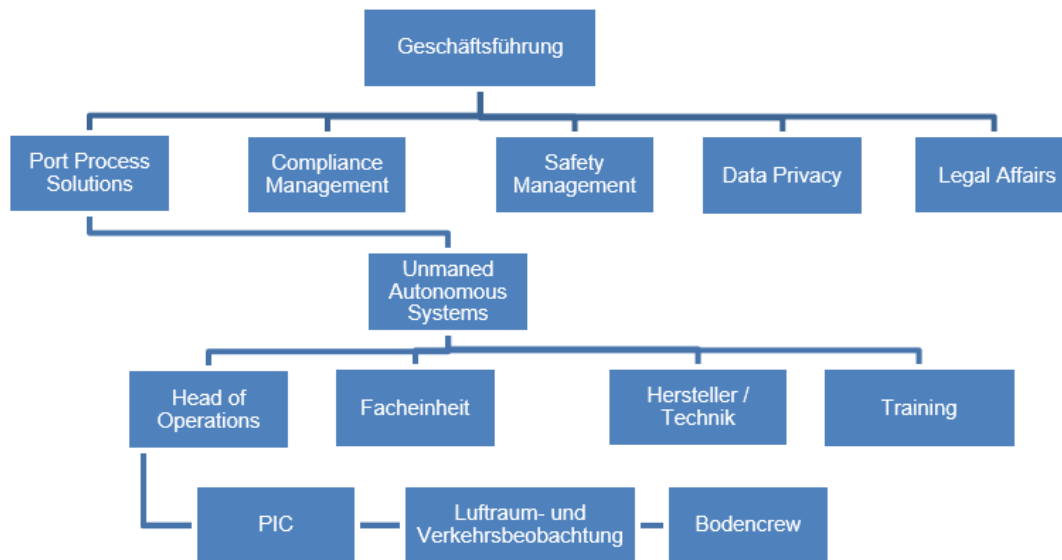


Abbildung 4: Organisationsübersicht in Bezug auf den Flugbetrieb

Die Ebenen Hersteller/Technik und Training werden von befähigten externen Unternehmen durch die HPA beauftragt und übernehmen die Verantwortlichkeit bei ihrer spezifischen Thematik.

Der Hersteller liefert die notwendige Technik für die Durchführung der Flugmissionen und erfüllt die Aufgaben in Bezug auf die Einhaltung technischer Standards und Reparaturen an den UAS. Die externen Dienstleister für das Thema Training übernehmen den Auftrag für die notwendigen Kenntnisse sowie Einhaltung des aktuellen Stands im Bereich UAS-Flugausbildung und Crew Ressource Management.

Nach den Formalien folgt Bestimmung der notwendigen Betriebsanforderungen bzgl. des Personals und die folgenden Punkte gehören dazu:

- Festlegung der Besatzung
- Qualifikation und Personalanforderungen
- Arbeits- und Ruhezeiten
- Besatzungsmitglied ist „fit to operate“
- Regelung vom Alkohol- und Drogenkonsum

Die Besatzung für die Teleoperation mit der Voraussetzung von BVLOS Flüge bei der HPA besteht aus zu mindestens den kommenden drei Personen.

#### a) Pilot in Command

Übernimmt die Verantwortung der gesamten Mission, kümmert sich um die Flugdurchführung. Dabei sitzt diese Person die ganze Zeit während des Fluges am Leitstand und achtet auf das sichere und korrekte Flugverhalten der Drohne sowie die Verbindung und Livestream der Payload.

b) Luftraum- und Verkehrsbeobachtung

Achtet während der Planung und Durchführung der Flugmission auf den Luftverkehr und stellt sicher, dass die Drohne sich sicher im Luftraumbewegt. Außerdem bei den kritischen Phasen des Fluges (Start und Landung) gibt die volle Aufmerksamkeit auf den Luftraum am dronePORT. Diese Person verfügt von einer Fernbedingung und damit kann sie, fall benötigt, die Kontrolle übernehmen.

c) Bodenpersonal

Übernimmt die Aufgabe der Bereitstellung der UAS für die Flugmission. Das beinhaltet auch die Durchführung von Pre-Flight und Post-Flight Checklisten in konstanter Zusammenarbeit mit den anderen Mitgliedern der Besatzung.

Dieses Personal muss auch bestimmten Voraussetzungen in Bezug auf dessen Qualifikation für die Durchführung von teleoperierten Drohnenflüge. Der Drohnenflugschein A2 ist die erste wichtige Anforderung, was die Besatzungsmitglieder; PIC (Pilot in Command) und Luftraum- und Verkehrsbeobachtung besitzen müssen. Falls die Person nicht in Besitz eines A2-Scheins sein soll, wird sie bei der HPA die benötigte Ausbildung bekommen. Zu beachten ist, dass die Erfahrung in Form von Drohnenflugstunden eine große Rolle im Betrieb spielt.

Das Bodenpersonal muss nicht im Besitz eines Drohnenscheines sein. Bei der Bodencrew ist es wichtig, dass sie ein ausreichendes technisches Verständnis und luftfahrtbezogene Kenntnisse haben. Aber dieser Punkt schließt nicht die Möglichkeit, einen Drohnenschein mitzumachen. Letzten Endes sind sie auch Hauptbestandteil des Flugbetriebes. Je befähigter das Personal, desto sicherer ist der Flugbetrieb.

Bezogen auf die Arbeit- und Ruhezeiten sind bestimmte Regeln zusätzlich zu den HPA-Arbeitsleitlinien von Bedeutung. Dadurch, dass es sich um einen Flugbetrieb handelt, fallen extra Anforderungen auf die Besatzung. Damit wird es nur sichergestellt, dass die HPA auf die Gesundheit und Sicherheit ihrer Mitarbeiter achtet, sondern auch auf die sichere und korrekte Durchführung von Flugmissionen.

Es ist auch wichtig nicht nur wichtig auf die Gesundheit der Mitarbeiter in Bezug auf die Arbeitszeit zu achten, sondern auch auf die allgemeine psychologische und physische Gesundheit der Besatzungsmitglieder, denn die Mitarbeitende sollen sich auch in der Lage fühlen, eine Flugmission durchzuführen. Deswegen sind die folgenden Punkte aus den Leitlinien der LBA zu beachten:

- **Alkohol und andere berauschende Flüssigkeiten**

Es ist Unternehmenspolitik, jegliche Arbeit unter dem Einfluss von Alkohol oder anderen berauschenden Flüssigkeiten zu untersagen. Jeglicher Alkoholkonsum innerhalb von acht Stunden vor Beginn der Arbeiten ist verboten. Der



Blutalkoholspiegel muss spätestens zum Zeitpunkt des Beginns der Arbeitsvorbereitung 0,0 ‰ betragen.

- **Drogen**

Psychoaktive Substanzen wie Drogen können bei Menschen Stimmungsschwankungen oder Wahrnehmungsstörungen hervorrufen. Beispiele sind Cannabis, Kokain, Heroin, LSD usw.

Es ist nicht gestattet, die in diesem Dokument beschriebenen Aufgaben oder Tätigkeiten unter Drogeneinfluss auszuführen.

Jeder Verstoß gegen dieses Verbot hat die sofortige Suspendierung von allen Aufgaben im Zusammenhang mit der hier beschriebenen Tätigkeit zur Folge. Dabei ist es unerheblich, welche Position oder Aufgabe die betreffende Person innerhalb des Unternehmens innehat.

- **Schlaftabletten**

Unter dem Einfluss von Schlaftabletten ist es nicht erlaubt, die in diesem Dokument beschriebenen Aufgaben oder Tätigkeiten auszuführen.

- **Antidepressiva**

Es ist nicht gestattet, die in diesem Dokument beschriebenen Aufgaben oder Tätigkeiten auszuführen, wenn Sie unter dem Einfluss von Antidepressiva stehen.

- **Medizinische Behandlungen**

Wenn sich ein Besatzungsmitglied in ärztlicher Behandlung befindet, sollte es den Arzt darüber informieren, dass es sicherheitsrelevante Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem hier beschriebenen Einsatz ausführt, um sicherzustellen, dass es diesbezüglich keinen Einschränkungen unterliegt. Bei Zweifeln an der uneingeschränkten Tauglichkeit sollte das Besatzungsmitglied seinem Arbeitgeber "betriebsunfähig" melden.

- **Impfung**

Jedes Besatzungsmitglied ist dafür verantwortlich, dass es über die erforderlichen Impfungen verfügt. Die Impfungen sollten mindestens 48 Stunden vor Beginn der Einsatzvorbereitungen durchgeführt werden. Im Falle einer schweren Reaktion auf den Impfstoff muss unbedingt ein Arzt aufgesucht werden.

- **Tiefseetauchen**

Aufgrund der zu erwartenden Auswirkungen auf den menschlichen Körper ist das Tauchen mit Pressluftflaschen für alle Besatzungsmitglieder für einen Zeitraum

von 24 Stunden vor Beginn der Einsatzvorbereitungen verboten. Tauchgänge in geringer Tiefe ohne Verwendung von Pressluft sind weiterhin erlaubt.

- **Blut- und Knochenmarkspenden**

Die Blut- oder Knochenmarkspenden müssen mindestens 72 Stunden vor Beginn der operativen Vorbereitungen erfolgt sein.

- **Vorsichtsmaßnahmen bei den Mahlzeiten vor und während der Operation**

Es müssen keine besonderen Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden. Allerdings ist jedes Besatzungsmitglied angehalten, rechtzeitig dem Vorgesetzten Bescheid zu geben, wenn es sich nach einer Mahlzeit unwohl fühlt.

- **Schlaf und Ruhe**

Individuelle Ruhezeiten, Ferien oder freie Tage (z. B. Wochenenden) sollten zur Entspannung genutzt werden.

- **Chirurgische Eingriffe**

Nach einer Operation ist es Aufgabe des Besatzungsmitglieds, sich bei seinem Arzt zu erkundigen, ob es fit genug ist, um seine Aufgaben wahrzunehmen. Bestehen Zweifel an der vollen Tauglichkeit, sollte das Besatzungsmitglied sich seinem Vorgesetzten als "nicht einsatzfähig" melden.

- **Rauchen**

Während des Flugbetriebs ist das Rauchen verboten.

- **Sehhilfen**

Wenn ein Besatzungsmitglied eine Sehhilfe tragen muss, hat es, wenn möglich, eine Ersatzbrille/Kontaktlinsen während des Flugbetriebs mitzuführen.

Hiermit sollte das erste Kapitel des Betriebskonzept einen hohen Reifegrad erreicht haben.

## **3.2 Verfahrensbeschreibung (Procedures)**

Dieses Kapitel im Betriebskonzept handelt sich um die Beschreibung der nötigen Verfahren für die Durchführung von teleoperierten Drohnenflugmissionen Von der Flugplanung und die dabei verwendeten Mitteln bis zum Start und Landung der Drohne, sowie die Verfahren bei unerwarteten Situationen. Es ist wichtig zu beachten, dass diese Verfahren klar, verständlich und anwendbar sein müssen, damit die Auswirkungen menschlichen Versagens so viel wie möglich zu vermeiden sind.

Wie im vorherigen Abschnitt erklärt, übernimmt der PIC die Verantwortung der gesamten Mission und er muss dafür sorgen, dass sowohl das für die Mission ausgewählte UAS und die Besatzung bereit sind, einen Drohnenflug zu starten.

Falls zusätzliche Personen aus unterschiedlichen Gründen für die Missionsdurchführung benötigt werden, muss sichergestellt werden, dass sie eine entsprechende Einweisung bzgl. der zu verwendeten Verfahren zur Kenntnis genommen haben und dass die Kommunikationswege klar definiert sind. Falls diese Personen unternehmensfremd sind, muss dazu noch eine Geländeeinweisung erfolgen. All diese Einweisungen sind notwendig, um einen sicheren Betrieb für beteiligten und unbeteiligten Personen zu gewährleisten.

Ab diesem Punkt ist dann wichtig zwei Sachen zu unterscheiden; die Flugplanung und die tatsächliche Missionsdurchführung. Beim ersten Punkt geht es um die Vorbereitung des Fluges und Erkennung von unerwarteten Situationen. Beim zweiten Punkt geht es um den reinen Flug inkl. Pre-Flight- und Post-Flight-Checklist. Diese werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

### **3.2.1 Flugplanung**

Die Flugplanung erfolgt durch die Besatzung vor jeder Flugmission. Diese wird über die Leitstandsoftware unter Berücksichtigung von externen Anwendungen stattfinden. Bei der Flugplanung wird die Mission sowie die durchzuführenden Aufgaben definiert. Flugroute, Geo-Fence, Flugparameter, Auswahl von „Safety Landing Points (SLP)“ auf der Flugroute sind einige der Punkte, die in diesem Abschnitt festzulegen sind.

Deswegen ist es wichtig für diese Planung, die Quellen der zu verwendeten externen Daten zu definieren, damit die Prozesse einheitlich bleiben.

Aus Empfehlungen der deutschen Luftaufsicht ist es zu beachten, dass die Nutzung externer Systeme, Dienstleister, usw. möglichst in allgemeiner Form beschrieben werden sollen, damit der Betrieb bzw. das Betriebskonzept komplett unabhängig von externen Akteuren bleibt. Dies auch um mögliche unnötige Kosten bei Änderungen im Betriebskonzeptdokument zu vermeiden.

Bei der Flugplanung sind auf die folgenden Punkte zu achten:

a) Nutzung aktueller Materialien

In diesem Teil ist es zu beachten, dass die Besatzung bzw. die Mitarbeitende des UAS-Betreibers immer die aktuellen Karten und Plänen nutzen. Daten, die sich kurzfristig ändern (z.B. NOTAM und NFZ) sind immer vor jedem Flug zu kontrollieren. Wetterbedingungen gehören auch dazu, aber sie werden bei einem kommenden Abschnitt erklärt.

Die Veränderungen der Bedingungen innerhalb eines Fluggebietes (z.B. neue Bauwerke, mobile Hindernisse) sind auch auf dem aktuellen Stand zu halten, um das angenommene Betriebsrisiko zu berücksichtigen. Die Verantwortung, diese aktuellen Daten zu nutzen, liegt an dem PIC.

b) Externe Systeme bzw. Dienstleister

Für die HPA ist der UAS-Hersteller für die UAS-technikbezogene Systeme verantwortlich. Dazu gehören Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten, sowie die regelmäßige Kontrolle der Leitstandsoftware.

Außerdem die Systeme für Erkennung von anderen Luftfahrzeugen (bemannt und unbemannt) müssen in diesem Abschnitt beschrieben werden. Es ist wichtig, dass die Beschreibungen in einer möglichst allgemeinen Form bleiben, um mögliche Konflikte bei Veränderungen des Betriebskonzeptes zu vermeiden.

c) Erfassung und Bewertung der Wetterbedingungen

Im Betriebskonzept muss beschrieben werden, wie die Wetterbedingungen erfasst und bewertet werden. Neben den METAR-Daten aus dem nächstgelegenen Flugplatz (EDDH – Flughafen Hamburg Fuhlsbüttel) sind die Daten aus der Wetterstation am HPA dronePORT zu erfassen. Diese Daten werden für eine sichere Durchführung einer Flugmission unter der Berücksichtigung der definierten betrieblichen und technischen Betriebsgrenzen genutzt.

Der verfügbare Leitstandsoftware liefert auch die METAR-Daten, damit eine einfache Übertragung an das UAS erfolgen kann.

Diese Wetterdaten werden unmittelbar vor jedem Flug kontrolliert und in eine HPA-Interne-Datei eingetragen. Das wird gemacht, um eine gemeinsame Bewertung der Drohnendaten zu einem späteren Zeitpunkt durchzuführen.

Trotz der Vorbereitung in Bezug auf Wetterbedingungen kann es zu einer unerwarteten widrigen Wetterlage kommen, die den sicheren Betrieb drohen kann. In diesem Fall muss der PIC die Sicherheit von beteiligten und unbeteiligten Personen sicherstellen, indem er eine schnelle Entscheidung trifft. Dafür ist es zu erwarten, dass die gesamte Flugmission abgebrochen wird.

#### d) Meldung abnormaler Ereignisse

Unter Berücksichtigung der Verordnung (EU) 376/2014 und Verordnung (EU) 2018/1139 folgt:

*„jedes sicherheitsrelevante Ereignis, das ein Luftfahrzeug, seine Insassen, andere Personen, Ausrüstungen oder Anlagen, die mit dem Betrieb von Luftfahrzeugen in Zusammenhang stehen, gefährdet oder ohne Gegenmaßnahmen und/oder bei Nichtbeachtung gefährden würden.“*

Die Gründe für eine Meldung können u.Ä. die folgenden sein:

- Unfälle oder schwere Zwischenfälle
- Eine schwere oder tödliche Verletzung von Personen
- Wenn ein bemanntes Luftfahrzeug beteiligt ist.
- Andere relevante Ereignisse, die die Durchführung des Flugbetriebs in negativer Form beeinflussen.

Die HPA als UAS-Betreiber verpflichtet sich, diese Ereignismeldungen insbesondere zu berichten, wenn schwere oder tödliche Verletzungen auftreten oder wenn ein bemanntes Luftfahrzeug beteiligt ist. Die Meldestellen dafür sind LBA, BAF und BFU.

Es ist auch wichtig die zuständige Versicherung über ein Ereignis zu informieren und eine ausführliche Dokumentation zur Verfügung zu stellen.

Nach der Meldung ist es auch zu beachten, dass eine Nachbesprechung mit der Besatzung sowie eine Kontrolle der Dokumentation erfolgen soll. Dies, um mögliche zukünftige Ereignisse zu vermeiden.

### **3.2.2 Missionsdurchführung**

In diesem Kapitel werden die Verfahren beschrieben, die einen direkten Bezug auf die Flugdurchführung haben. Vorgesehen ist in diesem Fall der BVLOS-Betrieb aus dem Leitstand der HPA am dronePORT, das bedeutet die Flüge werden autonom durchgeführt. Es wird in der Regel auf die Fernbedienung verzichtet, allerdings wird eine Person bei Start und Landung bereitstehen, um in einem abnormalen Fall einzugreifen.

Die folgenden Punkte gehören zur Missionsdurchführung und werden ausführlich erklärt:

#### a) Vorflugkontrolle

Nachdem die Flugplanung abgeschlossen wurde, bereitet das Bodenpersonal das UAS für die Mission vor. Die Bodencrew muss befähigt sein, diese Verfahren durchzuführen, denn sie stellen in Zusammenarbeit mit dem Personal am Leitstand sicher, dass die Drohne sich in einem sicheren Zustand für den gewählten Flugbetrieb befindet.

Das Prinzip einer Vorflugkontrolle (Pre-Flight Check) erfolgt nach „Read and do“ und dient dazu, die betrieblichen, technischen und personal Anforderungen der Flugmission zu kontrollieren. Das „vier Augen-Prinzip“ muss bei jedem Schritt erfolgen.

Das Personal am Leitstand liest jeden Punkt der Checkliste über ein Funkgerät und das Bodenpersonal am UAS kontrolliert und beantwortet laut und klar, wie die Lage ist. Folgende Wörter werden benutzt; „Check“ für eine positive Kontrolle und „Pass“ für eine negative Meldung. Erst, wenn alle Punkte der Checkliste mit einer positiven Rückmeldung bewertet wurden, ist das UAS bereit für den Flug. Im Fall von negativen Rückmeldungen muss die Besatzung die Quelle des Problems finden und dieses lösen, zur Not muss der Hersteller kontaktiert werden, um die nötigen Wartungsarbeiten anzuschieben.

#### b) Abflug und Flug

Nach einer erfolgreichen Vorflugkontrolle kommt es zu den nächsten Phasen der Mission und auch einer der kritischen Phasen. Zu dieser Zeit befindet sich das UAS auf dem Landepad und es wird sichergestellt, dass Personen (beteiligt oder unbeteiligt) einen Sicherheitsabstand zur Drohne einhalten.

Folgende Verfahren für den Abflug sind vom LBA empfohlen, aber es liegt an der HPA die Verantwortung sie zu übernehmen oder selbstentwickelte Verfahren zu benutzen:

*PIC:*

- Prüfen über Bildschirm und Kamera, ob der Start- / Landebereich frei ist;
- Rückfrage an Bodencrew, ob Landebereich frei ist;
- Rückfrage an Luftraum- und Verkehrsbeobachtung, ob Luftraum frei ist
- Wenn beide Bereiche „Frei“ sind. Bestätigt dies der PIC und startet die Mission
- Arm-Motoren (über den Leitstand);
- Prüfung auf Initialisierung;
- Prüfen Sie, ob Fehler oder ein ungewöhnliches Verhalten / Geräusch vorliegt; wenn ja → Das System fährt die elektrischen Motoren herunter und das Verfahren wird abgebrochen.

Folgt:

*PIC:*

- Prüfen Sie, ob die ursprüngliche Flugrichtung klar ist;
- Prüfen Sie, ob der Luftraum frei ist;
- ausrufen: 'ACHTUNG: START!';
- Startvorgang einleiten;
- In sicherer Höhe prüfen, ob die Reaktion des UAS normal ist (wie erwartet); wenn nicht → Landen so bald wie möglich.

Die geplante Mission wird durchgeführt und es wird über den Leitstand kontrolliert, ob die definierten Aufgaben ordnungsgemäß erfüllt werden.

Während des Fluges ist es wichtig nicht nur auf die in der Flugplanung definierten Flugparameter (z.B. Höhe, Geschwindigkeit, Akku) und Missionsaufgaben zu beachten, sondern auch auf Wetteränderungen, Bodenbereich bzgl. unbeteiligten Personen, Hindernissen und unbedingt auf den Luftraum zu beachten, denn nur so kann einen sicheren Betrieb gewährleistet werden.

c) Landung

Nach Erfüllung der geplanten Missionsaufgaben kehrt das UAS in Richtung dronePORT zurück und es müssen auch für die Landung entsprechende Verfahren durchgeführt werden.

*PIC:*

- Prüfen Sie, ob der Landeplatz frei ist;
- sich vergewissern, dass der Endanflugweg frei ist;
- ausrufen: 'ACHTUNG: LANDUNG!';
- Landung einleiten;
- Sobald das UAS sicher am Boden ist, die Motoren entschärfen;
- Checkliste nach dem Flug durchführen

d) Nachflugkontrolle

Dieser Abschnitt erfolgt nach demselben Prinzip wie bei der Vorflugkontrolle. Es gibt Checklisten, die über den Leitstand in Zusammenarbeit mit dem Bodenpersonal abgearbeitet werden müssen und eine positive Bewertung nach Durchführung stattfinden soll, damit das UAS für eine nächste Flugmission freigegeben werden kann. Bei Abweichungen müssen die entsprechenden Lösungen gefunden werden und/oder der Hersteller muss wegen Wartungs- und Instandhaltungsaufgaben kontaktiert werden.

e) Verfahren für unvorhergesehene Ereignisse

Falls während der Durchführung einer Flugmission unerwartete bzw. nicht geplante Vorfälle auftreten, die den sicheren Betrieb bedrohen, müssen schnelle Entscheidungen getroffen werden, die in Form von geplanten Verfahren durchgeführt werden müssen.

Dafür wurden schon in der Flugplanung Ausweichstellen definiert, die als SLP bezeichnet wurden. Für die korrekte und sichere Durchführung des Fluges nach eintreten eines unerwarteten Ereignisses hat die HPA aus Empfehlung des Herstellers entschieden, den Flug abubrechen und so schnell wie möglich zu landen. Entweder durch RTH bzw. RTL, wenn möglich, oder Landung auf einem vordefinierten SLP.

Zu den Vorfällen können folgende Punkten gehören:

- Unerwartetes Verhalten des UAS
- Überschreitung der Fluggeografie
- Auftreten eines unbeteiligten UAS
- Auftreten eines bemannten Luftfahrzeuges

Bei der Erkennung eines anderen Luftfahrzeuges (bemannt oder unbemannt) werden zusätzlich die TMPR-Maßnahmen (später im Kapitel 4 erklärt) in Kraft treten und es wird entweder gelandet, wenn die Sicherheit gefährdet wird, oder ausgewichen, in dem Fall, wo die Besatzung feststellen konnte, dass die Sicherheit der Mission nicht bedroht wird.

f) Verfahren für Notfälle

Bei Sicherstellung, dass es unmöglich ist, die Kontrolle des UAS wieder herzustellen oder sicher gelandet werden kann, ist von einem Absturz der Drohne oder der Verwendung des Fallschirms auszugehen.

Hier ist wichtig, dass die ganze Besatzung vom Notfall informiert ist, damit die richtigen Verfahren nach dem Absturz bzw. unkontrollierter Landung angewandt werden können. In diesem Fall muss einen „Emergency Response Plan – ERP“ vorhanden sein (mehr im Kapitel 3.5), um eine schnelle und sichere Reaktion sicherzustellen.



### 3.3 Normalbetrieb und Fluggebiet

In diesem Kapitel wird es beschrieben, was zu dem UAS-Betrieb für den im Kapitel 2 festgelegten Use-Case gehört. Es müssen technische und organisatorische Betriebsgrenzen beschrieben und definiert werden. Weiterhin wird die Bestimmung der Risikoklassen nach SORA in einer einfacheren Form erfolgen, da eine ausführliche SORA-Analyse im Kapitel 4 durchgeführt wird, und das Betriebsgelände bzw. der dronePORT mit dessen Arbeitssicherheit wird beschrieben.

Es ist zu beachten, dass dieses Dokument nur eine Strukturempfehlung ist und nicht dem eigentlichen Betriebskonzept entspricht.

Die Beschreibung des voraussichtlichen Normalbetriebs wurde bereits im Kapitel 2 dieses Dokuments durchgeführt und entspricht der Voraussetzung für die weitere Abarbeitung der kommenden Unterkapitel.

#### 3.3.1 Betriebsgrenzen

Die Betriebsgrenzen werden so definiert, dass es einen sicheren Betrieb gewährleistet werden kann. Es gibt in diesem Sinne unterschiedliche Arten von Grenzen, die berücksichtigt werden müssen.

##### a) Mitarbeiter

Zu den mitarbeiterbezogene Betriebsgrenzen gehören die im Kapitel 3.1 beschriebenen „fit für den Einsatz“ Bedingungen, wo festgelegt wurde, welche Anforderungen die Mitarbeiter erfüllen müssen, um in der Lage zu sein, eine Flugmission durchführen zu können und dürfen.

##### b) Flugsicherung

In diesem Teil ist es die gemeinsam abgesprochenen Regelungen und Strukturen in Kenntnis zu bringen, die zwischen DFS und UAS-Betreiber (HPA) in Bezug auf teleoperierten Drohnenflüge im Hamburger Luftraum festgelegt wurden. Die HPA als BOS bekommt keine Fluggenehmigung von einer anderen Behörde, aber es muss trotzdem sichergestellt werden, dass der Betrieb sicher durchgeführt wird und die aktuellen Standards erfüllt, die von den zuständigen Behörden angefordert werden. Zurzeit gibt es eine wichtige Vereinbarung, die die maximale Flughöhe im Hafengebiet auf 150m begrenzt.

##### c) Umweltbedingungen

Wetterbedingungen und umweltbezogene Grenzen, die den sicheren Betrieb gewährleisten werden in diesem Teil aus den Empfehlungen zuständigen Behörden und Erfahrungswerte festgelegt. Die folgenden Punkte sind zu berücksichtigen:

- Lichtverhältnisse z.B. 30 Minuten nach Sonnenaufgang sowie 30 Minuten vor dem Sonnenuntergang.
- Wind z.B. zwischen 0 m/s und 15 m/s.
- Sichtbarkeit z.B. Sichtbedingungen nach SERA 5001.
- Temperatur z.B. zwischen -10°C und 40°C (Herstellerangaben sind noch zu beachten)
- Niederschlag z.B. bei Hagel, Eis und Gewitter wird nicht geflogen.

#### d) Technik

Die technische Betriebsgrenzen werden in dem Fall der HPA herstellerabhängig sein. Der Drohnenbetrieb erfolgt nur unter der Herstellerangaben in Bezug auf die Betriebsgrenzen des UAS.

### 3.3.2 Bestimmung der Risikoklassen

Aufgrund des kommenden Kapitels 4 dieses Dokumentes, wird dieser Abschnitt in einer vereinfachten Form durchgeführt. Im Betriebskonzept ist die ausführliche Beschreibung der Risikoklassen von UAS-Betreiber abhängig, denn die EASA bzw. LBA verlangt das Einreichen eines spezifischen SORA-Formulars als Anlage zu dem Betriebskonzept. Es ist aber wichtig für die HPA auf die Vollständigkeit des Dokumentes zu beachten, da die im Flugbetrieb involvierten Mitarbeiter nach diesem Konzept sich richten werden müssen.

Nach der Use-Case-Bestimmung im vorherigen Kapitel 2 ist die Darstellung des Fluggebietes zu erklären. In der folgenden Abbildung [Abb.5] wird das Fluggebiet bzw. die Flight Geografie dargestellt, dessen Bedeutung ist wichtig für die weitere Bestimmung der Risikoklassen.

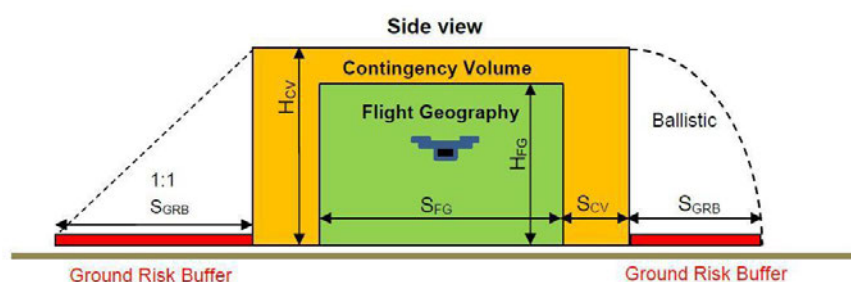


Abbildung 5: Fluggebiet und Risikopuffer – JARUS Annex A

Die Berücksichtigung vom Fluggebiet + Kontingenz-Volumen ergibt das gesamte operational Volumen und das entspricht dem räumlichen Bereich, in dem das UAS den Flug durchführen wird. Für Kontrollverluste und Abstürze ist zusätzlich mit dem Risikopuffer zu rechnen.

Boden- und Luftrisikoklasse sind entscheidend für die Bestimmung der gesamten Risikoklassen und deren Zusammensetzung liefert am Ende den SAIL- (Specific

Assurance and Integrity Level) Wert, was der Sicherheitsklasse des gesamten Betriebs entspricht.

Das Ergebnis der kommenden Bewertung ist die Bestimmung der initialen Risikoklassen, die aber mit Hilfe von Minderungsmaßnahmen (Mitigations) reduziert werden können, um einen finalen Betriebsrisikowert zu definieren. Diese Reduzierung erfolgt, damit der UAS-Betreiber einen sichereren Drohnenbetrieb gewährleistet.

#### a) Bodenrisiko

Die Bestimmung des Bodenrisikos berücksichtigt die Gefahren für unbeteiligten Personen im Bodenbereich bei einem Absturz des UAS. Die folgenden Punkte sind wichtig für die Bewertung:

- UAS-Dimensionen und die dazu erwartete kinetische Energie in [kJ].
- VLOS oder BVLOS Betrieb
- Besiedeltes oder unbesiedeltes Gebiet
- Flug über Menschenansammlungen

Die Betrachtung der oben aufgelisteten Punkte bei dem Drohnenflugbetrieb der HPA und mit der zu erwartenden UAS-Dimensionen wird der geplante Flug in Bezug auf die Bodenrisikoklasse unter Berücksichtigung der definierten EASA-Parameter für unbemannte Luftfahrzeuge in der kommenden Tabelle [Tab.2] dargestellt;

| <b>Drohnenbezogene Bodenrisikoklasse</b>  |         |         |           |           |
|-------------------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|
| Max. Abmaße der Drohne                    | 1 m     | 3 m     | 8 m       | > 8 m     |
| Zu erwartende typische kinetische Energie | < 700 J | < 34 kJ | < 1084 kJ | < 1084 kJ |
| <b>Einsatzszenarien</b>                   |         |         |           |           |
| VLOS/BVLOS über „kontrolliertem Gebiet“   | 1       | 2       | 3         | 4         |
| VLOS über dünn besiedeltes Gebiet         | 2       | 3       | 4         | 5         |
| BVLOS über dünn besiedeltes Gebiet        | 3       | 4       | 5         | 6         |
| VLOS über besiedeltes Gebiet              | 4       | 5       | 6         | 8         |
| BVLOS über besiedeltes Gebiet             | 5       | 6       | 8         | 10        |
| VLOS über Menschenansammlungen            | 6       |         |           |           |
| BVLOS über Menschenansammlungen           | 7       |         |           |           |

Tabelle 2: Bodenrisikoklasse – [EAR for UAS EASA]

Nach der Bewertung anhand der vorherigen Tabelle, wird der Flugbetrieb wie folgt beschrieben und eingestuft.

*„BVLOS-Flug in einem besiedelten Gebiet mit der Verwendung einer Drohne mit einer maximalen Abmaße kleiner als 3 m und einer erwarteten kinetischen Energie kleiner als 34 kJ“.*

Mit dieser Beschreibung wird die Bodenrisikoklasse mit einem initialen Wert von 6 eingestuft und ist in der Tabelle gelb markiert worden.

Anhand der folgenden Tabelle werden die anzuwendende Mitigations dargestellt und am Ende den finalen Bodenrisiko wert markiert und festgelegt. Die hier gekennzeichnet Maßnahmen kommen aus den EAR for UAS der EASA und werden mit Hilfe der JARUS-Richtlinien festgelegt.

|                            |                                                  | <b>Robustheit</b>        |               |             |
|----------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------|---------------|-------------|
| <b>Minderungsmaßnahmen</b> |                                                  | <b>Niedrig / keine</b>   | <b>Mittel</b> | <b>Hoch</b> |
| M1                         | Strategische Minderung des Bodenrisikos          | 0: keine<br>-1: niedrig  | -2            | -4          |
| M2                         | Reduktion der Auswirkungen eines Bodenaufpralls  | 0                        | -1            | -2          |
| M3                         | Ein Emergency Response Plan (ERP) ist vorhanden. | +1                       | 0             | -1          |
|                            |                                                  | <b>Gesamte Minderung</b> |               |             |
|                            |                                                  | <b>Initialer Wert</b>    |               |             |
|                            |                                                  | <b>Finaler Wert</b>      |               |             |

Tabelle 3: Bodenrisiko - Minderungsmaßnahmen [EAR for UAS EASA]

Nach Festlegung der Minderungsmaßnahmen beträgt der Wert der finalen Risikoklasse 2. Die Anwendung der Mitigations ist vom UAS-Betreiber abhängig und aus diesem Grund keine Pflicht. Es liegt in der Verantwortung des Betreibers seine geplante Fluggeografie zu kennen, denn nur damit kann der Betreiber entscheiden, welche Minderungsmaßnahmen zu verwenden sind, um eine hohe Sicherheit während des Flugbetriebes zu gewährleisten.

#### b) Luftrisiko

Im Gegensatz zum Bodenrisiko, das Luftrisiko berücksichtigt der Einfluss des Drohnenbetriebs auf den Luftraum, insbesondere die Interaktion zwischen dem UAS und der bemannten Luftfahrt. Der Fokuspunkt des Luftrisikos ist die Vermeidung von Kollisionen in der Luft zwischen einer Drohne und einem bemannten Luftfahrzeug, vor allem, wenn der Betrieb in einem dichten Luftraum erfolgen soll. Das hat zu Folge, dass die Wahrscheinlichkeit eines Luftzusammenstoßes so niedrig wie möglich gehalten werden muss.

Laut EAR der EASA sind wichtige Punkte für die Bewertung der Luftrisikoklasse:

- Flughöhe
- Kontrollierter / unkontrollierter Luftraum
- Flughafen Umgebung
- Urbaner / nicht urbaner Raum
- Typischer / atypischer Luftraum

Mit der Betrachtung der aufgelisteten Punkte und die festgelegten Parameter für das definierte Fluggebiet des Projekts „DaaS“ kann man erkennen, dass der Flugbetrieb in Bezug auf das Luftrisiko nicht so niedrig eingestuft wird. Aus diesem

Grund ist es wichtig für die HPA die richtigen Minderungsmaßnahmen anzuwenden, um einen möglichst einfach aber sicheren Betrieb durchzuführen.

Anhand der folgenden Abbildung [Abb.6] wird die initiale Luftrisikoklasse festgelegt.

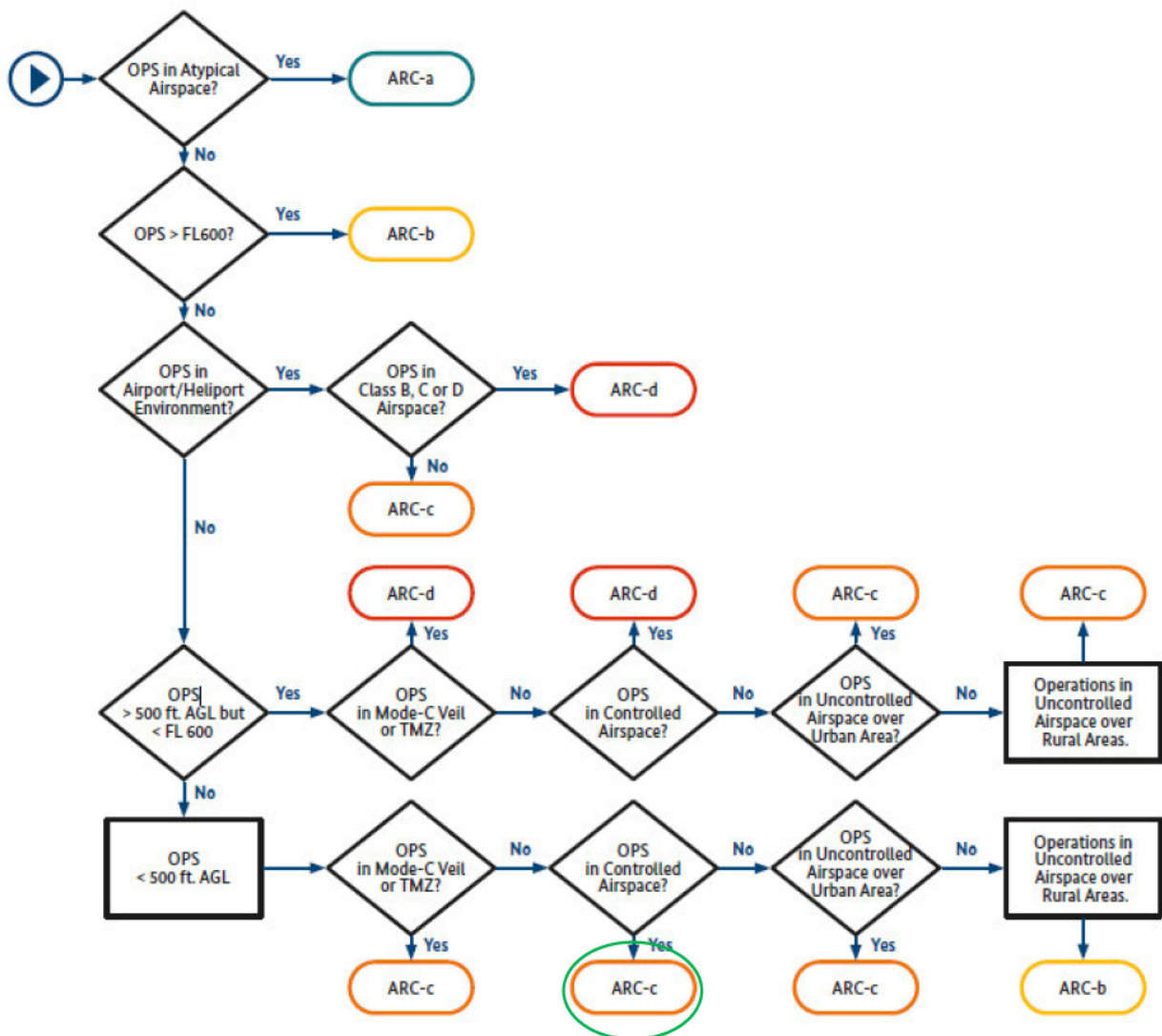


Abbildung 6: Luftrisiko – [EAR for UAS – EASA]

Die Beschreibung des HPA-Fluges in Bezug auf das Luftrisiko lautet wie folgt;

*„Flug im kontrollierten Luftraum mit einer maximalen Höhe von 500 ft oder 150 m“.*

Mit der vorherigen Beschreibung wird die initiale Luftrisikoklasse als ARC-c festgelegt und ist in der oberen Abbildung markiert. Die Verwendung von Mitigations ist von großer Bedeutung und das Ziel der HPA ist der Flugbetrieb mit einem Luftrisiko ARC-b. Es gibt für das Luftrisiko strategische und taktische Maßnahmen, diese unterscheiden sich in diesem Fall in der Anwendung vor dem Flug und während des Fluges.



Die Maßnahmen vor dem Flug sind die Strategien, die der UAS-Betreiber für den allgemeinen Betrieb annimmt, um die Wahrscheinlichkeit einer Kollision so gering wie möglich zu halten. Diese werden durch operationale Begrenzungen sowie durch die Einhaltung gemeinsamer Strukturen und Gesetze, das bedeutet, eine betriebliche Absprache mit der deutschen Flugsicherung. Hiermit definiert man den finalen Luftrisikowert.

Die Maßnahmen während des Fluges, die sogenannten TMPR's, sind taktische Maßnahmen für unerwarteten Begegnungen mit bemannten bzw. unbemannten Luftfahrzeuge. Das Prinzip vom „Detect and Avoid“ wird in diesem Fall verwendet. Die JARUS Annex D Richtlinie definiert die Voraussetzungen für die Anwendung der Minderungsmaßnahmen in Abhängigkeit der festgelegten Luftrisikoklasse.

Nach der Bestimmung der finalen Boden- und Luftrisikoklassen folgt die Bewertung des SAIL-Werts, was der Zusammensetzung beider Risikoklassen entspricht. Mit Hilfe der folgenden Tabelle wird diesen Wert definiert.

| <b>SAIL-Wert Bestimmung</b>    |                                    |          |          |          |
|--------------------------------|------------------------------------|----------|----------|----------|
|                                | <b>Luftrisikoklasse – ARC</b>      |          |          |          |
| <b>Bodenrisikoklasse - GRC</b> | <b>a</b>                           | <b>b</b> | <b>c</b> | <b>d</b> |
| ≤ 2                            | I                                  | II       | IV       | VI       |
| 3                              | II                                 | II       | IV       | VI       |
| 4                              | III                                | III      | IV       | VI       |
| 5                              | IV                                 | IV       | IV       | VI       |
| 6                              | V                                  | V        | V        | VI       |
| 7                              | VI                                 | VI       | VI       | VI       |
| > 7                            | Betrieb in einer anderen Kategorie |          |          |          |

Tabelle 4: SAIL-Wert Bestimmung – [EAR for UAS EASA]

Als Ergebnis wird der Flugbetrieb in der Kategorie SAIL II durchgeführt. Diese ist eine Annahme des UAS-Betreibers in diesem Fall die HPA. Die Einhaltung dieser Kategorie ist von der Akzeptanz bzw. der Absprache mit der DFS abhängig. Als zuständige Behörde für den Luftraumkontrolle darf die deutsche Flugsicherung entscheiden, ob die getroffenen Annahmen für den Drohnenbetrieb im Hamburger kontrollierten Luftraum plausibel sind.

Mit der Bestimmung des SAIL-Werts folgt die Festlegung der OSOs, diese sind die Ziele für die Durchführung eines sicheren Betriebes innerhalb der festgelegten Grenzen.

### 3.3.3 Betriebsgelände – HPA dronePORT

In diesem Abschnitt werden die wichtigen Daten des Betriebsgeländes der HPA beschrieben. Es ist wichtig, vor allem für die Mitarbeiter sowie für die zuständigen Behörden über die Infrastruktur für Drohnenbetrieb informiert zu sein.

Nach getroffenen Annahmen aus vorherigen Projekten innerhalb der HPA wurde den Standort Niedernfelder Ufer als geeignet für Drohnenflüge gewählt. Nach dieser Wahl wurden unterschiedlichen Entscheidungen in Bezug auf die benötigte Infrastruktur getroffen und die folgenden Gegenstände gehören dazu:

a) Leitstandraum

In diesem Raum befindet sich der Hauptteil des teleoperierten Drohnenflugbetriebs und ist der Arbeitsplatz für die Besatzungsmitglieder; PIC und Luftraum- und Verkehrsbeobachtung. Er verfügt über die benötigte Hardware für die korrekte Funktionalität der Leitstandsoftware und Systeme für die Luftbildlage sowie Wettererfassung.

b) Landepad

Diese Infrastruktur ist wichtig für die sichere Durchführung der kritischen Flugphasen; Start und Landung, deswegen wurde das Landepad mit dem ausreichenden Platz entworfen, damit das UAS auch bei z.B. kritischen Wetterlagen innerhalb der Betriebsgrenzen ohne Bedrohung der Sicherheit auf dem Boden starten und landen kann.

c) Hangar

Benötigter Raum für die sichere Durchführung von Vorflug- und Nachflugkontrollen. Der Hangar, so wie das Landepad, hat ausreichenden Platz für das sichere und gemütliche Arbeiten an der Drohne. Es ist auch zu wichtig zu erwähnen, dass es im Hangar die UAS in einer aufgebauten Form bei einem täglichen Regelbetrieb gelagert werden.

d) Powerstation

Das ist der gegebene Name innerhalb der HPA für den Raum, wo die Akkus gelagert, auf- und entladen werden. Der Raum ist mit der passenden Technik ausgestattet, um eine korrekte Lagerung der Akkus zu gewährleisten. Außerdem hier werden auch die UAS in einem abgebauten Zustand gelagert.

### 3.4 Ausbildung

In diesem Kapitel müssen die nötigen Ausbildungskonzepte seitens UAS-Betreiber in Bezug auf die im Kapitel 3.1 festgelegten Anforderungen beschrieben werden. Der gesamte Inhalt von z.B. Schulungen, Weiterbildungen, Drohnenschein, usw. gehört nicht zu diesem Abschnitt, aber diese Dateien werden Teil des Betriebskonzeptes als Anlagedokumente. Es ist auch wichtig, dass die Struktur der Lerninhalte in diesem Kapitel mit einer einfachen Beschreibung zu erkennen ist.

Für das „DaaS“ Betriebskonzept sind die folgenden Punkte von großer Bedeutung:

a) Ausbildung zum Drohnenpilot

Als Voraussetzung für die Durchführung von teleoperierten Drohnenflüge hat die HPA den Drohnenführerschein A2 festgelegt. Wenn die Mitarbeitende diesen Schein nicht besitzen, werden sie an einer Schulung teilnehmen, die von einem externen Schulungsunternehmen angeboten wird. Dieses Unternehmen kümmert sich um das Beibringen der nötigen Kenntnisse, sowie die Abnahme der Prüfung für den Drohnenführerschein. Das Unternehmen muss vom LBA zugelassen sein.

b) Leitstandschulung

Mit der Entscheidung der HPA, UAS und Leitstandsoftware zu kaufen, muss eine Schulung bzw. Einführung in Bezug auf die Technik und Software stattfinden. Die Mitarbeiter des „DaaS“ Projekt werden erst in der Lage sein, Flugmissionen durchzuführen, nachdem sie alle Schulungen am Leitstand abgeschlossen haben.

Die Schulung wird vom befähigten Personal seitens des Herstellers durchgeführt und diese muss mit festgelegten Zeitintervallen stattfinden, damit die Besatzung auf dem neusten Stand informiert ist und der Flugbetrieb sicher durchgeführt werden kann.

c) Crew Ressource Management (CRM)

Diese Schulung hat ihren Hintergrund in der bemannten Luftfahrt und berücksichtigt die Vermeidung von Notfällen in Bezug auf das menschliche Versagen. Dieses Konzept wird ebenso von einem befähigten und luftfahrtzugelassenen externen Unternehmen.

Die behandelten Inhalte bei einer CRM-Schulung beziehen sich auf das korrekte Agieren der Besatzung bei der Durchführung einer Flugmission. Themen wie z.B. Kommunikation, Stressbewältigung, Entscheidungsfindung, Dokumentation, usw. sind Teil dieses Konzeptes.

d) „DaaS“ interne Schulung und Weiterbildung

Die spezifischen Verfahren der HPA für die Durchführung von Drohnenflüge ab dem dronePORT wie z.B. ERP gehören auch zu dem Ausbildungskonzept und



müssen von jedem Mitarbeiter erfolgreich abgeschlossen werden. Auch Auffrischungen der Drohnenflugkenntnisse werden in diesem Teil gemacht, damit das Besatzungspersonal immer auf dem neusten Stand bleibt und einen sicheren Betrieb gewährleistet.

Im weiteren Kapitel wird es erwähnt, dass die HPA die Wartung der Akkus übernimmt, aus diesem Grund muss das Personal eine ausreichende Einweisung und Auffrischung beim Thema Akkuhandlung bekommen. Dieses Thema gehört zum Kapitel „Ausbildung“.

### **3.5 Notfallplan – Emergency Response Plan (ERP)**

Dieses Kapitel besteht aus der Beschreibung der Schritte, die bei einem Notfall durchgeführt werden müssen. Ein ERP ist Voraussetzung für den Drohnenbetrieb in der eingestuften Kategorie und umfasst die Entscheidungsreihenfolge ab dem Zeitpunkt einer Kollision bzw. Absturzes.

Dieser Notfallplan hat einen Zusammenhang mit der Beschreibung der Verfahren aus dem Kapitel 3.2. Die oberste Priorität in der HPA ist eine sichere Durchführung vom Drohnenbetrieb, aber man kann nicht Unfälle und Zwischenfälle zu Hundertprozent ausschließen, aus diesem Grund wird es damit gearbeitet die Auswirkungen davon so viel wie möglich zu minimieren, vor allem, wenn die Möglichkeit besteht, dass Menschen involviert werden können.

Für die Erstellung einer Notfallplans müssen die folgenden Punkte berücksichtigt werden:

- Für die jeweilige Situation angemessen ist;
- Begrenzt die Folgewirkungen;
- Enthält Definitionen, die die Identifizierung von Notfällen ermöglichen;
- Praktisch durchführbar ist;
- Die Zuständigkeiten aller Beteiligten festgelegt ist.

Eine Vorlage des ERPs bei einem Absturz ist in der folgenden Abbildung [Abb.7] dargestellt.

Und als Anhang im Betriebskonzept wird der Ablaufplan mit den wichtigen Nummern und Adressen der zuständigen Behörden und meldepflichtige Personen beigelegt sein.

Außerdem ist es auch hier wichtig zu erwähnen, dass der ERP unmittelbar zur Vorflugkontrolle gehört und wird regelmäßig als Teil des Ausbildungskonzepts geübt.

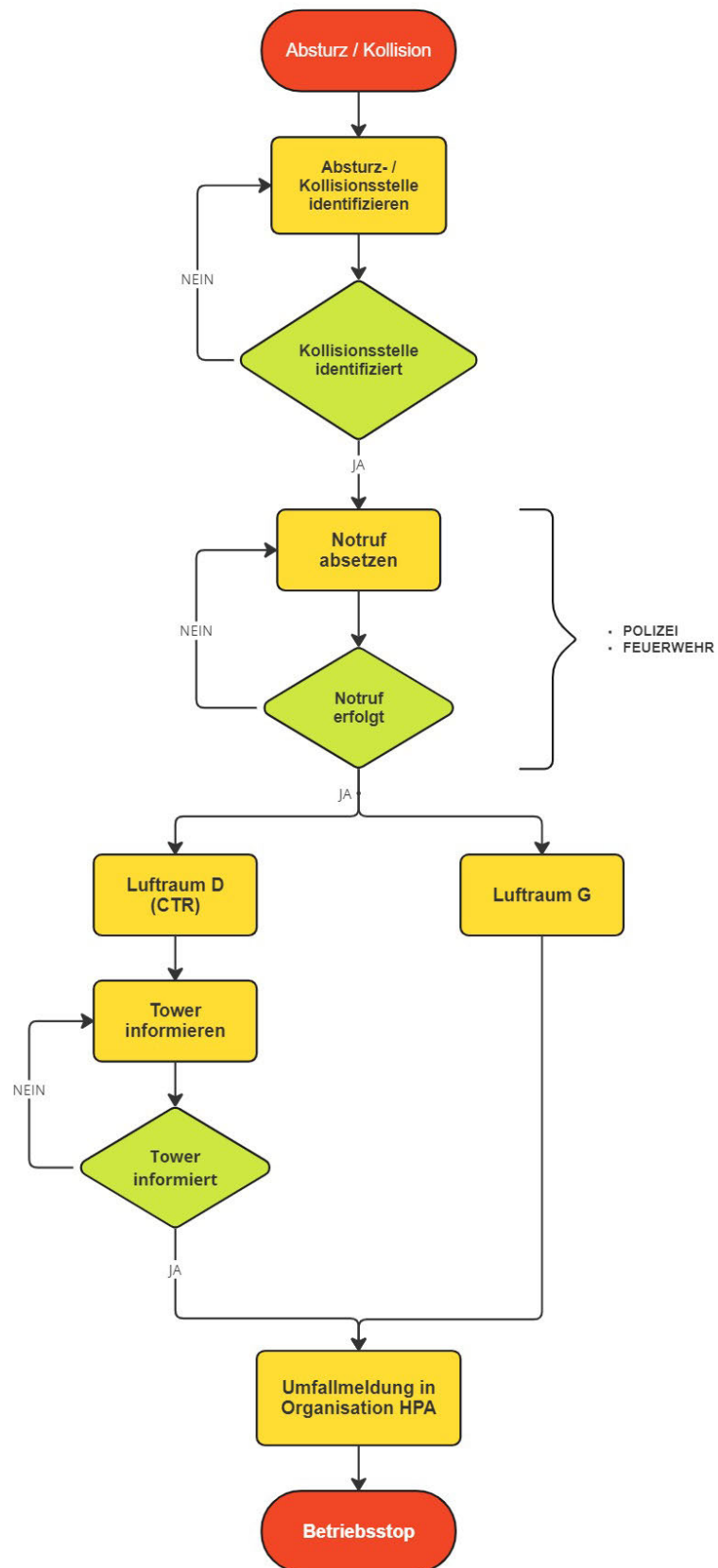


Abbildung 7: ERP-Vorlage [HPA „DaaS“]

### 3.6 UAS-Technik

In diesem Kapitel wird der technische Teil des UAS detailliert beschrieben. Das LBA empfiehlt eine klare Unterscheidung zwischen Betreiber und Hersteller festzulegen, denn es genügt dem UAS-Betreiber ein Verweis auf das „Aircraft Flight Manual“ des Herstellers zu machen.

Mit der Entscheidung der HPA auf die eigene Entwicklung von unbemannten Systemen zu verzichten, werden UAS mit einem Fokus auf die Use-Cases der HPA gekauft, dementsprechend gehört zu dem Betriebskonzept den Verweis auf die UAS-Dokumentation.

Damit die Sicherheit des UAS-Betriebs in Bezug auf die technische Dokumentation nicht bedroht wird, hat die HPA die Grundvoraussetzung, den Einsatz technischer Systeme, die nur nach behördlichen anerkannten Konstruktionsstandards entwickelt wurden, zu akzeptieren. Mit der Bestimmung der Risikoklassen und die Betriebsdurchführung in der Kategorie SAIL II ist keine zusätzliche technische Dokumentation wie z.B. „Design Verification Report (DVR)“ der EASA erforderlich. Falls die Absprache mit der DFS und BAF den Betrieb in einer höheren SAIL-Kategorie definiert, müssen die respektiven erforderlichen Reports vom Hersteller durchgeführt werden und als Teil des Verweises in diesem Kapitel eingeführt.

Der Verweis vereinfacht nicht nur die Komplexität und Umfang des Betriebskonzeptes, sondern auch versucht mögliche Probleme und unnötige fallende Kosten in dem Fall einer Änderung von z.B. Hersteller oder UAS zu vermeiden, denn eine behördliche Revision ist nach Änderungen erneut durchzuführen.

### **3.7 Wartung**

In diesem Kapitel muss die Wartung des UAS und der Software beschrieben werden. Analog zum Kapitel 3.6 ist die Wartung auch vom Hersteller abhängig, Da die HPA die Entscheidung getroffen hat, ihre Mitarbeitende aus betriebsinternen Gründen nicht bei der Arbeit mit UAS einzusetzen.

Der Hersteller wird die benötigte Wartungsdokumentation z.B. „Aircraft Maintenance Manual“ abgeben und zu diesem Kapitel gehört nur ein Verweis auf das benannte Dokument.

Im Gegensatz zum Kapitel 3.6 übernimmt die HPA die Wartung und Instandhaltung der Akkus unter Herstellereinweisungen. Diese Entscheidung wurde Aufgrund des kleinen Schwierigkeitsgrads bei der Thematik und der guten Kenntnisse der Besatzung getroffen. Hierfür ist

Die Vereinbarung und Einhaltung von Wartungs- und Instandhaltungstermine liegt in der Verantwortung der HPA.

## 4 SORA – Analyse

Mit der Definition von „Specific Operation Risk Assessment (SORA)“ im Kapitel 1.3 wird in diesem Kapitel die Methode für die Risikoanalyse ausführlich erklärt, unter Berücksichtigung des ausgewählten Fluggebietes.

Ziel der Risikoanalyse nach SORA ist Erkennung aller relevanten Einschränkungen auf dem Boden und in der Luft für das festgelegte operative Volumen, und die Verwendung von Maßnahmen gegen diese Erkenntnisse, um einen möglichst sicheren Betrieb zu gewährleisten. In der folgenden Abbildung [Abb.8] ist das zu untersuchende Areal dargestellt.

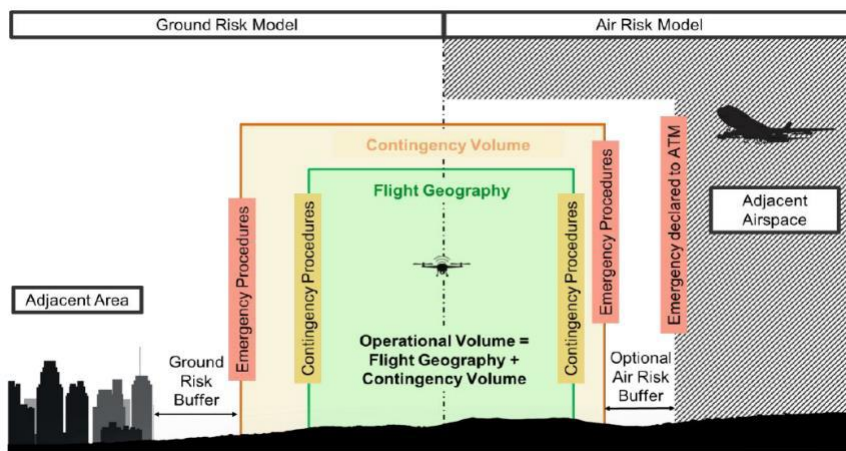


Abbildung 8: Darstellung des Flugbetriebs - [EAR for UAS-EASA]

### 4.1 Einstieg

Anhand der EASA und JARUS Richtlinien besteht der SORA-Prozess aus den in der Abbildung [Abb.9] dargestellten Schritten, die abarbeitet werden müssen.

### SORA methodology- 10 Steps



Abbildung 9: SORA-Prozess [EASA-Webseite]

In diesem Kapitel werden die meisten Schritten erklärt, aber die Verwendung von Minderungsmaßnahmen für Boden- und Luftrisiko werden bei dem respektiven Risiko abarbeitet und sind nicht als einzelne Unterkapitel festgelegt.

Das Kapitel 3 dieses Dokumentes entspricht dem ersten Schritt (Betriebsbeschreibung und Concept of Operations) des SORA-Prozesses und dient als einer der wichtigsten Schritte für die Beantragung einer Fluggenehmigung als UAS-Betreiber.

Für die Vereinfachung und Reduzierung des gesamten Prozesses hat das LBA entschieden, die Einreichung eines neunseitigen Formulars (SORA-Formular) mit dem Betriebskonzept abzugeben. Als Teil dieses Dokumentes wird im Anhang ein ausgefülltes Formular für den Use-Case der HPA als Beispiel geben.

Wichtig zu erwähnen ist, dass die hier angewendete Risikoanalyse entspricht der SORA 2.0 aufgrund der Kenntnisse vom bereits angefangenen Genehmigungsprozess bei der HPA. Die EASA hat im vorherigen Jahr die Einführung der SORA 2.5 vorgestellt, und damit wurden einige Änderungen gegenüber der SORA 2.0 festgelegt. Der Prozess tritt noch nicht zu hundert Prozent in Kraft, wegen fehlenden Referenzen.

Die kommenden Abschnitte dienen als Erweiterung der bereits im Kapitel 3.3.2 durchgeführten Bestimmung der Risikoklassen.

## 4.2 Bodenrisikoklasse – Ground Risk Class (GRC)

Startsituation für die Bestimmung der Bodenrisikoklasse ist die Auswirkungen auf dem Boden für unbeteiligte Personen bei einem Kontrollverlust und einen möglich nachkommenden Absturz. Wichtig sind die Erkennung und Festlegung des Einsatzszenarios, sowie die Dimensionen des zu nutzenden UAS bei der geplanten Flugmission.

Die Bewertungsparameter für die Bestimmung der Bodenrisikoklasse wurden bereits im Kapitel 3.3.2 festgelegt und der Flugbetrieb in Bezug auf das Bodenrisiko ebenfalls; und wird wie folgt beschrieben:

*„BVLOS-Flug in einem besiedelten Gebiet mit der Verwendung einer Drohne mit einer maximalen Abmaße kleiner als 3 m und einer erwarteten kinetischen Energie kleiner als 34 kJ“.*

Mit dieser Beschreibung und die Bewertungskriterien der Tabelle 2 (s. o.) beträgt die initiale Bodenrisikoklasse in der festgelegten Fluggeografie einen Wert von 6. Diese Einstufung liegt sehr hoch, was eine große Herausforderung für den Betrieb auf diesem Niveau ist. Dafür sind UAS-Betreiber und Hersteller in der Verantwortung Minderungsmaßnahmen anzuwenden, damit die Schwierigkeit des Betriebs verringert werden kann, ohne dass die Sicherheit von unbeteiligten Menschen auf dem Boden betroffen werden muss. Im Gegensatz sind diese Maßnahmen eine Garantie für den sicheren Betrieb und helfen dabei die Einstufung anderes zu kategorisieren. Im kommenden Abschnitt werden die Maßnahmen erklärt.

### 4.2.1 Minderungsmaßnahmen (Mitigations)

Die Anwendung von Minderungsmaßnahmen, die sogenannten „Mitigations“, für die Verringerung des Bodenrisikos liefern die finale Bodenrisikoklasse des Flugbetriebes. Die angenommenen Maßnahmen sind in der Tabelle 3 (s. o.) zu finden. Wie erwähnt im Kapitel 3.3.2 sind die Maßnahmen vom UAS-Betreiber abhängig, aber es liegt in dessen Verantwortung eine korrekte Absprache mit dem Hersteller, um die gezielte Risikoklasse zu erreichen.

Die Minderungsmaßnahmen bestehen aus drei unterschiedlichen Punkten, die als M1, M2 und M3 bezeichnet sind. Bei dem Dokument JARUS Annex B werden die Kriterien für die Verwendung von Mitigations definiert, diese Kriterien müssen vom UAS-Betreiber analysiert werden und je nachdem, wie viele Punkte er reduzieren möchte, wird entschieden, welche Maßnahmen anzunehmen sind. Hier werden zwei Niveaus betrachtet; Integrity und Assurance, und in Niedrig, Mittel und Hoch kategorisiert. Das erste Niveau bezieht sich auf was gemacht werden muss, um die Reduktion anzuwenden, während das zweite Niveau erklärt, wie wird diese Annahme nachgewiesen.



Für die geplante Flugroute der HPA ist eine gesamte Minderung von 4 Punkten gezielt. Diese werden durch die Minderungsmaßnahmen M1 (mittel) und M2 (hoch) erreicht. Die anzunehmenden Maßnahmen werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

a) M1 – Strategische Minderung des Bodenrisikos

Die zu erfüllenden Kriterien sind die Definition eines Bodenrisiko Puffers und eine Bewertung der gefährdeten Personen auf dem Boden. Für die Minderung von 2 Punkten mit der Verwendung dieser Maßnahme ist das mittlere Niveau anzunehmen, dafür sind für das erste Kriterium die folgenden Punkte zu erfüllen:

- Boden Risikopuffer unter Berücksichtigung von zu Mindestens der 1:1 Regel (Höhe = horizontale Abstand) und;
- Unwahrscheinliche einzelne Fehler des UAS;
- Wetterbedingungen;
- UAS-Latenzen;
- UAS-Performance

Für das zweite Kriterium muss folgendes sichergestellt werden:

- Fluggebietsbewertung vor Ort, um eine niedrige Menschendichte nachzuweisen.
- Nachweis von unterdachte unbeteiligte Menschen, trotz Betrieb im besiedelten Gebiet (UAS MTOW < 25 kg, max. Speed < 174 kn).

Mit der Erfüllung dieser Kriterien wird die Minderung von 2 Punkten möglich,

b) M2 – Reduktion der Auswirkungen eines Bodenaufpralls

Die Erfüllung dieser Maßnahme wird mit Hilfe eines Fallschirms erreicht und die Minderung von 2 Punkten wird mit den folgenden Kriterien des Niveaus „Hoch“ erreicht. Für das erste Kriterium; technischer Entwurf:

- Ein Systemfehler des UAS hat keinen Einfluss auf die Aktivierung des Fallschirms.
- Die Aktivierung des Fallschirms erfolgt automatisch.
- Beim Aufprall ist ein Todesfall komplett ausgeschlossen.
- Ein Fehler vom Fallschirm hat keinen signifikanten Einfluss auf die Sicherheit des Betriebs.

Weitere Kriterien sind die Einhaltung der Herstelleranweisungen für die Behandlung und Wartung des Fallschirms, sowie die erfolgreiche Ausbildung des Personals für die Installation und Behandlung davon.

c) M3 – Emergency Response Plan (ERP) ist vorhanden

Ein Emergency Response Plan (ERP) ist für den Betrieb der HPA vorhanden, allerdings mit diesem Notfallplan wird keine Minderung erreicht.

Wenn alle diese Minderungsmaßnahmen seitens des UAS-Betreibers und Herstellers erfolgreich nachgewiesen wurden, kann man mit der Minderung von 4 Punkten gerechnet werden und damit beträgt die Bodenrisikoklasse den Wert 2.

### 4.3 Luftrisikoklasse – Air Risk Class (ARC)

Wie im Kapitel 3.3.2 definiert und unter Berücksichtigung der Abbildung 6 (s. o.), beschäftigt sich die Bestimmung der Luftrisikoklasse mit der Interaktion zwischen teleoperiertem UAS-Flugbetrieb und der bemannten Luftfahrt.

Anhand der Abbildung 4 (s. o.) wurde der Flugbetrieb der HPA in Bezug auf das Luftrisiko als ARC-c festgelegt und wie folgt beschrieben.

*„Flug im kontrollierten Luftraum mit einer maximalen Höhe von 500 ft oder 150 m“.*

Diese Klasse beschränkt die Flugmissionen, aus diesem Grund werden Minderungsmaßnahmen angenommen, um die Einstufung des Flugbetriebes zu ändern. Diese Mitigations ermöglichen die Durchführung der Flugmissionen in einer niedrigen Luftrisikoklasse, was nicht bedeutet, dass der Flugbetrieb Sicherheit verloren wird, sondern erhöht, aufgrund von der Erfüllung weiterer Anforderungen.

Das Ziel der HPA ist die Durchführung des Flugbetriebs in der Luftrisikoklasse ARC-b und dafür werden die folgenden Minderungsmaßnahmen verwendet.

#### 4.3.1 Minderungsmaßnahmen (Mitigations)

Die Minderungsmaßnahmen für die Reduktion der initialen Luftrisikoklasse haben eine spezielle Bedeutung, dadurch dass eine Kollision in der Luft mit einem bemannten oder unbemannten Luftfahrzeug extreme Auswirkungen auf die Sicherheit unbeteiligten Menschen hat.

Die Mitigations in der Luftrisikoklasse sind in zwei Kategorien; strategische und taktische, geteilt. Die ersten kümmern sich um die anzuwendenden Maßnahmen vor dem Flug bzw. in der Flugvorbereitung, während es bei der zweiten Kategorie um die Mitigations, die sogenannten TMPR's, im Flug nach dem Prinzip „Detect and Avoid“ geht. Die folgende Abbildung [Abb.10] zeigt die Interaktion der beiden Maßnahmen für die Bestimmung der finalen Luftrisikoklasse.

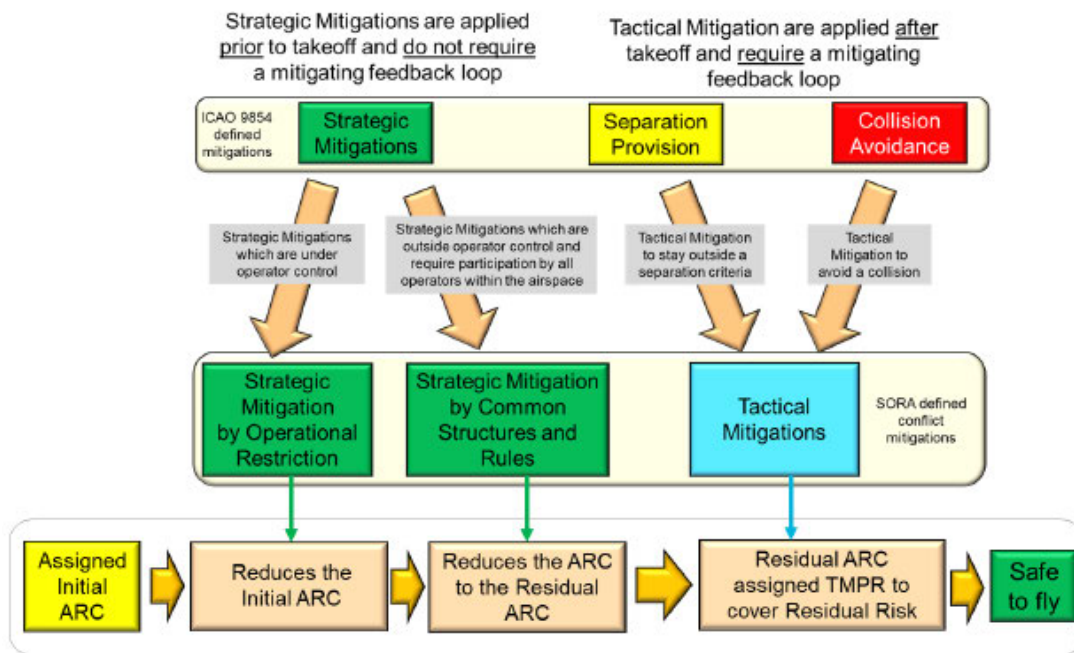


Abbildung 10: Lufttrisiko Mitigations - [JARUS Annex C]

Die Empfehlungen zu den anzuwendenden Minderungsmaßnahmen sind bei JARUS Annex C (strategische) und Annex D (taktische) zu finden, damit werden die nötigen Mitigations für den HPA Use-Case festgelegt.

#### a) Strategische Minderungsmaßnahmen

Diese Mitigations betrachten zwei Kriterien; betriebliche Beschränkungen und gemeinsame Strukturen und Gesetze.

Bei den betrieblichen Beschränkungen sind die folgenden Punkte zu beachten:

- Maximale Flughöhe 150 m AGL.
- Bei Überschreitung dieser Höhe und nicht sofortiger Rückkehr auf die Flughöhe wird eine automatische Landung geleitet.
- Der entsprechende Luftraum wird durch die DFS gesichert.
- Flug erfolgt bei Sichtwetterbedingungen und Tagsüber (zwischen Sonnenaufgang und Sonnenuntergang).
- Absprache mit dem Tower Finkenwerder (EDHI), um dem Regelbetrieb auszuweichen und Sonderflüge abzustimmen.
- Flugplanung definiert die Durchführung in der Zeit mit wenigen Flugverkehr.
- Luftraum wird jederzeit beobachtet.

Die Maßnahmen nach gemeinsamen Strukturen und Gesetze sind nicht nur vom UAS-Betreiber abhängig, sondern auch von zuständigen Behörden und berücksichtigen die folgenden Punkte:

- Flugbetriebsabsprache mit der DFS für die Operation in der CTR.
- Betriebskonzeptabsprache mit der Luftsicherung,
- Luftraumnutzungsregelung.
- NOTAM mitteilen und argumentieren.
- Flug mit gemeinsamen Flugregeln (VFR).

Mit der Einhaltung dieser strategischen Minderungsmaßnahmen argumentiert die HPA die Durchführung des Flugbetriebs in einer finalen Luftrisikoklasse ARC-b, mit dem Kompromiss, die benötigten taktischen Maßnahmen zu erkennen und anzuwenden.

#### b) Taktische Minderungsmaßnahmen (TMPR)

Nach der Festlegung der obergenannten finalen Luftrisikoklasse müssen die taktischen Maßnahmen zu Mindestens das Niveau „Mittel“ der JARUS Annex D Empfehlungen erfüllen. Die TMPR's teilen sich in fünf Kriterien (Detect, Decide, Command, Execute und Feedback Loop) auf, die in der Verantwortung von sowohl dem UAS-Betreiber als auch vom Hersteller liegen. Für die Einhaltung der Kriterien wird eine strikte Absprache zwischen den beiden Akteuren benötigt. Die angenommenen Maßnahmen werden in den folgenden Punkten beschrieben:

- „Detect“ wird durch die Luft- und Verkehrsraumbeobachtung und die dabei nutzende Systeme sichergestellt, dass es beim laufenden Betrieb ein komplettes Luftlagebild des Fluggebiets vorhanden ist. Hiermit werden die anderen Luftraumteilnehmer und deren Einfluss auf den Flugbetrieb erkannt.
- „Decide“ wird durch die im Betriebskonzept beschriebenen Verfahren durchgeführt. Hiermit werden die Entscheidungen getroffen, wenn ein anderes Flugzeug (bemannt oder unbemannt) detektiert wird.
- „Command“ ist vom Hersteller abhängig, der sicherstellen muss, dass durch die Leitstandsoftware keine Schwierigkeiten bei der Kontrolle des UAS entstehen. Die Latenzen der Befehle zwischen PIC und UAS müssen nicht länger als 5 Sekunden sein.
- „Execute“ ist wieder ein Hersteller abhängiger Punkt, indem das UAS über der richtigen technischen Performance verfügt, um notwendige Flugmanöver durchführen zu können.
- „Feedback Loop“ stellt sicher, dass die Datenübertragung zwischen PC und UAS weniger als 10 Sekunden brauchen, damit die Entscheidungskriterien so schnell wie möglich getroffen werden können.

Mit der Einhaltung dieser taktischen Minderungsmaßnahmen bei der Durchführung des Fluges wird die finale Luftrisikoklasse ARC-b in einer noch sicheren Form gewährleistet.

Nun sind die finalen Risikoklassen festgelegt und wird die SAIL-Kategorie bestimmt.

## 4.4 SAIL-Wert-Bestimmung

In diesem Abschnitt wird der SAIL-Wert bestimmt. Wie im Kapitel 3.3.2 schon durchgeführt wurde, ist dieser Teil einfach eine tabellarische Bewertung aus dem Ergebnis der beiden finalen Risikoklassen. Für den geplanten Flugbetrieb der HPA und nach der Tabelle 4 (s. o.) beträgt die Sicherheitskategorie SAIL II.

Für diese Kategorie werden im kommenden Kapitel die „Operation Safety Objectives OSO´s“ festgelegt.

## 4.5 Operation Safety Objectives – OSO´s

Anhand des festgelegten SAIL-Werts, in diesem Fall SAIL II, ist die Robustheit der OSO´s festzulegen. Mit Hilfe der kommenden Tabelle [Tab.5] aus dem EAR for UAS der EASA werden die operative Sicherheitsziele für den Betrieb der HPA erkannt und definiert.

| OSO                                                               |                                                                                                                                                      | SAIL |    |     |    |   |    |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|-----|----|---|----|
|                                                                   |                                                                                                                                                      | I    | II | III | IV | V | VI |
| <b>Technische Probleme mit dem UAS</b>                            |                                                                                                                                                      |      |    |     |    |   |    |
| OSO # 01                                                          | Der Drohnensteuerer ist befähigt/kompetent                                                                                                           | O    | L  | M   | H  | H | H  |
| OSO # 02                                                          | Die Drohne wurde von einem erfahrenen/bewährten Unternehmen gefertigt                                                                                | O    | O  | L   | M  | H | H  |
| OSO # 03                                                          | Die Drohne wird von einer erfahrenen/bewährten Stelle gewartet                                                                                       | L    | L  | M   | M  | H | H  |
| OSO # 04                                                          | Die Drohne wurde nach anerkannten Standards gefertigt                                                                                                | O    | O  | O   | L  | M | H  |
| OSO # 05                                                          | Die Drohne wurde unter Berücksichtigung von Zuverlässigkeit und Sicherheit des Systems entwickelt                                                    | O    | O  | L   | M  | H | H  |
| OSO # 06                                                          | Die Leistung des C3-Links ist für den Betrieb angemessen                                                                                             | O    | L  | L   | M  | H | H  |
| OSO # 07                                                          | Inspektion des UAS (Produktinspektion), um die Übereinstimmung mit den ConOps sicherzustellen                                                        | L    | L  | M   | M  | H | H  |
| OSO # 08                                                          | Die Betriebsabläufe sind definiert, validiert und werden eingehalten (um mit technischen Problemen umgehen zu können)                                | L    | M  | H   | H  | H | H  |
| OSO # 09                                                          | Das Bedienpersonal ist trainiert sowie auf dem neuesten Stand und in der Lage, ungewöhnliche Situationen (z. B. Notfallsituationen) zu kontrollieren | L    | L  | M   | M  | H | H  |
| OSO # 10                                                          | Sichere Behebung eines technischen Problems                                                                                                          | L    | L  | M   | M  | H | H  |
| <b>Funktionsbeeinträchtigungen externer Unterstützungssysteme</b> |                                                                                                                                                      |      |    |     |    |   |    |
| OSO # 11                                                          | Eingeführte Verfahrensweisen, wie mit Funktionsbeeinträchtigungen externer Unterstützungssysteme umzugehen ist                                       | L    | M  | H   | H  | H | H  |
| OSO # 12                                                          | Das UAS ist konstruktiv in der Lage, Funktionsbeeinträchtigungen externer Unterstützungssysteme zu bewältigen                                        | L    | L  | M   | M  | H | H  |
| OSO # 13                                                          | Externe Dienste zur Unterstützung des UAS-Betriebes sind auf den Betrieb zugeschnitten                                                               | L    | L  | M   | H  | H | H  |
| <b>Menschliches Versagen</b>                                      |                                                                                                                                                      |      |    |     |    |   |    |
| OSO # 14                                                          | Betriebsverfahren sind definiert, validiert und werden befolgt                                                                                       | L    | M  | H   | H  | H | H  |

|                                       |                                                                                                                                                      |   |   |   |   |   |   |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| OSO # 15                              | Das Bedienpersonal ist trainiert sowie auf dem neuesten Stand und in der Lage, ungewöhnliche Situationen (z. B. Notfallsituationen) zu kontrollieren | L | L | M | M | H | H |
| OSO # 16                              | Koordinierung mehrerer Drohnenteams/ Einsatzkräfte                                                                                                   | L | L | M | M | H | H |
| OSO # 17                              | Das Betriebspersonal ist einsatzfähig                                                                                                                | L | L | M | M | H | H |
| OSO # 18                              | Automatischer Schutz des „flight envelope“ (Flugbereichsgrenze) gegen menschliches Versagen                                                          | O | O | L | M | H | H |
| OSO # 19                              | Sichere Behebung eines durch menschliches Versagen verursachten Problems                                                                             | O | O | L | M | M | H |
| OSO # 20                              | Es wurde eine Bewertung der menschlichen Faktoren durchgeführt und die Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI) als für den Einsatz geeignet befunden     | O | L | L | M | M | H |
| <b>Ungünstige Betriebsbedingungen</b> |                                                                                                                                                      |   |   |   |   |   |   |
| OSO # 21                              | Betriebsverfahren sind definiert, validiert und werden befolgt                                                                                       | L | M | H | H | H | H |
| OSO # 22                              | Das Betriebspersonal ist darauf trainiert, kritische Umfeldbedingungen zu identifizieren und zu vermeiden                                            | L | L | M | M | M | H |
| OSO # 23                              | Die Umfeldbedingungen für den sicheren Betrieb sind definiert, messbar und werden eingehalten                                                        | L | L | M | M | H | H |
| OSO # 24                              | Das UAS ist für ungünstige Umfeldbedingungen konstruiert und qualifiziert (z. B. passende Sensoren, DO-160-Qualifizierung)                           | O | O | M | H | H | H |

Tabelle 5. OSO's - [EAR for UAS EASA]

Die für den Betrieb in SAIL II anerkannten OSO's sind in der vorherigen Tabellen im Gelb markiert. Die markierten Buchstaben haben die folgende Bedeutung:

- O: Optional
- L: Low
- M: Medium
- H: High

Diese entsprechen analog zu den Mitigations dem „Integrity bzw. Assurance“- Niveau, mit der Betrachtung von was gemacht werden muss, um das Ziel zu erfüllen und wie wird diese Erfüllung nachgewiesen.

Diese Ziele werden mit den unterschiedlichen Kapiteln des Betriebskonzepts nachgewiesen, aus diesem Grund ist es wichtig diese Ziele mit einer Fußnote zu markieren, damit es ein Verweis auf die festgelegten OSO's zu sehen ist.

Nachdem die OSO's von beiden Parteien; UAS-Betreiber und Hersteller, festgelegt wurden, um den Flugbetrieb in der SAIL II Kategorie durchführen zu dürfen, sind die letzte Schritte des SORA- Prozesses zu berücksichtigen. Diese werden aus Relevanzgründen nicht einen Unterkapitel in diesem Dokument bekommen.

Der vorletzte Schritt betrachtet das Boden- und Luftrisiko an den angrenzenden Gebieten des festgelegten Fluggebiets. Dies, mit dem Hintergrund einer Überschreitung des

„Contingency Volume“ und des Bodenrisikopuffers, wenn der Flugbetrieb in einem dünn besiedelten Gebiet und in signifikanter Nähe zu einem Flughafen stattfindet.

In diesem Fall sind die bereits angenommenen Minderungsmaßnahmen für das Boden- und Luftrisiko strenger durchzuführen, damit es sichergestellt werden kann, dass trotz eines UAS-Fehlers, nicht das stets definierte Fluggebiet und den dazu definierten Puffer überschreitet.

Für die HPA ist es wichtig die korrekte und sichere Durchführung des Flugbetriebes zu gewährleisten und deswegen werden die technischen Anforderungen für ein UAS in einer signifikanten Form erhöht. Damit kommt man zu der Entscheidung, ein System zu beschaffen, das einen möglichst hohen Sicherheitsnachweis besitzt. Dementsprechend wird es nach einem Hersteller gesucht, der ein UAS mit einem zugelassenen „Design Verification Report (DVR)“ zur Verfügung stellt oder den DVR-Prozess bereits angefangen hat.

Der letzte Schritt des SORA-Prozesses ist die Zusammenführung aller Schritte zur Erstellung eines Sicherheitsgesamtportfolios mit Fokus auf die folgenden Punkte:

- Maßnahmen zur Reduktion des Bodenrisikos GRC.
- Strategische Maßnahmen zur Reduktion des Luftrisikos ARC.
- Taktische Maßnahmen zur Einhaltung des finalen Luftrisikos ARC
- Festgelegten OSO's.

Anhand des vollständigen Portfolios und des ausgefüllten SORA-Formulars wird die Risikoanalyse fertiggestellt und für die Kontrolle der zuständigen Behörde bereitgestellt.



## 5 UAS-Analyse

In diesem Kapitel wird eine Analyse der möglich einzusetzenden Systeme durchgeführt, unter Betrachtung vom Fluggebiet und dessen technische Anforderungen, sowie die Anbindung und Kontrolle des UAS an einem web- oder softwarebasierten Leitsystem, mit dem Ziel die Aufgaben der HPA möglichst optimal und effizient durchzuführen.

### 5.1 Betriebsszenario

Der im Kapitel 2 definierten Use-Case (Unterelbeflug bis zur Hamburger Landesgrenze) dient als Ausgangspunkt der Analyse und definiert das Betriebsszenario für die teleoperierten UAS-Flüge.

Dabei ist es wichtig wieder zu erwähnen, dass eine zukünftige Erweiterung dieses Fluggebiets in Zusammenarbeit mit anderen BOS möglich wäre, um die Sicherheit der gesamten Unterelbe bis zur Mündung zu erhöhen und dabei auch Kosten zu sparen.

Damit kann man zur Kenntnis kommen, dass der Einsatz von UAS im Hamburger Hafen an die Erfüllung von Aufgaben bezogen auf die Kontrolle der Wasserwege und anliegenden Flächen gerichtet ist. Somit sind die folgenden Punkte zu betrachten:

- Wasserwege
- Ufer
- Liegeplätze
- Schiffsverkehr
- Abnormale Bewegungen auf dem Wasser
- Erkennung von Verschmutzungen
- Hochwasser- und Katastrophenschutz
- Ad-Hoc bei Katastrophen

Mit dieser Liste sind Aufgaben definiert, die das UAS in der Lage sein muss, diese zu erfüllen. Diese bestimmen das Betriebsszenario für das UAS.

## 5.2 Technische Anforderungen

Mit der Definition des Betriebsszenarios sind die technischen Anforderungen festzulegen, die das UAS zu Mindestens erfüllen muss, um Flugmissionen für die HPA durchzuführen.

Die Umweltleitlinien der HPA erwähnen:

*„Mit diesen Umweltleitlinien der Hamburg Port Authority setzen sich das Unternehmen und seine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zum Ziel, die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu pflegen, die nachhaltige Entwicklung zu fördern und den Umweltschutz als Selbstverständlichkeit im Denken und Handeln aller zu verankern“*

Damit hat sich das Projekt „DaaS“ das Ziel gesetzt, UAS zu verwenden, die die Umwelt nicht beschädigen und eine nachhaltige Entwicklung des Flugbetriebes im Hamburger Hafen fördern, das bedeutet, dass Antriebsysteme mit der Verbrennung von fossilen Treibstoffen komplett ausgeschlossen sind. Somit besteht die technische Anforderung für Antriebs aus Alternativen ohne Verbrennungsmotoren. Diese ist einfach zu erfüllen, da die Entwicklung von UAS mit Elektroantrieb stark vertreten ist.

Mit den bekannten Daten der Flugroute (Flughöhe / Strecke), festgelegten Flugmodus (BVLOS) und Sicherheitskategorie (SAIL II) sind UAS der Bauart „Multikopter“ (siehe Abbildung [Abb.11]) aufgrund der geringeren Flugzeit bzw. Reichweite und der langsameren Fluggeschwindigkeit auszuschließen. Diese UAS sind für die Erfüllung anderer Aufgaben wie z.B. Brückeninspektion geeignet.



Abbildung 11: Multikopter - [ZAL <https://zal.aero>]

Eine andere UAS-Bauart, die für den Use-Case der HPA anwendbar ist, ist der Starrflügler mit Senkrechtstart-Fähigkeiten (Vertical Take-off and Landing - VTOL). Dieses UAS eignet sich besonders für das Projekt „DaaS“ aufgrund der bereits aufgebauten Infrastruktur (dronePORT) im Hamburger Hafen und der geplanten Flugroute. Ein VTOL nutzt zwei oder mehr Antriebe für die unterschiedlichen Flugphasen; senkrecht starten bzw. landen sowie der Reiseflug. In der folgenden Abbildung [Abb.12] ist ein konventionelles VTOL-Modell dargestellt. Andere im Markt zu findende VTOL-Modelle mit einer außergewöhnlichen Bauart sind Nurflügler, Gyrocopter, mit schwankenden Flügeln, usw.



Abbildung 12: VTOL - [Drone Engr - <https://www.droneassemble.com/>]

Nachdem eine UAS-Bauart für den Betrieb der HPA erkannt wurde, werden die Mindestanforderungen in Abhängigkeit des HPA Use-Cases definiert, die ein konventionelles VTOL-UAS erfüllen kann. Dafür sind die folgenden Kriterien in der Tabelle [Tab.6] für eine Bewertung zu berücksichtigen:

| Bewertungskriterien              |                            |
|----------------------------------|----------------------------|
| <b>Bauart</b>                    | VTOL                       |
| <b>Flugmodus</b>                 | BVLOS                      |
| <b>Flugkontrolle</b>             | Über Leitstandsystem       |
| <b>Kamerasysteme</b>             | Erfüllung der HPA-Aufgaben |
| <b>Verbindung mit UAS</b>        | Mobilfunk                  |
| <b>Ausfallsicherheit</b>         | RTH / SLP                  |
| <b>Luftraumerkennung</b>         | ADS-B / FLARM              |
| <b>Antriebsart</b>               | Elektrik                   |
| <b>MTOW</b>                      | < 25 kg                    |
| <b>Spannweite</b>                | < 3 m                      |
| <b>Flugzeit</b>                  | > 60 min                   |
| <b>Reichweite</b>                | > 80 km                    |
| <b>Fluggeschwindigkeit</b>       | > 16 m/s                   |
| <b>Betriebstemperaturbereich</b> | -10°C bis 35°C             |
| <b>Max. Windgeschwindigkeit</b>  | > 10 m/s                   |
| <b>Strömungsabriss</b>           | < 15 m/s                   |

Tabelle 6: Bewertungskriterien

Anhand der oben aufgelisteten Kriterien werden Systeme gesucht, die diese Anforderungen erfüllen und nach Möglichkeit mehr anbieten können.

### 5.3 UAS-Vergleich

Mit Berücksichtigung von den im Abschnitt 5.2 festgelegte Kriterien wird in diesem Teil ein Systemvergleich erfolgen. UAS-Daten aus drei unterschiedlichen Herstellern wurden gesammelt und werden in diesem Vergleich verwendet.

In diesem Sinne ist es wichtig zu erwähnen, dass zweidrittel der Hersteller, die hier genannt werden, sind bereit im Fokus der HPA für die Entstehung einer zukünftigen Zusammenarbeit.

Die Daten aus den folgenden drei Hersteller wurden analysiert und sind in der kommenden Tabelle [Tab.7] eingetragen.

#### a) HHLA Sky GmbH

Unternehmen aus Hamburg und teil der HHLA. Fokussiert auf automatisierten Betrieb von unbemannten Systemen und die Integration der Systeme in einer gemeinsamen Plattform.

Betrachtetes UAS:



Abbildung 13: V25 [HHLA Sky GmbH]

#### b) GlobeUAV GmbH

Deutsches Unternehmen mit Fokus auf den Betrieb von unbemannten Luftfahrzeugen in unterschiedliche Kontexte wie z.B. Transport, Monitoring und Perimeterüberwachung.

Betrachtetes UAS:



Abbildung 14: Zerc - [GlobeUAV]

### c) Anonymes Unternehmen

Das Unternehmen möchte in diesem Dokument nicht benannt werden, deswegen sind Hersteller- und UAS-Namen nicht vorhanden.

Unternehmen mit Hauptsitz in Hamburg mit dem Ziel UAS-basierte Leistungen aufzubauen. Betrieb von Systemen mit unterschiedlichen Schwerpunkten wie z.B. Pipeline- und Baustelleninspektion.

Betrachtetes UAS:

UAS-Model mit einer konventionellen Bauweise.

| Kriterium                        | HHLA Sky       | GlobeUAV       | Anonym                  |
|----------------------------------|----------------|----------------|-------------------------|
| <b>Bauart</b>                    | VTOL           | VTOL           | VTOL                    |
| <b>Flugmodus</b>                 | BVLOS          | BVLOS          | BVLOS                   |
| <b>Kontrolleinheit</b>           | ICC            | Sky Gate       | QGC                     |
| <b>Kamerasysteme</b>             | Ja             | Ja             | Ja                      |
| <b>Verbindung mit UAS</b>        | 2G/4G          | EDGE/4G/5G     | 4G/5G                   |
| <b>Ausfallsicherheit</b>         | RTH / SLP      | RTH / SLP      | RTH / SLP/<br>Multidock |
| <b>Luftraumerkennung</b>         | ADS-B          | ADS-B / FLARM  | ADS-B / FLARM           |
| <b>Antriebsart</b>               | Elektrik       | Elektrik       | Elektrik                |
| <b>MTOW</b>                      | 25 kg          | 25 kg          | 14,5 kg                 |
| <b>Spannweite</b>                | 2,99 m         | 2,99 m         | 2,5 m                   |
| <b>Flugzeit</b>                  | 90 min         | 90 min         | 75 min                  |
| <b>Reichweite</b>                | 130 km         | 130 km         | 80 km                   |
| <b>Max. Fluggeschwindigkeit</b>  | 32 m/s         | 32,5 m/s       | 30 m/s                  |
| <b>Betriebstemperaturbereich</b> | -10°C bis 40°C | -20°C bis 35°C | [-]                     |
| <b>Max. Windgeschwindigkeit</b>  | 10 m/s         | 12,78 m/s      | 10 m/s                  |
| <b>Strömungsabriss</b>           | 13 m/s         | 14 m/s         | [-]                     |
| <b>ERFÜLLUNG</b>                 | 94%            | 100%           | 88%                     |

Tabelle 7: UAS-Vergleich

Ein wichtiger Punkt, der nicht in der Tabelle festgelegt wurde, ist die Definition der Funktionalität der Kontrollstelle, d.h. was für eine Software wird beim Flugbetrieb benutzt z.B. Webbasiert oder Computerprogramm. Dieses Kriterium wird berücksichtigt mit dem Hintergrund, die bereits existierende Infrastruktur am dronePORT zu verwenden. Damit kann man die folgenden Punkte betrachten.

- Die Kontrollstelle „Integrated Control System - ICC“ der HHLA Sky ist eine webbasierte Software. Der Zugriff erfolgt mit einer kontinuierlichen Internetverbindung.
- Die Kontrollstelle „SkyGate“ seitens GlobeUAV ist ein Computerprogramm, was entweder im HPA-PC installiert werden kann oder in einem vom GlobeUAV erhaltenen PC bereits existiert.
- Das anonyme Unternehmen bietet die Leistung an und aus dessen Sicht ist als UAS-Betreiber vorgesehen, das bedeutet, sie würden als Dienstleister der HPA ihren Service durchführen. Dies ist nicht optimal für die HPA.

Zwei Hersteller dieser Liste; HHLA Sky und GlobeUAV, haben eine Gemeinsamkeit in Bezug auf die eingesetzte Technik. Beide Hersteller verwenden das Flugzeug „Carryair“ des Herstellers „StriekAir“. Die Flugeigenschaften des reinen Flugobjektes bleiben gleich oder haben kaum einen Unterschied. Dementsprechend sind die zusätzlichen Systeme, die die anderen Hersteller im Flugmodell einbauen, für den Flugbetrieb der HPA entscheidend.

Folgende Erkenntnisse der Hersteller in Bezug auf die Erfahrung und Erfüllung von europäischen Sicherheitsstandards vom Flugbetrieb sind zu berücksichtigen:

- Das Modell „Zerc“ von GlobeUAV hat im Jahr 2024 die Fluggenehmigung seitens LBA für einen Flugbetrieb in der Kategorie SAIL III.
- Das UAS vom anonymen Unternehmen führt bereits BVLOS Flugmissionen in der Kategorie SAIL II durch.

## 5.4 Systemauswahl und Empfehlungskriterien

Anhand der Bewertung im Abschnitt 5.3 ist es wichtig eine Entscheidung in Bezug auf das UAS zu treffen. Die drei vorgestellten Systeme eignen sich für den geplanten Betrieb der HPA und erfüllen die festgelegten Mindestanforderungen mit einigen Abweichungen, die aber nicht in einer signifikativen Form auftreten. Alle drei Hersteller erfüllen mit über 90% die Anforderungen. Folgende Punkte sind für diesen Teil wichtig:

- Der Hersteller „GlobeUAV“ hat 100% der Ansprüche abgedeckt.
- Das Unternehmen HHLA Sky erfüllt 94% der Kriterien. Ein FLARM System ist nicht im UAS vorhanden.
- Das anonyme Unternehmen erfüllt die Aufgaben als Dienstleistung, damit wird die Nutzung der HPA-Infrastruktur ausgeschlossen.
- GlobeUAV und das anonyme Unternehmen fliegen bereits Missionen für anderen Kunden und sind respektiv für Flüge in der Kategorie SAIL III und SAIL II zugelassen.

Durch diese Betrachtung wird es empfohlen das UAS „Zerc“ des Herstellers GlobeUAV mit der Kontrollstelle „SkyGate“ für den Flugbetrieb der HPA auszuwählen, aufgrund der Erfüllung der definierten Anforderungen und der Erfahrung bei der Durchführung von Flugmissionen in der Kategorie SAIL III. Diese entspricht nicht der Kategorie des geplanten Flugbetriebs der HPA, aber der Betrieb mit einem UAS, was die Sicherheitsanforderungen SAIL II der EASA bzw. LBA überfüllt, vereinfacht die Flugmissionen und gibt der HPA zusätzliche Sicherheit für den Regelbetrieb von UAS im Hamburger Hafen.

Damit es eine letzte Entscheidung getroffen werden kann, ist es zu empfehlen, die Durchführung von Erprobungsreihen der gesamten Systeme (UAS und Leitstelle) im Hamburger Hafen oder in einem vergleichbaren Gebiet mit ähnlichen Aufgaben wie der HPA Use-Case anzuschieben. Wichtig ist es hier die Präsenz von HPA-Mitarbeiter (geplante Besatzung) bei der Erprobung der Systeme, sowie eine Ausbildung bzw. Schulung in Bezug auf die Bedienung des UAS über die Kontrollstelle „SkyGate“. Diese müssen vor dem Start des Regelbetriebs ab dem dronePORT im Hamburger Hafen stattfinden.

Das weitere Vorgehen bzgl. der Systemauswahl wird mit der Leitung des Bereichs „Autonomous Systems“ der HPA abgesprochen.

## 6 Konklusion

Die in diesem Dokument entstanden Fluggebiete, Strukturen, Risikoanalyse und UAS-Auswahl dienen als Empfehlung für den Flugbetrieb bei der HPA und entsprechen einem für die Zukunft möglichen Einsatzszenario.

Für die weitere Arbeit und Einführung eines Regelbetriebs bei der HPA im Bereich teleoperierte UAS-Flugmissionen ist die Abgabe des Betriebskonzeptes und eine Betriebsabsprache mit der DFS, sowie die Durchführung des SORA-Prozesses erforderlich. Diese Punkte sind von der ausgewählten Technik bzw. UAS stark abhängig.

Die Entscheidung der HPA, UAS zu kaufen, verlängert den Anfang von regelmäßigen Flugoperationen. Die Dauer des Prozesses zwischen dem Kauf und der Annahme der Technik ist in der Regel lange und aus diesem Grund kann man nicht mit einem sofortigen Start des Betriebes rechnen.

Weitere Anforderungen können aufgrund der Betriebsabsprache mit der DFS und der erforderlichen Sicherheitsdokumentation auftreten, das bedeutet aber nicht, dass der Betrieb beeinträchtigt wird. Wenn die Absprache erfolgreich stattgefunden hat, wird es eine Erweiterung des Fluggebietes im Hamburger Hafen und weiter in Unterelbe-Richtung möglich.

Eine Erweiterung des Fluggebietes im Hamburger Hafen ist zurzeit aufgrund der rechtlichen Lage bzgl. UAS-Flüge in einer CTR noch schwer zu erreichen. Aber, die durch einen Regelbetrieb gesammelte Erfahrung, ist ein wichtiges Zeichen für die Behörden und Ministerien, die noch keine existenten Referenzen haben, um die Erhaltung von Genehmigungen für UAS-Flugoperationen zu erleichtern. Zurzeit ist der einfachste Weg, regelmäßige Flüge außerhalb der CTR durchzuführen, um die bestehenden Verfahren und Technik zu erproben, damit bei einer Einreichung der benötigten Dokumente sichergestellt werden kann, dass der Betrieb in Ordnung stattgefunden hat und damit die sichere Durchführung von Flügen im Hafen argumentiert werden kann.

Die HPA steht in einer guten Position in Hinblick auf die Zukunft von teleoperierten UAS-Flugoperationen nicht nur im Hamburger Hafen, sondern auch im allgemeinen urbanen Raum. Mit einer erfolgreichen Erfüllung von den in diesem Dokument beschriebenen Aufgaben wird die HPA als Pionier-Unternehmen für UAS-Flugmissionen im europäischen Raum bekannt und damit eins der ersten Unternehmen sein, das ein Regelbetrieb mit solchen Eigenschaften in einem Hafengebiet eingeführt hat.



## 7 Literatur und Quellenverzeichnis

BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE BBK, 2024, *Empfehlungen für Gemeinsame Regelungen zum Einsatz von Drohnen im Bevölkerungsschutz -EGRED2-*.

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR BMDV, 2015, *Luftverkehrs-Ordnung LuftVO*.

EUROPÄISCHE UNION, 2019, *Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 der Kommission vom 24. Mai 2019 über die Vorschriften und Verfahren für den Betrieb unbemannter Luftfahrzeuge*.

EASA, 2024, *Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems*.

EASA, 2024, Webseite - <https://www.easa.europa.eu/en/domains/drones-air-mobility/operating-drone/specific-category-civil-drones/specific-operations-risk-assessment-sora>.

JARUS, 2019, *JARUS Guidelines on Specific Operations Risk Assessment (SORA) main document*.

JARUS 2019, *Annex A: Guidelines on collecting and presenting system and operation information for a specific UAS operation*.

JARUS 2019, *Annex B: Integrity and assurance levels for the mitigations used to reduce the intrinsic Ground Risk Class*.

JARUS 2019, *Annex C: Strategic Mitigation Collision Risk Assessment*.

JARUS 2019, *Annex D: Tactical Mitigation Collision Risk Assessment*.

## **Anhang A: SORA-Formular**

**Operational risk analysis overview for operations  
in the specific category  
according to AMC1 to Article 11 IR (EU) 2019/947**



**0. Data of authorised UAS and operation**

|             |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                        |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>0.1</b>  | <b>UAS operator identification (e-ID)</b>                                                                                      | HPA e-ID                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                        |
| <b>0.2</b>  | <b>Manufacturer or type certificate holder</b>                                                                                 | GlobeUAV (genommen aus Kapitel 5)                                                                                                                                                                                                                                                |                                        |
| <b>0.3</b>  | <b>Model name</b>                                                                                                              | Zerc                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                        |
| <b>0.4</b>  | <b>Type of UAS configuration</b>                                                                                               | <input type="checkbox"/> Conventional airplane<br><input type="checkbox"/> Helicopter<br><input type="checkbox"/> Multicopter<br><input checked="" type="checkbox"/> Hybrid/VTOL<br><input type="checkbox"/> Lighter than air<br><input type="checkbox"/> Other, please specify: |                                        |
| <b>0.5</b>  | <b>Is the UAS tethered during the operation?</b>                                                                               | <input type="checkbox"/> Yes                                                                                                                                                                                                                                                     | <input checked="" type="checkbox"/> No |
| <b>0.6</b>  | <b>Maximum characteristic dimension<br/>(including propellers)</b>                                                             | 2,99                                                                                                                                                                                                                                                                             | m                                      |
| <b>0.7</b>  | <b>Maximum take-off mass (MTOM)<br/>(indicated by the operator equal to or less<br/>than the manufacturer's specification)</b> | 25                                                                                                                                                                                                                                                                               | kg                                     |
| <b>0.8</b>  | <b>Maximum operational speed<br/>(maximum speed flown within the scope of<br/>the intended operation)</b>                      | 26                                                                                                                                                                                                                                                                               | m/s                                    |
| <b>0.9</b>  | <b>Type of propulsion system</b>                                                                                               | <input checked="" type="checkbox"/> Electric<br><input type="checkbox"/> Combustion<br><input type="checkbox"/> Hybrid, specify type: _____<br><input type="checkbox"/> Other, please specify: _____                                                                             |                                        |
| <b>0.10</b> | <b>Number of type certificate or design<br/>verification report<br/>(if available)</b>                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                        |
| <b>0.11</b> | <b>Certificate of airworthiness<br/>(if available)</b>                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                        |
| <b>0.12</b> | <b>Number of noise certificate<br/>(if available)</b>                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                        |
| <b>0.13</b> | <b>Transport of dangerous goods</b>                                                                                            | <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No<br>If yes, please specify reference to operations manual:<br>_____                                                                                                                                           |                                        |
| <b>0.14</b> | <b>Type of operation</b>                                                                                                       | <input type="checkbox"/> Visual line of sight (VLOS)<br><input type="checkbox"/> Extended visual line of sight (EVLOS)<br><input checked="" type="checkbox"/> Beyond visual line of sight (BVLOS)                                                                                |                                        |
| <b>0.15</b> | <b>Does the remote pilot control more than<br/>one UA simultaneously?</b>                                                      | <input type="checkbox"/> Yes                                                                                                                                                                                                                                                     | <input checked="" type="checkbox"/> No |

| 1. Specific Operations Risk Analysis                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                    |     |   |                                  |                    |       |   |                                 |                    |       |   |                                 |                     |       |   |                               |                 |  |   |                              |                 |  |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------|-----|---|----------------------------------|--------------------|-------|---|---------------------------------|--------------------|-------|---|---------------------------------|---------------------|-------|---|-------------------------------|-----------------|--|---|------------------------------|-----------------|--|---|
| Step #1 Operations manual                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                    |     |   |                                  |                    |       |   |                                 |                    |       |   |                                 |                     |       |   |                               |                 |  |   |                              |                 |  |   |
| #1.1 Description of proposed operation including the locations                                                                                                          | <p>Please provide the geo-coordinates for the operational volume (flight geography and contingency volume), the ground risk buffer and the air risk buffer (if available) as a separate file using either .txt; .kmz or .kml.</p> <p>Give reference to the file name:<br/>dipul-Untereifelbezug bis zur Landesgrenze.dipul</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                |                    |     |   |                                  |                    |       |   |                                 |                    |       |   |                                 |                     |       |   |                               |                 |  |   |                              |                 |  |   |
| <p><b>Short description of proposed operation</b></p> <p>Durchführung von Wasserwege- und Infrastrukturkontrolle im Untereifelbezug bis zur Hamburger Landesgrenze.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                    |     |   |                                  |                    |       |   |                                 |                    |       |   |                                 |                     |       |   |                               |                 |  |   |                              |                 |  |   |
| #1.2 Dimensions of the operational volume and the adjacent volume<br>(Rounded up to first decimal place)                                                                | <table border="0"> <tr> <td>Height of the flight geography</td> <td>H<sub>FGmax</sub></td> <td>110</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Height of the contingency volume</td> <td>H<sub>CVmax</sub></td> <td>147,6</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Width of the contingency volume</td> <td>S<sub>CVmax</sub></td> <td>196,7</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Width of the ground risk buffer</td> <td>S<sub>GRBmax</sub></td> <td>437,7</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Height of the adjacent volume</td> <td>H<sub>AV</sub></td> <td></td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Width of the adjacent volume</td> <td>S<sub>AV</sub></td> <td></td> <td>m</td> </tr> </table> <p>For more than one location, please provide a list with this information.</p>                                                                              | Height of the flight geography | H <sub>FGmax</sub> | 110 | m | Height of the contingency volume | H <sub>CVmax</sub> | 147,6 | m | Width of the contingency volume | S <sub>CVmax</sub> | 196,7 | m | Width of the ground risk buffer | S <sub>GRBmax</sub> | 437,7 | m | Height of the adjacent volume | H <sub>AV</sub> |  | m | Width of the adjacent volume | S <sub>AV</sub> |  | m |
| Height of the flight geography                                                                                                                                          | H <sub>FGmax</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 110                            | m                  |     |   |                                  |                    |       |   |                                 |                    |       |   |                                 |                     |       |   |                               |                 |  |   |                              |                 |  |   |
| Height of the contingency volume                                                                                                                                        | H <sub>CVmax</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 147,6                          | m                  |     |   |                                  |                    |       |   |                                 |                    |       |   |                                 |                     |       |   |                               |                 |  |   |                              |                 |  |   |
| Width of the contingency volume                                                                                                                                         | S <sub>CVmax</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 196,7                          | m                  |     |   |                                  |                    |       |   |                                 |                    |       |   |                                 |                     |       |   |                               |                 |  |   |                              |                 |  |   |
| Width of the ground risk buffer                                                                                                                                         | S <sub>GRBmax</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 437,7                          | m                  |     |   |                                  |                    |       |   |                                 |                    |       |   |                                 |                     |       |   |                               |                 |  |   |                              |                 |  |   |
| Height of the adjacent volume                                                                                                                                           | H <sub>AV</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                | m                  |     |   |                                  |                    |       |   |                                 |                    |       |   |                                 |                     |       |   |                               |                 |  |   |                              |                 |  |   |
| Width of the adjacent volume                                                                                                                                            | S <sub>AV</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                | m                  |     |   |                                  |                    |       |   |                                 |                    |       |   |                                 |                     |       |   |                               |                 |  |   |                              |                 |  |   |
| Step #2 UAS intrinsic ground risk class                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                    |     |   |                                  |                    |       |   |                                 |                    |       |   |                                 |                     |       |   |                               |                 |  |   |                              |                 |  |   |
| #2.1 Type of operational areas on the ground<br>(including flight geography, contingency volume and ground risk buffer)                                                 | <input type="checkbox"/> Controlled ground area<br><input type="checkbox"/> Sparsely populated area<br><input checked="" type="checkbox"/> Populated area<br><input type="checkbox"/> Assembly of people                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                |                    |     |   |                                  |                    |       |   |                                 |                    |       |   |                                 |                     |       |   |                               |                 |  |   |                              |                 |  |   |
| #2.2 Specify the intrinsic ground risk class                                                                                                                            | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                |                    |     |   |                                  |                    |       |   |                                 |                    |       |   |                                 |                     |       |   |                               |                 |  |   |                              |                 |  |   |
| Remarks/Reasoning for Step #2                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                    |     |   |                                  |                    |       |   |                                 |                    |       |   |                                 |                     |       |   |                               |                 |  |   |                              |                 |  |   |
| Step #3 Final ground risk class determination                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                    |     |   |                                  |                    |       |   |                                 |                    |       |   |                                 |                     |       |   |                               |                 |  |   |                              |                 |  |   |
| #3.1 Specify the applied ground risk mitigations<br>(if applicable)                                                                                                     | <p><b>M1</b> Strategic mitigations for ground risk<br/>Specify the level of robustness:</p> <p><input type="checkbox"/> None      <input type="checkbox"/> Low      <input checked="" type="checkbox"/> Medium      <input type="checkbox"/> High</p> <p><b>M2</b> Effects of the ground impact are reduced<br/>Specify the level of robustness:</p> <p><input type="checkbox"/> None      <input type="checkbox"/> Low      <input type="checkbox"/> Medium      <input checked="" type="checkbox"/> High</p> <p><b>M3</b> An emergency response plan (ERP) is in place, the UAS operator is validated and effective<br/>Specify the level of robustness:</p> <p><input type="checkbox"/> None      <input type="checkbox"/> Low      <input checked="" type="checkbox"/> Medium      <input type="checkbox"/> High</p> |                                |                    |     |   |                                  |                    |       |   |                                 |                    |       |   |                                 |                     |       |   |                               |                 |  |   |                              |                 |  |   |
| #3.2 Specify the final ground risk class                                                                                                                                | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                |                    |     |   |                                  |                    |       |   |                                 |                    |       |   |                                 |                     |       |   |                               |                 |  |   |                              |                 |  |   |
| Remarks/Reasoning for Step #3                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                    |     |   |                                  |                    |       |   |                                 |                    |       |   |                                 |                     |       |   |                               |                 |  |   |                              |                 |  |   |

| Step #4 Initial air risk class                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| #4.1 Classification of the airspace where the operation is intended to be conducted<br>(multiple answers possible)                          | <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> G                                                              |                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                             | <input type="checkbox"/> Restricted area (ED-R) <input type="checkbox"/> Danger area (ED-D)                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                             | <input type="checkbox"/> TMZ <input type="checkbox"/> RMZ <input type="checkbox"/> ATZ                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                             |
| #4.2 Specify the initial air risk class and the reasoning for choosing it<br>(refer to Figure 4 of AMC 1 to Article 11 of IR (EU) 2019/947) | <b>Operational volume</b><br><input type="checkbox"/> ARC-a<br><input type="checkbox"/> ARC-b<br><input checked="" type="checkbox"/> ARC-c<br><input type="checkbox"/> ARC-d                                                                                         |                                                                                                                                                                             |
| <b>Remarks/Reasoning for Step #4</b><br>Figure 4 of AMC 1                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                             |
| Step #5 Strategic air risk mitigations and final air risk class                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                             |
| #5.1 Specify, if strategic mitigations of the air risk class were applied                                                                   | <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                             |
| #5.2 Residual air risk class<br>(after strategic mitigation)                                                                                | <b>Operational volume</b><br><input type="checkbox"/> ARC-a<br><input checked="" type="checkbox"/> ARC-b<br><input type="checkbox"/> ARC-c<br><input type="checkbox"/> ARC-d                                                                                         | <b>Adjacent airspace</b><br><input type="checkbox"/> ARC-a<br><input checked="" type="checkbox"/> ARC-b<br><input type="checkbox"/> ARC-c<br><input type="checkbox"/> ARC-d |
| <b>Remarks/Reasoning for Step #5</b>                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                             |
| Step #6 TMPR and robustness level                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                             |
| #6 Tactical mitigations performance Requirements<br>(refer to Annex D to AMC 1 to Article 11 of IR (EU) 2019/947)                           | <input type="checkbox"/> VLOS<br><input checked="" type="checkbox"/> BVLOS<br><input type="checkbox"/> No requirement (ARC-a)<br><input checked="" type="checkbox"/> Low (ARC-b)<br><input type="checkbox"/> Medium (ARC-c)<br><input type="checkbox"/> High (ARC-d) |                                                                                                                                                                             |
| <b>Remarks/Reasoning for Step #6</b>                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                             |
| Step #7 SAIL determination                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                             |
| #7 Specific Assurance and Integrity Level                                                                                                   | <input type="checkbox"/> SAIL I<br><input checked="" type="checkbox"/> SAIL II<br><input type="checkbox"/> SAIL III<br><input type="checkbox"/> SAIL IV<br><input type="checkbox"/> SAIL V<br><input type="checkbox"/> SAIL VI                                       |                                                                                                                                                                             |
| Step #8 Identification of operational safety objectives (OSOs)                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                             |
| #8 Operational safety objectives                                                                                                            | As per identified SAIL from Step #7 and 2.5.2 of AMC1 to Article 11 (Table 6) of RG (EU) 2019/947                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                             |

| Step #9 Adjacent area / airspace considerations<br>(choose #9.1 OR #9.2 OR #9.3!)                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>#9.1 Safety requirement for containment</b><br>(if one of the checkboxes is ticked, enhanced containment measures apply, consider #9.2 alternatively)   | Safety requirement for containment according to AMC1 Article 11, section 2.5.3, Step #9 of the IR (EU) 2019/947<br><br><u>Please specify:</u><br><br>The adjacent areas<br><input checked="" type="checkbox"/> contain assemblies of people<br><input type="checkbox"/> are ARC-d<br><br>If the operational volume is in a populated area:<br><input checked="" type="checkbox"/> The M1 mitigation was applied.<br><input type="checkbox"/> The operating area is a controlled ground area                                                                                                        |
| <b>#9.2 Alternative means of compliance SORA 2.0 containment – version 01</b><br>(if one of the checkboxes is ticked, enhanced containment measures apply) | Alternative means of compliance SORA 2.0 containment (AltMoC to AMC1 Article 11, section 2.5.3, Step #9 of the IR (EU) 2019/947)<br><br><u>Please specify:</u><br><br>The adjacent areas<br><input checked="" type="checkbox"/> contain large assemblies of people (around 20,000 people or more) within 1 km distance from the operational volume.<br><br>If the adjacent area is a populated area:<br><input checked="" type="checkbox"/> The M1 mitigation on medium or high robustness has been applied.<br><input type="checkbox"/> The operation is conducted over a controlled ground area. |
| <b>#9.3 No enhanced containment</b><br>(only applicable if no other checkboxes in #9.1 or #9.2 are ticked)                                                 | <input type="checkbox"/> Enhanced containment measures do not apply                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Remarks/Reasoning for Step #9</b>                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Step #10 Comprehensive safety portfolio                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>#10 Compliance matrix for safety requirements</b>                                                                                                       | Please fill in the compliance matrix for SORA completely in Step #10. It can be found on the next page.<br><br>Have all safety requirements been described and met?<br><input checked="" type="checkbox"/> Yes<br><input type="checkbox"/> No                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Confirmation                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Place, date</b>                                                                                                                                         | <b>Name and signature</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

## Step #10 Comprehensive Safety Portfolio

| Mitigation                                                                                          | Level of robustness                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Remarks (e.g. EASA design verification)                    | Reference to documentation                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ground risk mitigations</b>                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                            |                                                                                                                      |
| <b>M1 Strategic mitigation for ground risk</b>                                                      | <input type="checkbox"/> None<br><input type="checkbox"/> Low<br><input checked="" type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High                                                                                                                                                                                                                                                                                          | UAS MTOW < 25 kg<br>DVR, wenn vorhanden                    | Document name: Betriebskonzept<br>Page number:<br>Chapter number: Kapitel "Normalbetrieb"                            |
| <b>M1 Tethered operation</b><br>(fill in only if tethered operation)                                | <input type="checkbox"/> None<br><input type="checkbox"/> Low<br><input type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                            | Document name:<br>Page number:<br>Chapter number:                                                                    |
| <b>M2 Effects of ground impact are reduced</b> (e.g. parachute)                                     | <input type="checkbox"/> None<br><input type="checkbox"/> Low<br><input type="checkbox"/> Medium<br><input checked="" type="checkbox"/> High                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Hersteller - Aircraft Flight Manual<br><br>Fallschirms DVR | Document name: Betriebskonzept Kapitel 6 bzgl. Technik und Aircraft Flight Manual<br>Page number:<br>Chapter number: |
| <b>M3 An emergency response plan (ERP) is in place, the UAS operator is validated and effective</b> | <input type="checkbox"/> Low<br><input checked="" type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | ERP ist vorhanden                                          | Document name: Betriebskonzept<br>Page number:<br>Chapter number: Kapitel "Notfallplan"                              |
| <b>Strategic air risk mitigations</b>                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                            |                                                                                                                      |
| <b>Air risk class mitigation</b>                                                                    | <input type="checkbox"/> ARC-d (AEC 1 or 2) → ARC-c<br><input type="checkbox"/> ARC-d (AEC 1 or 2) → ARC-b<br><input type="checkbox"/> ARC-d (AEC 3) → ARC-c<br><input type="checkbox"/> ARC-d (AEC 3) → ARC-b<br><input type="checkbox"/> ARC-c (AEC 4) → ARC-b<br><input type="checkbox"/> ARC-c (AEC 5) → ARC-b<br><input checked="" type="checkbox"/> ARC-c (AEC 6,7,8) → ARC-b<br><input type="checkbox"/> ARC-c (AEC 9) → ARC-b | Betriebsabsprache mit der DFS                              | Document name: Betriebskonzept<br>Page number:<br>Chapter number: Kapitel "Normalbetrieb"                            |

| Mitigation                                           | Level of robustness                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Remarks (e.g. EASA design verification)                         | Reference to documentation                                                                                                      |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tactical mitigations performance requirements</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                 |                                                                                                                                 |
| <b>TMPR level</b>                                    | <input type="checkbox"/> VLOS (deconfliction scheme)<br><input checked="" type="checkbox"/> BVLOS<br><input type="checkbox"/> No requirement (ARC-a)<br><input checked="" type="checkbox"/> Low requirement (ARC-b)<br><input type="checkbox"/> Medium requirement (ARC-c)<br><input type="checkbox"/> High requirement (ARC-d) |                                                                 | Document name: Betriebskonzept<br>Page number:<br>Chapter number: Kapitel "Normalbetrieb"                                       |
| <b>TMPR function</b>                                 | Detect                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Echtzeit Luftlagebild von der bemannte und unbemannte Luftfahrt | Document name: Betriebskonzept<br>Page number:<br>Chapter number: Kapitel "Normalbetrieb"                                       |
|                                                      | Decide                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | "DaaS" Festgelegte Verfahren                                    | Document name: Betriebskonzept<br>Page number:<br>Chapter number: Kapitel "Procedures"                                          |
|                                                      | Command                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Hersteller liefert Daten. Latenzen nicht länger als 5 Sekunden  | Document name: Aircraft Flight Manual<br>Page number:<br>Chapter number:                                                        |
|                                                      | Execute                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Hersteller liefert Daten. Ausgezeichnete UAS-Performance.       | Document name: Aircraft Flight Manual<br>Page number:<br>Chapter number:                                                        |
|                                                      | Feedback loop                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Schnelle Datenübertragung und Internetverbindung                | Document name: Aircraft Flight Manual<br>Page number: Betriebskonzept Kapitel "Normalbetrieb" über dronePORT<br>Chapter number: |
| <b>TMPR robustness</b>                               | TMPR integrity and assurance objectives                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Niedrig                                                         | Document name: Hersteller liefert die technische Nachweise<br>Page number:<br>Chapter number:                                   |
| <b>Safety requirement</b>                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                 |                                                                                                                                 |
| <b>Safety requirement</b>                            | <input checked="" type="checkbox"/> Basic containment<br><input type="checkbox"/> Enhanced containment                                                                                                                                                                                                                          |                                                                 | Document name:<br>Page number:                                                                                                  |



| Mitigation                                                                                         | Level of robustness                                                                                                                              | Remarks (e.g. EASA design verification)     | Reference to documentation                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Operational Safety Objectives</b>                                                               |                                                                                                                                                  |                                             |                                                                                              |
| <b>OSO #01</b><br>Ensure that the UAS operator is competent and/or proven                          | <input type="checkbox"/> Optional<br><input checked="" type="checkbox"/> Low<br><input type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High | HPA und Hersteller zuständig                | Document name: Betriebskonzept<br>Page number:<br>Chapter number: Kapitel "Allgemeiner Teil" |
| <b>OSO #02</b><br>UAS manufactured by competent and/or proven entity                               | <input checked="" type="checkbox"/> Optional<br><input type="checkbox"/> Low<br><input type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High | Hersteller zuständig                        | Document name: Aircraft Flight Manual<br>Page number:<br>Chapter number:                     |
| <b>OSO #03</b><br>UAS maintained by competent and/or proven entity                                 | <input checked="" type="checkbox"/> Low<br><input type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High                                      | Hersteller übernimmt die Wartung            | Document name: Betriebskonzept<br>Page number:<br>Chapter number: Kapitel "Wartung"          |
| <b>OSO #04</b><br>UAS developed to authority recognised design standards                           | <input checked="" type="checkbox"/> Optional<br><input type="checkbox"/> Low<br><input type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High | Hersteller zuständig<br>DVR falls vorhanden | Document name: Aircraft Flight Manual<br>Page number:<br>Chapter number:                     |
| <b>OSO #05</b><br>UAS is designed considering system safety and reliability                        | <input checked="" type="checkbox"/> Optional<br><input type="checkbox"/> Low<br><input type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High | Hersteller zuständig                        | Document name: Aircraft Flight Manual<br>Page number:<br>Chapter number:                     |
| <b>OSO #06</b><br>C3 link characteristics are appropriate for the operation                        | <input type="checkbox"/> Optional<br><input checked="" type="checkbox"/> Low<br><input type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High | Hersteller zuständig                        | Document name: Aircraft Flight Manual<br>Page number:<br>Chapter number:                     |
| <b>OSO #07</b><br>Inspection of the UAS (product inspection) to ensure consistency with the ConOps | <input checked="" type="checkbox"/> Low<br><input type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High                                      | HPA und Hersteller zuständig                | Document name: Betriebskonzept<br>Page number:<br>Chapter number:                            |

| Mitigation                                                                            | Level of robustness                                                                                                                              | Remarks (e.g. EASA design verification)         | Reference to documentation                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OSO #08, OSO #11, OSO #14 and OSO #21<br>Operational procedures                       | <input type="checkbox"/> Low<br><input checked="" type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High                                      | HPA zuständig                                   | Document name: Betriebskonzept<br>Page number:<br>Chapter number: Kapitel "Procedures"                        |
| OSO #09, OSO #15 and OSO #22<br>Remote crew competencies                              | <input checked="" type="checkbox"/> Low<br><input type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High                                      | HPA zuständig                                   | Document name: Betriebskonzept<br>Page number:<br>Chapter number: Kapitel "Allgemeiner Teil" und "Ausbildung" |
| OSO #10 and OSO #12<br>Safe design                                                    | <input checked="" type="checkbox"/> Low<br><input type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High                                      | Hersteller zuständig<br><br>DVR falls vorhanden | Document name: Aircraft Flight Manual<br>Page number:<br>Chapter number:                                      |
| OSO #13<br>External services supporting UAS operations are adequate for the operation | <input checked="" type="checkbox"/> Low<br><input type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High                                      | HPA und Hersteller zuständig                    | Document name: Betriebskonzept und Aircraft Flight Manual<br>Page number:<br>Chapter number:                  |
| OSO #16<br>Multi-crew coordination                                                    | <input checked="" type="checkbox"/> Low<br><input type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High                                      | HPA zuständig                                   | Document name: Betriebskonzept<br>Page number:<br>Chapter number: Kapitel "Procedures" und "Ausbildung"       |
| OSO #17<br>Remote crew is fit to operate                                              | <input checked="" type="checkbox"/> Low<br><input type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High                                      | HPA zuständig                                   | Document name: Betriebskonzept<br>Page number:<br>Chapter number: Kapitel "Allgemeiner Teil"                  |
| OSO #18<br>Automatic protection of the flight envelope from human error               | <input checked="" type="checkbox"/> Optional<br><input type="checkbox"/> Low<br><input type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High | HPA und Hersteller zuständig                    | Document name: Betriebskonzept und Aircraft Flight Manual<br>Page number:<br>Chapter number:                  |
| OSO #19<br>Safe recovery from human error                                             | <input checked="" type="checkbox"/> Optional<br><input type="checkbox"/> Low<br><input type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High | HPA und Hersteller zuständig                    | Document name: Betriebskonzept und Aircraft Flight Manual<br>Page number:<br>Chapter number:                  |

| Mitigation                                                                                                                              | Level of robustness                                                                                                                              | Remarks (e.g. EASA design verification)         | Reference to documentation                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>OSO #20</b><br>A human factors evaluation has been performed and the human machine interface (HMI) found appropriate for the mission | <input type="checkbox"/> Optional<br><input checked="" type="checkbox"/> Low<br><input type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High | HPA zuständig                                   | Document name: Betriebskonzept<br>Page number:<br>Chapter number: Kapitel "Ausbildung"    |
| <b>OSO #23</b><br>Environmental conditions for safe operations are defined, measurable and adhered to                                   | <input checked="" type="checkbox"/> Low<br><input type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High                                      | HPA zuständig                                   | Document name: Betriebskonzept<br>Page number:<br>Chapter number: Kapitel "Normalbetrieb" |
| <b>OSO #24</b><br>UAS is designed and qualified for adverse environmental conditions                                                    | <input checked="" type="checkbox"/> Optional<br><input type="checkbox"/> Low<br><input type="checkbox"/> Medium<br><input type="checkbox"/> High | Hersteller zuständig<br><br>DVR falls vorhanden | Document name: Aircraft Flight Manual<br>Page number:<br>Chapter number:                  |
| <b>Confirmation</b>                                                                                                                     |                                                                                                                                                  |                                                 |                                                                                           |
| Place, date<br>November, 2024                                                                                                           |                                                                                                                                                  | Name and signature                              |                                                                                           |



## Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit

Gemäß der Allgemeinen Prüfungs- und Studienordnung ist zusammen mit der Abschlussarbeit eine schriftliche Erklärung abzugeben, in der der Studierende bestätigt, dass die Abschlussarbeit „– bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit [(§ 18 Abs. 1 APSO-TI-BM bzw. § 21 Abs. 1 APSO-INGI)] – ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich zu machen.“

Quelle: § 16 Abs. 5 APSO-TI-BM bzw. § 15 Abs. 6 APSO-INGI

Dieses Blatt, mit der folgenden Erklärung, ist nach Fertigstellung der Abschlussarbeit durch den Studierenden auszufüllen und jeweils mit Originalunterschrift als letztes Blatt in das Prüfungsexemplar der Abschlussarbeit einzubinden.

Eine unrichtig abgegebene Erklärung kann -auch nachträglich- zur Ungültigkeit des Studienabschlusses führen.

### Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung der Arbeit

Hiermit versichere ich,

Name: Quelal Palacios

Vorname: Cristian Andrés

dass ich die vorliegende Bachelorarbeit bzw. bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit – mit dem Thema:

„DaaS“ Betriebskonzept und UAS-Analyse für den optimalen Betrieb.

ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

*- die folgende Aussage ist bei Gruppenarbeiten auszufüllen und entfällt bei Einzelarbeiten -*

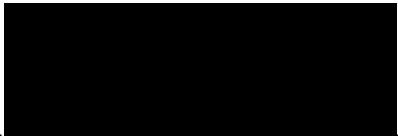
Die Kennzeichnung der von mir erstellten und verantworteten Teile der -bitte auswählen- ist erfolgt durch:

Hamburg

Ort

15.11.2024

Datum

  
Unterschrift im Original