

# Mobile Unit for Testing and Certification

## Verbundprojekt MONITOR

mFund Sonderaufruf „UAS und Flugtaxis“

Förderkennzeichen: 45UAS1005

Projektlaufzeit: 1. Juli 2019 - 7. Februar 2020

## Schlussbericht

Volker Gollnick, Tobias Marks, Oliver Schneider, Phillip Mrohs

Technische Universität Hamburg, Institut für Lufttransportsysteme, Blohmstraße 20, 21079 Hamburg

NavCert GmbH, Hermann-Blenk-Straße 22a, 38108 Braunschweig

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

---

# Vorwort

Die urbane Luftmobilität sowie verschiedene innovative Anwendungen von UAS stehen in den Startlöchern und erste Projekte zeigen, dass solche Systeme grundsätzlich machbar sind und gewinnbringend eingesetzt werden können. Der automatisierte Flug von UAS im urbanen Umfeld ist, besonders wenn dieser außerhalb der Sichtweite durchgeführt wird (BVLOS), jedoch mit zahlreichen Risiken verbunden. UAS die im urbanen Umfeld eingesetzt werden, müssen daher umfassend geprüft werden. Dies geschieht jedoch meist im Rahmen von Laborversuchen bzw. unter realitätsfernen Testbedingungen. Hier können Effekte, die durch eine Nutzung der UAS im geplanten Flugumfeld (z.B. im urbanen Raum) entstehen, nur unzureichend geprüft werden. Im Projekt MONITOR soll daher eine mobile Versuchsstation entworfen werden, die die Prüfung von UAS und deren Steuerungssystemen in unterschiedlichen Umgebungen ermöglicht. Hierzu sollen verschiedene Testszenarien entworfen und hieraus Anforderungen an die Versuchsstation und die erforderliche Testausrüstung abgeleitet werden. Zu diesen Szenarien zählen u.a. das Prüfen von der Navigationsgenauigkeit durch Tracking, der Einhaltung von Geofencing-Vorgaben, reproduzierbare Landegenauigkeit sowie elektromagnetische Verträglichkeit. Die notwendigen Systeme wie z.B. Kameras, DGNSS-Empfänger, Tracker und Funkanlagen sollen in einen mobilen Container integriert werden, der gleichzeitig als Versuchsleitstand und Arbeitsplatz der Prüfer dient. Im Rahmen des Projektes werden die notwendigen Systeme identifiziert und deren Integration in den Container durch die Erstellung von entsprechenden CAD-Modellen durchgeführt. Schnittstellen zwischen den Systemen werden definiert und notwendige Software identifiziert. Auf Basis der Arbeiten im Projekt MONITOR kann in einem Folgeprojekt die Versuchsstation aufgebaut und zum Anbieten von Dienstleistungen zur Prüfung und Zulassung von UAS verwendet werden. Hierbei ist insbesondere die mobile Bauart vorteilhaft, die auch einen Einsatz direkt beim Kunden ermöglicht. Auch kann die Station zu Kontrollzwecken, z.B. bei der Einrichtung einer neuen UAS-Regelstrecke, Verwendung finden. Zudem ist die Durchführung von wissenschaftlichen Versuchen ein Einsatzfeld, welches durch MONITOR stark erweitert werden kann. Hierzu zählen besonders im urbanen Raum z.B. Versuche zu Abschattungseffekten, Lärm, Mehrwegeausbreitung, GNSS-Integrität aber auch Schattenwurf oder das Verhalten der UAS bei Windeinflüssen besonders in Häuserschluchten.

# Inhaltsverzeichnis

<b>I. Kurzdarstellung</b>	<b>6</b>
<b>1. Aufgabenstellung</b>	<b>6</b>
1.1. Gesamtziel . . . . .	6
<b>2. Voraussetzungen</b>	<b>7</b>
2.1. Beiträge der TUHH . . . . .	7
2.2. Beiträge der NavCert GmbH . . . . .	7
<b>3. Planung und Ablauf</b>	<b>8</b>
3.1. Projektstruktur . . . . .	8
3.1.1. AP0 „Projektmanagement“ . . . . .	8
3.1.2. HAP1 „Definition“ . . . . .	8
3.1.3. HAP2 „Entwurf“ . . . . .	9
3.2. Zeitplanung und Ablauf . . . . .	10
<b>4. Technisch-wissenschaftlicher Stand zu Projektstart</b>	<b>11</b>
4.1. Bisherige Arbeiten TUHH . . . . .	11
4.2. Bisherige Arbeiten NavCert . . . . .	11
<b>5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen</b>	<b>12</b>
<b>6. Zusammenfassung der Ergebnisse</b>	<b>12</b>
<b>II. Detaillierte Darstellung der Projektergebnisse</b>	<b>13</b>
<b>7. Prüfszenarien (AP1.1)</b>	<b>13</b>
7.1. Analyse aktueller und künftiger UAS Anwendungen . . . . .	13
7.2. Erarbeitung des Ablaufs einer typischen Testkampagne . . . . .	13
7.3. Erarbeitung von Prüfkriterien . . . . .	14
<b>8. Systemanforderungen/Vorauswahl (AP1.2)</b>	<b>15</b>
8.1. Anforderungen an Messtechnik . . . . .	15
8.2. Anforderungen an Versuchsstation . . . . .	16
8.3. Konfiguration der Versuchsstation . . . . .	16
8.3.1. Bodensystem . . . . .	16
8.3.2. Luftsystem . . . . .	16
8.4. Umsetzungskonzept . . . . .	17
8.5. Auswahl der Messtechnik . . . . .	18
8.5.1. GNSS-Basisstation . . . . .	18
8.5.2. GNSS-Referenz (UAS) . . . . .	18
8.5.3. Zusätzliche Sensorik . . . . .	19
<b>9. Beschaffungsliste/Kostenkalkulation (AP1.3)</b>	<b>20</b>
<b>10. Integration CAD (AP2.1)</b>	<b>21</b>

<b>11. Integration Software (AP2.2)</b>	<b>23</b>
<b>12. Verwertungskonzept (AP2.3)</b>	<b>24</b>
12.1. Anschlussfähigkeit . . . . .	24
12.2. Wissenschaftliche Verwertung . . . . .	24
12.3. Wirtschaftliche Verwertung . . . . .	24
<b>13. Projektmanagement (AP0)</b>	<b>24</b>
<b>14. Prüfung zur Datennutzung</b>	<b>25</b>
<b>Literatur</b>	<b>26</b>

## Nomenklatur

AP	Arbeitspaket
ATM	Air Traffic Management
BVLOS	Beyond Visual Line Of Sight
CAD	Computer Aided Design
CGI	Computer-generated imagery
DGNSS	Differential Global Navigation Satellite System
DGPS	Differential GPS
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EDZ	Europäisches Drohnenzentrum
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HAP	Hauptarbeitspaket
ILT	Institut für Lufttransportsysteme
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
MS	Meilenstein
PSP	Projektstrukturplan
SORA	Specific Operations Risk Assessment
TUHH	Technische Universität Hamburg
UAM	Urban Air Mobility
UAS	Unmanned Aerial System
VR	Virtual Reality

# Teil I.

## Kurzdarstellung

### 1. Aufgabenstellung

#### 1.1. Gesamtziel

Das Kernziel des Projektes MONITOR ist der Entwurf einer mobilen Versuchsstation, die eine Prüfung von UAS für deren Einsatz beispielsweise im urbanen Umfeld oder im Rahmen einer zukünftigen EU-Baumusterzulassung ermöglicht. Durch die Versuchsstation, die in einem mobilen Container untergebracht ist welcher gleichzeitig als Leitstand und Arbeitsplatz für die Versuchsleiter dient, kann eine Vielzahl von denkbaren Szenarien geprüft werden. Hierzu zählt unter anderem die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Mehrwegeausbreitung von Funksignalen, Abschattung, GNSS-Integrität und Windanfälligkeit. Zusätzlich können neue Systeme zur Flugführung insbesondere außerhalb der Sichtweite (BVLOS) aber z.B. auch Systeme zur Drohnenabwehr geprüft werden. Die Prüfung der grundsätzlichen Flugeigenschaften der UAS ist nicht geplant. Es wird davon ausgegangen, dass die UAS grundsätzlich flugtauglich sind. Ein weiterer Nutzungsaspekt von MONITOR ergibt sich aus der Bearbeitung von wissenschaftlichen Fragestellungen wie z.B. Fluglärm oder Schattenwurf welche experimentell betrachtet werden können. Das Projekt wird unter Leitung des Instituts für Lufttransportsysteme (ILT) der Technischen Universität Hamburg (TUHH) in Zusammenarbeit mit der NavCert GmbH durchgeführt. Die Verwertung erfolgt durch das Einwerben weiterer Drittmittel in Folgeprojekten sowie ggf. durch die Veröffentlichung der Projektergebnisse auf nationalen und internationalen Konferenzen und die Anfertigung studentischer Arbeiten. Ferner liefern die Projektergebnisse wichtige Beiträge zur weiteren Umsetzung des Konzeptes durch Entscheidungsträger in der Luftfahrt.

## 2. Voraussetzungen

Im Folgenden werden die einzelnen Verbundpartner beschrieben sowie deren Beiträge zum Verbundprojekt MONITOR im Überblick dargestellt.

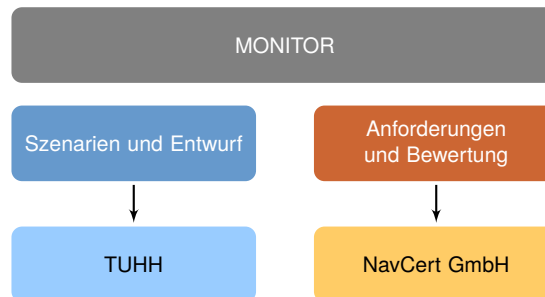


Abbildung 1 – Aufteilung des Verbundprojektes MONITOR in Teilvorhaben.

### 2.1. Beiträge der TUHH

Das Institut für Lufttransportsysteme (ILT) der TUHH betreibt Forschung zum Verständnis der komplexen Wechselwirkungen im Luftverkehr. Das Themenspektrum reicht von innovativen Konzepten, Vorentwurfsfragestellungen, der Optimierung von Teilsystemen bis hin zur Modellierung, Simulation und Bewertung des gesamten Lufttransportsystems in Bezug auf verschiedene technische, ökologische sowie monetäre Leistungsindikatoren. Untergliedert in vier Forschungsfelder, welche sich mit ATM und Flugbetrieb, Flugzeugentwurf, Airline-Logistik/-Betrieb sowie Technologiebewertungsmethoden beschäftigen, ist das Institut in der Lage, neue Lufttransportkonzepte zu entwerfen und deren Machbarkeit aus unterschiedlichen Perspektiven der am Luftverkehr Beteiligten zu untersuchen. Das Institut für Lufttransportsysteme (ILT) der TUHH ist im Verbundprojekt MONITOR neben dem Projektmanagement hauptsächlich mit Aufgaben betraut, die im Bezug zur Analyse der Anwendungen, zur Kostenkalkulation und zum tatsächlichen computergestützten Entwurf der mobilen Versuchsstation stehen. Dabei werden aktuelle und zukünftige UAS Anwendungen analysiert und hieraus mögliche Prüfscenarien abgeleitet. Diese Prüfscenarien bedingen Art und Umfang der notwendigen Messsysteme sowie die Ausgestaltung und Ausstattung der mobilen Versuchsstation. Auf Basis einer Auswahl am Markt verfügbarer Systeme und Komponenten wird darauf aufbauend ein Gesamtkonzept erstellt, für welches im Anschluss daran detaillierte Computermodelle sowie eine Beschaffungsliste und Kostenkalkulation erstellt werden. Parallel hierzu findet eine Analyse der wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Verwertung statt, welche wiederum die Konzepterstellung und Komponentenauswahl beeinflusst.

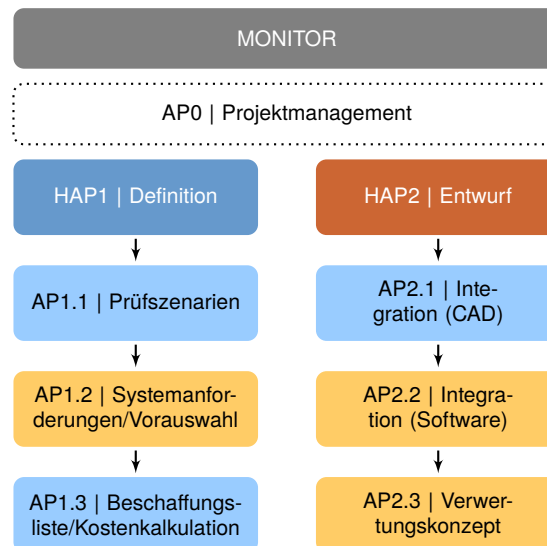
### 2.2. Beiträge der NavCert GmbH

NavCert ist als KMU in den Bereichen Standardisierung, Prüfung und Bewertung sowie Zertifizierung an den beiden Standorten Braunschweig und München tätig. NavCert ist akkreditiertes Labor für GNSS und bietet seit mehr als einem Jahrzehnt Prüfungen und Bewertungen in diesem Umfeld an. Im Projekt MONITOR liegt der Fokus von NavCert auf der Ableitung an Anforderungen an das Testequipment basierend auf den Testscenarien. Darauf aufbauend sollen passende von Drittanbietern angebotene Systeme ausgewählt werden und Softwareschnittstellen für die Anbindung dieser Systeme zur Integration in die mobile Teststation definiert werden. Abschließend soll die wirtschaftliche Verwertbarkeit des mobilen Versuchstandes untersucht werden, um mögliche Versuchs- und Prüfungsdienstleistungen für Interessen (z.B. UAS-Hersteller oder Betreiber) zu erarbeiten.

### 3. Planung und Ablauf

#### 3.1. Projektstruktur

Abb. 2 zeigt den Projektstrukturplan (PSP) des Verbundvorhabens MONITOR. Das Verbundvorhaben ist in drei Haupt-Arbeitspakete (HAPs) unterteilt, die sich thematisch gegeneinander abgrenzen. Die HAPs sind ihrerseits in einzelne Arbeitspakete (APs) aufgeteilt, die sich wiederum aus mehreren Aufgaben zusammensetzen.



**Abbildung 2** – Projektstrukturplan des Verbundprojektes MONITOR (AP-Leitung der TUHH blau hervorgehoben; AP-Leitung von NavCert orange hervorgehoben).

##### 3.1.1. AP0 „Projektmanagement“

AP0 ist losgelöst von den übrigen Hauptarbeitspaketen und deckt dabei das Projektmanagement ab, d.h. die Organisation von Kick-Off-Meeting, Workshops, Review-Meetings und Projektende-Meetings die Anfertigung von Dokumentationen und Berichten und die Koordination der einzelnen Projektpartner. Dieses HAP wird durch die TUHH als Gesamt-Projektkoordinator bearbeitet.

##### 3.1.2. HAP1 „Definition“

Dieses HAP befasst sich in der Hauptsache mit der Erstellung der Prüfscenarien und der Ableitung der Anforderungen an den mobilen Versuchsstand. Auch wird in diesem HAP eine Beschaffungsliste erstellt sowie die Kalkulation der Kosten für den mobilen Versuchsstand durchgeführt. Aufgrund ihrer Expertise auf diesem Forschungsfeld sowie einer hohen Beteiligung an den vorgesehenen Arbeiten ist die TUHH HAP-Leiter.

**AP1.1 „Prüfscenarien“** In AP1.1 „Prüfscenarien“ werden aktuelle und zukünftige UAS Anwendungen analysiert und ein gemeinsamer Prüfkatalog erarbeitet, welcher u. a. Prüfscenarien und Flugmanöver beinhaltet.

**AP1.2 „Systemanforderungen/Vorauswahl“** In AP1.2 „Systemanforderungen/Vorauswahl“ wird auf Basis der Ergebnisse von AP1.1 Anforderungen an den mobilen Versuchsstand hinsichtlich der notwendigen Messsysteme sowie hinsichtlich sonstiger Ausstattung formuliert. Zudem werden in diesem Arbeitspaket Hersteller



der notwendigen Systeme identifiziert, Angebote zur Beschaffung der Systeme eingeholt und eine Vorauswahl der Systeme getroffen.

**AP1.3 „Beschaffungsliste/Kostenkalkulation“** In AP1.3 „Beschaffungsliste/Kostenkalkulation“ erfolgt auf Basis der vorangehenden Arbeitspakete die Erstellung einer Beschaffungsliste aller notwendigen Komponenten inklusive der Ausstattung und Unterbringung der mobilen Versuchsstation z. B. in einem Bürocontainer. Kosten für notwendige Anpassungen (z.B. Kabeldurchführungen am Container) oder für den laufenden Betrieb (z.B. Transportkosten) werden abgeschätzt. AP1.3 ist eng mit AP2.3 verknüpft, da die Verwertung maßgeblich von den Kosten abhängt, die zu beschaffenden Systeme wiederum von der Art der Verwertung abhängen. Aus diesem Grunde laufen beide APs parallel und sind durch mehrere Feedback-Schleifen verknüpft.

**3.1.3. HAP2 „Entwurf“**

HAP2 beschäftigt sich mit dem Entwurf der mobilen Versuchsstation hinsichtlich Hardware und Software. Zudem ist die Verwertungsplanung ein Bestandteil dieses HAPs. Aufgrund ihrer Expertise auf diesem Forschungsfeld sowie einer hohen Beteiligung an den vorgesehenen Arbeiten ist die NavCert GmbH HAP-Leiter.

**AP2.1 „Integration (CAD)“** In AP2.1 „Integration (CAD)“ soll zunächst auf Basis von AP1.2 und AP1.3 CAD-Modelle der Versuchsstation aufgebaut werden. Hierzu zählt das Beschaffen verfügbarer Modelle vom Hersteller, Skizzierung nicht verfügbarer Modelle sowie Integration in einem Gesamtmodell. Notwendige Modifikationen z.B. des Containers werden identifiziert und werden in der Kostenkalkulation in AP1.3 berücksichtigt.

**AP2.2 „Integration (Software)“** In AP2.2 „Integration (Software)“ werden notwendige Software-Schnittstellen der unterschiedlichen Systeme analysiert und Anpassungsbedarf aufgezeigt. Dieser wird in AP1.3 bei der Kostenkalkulation berücksichtigt.

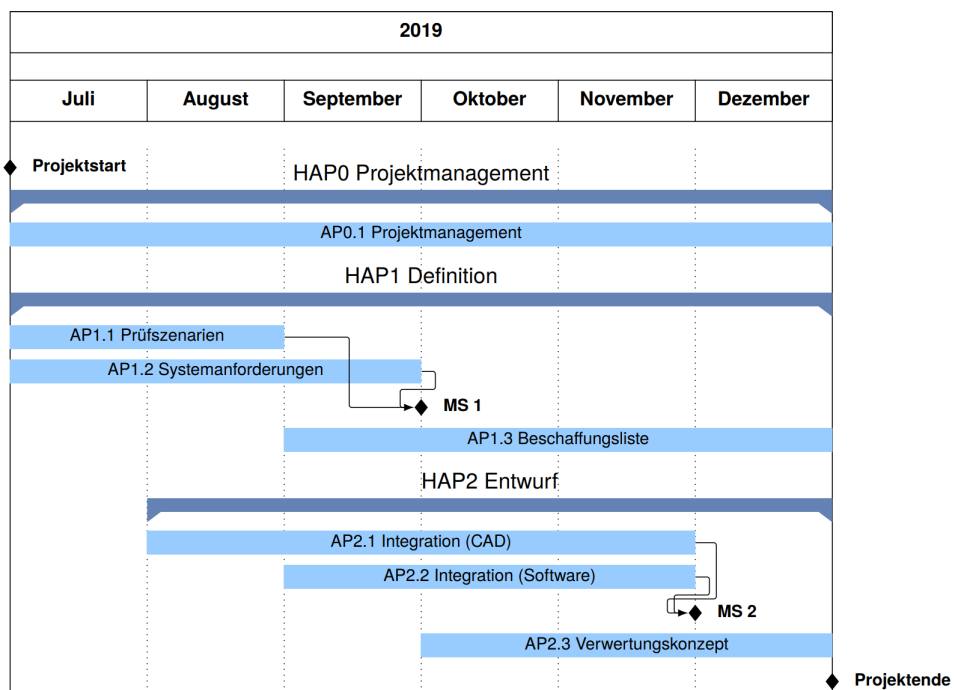


Abbildung 3 – Ursprüngliche Zeitplanung (Gantt-Chart) des Verbundprojektes MONITOR.

**AP2.3 „Verwertungsplanung“** In AP2.3 „Verwertungsplanung“ erfolgt zusätzlich die Ausarbeitung eines Verwertungskonzeptes, in dem zum einen die wissenschaftliche Verwertung seitens der TUHH und zum anderen die wirtschaftliche Verwertung seitens der NavCert GmbH betrachtet werden. AP2.3 ist eng mit AP1.3 verbunden, da die Verwertungsplanung die Kostenkalkulation beeinflusst, umgekehrt die Kosten eine mögliche Verwertung bedingen.

### 3.2. Zeitplanung und Ablauf

Abbildung 3 zeigt den Balkenplan des Projektes MONITOR. Die ursprüngliche Laufzeit des Vorhabens erstreckte sich über 6 Monate. Durch die verspätete Bewilligung nach Projektstart kam es in der Anfangsphase zu leichten Verzögerungen, so dass eine kostenneutrale Verlängerung der Laufzeit bis zum 07.02.2020 genehmigt wurde. Die Arbeiten der Verbundpartner sind dabei weitgehend auf die gesamte Projektlaufzeit verteilt. Die zeitliche Anordnung der einzelnen Arbeitspakete baut dabei logisch aufeinander auf. Arbeitspakete ohne inhaltliche Schnittstellen werden auch parallel durchgeführt. Verschiedene Meilensteine kennzeichnen wichtige Zwischenergebnisse bzw. kritische Entscheidungspunkte, die das weitere Vorgehen im Projekt beeinflussen können. In Tabelle 1 sind die Meilensteine des Verbundvorhabens aufgeführt und genauer beschrieben.

Meilenstein	Beschreibung	Fälligkeit	Auswirkung
MS 1	Prüfszenarien und Systemanforderungen definiert	30/09/2019	AP1.3; AP2.1; AP2.2; AP2.3
MS 2	Integrationskonzept (CAD und Software) abgeschlossen	30/11/2019	AP1.3

**Tabelle 1** – Meilensteine des Projektes MONITOR.

Zusätzlich zu den Meilensteinen sind regelmäßige Projektmeetings und Workshops für alle Verbundpartner angesetzt. Aufgrund der oben genannten verspäteten Bewilligung nach Projektstart kam es zu einer Verschiebung der Arbeiten um ca. 1,5 Monate wodurch auch die Fälligkeit der Meilensteine entsprechend beeinflusst wurde.

## 4. Technisch-wissenschaftlicher Stand zu Projektstart

Verschiedene Testzentren und –gelände zur Flugerprobung von UAS existieren bereits, da seit einigen Jahren intensiv an UAS gearbeitet wird. Hier sei das UAS Testzentrum der Copting GmbH bei Braunschweig genannt, aber auch der Regionalflughafen Magdeburg-Cochstedt, an dem das DLR ein neues Testzentrum für Drohnen, das sogenannte „Nationale Erprobungszentrum für Unbemannte Luftfahrtsysteme“, errichten will. Auch der Leipzig-Altenburg Airport bei Nobitz plant die Umnutzung als „Europäisches Drohnenzentrum (EDZ)“. Weitere Versuchsgelände werden von UAS Herstellern direkt betrieben, beispielsweise von Airbus Helicopters in Manching. Für kleinere UAS bieten auch Modellflugplätze Möglichkeiten zum Testen. Diese Testgelände liegen jedoch immer außerhalb von besiedelten Gebieten und können daher die Gegebenheiten des späteren Einsatzortes nicht hinreichend gut abdecken. Mobile Versuchsstationen oder Prüfstände zur Prüfung von UAS am geplanten Einsatzort sind den Antragstellern nicht bekannt.

Eine aktuelle Basis für mögliche Testaktivitäten zur EU-Typzulassung von UAS stellt die Delegierte Verordnung (EU) 2019/945 über unbemannte Luftfahrzeugsysteme und Drittlandbetreiber unbemannter Luftfahrzeugsysteme dar. Nach Projektende wurde diese durch die Delegierte Verordnung (EU) 2020/1058 geändert bzw. erweitert, durch welche zusätzliche Klassen unbemannter Luftfahrzeugsysteme eingeführt werden.

### 4.1. Bisherige Arbeiten TUHH

Das Thema Urban Air Mobility (UAM) wird bereits seit einiger Zeit am Institut für Lufttransportsysteme (ILT) der Technischen Universität Hamburg (TUHH) bearbeitet. Verschiedene studentische Arbeiten zum Thema UAS Anwendungen und Flugtaxi wurden abgeschlossen oder befinden sich zurzeit in Bearbeitung. Hierbei wurden und werden Aspekte wie z.B. die Prognose von Flugbewegungen, die Analyse des Lufttransportbedarfs und die Platzierung von sog. Vertiports [1] betrachtet. Aber auch neue Betriebskonzepte für UAS z.B. Schwarmflug oder systemische Teilaspekte wie Lärmausbreitung und Downwash [2, 3] oder der Fluggeräteentwurf [4, 5] wurden und werden erarbeitet und bewertet. Zudem strebt das ILT den Aufbau einer Gesamtsimulationskette an, mit deren Hilfe eine Gesamtbewertung [6] neuer UAS oder UAM Anwendungen erfolgen kann.

### 4.2. Bisherige Arbeiten NavCert

NavCert beschäftigt sich in verschiedenen Forschungs- und Kundenprojekten mit der Durchführung von Prüfungen und Zertifizierungen, insbesondere bezogen auf Navigation (GNSS) sowie Integrität. NavCert entwickelt Testprogramme zur Validierung und Zertifizierung basierend auf existierenden oder in Entwicklung befindlichen Standards und verfügt über ein Prüflabor mit verschiedenen Mess- und Testsystemen. Neben verschiedenen Projekten im Automotive-Bereich ist NavCert aktuell im Rahmen von Kundenprojekten auch im UAS-Bereich mit der Definition von Tests für den sicheren Betrieb von UAS der Kategorie „Specific“ durch Arbeiten im Bereich SORA (Specific Operations Risk Assessment) und insbesondere für GNSS-Empfänger tätig. Die Erfahrungen aus diesen Bereichen fließen in die Arbeiten im Verbundprojekt ein

## 5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Projekt wurde unter Leitung des Instituts für Lufttransportsysteme (ILT) der Technischen Universität Hamburg (TUHH) in Zusammenarbeit mit der NavCert GmbH durchgeführt.

## 6. Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Rahmen des Verbundprojektes MONITOR wurde zusammen mit den Projektpartnern ein Konzept für eine Mobile Versuchsstation zur Prüfung und Zulassung von UAS erarbeitet. Im Folgenden werden die Hauptergebnisse des Projektes aufgelistet:

- Erstellung eines Prüfkataloges
- Ableitung von Systemanforderungen an Messtechnik und Versuchsstation
- Auswahl von Komponenten
- Konzeptentwurf und Bewertung konkreter Ausgestaltungen der Versuchsstation
- Detailentwurf einer ausgewählten Variante der Versuchsstation
- Erstellung einer Beschaffungsliste und Kostenabschätzung
- Erarbeitung eines Verwertungskonzeptes

## Teil II.

# Detaillierte Darstellung der Projektergebnisse

## 7. Prüfszenarien (AP1.1)

Ziel des Arbeitspakets 1.1 „Prüfszenarien“ war die Erarbeitung eines Prüfkatalogs, der die Prüfszenarien und Flugmanöver beinhaltet und als Basis für die Ableitung der erforderlichen Messtechnik dienen soll. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden zunächst aktuelle und erwartete zukünftige UAS-Anwendungen analysiert.

### 7.1. Analyse aktueller und künftiger UAS Anwendungen

Zu Beginn des Arbeitspaketes wurde eine Analyse heutiger und zukünftiger UAS-Anwendungen durchgeführt. Zu diesen Anwendungen zählen beispielsweise:

- Transport
- Notfalleinsätze und Waldbrände
- Überwachung
- Inspektion
- Vermessung/Kartierung
- CGI/360° VR
- Fotografie/Filmaufnahmen
- Schadstoffmessung
- Präzisionslandwirtschaft
- Drohnenshows

Zudem wurden gängige UAS Plattformen zu den einzelnen Anwendungen recherchiert und dokumentiert. Auf Basis dieser Arbeiten wurden anschließend typische Missionscharakteristika (z.B. überflogenes Gebiet, Reichweite, UAS-Typ und -Masse etc.) abgeleitet. Anhand von konkreten Anwendungsbeispielen wurden die Missionscharakteristika für die verschiedenen Anwendungen definiert und dokumentiert.

### 7.2. Erarbeitung des Ablaufs einer typischen Testkampagne

Kernidee der mobilen Versuchsstation ist die wirtschaftliche Vermarktung der durch die Station ermöglichten Dienstleistungen im Bereich Prüfung und Zulassung. Im Rahmen des Projektes wurde daher der grundlegende Ablauf bei der Bearbeitung eines Kundenauftrages durch den Betreiber der Versuchsstation erarbeitet. Ein typischer Ablauf gliedert sich demnach in folgende Schritte:

1. Kundenanfrage
2. Technical Alignment
3. Aufbau/Anpassung UAS
4. Versuchsdurchführung

5. Postprocessing
6. Dokumentation/Review
7. Abschluss

Die einzelnen Schritte wurden im Rahmen des Projektes detailliert beschrieben und dokumentiert.

### 7.3. Erarbeitung von Prüfkriterien

Aus den Anwendungen sowie aktuell verfügbaren Richtlinien über die zukünftige EU-Typzulassung von UAS wurden mögliche Prüfkriterien zusammengestellt und näher betrachtet. Ein zentraler Punkt dabei stellt die Navigationsgenauigkeit dar, da diese neben der eigentlichen Trajektoriengenauigkeit (Position sowie ggf. Abstand zur Remote Pilot Station, Flughöhe und Geschwindigkeit) auch für verschiedene Sicherheitsfunktionen relevant ist, die ebenfalls relevante Prüfscenarien darstellen: Geo-Awareness-Funktion und Geofencing sowie Flugverhalten bei Erreichen eines Geofence, Verlust des C2-Datenlinks und resultierendes Flugverhalten, Verlust des GNSS-Signals und resultierendes Flugverhalten, Schubverlust beispielsweise durch Ausfall einzelner Motoren. Weitere Prüfscenarien stellen Lärm, eine eindeutige Identifizierbarkeit des UAS (Remote-ID), sowie verschiedene zusätzliche Systeme und Funktionen (Sense-and-Avoid Systeme/Hinderniserkennung sowie Rettungssysteme) dar. Die aktuell in den EU-Richtlinien vorgesehenen Lärmmessungen nach ISO 3744:2010 finden unter Laborbedingungen statt und sind nur für den Schwebeflug sinnvoll durchführbar. Da der durch unbemannte Luftfahrzeuge (insbesondere Drehflügler) verursachte Lärm sowohl von der Intensität als auch der Frequenz stark vom Flugzustand abhängt und verschiedene reale Flugzustände unter Laborbedingungen nicht ausreichend dargestellt werden können, wird in diesem Bereich u.a. in entsprechenden Arbeitsgruppen beim DIN über dedizierte Prüfverfahren nachgedacht (vgl. [7]).

Die mobile Versuchsstation wird zur Durchführung verschiedenster Prüfungen verwendet. Im Rahmen des Projektes wurden entsprechende grundlegende Prüfscenarien erarbeitet und definiert. Diese werden im Folgenden aufgelistet:

- Zeit bis zur Erfassung der Position durch GNSS (time to first fix)
- Navigationsgenauigkeit
- Geofencing
- Verlust der Funk-Verbindung (link-loss)
- GNSS-Verlust
- Ausfall einzelner Motoren oder Sensoren
- Rettungssysteme
- Vom Anwender gewünschte Szenarien (z.B. Bedienkomfort, Pilotenassistenzsysteme etc.)

Folgende weitere Prüfscenarien würden sich im Rahmen einer Ausbaustufe der mobilen Versuchsstation realisieren lassen:

- Lärm
- Sense-and-Avoid Systeme
- Hinderniserkennung
- Systeme zur Drohnenabwehr und -erkennung
- Test der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV)

## 8. Systemanforderungen/Vorauswahl (AP1.2)

Ziel des Arbeitspakets 1.2 „Systemanforderungen/Vorauswahl“ war die Identifikation der Anforderungen an den mobilen Versuchsstand hinsichtlich der notwendigen Messsysteme sowie hinsichtlich sonstiger Ausstattung. Um dieses Ziel zu erreichen wurde zunächst die erforderliche Messtechnik aus den Prüfscenarien abgeleitet sowie funktionale Anforderungen auf Basis des erwarteten Ablaufs einer Testkampagne identifiziert. Auf dieser Basis wurden dann Hersteller der notwendigen Systeme identifiziert, Angebote zur Beschaffung der Systeme eingeholt und eine Vorauswahl der Systeme getroffen.

### 8.1. Anforderungen an Messtechnik

Die Überwachung der Position und Flugdaten stellt das zentrale Element der meisten Prüfverfahren dar. Darüber hinaus müssen die Umgebungsbedingungen überwacht werden und es sind Systeme zum Einleiten bestimmter Fehlerzustände erforderlich.

Aufbauend auf den oben genannten Prüfscenarien wurde im nächsten Schritt die Notwendigkeit grundlegender Messprinzipien abgeleitet. Diese wiederum diente als Basis für die Auswahl der notwendigen Messsysteme. Als Messprinzipien wurden

- Bestimmung der tatsächlichen Position
- Messung der Umgebungsbedingungen (Temperatur, Druck, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Wind)
- Aufzeichnung der Flug- und Steuerungsdaten des UAS
- Visuelle Verifikation
- Auditive Messung

gewählt. Zusätzlich wurde die Notwendigkeit eines ferngesteuerten Unterbrechers im UAS geprüft, um Systemausfälle (u.a. Antriebsverlust, aber auch Ausfall anderer Systeme) einleiten zu können. Tabelle 2 zeigt die Zuordnung der Prüfscenarien zu den Messprinzipien.

	Position	Umgebungsbed.	Flugdaten	Visuell	Auditiv	Unterbrecher (UAS)
<b>Navigationsgenauigkeit</b>	X	X	X	X		
<b>Geofencing</b>	X	(X)	X	X		
<b>Verlust der Funk-Verbindung</b>	X	(X)	X			
<b>GNSS-Verlust</b>	X	(X)	X			
<b>Ausfall einzelner Motoren</b>	X	(X)	X			X
<b>Sensorausfall</b>	X	(X)	X			X
<b>Lärm</b>	X	X			X	
<b>Sense-and-Avoid Systeme</b>	X	(X)	X			
<b>Hinderniserkennung</b>	X	(X)	X			
<b>Rettungssysteme</b>	X	(X)		X		X
<b>Drohnenabwehr, -erkennung</b>	X	(X)	X	X		
<b>EMV</b>	X	X				

**Tabelle 2** – Übersicht über mögliche grundlegende und zusätzliche Prüfscenarien und hierzu notwendige Messtechnik.

Bezüglich Lärmmessungen kann eine genauere Aussage über den Umfang der erforderlichen Schall-Messtechnik (Anzahl und Montage der einzelnen Mikrofone) auf Grund der fehlenden drohnenspezifischen Messvorgaben erst in einer späteren Ausbaustufe getroffen werden. Auch Sense-and-Avoid Systeme, Systeme zur Hinderniserkennung, Drohnenerkennung und Drohnenabwehr sowie eine Prüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit sollen ggf. erst in einer späteren Ausbaustufe betrachtet werden. Für diese Zwecke kann dann zusätzliche Messausrüstung erforderlich werden (Schallmesstechnik, EMV-Messtechnik, zusätzliches UAS als

Sensorplattform oder zum Testen von Sense-and-Avoid Systemen), für die entsprechender Stauraum bereits vorgesehen wurde.

## 8.2. Anforderungen an Versuchsstation

Im Rahmen des AP1.2 wurden neben den Anforderungen an die Messtechnik die funktionalen und konstruktiven Anforderungen an die Versuchsstation und das Vehikel erarbeitet und bewertet. Tabelle 3 gibt einen groben Überblick über die funktionalen und konstruktiven Anforderungen an die Versuchsstation.

Funktionale Anforderungen		Konstruktive und sonstige Anforderungen	
Vehikel	Raumangebot	Versuchsstation	3 Arbeitsplätze
	Geländegängigkeit		Integrierte Stromversorgung
	Bedienbarkeit (Führerschein)		Stauraum für Equipment
	Kosten	Ausbau	Zugang zu Equipment
	Volumen		Zugang zu Messtechnik
	Sicherer Stand		Verstaumöglichkeit für Messtechnik (ggf. automatisch)
Messtechnik	Freies Sichtfeld	Equipment	Regenschutz
	Freie Anströmung		Mast zur Befestigung der Messtechnik
	Schutz bei Fahrt/Nichtgebrauch		Werkbank
Messdatenübertragung	Datenraten	Equipment	Werkzeug
	Zuverlässigkeit		Laptops/PCs
Stromversorgung	Unterbrechungsfreiheit		ggf. Referenzdrohne
	Ausreichende Kapazität		IT-Systeme
Betrieb	Wetterunabhängiger Betrieb		
	Temperaturunabhängiger Betrieb		

**Tabelle 3** – Übersicht über grundlegende funktionale und konstruktive Anforderungen an die Versuchsstation.

## 8.3. Konfiguration der Versuchsstation

Zur Durchführung der notwendigen Messungen ist eine Datenerfassung sowohl auf dem UAS (Luftsystem) als auch als Referenz am Boden (Bodensystem) erforderlich. Die in Kapitel 7 skizzierten Prüfzenarien erfordern die Verwendung unterschiedlicher Messtechnik. Abbildung 4 zeigt den auf Basis der Anforderungen entwickelten grundlegenden Aufbau der Versuchsstation. Hier wird zwischen einem Bodensystem und einem Luftsystem unterschieden.

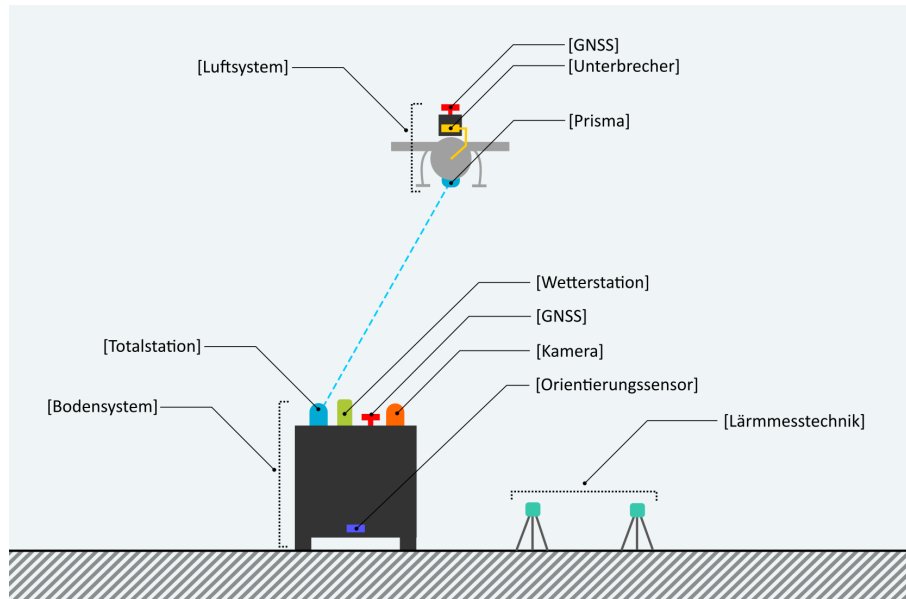
### 8.3.1. Bodensystem

Das Bodensystem dient zur Ermittlung der Referenzdaten, zur Erfassung von Umwelt- und Kameradaten sowie ggf. zur Unterbringung der Arbeitsplätze (falls diese nicht im Vehikel untergebracht sind). Gegebenenfalls wird hier ebenfalls eine Totalstation sowie Messtechnik für die Lärmmessung untergebracht.

### 8.3.2. Luftsystem

Das Luftsystem dient zur Ermittlung der Positionsdaten des UAS und ggf. zur Unterbringung eines Unterbrechers. Je nach Größe des UAS und Prüfzenario ist der Einsatz eines hochpräzisen GNSS-Empfängers mit Inertial Navigation System (INS) oder einer Totalstation mit Reflektor am UAS vorgesehen.





**Abbildung 4** – Grundlegender Aufbau der Versuchsstation mit Trennung von Luft- und Bodensystem

Eine grobe Übersicht über die nötigen Grundsysteme des Bodensystems und des Luftsystems ist in Tabelle 4 dargestellt.

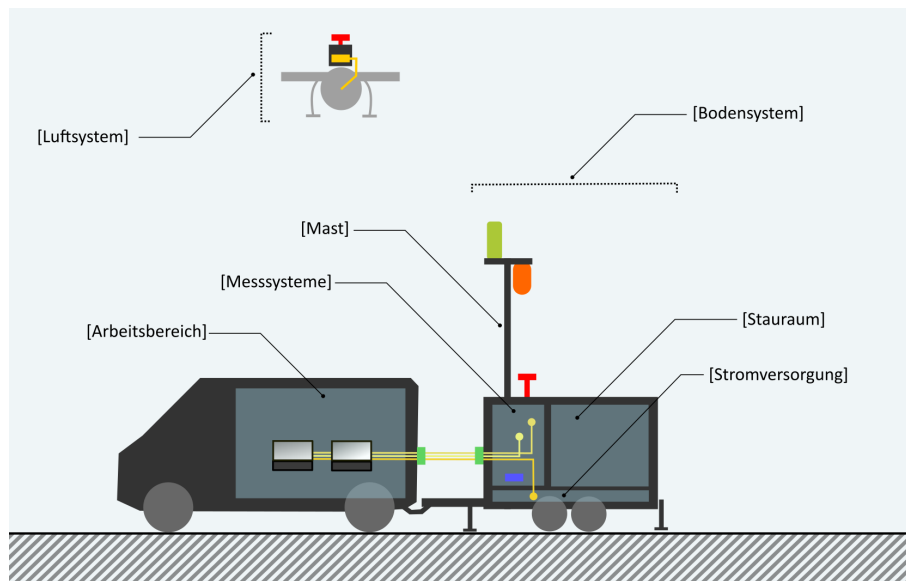
Bodensystem	Luftsystem
GNSS-Referenz	GNSS+INS-System
Wetterstation	Stromversorgung (Akku)
Kamera(s)	Unterbrecher
Orientierungssensor	ggf. Reflektor (Prisma)
Datenspeicher	ggf. Datenlogger
Stromversorgung	
Internet-Router	
ggf. Totalstation	
ggf. Lärmesstechnik	

**Tabelle 4** – Übersicht der im Boden- und Luftsystem notwendigen Grundsysteme.

### 8.4. Umsetzungskonzept

Die Grundkonfiguration lässt sich grundsätzlich durch eine Vielzahl an Möglichkeiten der konstruktiven Umsetzung realisieren. Kosten und Handhabung stellen jedoch weitere Anforderungen an Konstruktion und Funktion und mussten bei der Konzeptentwicklung berücksichtigt werden. Die technischen Umsetzungsvarianten der einzelnen Anforderungen wurden zusammen mit den Projektpartnern bewertet und die aussichtsreichste Variante zur konkreteren Detaillierung ausgewählt. Abbildung 5 zeigt das gewählte Grundkonzept. Hierbei befindet sich die Messtechnik getrennt vom Arbeitsbereich in einem Anhänger. In diesem Anhänger ist neben der Messtechnik auch noch die Stromversorgung sowie Werkzeug und Hilfsmaterialien untergebracht und bildet so das Bodensystem. Außerdem bietet der Anhänger genügend Stauraum, um die zu prüfenden Fluggeräte zum geplanten Testfeld mitzuführen. Die Messtechnik wird während der Fahrt komplett im Anhänger verstaut, wobei ein automatisches Einfahren und Verschließen angedacht ist. Dies gilt insbesondere für den Mast, der während der Fahrt komplett im Anhänger verstaut werden muss. Der Arbeitsbereich findet sich im Zugfahrzeug

und wird über Verbindungskabel mit dem Anhänger verbunden. Hierdurch werden Stromversorgung und Datenübertragung sichergestellt und gleichzeitig eine Übertragung von Schwingungen auf die Messtechnik durch Bewegung vermieden. Die Entkopplung von Messtechnik und Arbeitsbereich bietet hierbei den großen Vorteil, ein geeignetes Zugfahrzeug je nach Bedarf hinzu mieten zu können, wodurch die laufenden Kosten stark reduziert werden. Zusätzlich wird die Übertragung von Schwingungen auf die Messtechnik vermieden. Das gewählte Konzept sieht es zudem vor, die für das Luftsystem erforderlichen Systeme in einer Box am zu prüfenden UAS zu befestigen. Schnittstellen zu den Systemen des UAS müssen hierzu im Vorfeld im Rahmen des technical alignments (vgl. Kapitel 7.2) geklärt und gegebenenfalls geschaffen werden.



**Abbildung 5** – Gewähltes Konzept einer möglichen Umsetzung der Versuchsstation.

## 8.5. Auswahl der Messtechnik

Basierend auf den Anforderungen an die Messausrüstung wurden für die Messtechnikauswahl Geräte aus den nachfolgenden Geräteklassen vorgeschlagen. Sowohl für die UAV-GNSS-Referenz als auch für die zusätzliche Sensorik müssen für einen mobilen Einsatz zudem die Bereiche Stromversorgung, Gewicht und Schutz der Einheit sowie ggf. Datenaufzeichnungsmöglichkeiten betrachtet werden. Basierend auf diesen Vorgaben wurden jeweils diverse Lösungen untersucht und ein Vorschlag wurde unterbreitet.

### 8.5.1. GNSS-Basisstation

Hierfür wird ein GNSS-Receiver mit passender Antenne benötigt, der für die Anwendung als Referenzstation geeignet ist. Hierzu zählen neben den Genauigkeitsangaben in den Bereichen Position und Zeit, ebenfalls Ausfallsicherheit, Datenkontinuität, Mitigationsfähigkeit von GNSS kritischen Szenarien, Multifrequenzeigenschaften, sowie Unterstützung von allen Satellitenkonstellationen, Benutzung als Korrekturdatenserver, Multi-konnektivität zu diversen Kommunikationsstandards (Mobilfunk, WiFi, Bluetooth, ...).

### 8.5.2. GNSS-Referenz (UAS)

Hierfür wird ein GNSS-Receiver mit passender Antenne benötigt, der für die Anwendung als Rover im mittleren bis hohen Dynamikbereich geeignet ist (Fokus: UAS-Dynamik). Eine Unterstützung des GNSS-Receivers mit zusätzlich integrierten Sensoren wird empfohlen. Diese Sensorfusionseinheit für die Drohne muss hierfür

folgende Eigenschaften aufweisen bzw. geeignet sein. Hierzu zählen neben den Genauigkeitsangaben in den Bereichen Position und Zeit, ebenfalls Ausfallsicherheit, Datenkontinuität, Mitigationsfähigkeit von GNSS kritischen Szenarien, Multifrequenzeigenschaften, sowie Unterstützung von allen Satellitenkonstellationen, Multi-konnektivität zu diversen Kommunikationsstandards (Mobilfunk, WiFi, Bluetooth, ...).

### **8.5.3. Zusätzliche Sensorik**

#### **Umweltsensorik**

Hierfür wird ein Umweltmessstation benötigt, die die Parameter Temperatur, Luftdruck, relative Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit messen kann. Die Messstation kann gegebenenfalls auf mehrere Einzelsensoren aufgespalten werden. Zusätzlich müssen für einen mobilen Einsatz die Bereiche Stromversorgung, Gewicht und Schutz der Einheit betrachtet werden.

#### **Neigungssensorik**

Zur Ausrichtung bzw. Korrektur der Daten der Referenzstation wird ein Neigungssensor benötigt, der die Neigung der Antenne in mindestens 2D messen kann.

## 9. Beschaffungsliste/Kostenkalkulation (AP1.3)

In Arbeitspaket 1.3 „Beschaffungsliste/Kostenkalkulation“ sollte auf Basis der vorangehenden Arbeitspakete die Erstellung einer Beschaffungsliste aller notwendigen Komponenten inklusive der Ausstattung und Unterbringung der mobilen Versuchsstation z.B. in einem Bürocontainer erfolgen. Kosten für notwendige Anpassungen (z.B. Kabeldurchführungen am Container) oder für den laufenden Betrieb (z.B. Transportkosten) sollten abgeschätzt werden. AP1.3 war eng mit AP2.3 verknüpft, da die Verwertung maßgeblich von den Kosten abhängt, die zu beschaffenden Systeme wiederum von der Art der Verwertung abhängen.

Im Rahmen der Arbeiten wurde auf Basis der vorangegangenen Arbeitspakete eine Beschaffungsliste sowie eine Kostenübersicht über die unterschiedlichen Komponenten der mobilen Versuchsstation erstellt. Notwendiger Anpassungsbedarf des Anhängers, Auslegung der Stromversorgung sowie die Definition und Recherche nach Ausstattungsgegenständen Auf dieser Basis wird in Tabelle 5 ein grobes Preisgerüst für die Versuchsstation dargestellt.

Posten	Kosten Material	Kosten Material inkl. Aufbau
Bodensystem <sup>1</sup>	25.250,00€	39.500,00€
Luftsystem	11.000,00€	11.000,00€
Ausstattung <sup>2</sup>	4.000,00€	4.000,00€
Software	1.300,00€	1.300,00€
<b>Gesamt</b>	<b>41.550,00€</b>	<b>55.800,00€</b>

**Tabelle 5** – Überschlägige Kostenübersicht der gewählten Variante.

Hierbei werden grundlegend zwei Fälle unterschieden: reine Materialkosten und Materialkosten inkl. Ausbau des Anhängers. Aufgrund der kurzen Projektlaufzeit sowie der Corona-Krise konnte jedoch bis zu Projektende trotz mehrerer Anfragen nur ein Angebot zum Aufbau und Anpassung der Versuchsstation eingeholt werden, welches als Grundlage zur durchgeführten Kostenabschätzung diente. Die hier gezeigte Kostenabschätzung kann daher noch nicht als abschließend betrachtet werden.

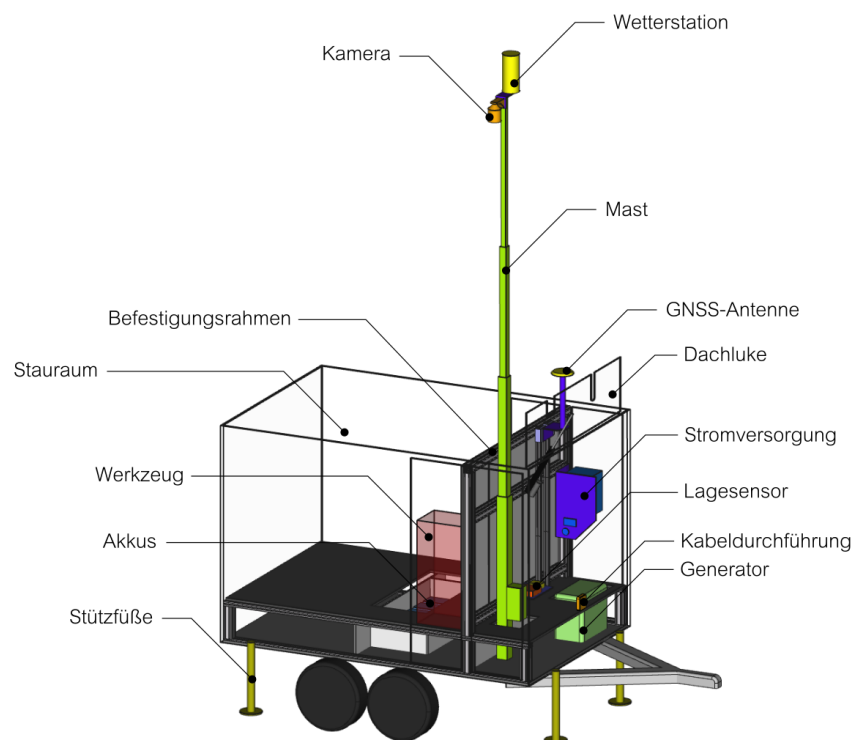
<sup>1</sup>Anhänger inklusive aller Komponenten

<sup>2</sup>beinhaltet auch die IT-Ausstattung ab dem Anschluss am Bodensystem wie z.B. Laptops, Kabel etc.

## 10. Integration CAD (AP2.1)

In Arbeitspaket 2.1 „Integration (CAD)“ sollten auf Basis von AP1.2 und AP1.3 CAD-Modelle der Versuchsstation aufgebaut werden. Hierzu zählte ggf. das Beschaffen verfügbarer Modelle vom Hersteller, Skizzierung nicht verfügbarer Modelle sowie Integration in einem Gesamtmodell. Notwendige Modifikationen z.B. solche des Containers sollten identifiziert und in der Kostenkalkulation in AP1.3 berücksichtigt werden.

Auf Basis der vorangegangenen Arbeiten insbesondere von AP1.2 und AP1.3 wurden in diesem AP für das Boden- und das Luftsystem entsprechende CAD Modelle erstellt. Diese sind in den Abbildungen 6 und 7 dargestellt. Die einzelnen Komponenten sind in den Abbildungen benannt.



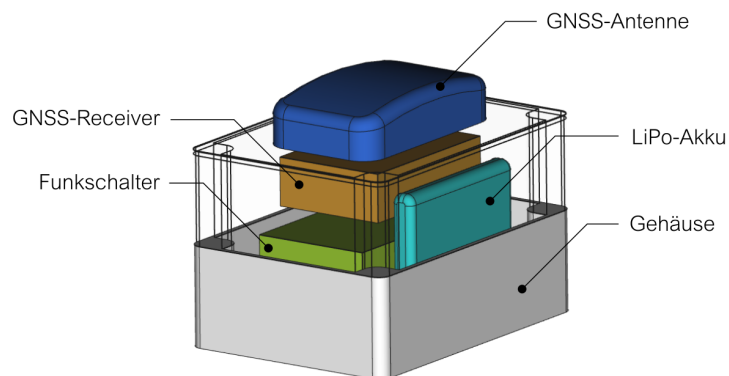
**Abbildung 6** – Beispielhafter Aufbau des Anhängers (Bodensystem) im aufgebauten Zustand; zur besseren Darstellung ist der Anhänger transparent dargestellt.

### Bodensystem

Das Bodensystem zeichnet sich durch die Verwendung eines 2-achsigen Anhängers aus, in dem alle zur Durchführung einer Messkampagne notwendigen Systeme untergebracht sind. Die Arbeitsplätze (z.B. im Zugfahrzeug) werden durch entsprechende Kabel mit Messtechnik und Stromversorgung verbunden. Im vorderen Teil des Anhängers befindet sich die Messtechnik und Stromversorgung, im hinteren Teil ist zusätzlicher Stauraum zum Transport von UAS und Equipment vorgesehen. Beide Bereiche sind durch eine Trennwand getrennt. Durch seitliche Türen im Anhänger kann leicht auf die Messtechnik oder auf Equipment zugegriffen werden. Die Messtechnik (Kamera, Umweltmesstechnik) befindet sich auf einem Mast bzw. an einem stabilen Rahmen (GNSS-Antenne) und kann vor Ort ausgefahren werden. Hierzu ist eine Dachluke im Anhänger vorgesehen, welche zum Ausfahren der Systeme automatisch ausgeklappt und dann wieder geschlossen werden kann. Strom und Daten werden über eine Kabeldurchführung zum Zugfahrzeug weitergeleitet, in dem sich die Arbeitsplätze befinden.

### Luftsystem

Das Luftsystem besteht aus einem schlagfesten und wasserdichten Gehäuse, in der die einzelnen Komponenten integriert sind. Zu diesen Komponenten zählen GNSS-Receiver und -Antenne, Funkschalter und Akku. Im Rahmen der Arbeiten im Projekt wurde auf ein am Markt verfügbares Gehäuse zurückgegriffen. Gegebenenfalls muss das Gehäuse jedoch extra für den vorgesehenen Zweck entwickelt werden, um den Schutz der hochsensiblen Messtechnik bei gleichzeitig geringem Gewicht zu gewährleisten. Das Gehäuse wird mittels geeigneter Methoden an dem jeweiligen UAS befestigt. Dies ist im Rahmen des technical alignments mit dem Auftraggeber zu klären. Kabel (beispielsweise zur Unterbrechung einzelner Funktionen des UAS) werden aus dem Gehäuse herausgeführt und mit der UAS-Elektronik verbunden.



**Abbildung 7** – Beispielhafter Aufbau des an dem UAS zu befestigenden Gehäuses (Luftsystem); zur besseren Darstellung ist der Deckel des Gehäuses transparent dargestellt.

## 11. Integration Software (AP2.2)

Ziel des Arbeitspaketes 2.2 „Integration (Software)“ war eine Zusammenstellung der erforderlichen Software der unterschiedlichen Systeme sowie insbesondere notwendige Software-Schnittstellen und ggf. erforderlicher Anpassungsbedarf, so dass diese im Rahmen der Kostenkalkulation berücksichtigt werden konnten. Die Arbeiten erfolgten in engem Zusammenhang mit der Auswahl der erforderlichen Messtechnik in AP1.2, da ein Teil der erforderlichen Software durch die Messtechnik vorgegeben bzw. direkt davon anhängig ist.

Der erste Schritt bestand aus der Erstellung eines high-level Workflows, der den Datenfluss (vgl. Abbildung 8) sowie die groben Auswerteschritte (vgl. Abbildung 9) darstellt.

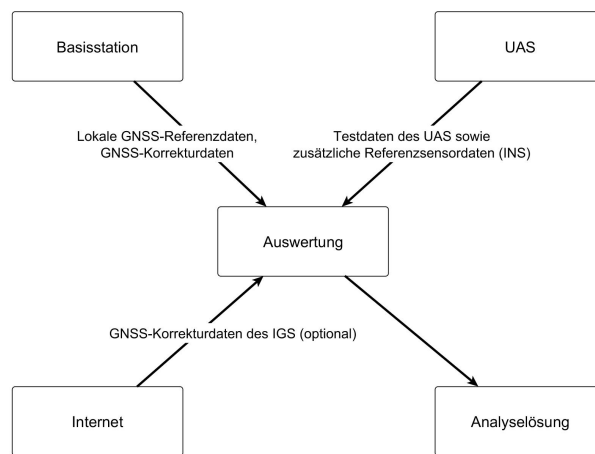


Abbildung 8 – High-level Workflow des Datenflusses.

Basierend auf dem Workflow wurden anschließend kommerzielle Lösungen gesucht, die den Ansprüchen (Schnittstellen, Bestandteile der Analyse, ...) genügen. Hierbei wurde festgestellt, dass für das Sammeln der Daten diverse kommerzielle Lösungen vorhanden sind. Dies trifft ebenfalls teilweise auf die Auswertung zu, die jedoch durch eigene Komponenten ergänzt werden muss. Anhand dieser Abschätzungen wurde eine Empfehlung für Zusammenstellung der erforderlichen Software und des nötigen Anpassungsbedarfs erstellt.

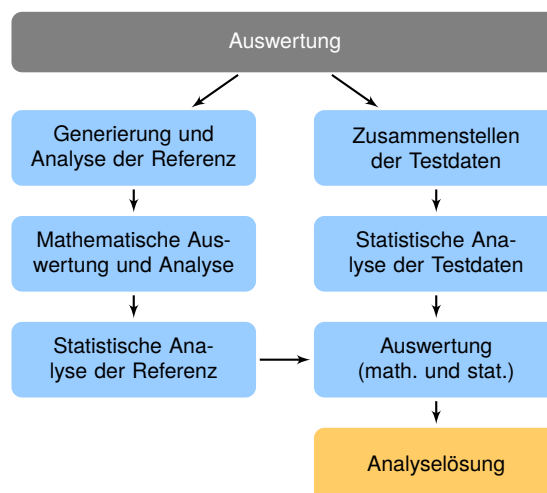


Abbildung 9 – Grundlegender Ablaufplan des Auswertungsprozesses.

## 12. Verwertungskonzept (AP2.3)

Ziel des Arbeitspaketes 2.3 „Verwertungsplanung“ war die Ausarbeitung eines Verwertungskonzeptes, in dem zum einen die wissenschaftliche Verwertung seitens der TUHH und zum anderen die wirtschaftliche Verwertung seitens der NavCert GmbH betrachtet wurde.

### 12.1. Anschlussfähigkeit

Ziel der Arbeiten im Projekt MONITOR war der Konzeptentwurf der Versuchsstation inklusive der Aufstellung einer Beschaffungsliste sowie der Erstellung einer Kostenabschätzung. Der im Projekt erreichte Detaillierungsgrad der Versuchsstation ermöglicht die konkrete Realisierung der Versuchsstation in einem Folgeprojekt. Hierbei wäre es beispielsweise denkbar, das Zusammenspiel der messtechnischen Komponenten zunächst in Form eines Mockups zu erproben und dann in einem weiteren Schritt, die Hardware in den finalen Aufbau zu integrieren. Der finale Aufbau der Versuchsstation bietet eine Vielzahl an wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Verwertungsmöglichkeiten.

### 12.2. Wissenschaftliche Verwertung

Die mobile Versuchsstation bietet die Grundlage für die Bearbeitung einer Vielzahl wissenschaftlicher Fragestellungen im Bereich UAS. Folgende Aufzählung gibt einen Überblick über mögliche wissenschaftliche Themenfelder, die mit Hilfe der Versuchsstation bearbeitet werden könnten.

- Prüfung der Auswirkung spezieller Umgebungsbedingungen auf den UAS-Einsatz
- Tests zur Ermittlung von UAS-Kennzahlen
- Tests zur Prüfung von neuartigen UAS-Systemen, Algorithmen und Verfahren etc.
- Statistische Auswertung und Beobachtung/Monitoring von UAS Strecken
- Tests zur Prüfung der Umweltwirkung von UAS

### 12.3. Wirtschaftliche Verwertung

Für die wirtschaftliche Verwertung der UAS-Teststation sind Testaktivitäten für Hersteller oder Betreiber von UAS vorgesehen. Folgende Auflistung gibt einen groben Überblick über die im Projekt erarbeiteten wirtschaftlichen Verwertungsmöglichkeiten.

- Entwicklungsbegleitende Tests für Hersteller
- Tests zum Nachweis der Eignung des UAS gemäß Kundenanforderungen
- EU-Konformitätsbewertung
- Prüfung zur Risikobewertung (SORA)

## 13. Projektmanagement (AP0)

Im Rahmen des AP0 wurden typische Projektmanagementaufgaben vom Institut für Lufttransportsysteme der TUHH im Verbundprojekt MONITOR wahrgenommen. Hierzu zählten unter anderem die Anberaumung von Projekttreffen und Workshops sowie die Durchführung von regelmäßigen Telefonkonferenzen zur Abstimmung der Arbeitsinhalte.



## **14. Prüfung zur Datennutzung**

Im Rahmen des Projektes wurden keine Daten erhoben bzw. veredelt, Open Data wurde daher auch nicht über die mCLOUD bereitgestellt. Publikationen sind im Rahmen des Projektes bisher nicht erfolgt.

## Literatur

- [1] R. Pille, „Konzeptionelle Auslegung von Start- und Landeplätzen in urbanen Lufttransportsystemen“, Bachelorarbeit, 2019
- [2] L. A. Rieck, „Erarbeitung von Downwash- und Noisemodellen für unbemannte Luftfahrzeuge und Flugtaxis im urbanen Raum“, Bachelorarbeit, 2019
- [3] I. Terekhov, „Assessing noise effects of the urban air transportation system“, AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, doi:10.2514/6.2018-2954, 25.-29. Juni 2018, Atlanta, GA, USA
- [4] J. Mertens, „Nachprojektierung eines AirTaxis in Entenflüglerkonfiguration mit verteilten Antrieben“, Projektarbeit, 2018
- [5] N. Wester, „Modellierung und Nachprojektierung von rotorbasierten VTOL Lufttaxis“, Bachelorarbeit, 2018
- [6] V. Gollnick, N. Dzikus, M. Niklaß, I. Terekhov, M. Swaid, J. Berling, B. Lührs, A. Lau und M. Radde, „Ein Gesamtkonzept zur urbanen Luftmobilität am Beispiel Hamburg“, Forschungsbericht Institut für Lufttransportsysteme (TUHH), in Kooperation mit Deutschem Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), April 2019
- [7] J. Treichel und S. Körper „Untersuchung der Geräuschemission von Drohnen“, Ingenieur.de, 2018, URL: <https://www.ingenieur.de/fachmedien/laermbekaempfung/laermschutz/untersuchung-der-geraeusch-emission-von-drohnen/>