DFS Deutsche Flugsicherung

Luftfahrtforschungsprogramm 2018-2022

Master UAS 360 (20D1905E)

Master 360^0

- Anforderungen für DAA und ATOL bei UAS und HC zur nahtlosen Integration in den Luftverkehr
  Anforderungen für DAA und ATOL bei UAS und HC zur nahtlosen Integration in den Luftverkehr -

Schlussbericht der DFS

DFS Deutsche Flugsicherung GmbH

Impressum

Autor/Ansprechpartner:	Andreas Udovic
Dateiname:	Schlussbericht Master360 DFS
gedruckt:	28.11.2025
zuletzt geändert/gespeichert:	28.11.2025
Anzahl Seiten:	12

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

DFS Deutsche Flugsicherung GmbH
Am DFS-Campus 10
63225 Langen
Tel.: (06103) 707-0

Unterschrift des Projektleiters

Name	Datum	Unterschrift
Andreas Udovic		

Inhalt

1 Rolle der DFS im Verbundprojekt „Master 360“ 5

1.1 Aufgabenstellung und Ziele 5

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde 5

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens 5

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde 6

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen 7

2 Eingehende Darstellung der Ergebnisse 8

2.1 Die Verwendung der Zuwendung und der erzielten Ergebnisse im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele 8

2.1.1 AP 1.4 Konzept Luftraumintegration unbemannter Versuchsträger 8

2.1.2 AP 1.5: Regulierung und Zulassung 10

2.1.3 AP 1.2 „Definition Verkehrsszenarien“ und AP 1.3 „Simulation Verkehrsszenarien“ 10

2.1.4 AP 4.1 Anforderungen ATOL Position und Objekte und AP 6.1: Anforderungen Avoid System cruise and Terrain 10

2.1.5 Weitere Arbeiten der DFS: AP 7 Validierung 11

2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises 11

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit 12

2.4 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans 12

2.5 Während der Durchführung bekannt gewordener Fortschritt Dritter 12

2.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichung des Ergebnisses 12

1 Rolle der DFS im Verbundprojekt „Master 360“

1.1 Aufgabenstellung und Ziele

Ziel der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) war es, die Integration von unbemannten Luftfahrtsystemen zu untersuchen und zu fördern. Ein besonderer Aspekt dabei war die Nutzung eines „Detect and Avoid“ Systems zur Verhinderung von Zusammenstößen zwischen Flugzeugen in der Luft. Dazu sollte die DFS sowohl konzeptuelle Arbeiten als auf an den geplanten Flugversuchen teilnehmen.

Um diese übergeordneten Ziele zu erreichen, beteiligte sich die DFS an verschiedenen Hauptarbeitspaketen (HP). So arbeitete die DFS am HP 1 „Optimierung UAV Luftraumnutzung“, am HP 3 „Rundumsichtradar“; am HP 4 „ATOL – Multisensordatenfusion“ und am HP 6 „Cruise-UTM, Datenfusion und Avoid“ mit. Um die konzeptuellen Arbeiten und technischen Realisierungen zu testen, plante die DFS sich ebenfalls am HP 7 „Funktions- und Integrationsnachweis“ zu beteiligen.

Schwerpunkt der Arbeiten der DFS lagen im HP1, in welchem die DFS das Arbeitspaket 1.4 „Konzept Luftraumintegration unbemannter Versuchsträger“ leitete und im HP 7. Dort sollte die DFS die geplanten Validierungen mit dem unbemannten Versuchsträger und die Flugversuche ATOL mit dem Helikopter begleiten.

Insgesamt war daher die DFS im Projekt „Master 360“ auf die Konzepterstellung und die Validierung konzentriert. Die DFS leitete das Arbeitspaket (AP) 1.4, welches die Luftraumintegration von unbemannten Luftfahrtsystemen beschreiben sollte.

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Projekt „Master 360“ begann 2020 und endete im Mai 2025. Damit fiel der Beginn des Projektes in die Phase der COVID-19 Pandemie, welche den Projektstart erschwerte. Geplante vor-Ort-Besprechungen mussten durch virtuelle Besprechungen ersetzt werden, was gerade im Hauptarbeitspaket 1 zu einem erhöhten Koordinationsaufwand führte. Insbesondere für das AP 1.4 welches die DFS leitete ergaben sich aus diesem Umstand erhöhte Anforderungen. Mit an der Erstellung des Integrationskonzepts waren die Partner Airbus Defence and Space (ADS) sowie die Funke Avionics (FAV).

Nach dem Abklingen der Pandemie konnte das Projekt hinsichtlich der Organisation wie geplant durchgeführt werden, wobei die Anzahl der virtuellen Besprechungen weiter hoch blieb.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Beteiligung der DFS hat sich anhand der sieben Hauptarbeitspakete gegliedert. Dabei lagen die Schwerpunkte der DFS in den HP 1 und 7.

In den einzelnen HP war eine Beteiligung der DFS an folgenden Arbeitspaketen (AP) vorgesehen:

HP 1 „Optimierung UAV Luftraumnutzung“:

- Beteiligung am AP 1.2: Definition Verkehrsszenarien
- Beteiligung am AP 1.3: Simulation Verkehrsszenarien
- Leitung des AP 1.4: Konzept Luftraumintegration unbemannter Versuchsträger
- Beteiligung am AP 1.5: Regulierung und Zulassung

HAP3: Rundumsichtradar

- Beteiligung am AP 3.1: Anforderungen und Systemdesign Radar

HAP4: ATOL - Multisensordatenfusion

- Beteiligung am AP 4.1: Anforderungen ATOL Position und Objekte

HAP6: Cruise-UTM, Datenfusion und Avoid

- Beteiligung am AP 6.1: Anforderungen avoid system cruise and Terrain

HAP7: Funktions- und Integrationsnachweis

- Beteiligung am AP 7.1: Begleitende Simulation Verkehrsszenarien
- Beteiligung am AP 7.5: Demonstration unbemannter Versuchsträger
- Beteiligung am AP 7.6: Flugversuche für ATOL mit Helikopter
- Beteiligung am AP 7.7: Auswertung und Dokumentation Testergebnisse

An den HAP 2 und 5 war die DFS nicht beteiligt.

Die DFS arbeitete in den Arbeitspaketen entsprechend des Arbeitsplans zu, wobei es allerdings teilweise zu Verzögerungen kam. Insbesondere die Beteiligung am Arbeitspaket sieben erwies sich als problematisch, da die geplanten Validierungen nicht durchgeführt werden konnten.

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Für das AP 1.4, für das die DFS die Verantwortung hatte, wurde auf den bisherigen Arbeiten und Regularien aufgesetzt. So wurden die nationalen und europäischen Projekte „Master UAS“ (Luftfahrtforschungsprogramm) und „VISION“ (mFUND) sowie „CORUS“ (SESAR) berücksichtigt. Das „Konzept Luftraumintegration unbemannter Versuchsträger“ legte die vorhandene europäische Regulierung mit den drei Klassen von unbemannten Luftfahrtsystem „offen“, „spezifisch“ und „zertifiziert“ zu Grunde. Zudem wurden bei der Luftraumintegration die Arbeiten der International Civil Aviation Organization (ICAO) berücksichtigt. Weiterhin wurden die während der Laufzeit des Projektes veröffentlichten Regelungen zum U-Space mit in das Dokument eingefügt.

Bei dem Thema „Detect and Avoid” wurde aus DFS Sicht insbesondere an die Arbeiten des ICAO Remotely Piloted Aircraft System (RPAS) Panel angeknüpft. Dort wurden während der Laufzeit des Projektes die Anforderungen an einem Detect and Avoid System definiert. Diese Ergebnisse flossen in das AP 1.5 „Regulierung und Zulassung“ mit ein.

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Während der Projektlaufzeit wurde, neben den Austausch mit den Partnern, der Kontakt zum RPAS-Panel der ICAO genutzt, um Ergebnisse aus diesem in das Projekt einfließen zu lassen. So konnten die Anforderungen aus diesem Panel, soweit vorhanden, im Projekt berücksichtigt werden.

2 Eingehende Darstellung der Ergebnisse

2.1 Die Verwendung der Zuwendung und der erzielten Ergebnisse im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Die Darstellung der durchgeführten Arbeiten gliedert sich entlang der Arbeitspakete mit DFS Beteiligung. Zentral ist dabei das AP 1.4 welches die DFS geleitet hat. Daher wird dieses Arbeitspaket in der Darstellung der Ergebnisse zuerst aufgeführt.

2.1.1 AP 1.4 Konzept Luftraumintegration unbemannter Versuchsträger

Im Rahmen von AP 1.4 war vorgesehen, ein umfassendes Konzept zu entwickeln, das auf dem ADS-Integrationskonzept sowie den Schnittstellendefinitionen basiert. Zusätzlich sollte ein UAS-UTM-Gesamtkonzept einschließlich Kommunikationsdesign erstellt werden. Dazu wurden in einem ersten Schritt bisherige Arbeiten aus sowohl nationalen als auch aus internationalen Projekten ausgewertet. Zudem wurden die U-Space Regulierung der EASA (EU Regulierung 664 bis 666/2020 inklusive Guidance Material) und Informationen zum U-Space Konzept des BMDV, soweit diese während der Erstellung des Konzepts bekannt waren, berücksichtigt.

In einem nächsten Schritt wurden die technischen und organisatorischen Anforderungen an ein Airborne Collision Avoidance System (ACAS) definiert. Dazu wurden die ICAO Arbeiten zum Thema ACAS Xu für unbemannte Luftfahrtsysteme ausgewertet und die Arbeiten des ICAO RAPS Panel zum Thema „Detect and Avoid“ berücksichtigt.

Basierend darauf wurde die Schnittstellen zwischen unbemannten Luftfahrtsystem (UAS) und dem Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) System bzw. U-Space definiert. Auch wurden die Anforderungen aus Air Traffic Management (ATM) inklusive der Schnittstelle zum Detect and Avoid System beschrieben. Die Abbildung zeigt ein Beispiel für ein Detect and Avoid Ausweichmanöver.

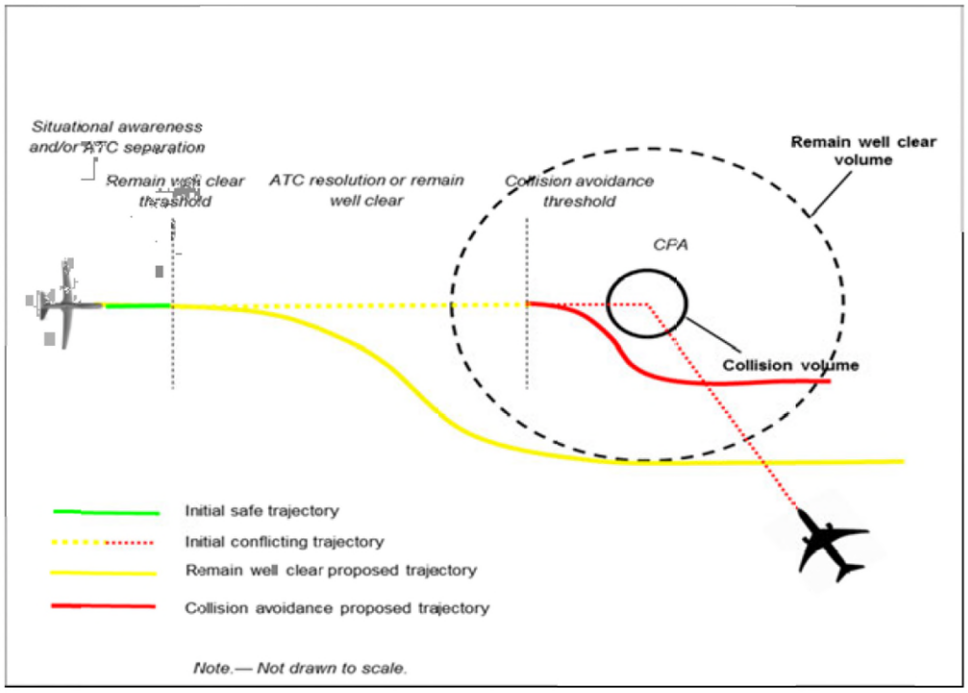

Abbildung 1: Beispiel für eine Ausweichmanöver

Zusammenfassend wurde dann das Gesamtkonzept zur Luftraumintegration von unbemannten Versuchsträgern entwickelt. Die folgende Abbildung gibt den Aufbau des U-Space Systems wieder, dessen zentraler Bestandteil ein UTM System ist, welches dem U-Space Provider und den Common Service Provider erlaubt die UAS-Piloten mit den notwendigen Informationen für einen sicheren Flug zu versorgen.

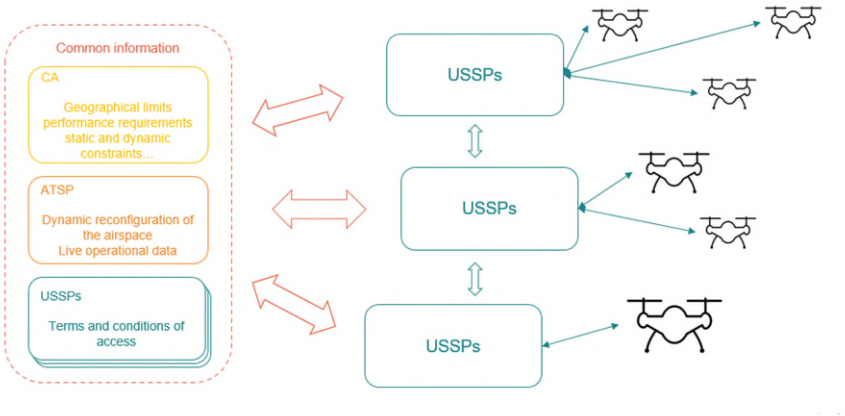

Abbildung 2: Übersicht über die U-Space Architektur

2.1.2 AP 1.5: Regulierung und Zulassung

Zur Erarbeitung von Vorschlägen für die Regulierungs- und Zulassungsvorschriften wurden in einem ersten Schritt die bestehenden Regulierungs- und Zulassungsvorschriften analysiert. Zum einen wurden die bestehenden europäischen Vorschriften zur unbemannten Luftfahrt betrachtet, zum anderen die laufenden Arbeiten des ICAO RPAS Panel berücksichtigt.

Auf europäischer Ebene wurden die drei Kategorien „offen“, „speziell“ und „zertifiziert“ betrachtet. Dabei sind diese Kategorien mit dem Betriebsrisiko verbunden. Die offene Kategorie stellt ein geringes, die spezielle ein mittleres und die zertifizierte Kategorie ein hohes Risko dar. UAS in der offenen Kategorie werden in Sichtweite des Piloten betrieben und dürfen nicht schwerer als 25kg sein. Der Betrieb, z.B. über Personen, ist dabei verboten. Um UAS in der speziellen Kategorie betreiben zu dürfen, muss eine Genehmigung der zuständigen Behörde eingeholt werden. Dies ist immer dann notwendig, wenn das UAS außerhalb der Sichtweit des Piloten betrieben wird oder schwerer als 25kg ist. Diese Genehmigung basiert auf einem Betriebskonzept und einer Risikoanalyse. Bei dieser Risikoanalyse wird sowohl das Bodenrisiko beim Absturz des UAS als auch das Risiko eines Zusammenstoßes mit anderen Luftfahrzeugen (Luftrisiko) betrachtet. Für die zertifizierte Kategorie lagen noch keine Reglungen vor. Hohe Risken sind z.B. mit dem Transport von Personen oder gefährlichen Gütern verbunden.

Die Arbeiten des ICAO RPAS Panel sind begrenzt auf die Erstellung der „Standards and Recommended Practices (SARPs)“ für die Integration für internationale nach IFR Regeln fliegenden RPAS. Die SARPs sollten bis 2024 abgestimmt vorgelegt werden, so dass sie 2026 in Kraft treten können. Zur Laufzeit des Projektes wurde das in Kraft treten der SRAPs auf 2028 verschoben. Bereits vorhandene Regelungen gab es für die Lizenzierung der Remote Pilots (Annex 1) und Airworthiness von RPAS (Annex 8). Für die ATM Integration wurden Verfahren für den Ausfall des Datenlinks verabschiedet und die Integration von RPAS in den Annex 2 „Rules of the Air“ angestoßen. Zudem wurde der Annex 10 geändert und Regelungen für den Command and Control Link (C2) und für Detect and Avoid eingefügt. Auch der Annex 6 Part IV wurde entsprechend geändert und verabschiedet. An den Arbeiten des Panels war die DFS beteiligt.

2.1.3 AP 1.2 „Definition Verkehrsszenarien“ und AP 1.3 „Simulation Verkehrsszenarien“

Die beiden Arbeitspakte wurden durch das DLR, das die Verkehrsszenarien definierte und anschließend auch simulierte bearbeitet. Die DFS kommentierte die definierten Verkehrsszenarien aus Sicht der Flugsicherung und brachte damit ihr Know How mit ein. Die Ergebnisse der Simulation der Verkehrsszenarien wurden dann wiederum durch die DFS kommentiert.

2.1.4 AP 4.1 Anforderungen ATOL Position und Objekte und AP 6.1: Anforderungen Avoid System cruise and Terrain

Die Ergebnisse aus diesen Arbeitspaketen wurden in den Anforderungen an das Rundumsicht Radar aus Flugsicherungssicht gebündelt. Zum einen wurden Flüge nach IFR getrachtet, zum anderen Flüge nach VFR. Für den IFR Fall wurden die Anforderungen an einem zukünftigem „Detect and Avoid“ System nach den ICAO Regularien mit den Kollegen von Airbus Helikopter diskutiert. Insbesondere die Unterscheidung zwischen Remain Well Clear, welches das good Airmanship der ICAO Regularien abbilden soll und der eigentlichen Collision Avoidance wurde thematisiert.

Für Flüge nach VFR gibt es momentan keine Anforderungen aus Flugsicherungssicht. Wichtigster Punkt ist die mögliche Erkennung von verschiedenen Intrudern, wie z.B. Segelflieger, Fallschirmspringer, Gleiter. Dies stellt für eine Collision Avoidance System eine hohe Herausforderung dar.

Als Spezialfall wurden Flüge im U-Space bzw. mittels eines UTM Systems diskutiert. Hier wurden die Verantwortlichkeiten einer USSPs und des UAS Steuerers für die Kollisionsvermeidung dargestellt.

2.1.5 Weitere Arbeiten der DFS: AP 7 Validierung

AP 7.1 Begleitende Simulation Verkehrsszenarien

Die DFS begleitete die Simulation und beteiligte sich an der Definition der Verkehrsszenarien. Die Simulation wurde durch das DLR durchgeführt.

AP7.5 Demonstration unbemannter Versuchsträger

Die „Demonstration unbemannter Versuchsträger“ fand nicht wie geplant statt. Gründe dafür lagen in der technischen Realisierung der Flugversuche. Stattdessen beteiligte sich die DFS mit an der Diskussion des „Hardware in the Loop Versuchsträger HITS“. Hier wurden die eingesetzten Verkehrsszenarien aus Flugsicherungssicht diskutiert.

AP7.6 Flugversuche für ATOL mit Helikopter

Die DFS verfolgte die Arbeiten der Partner zur Umplanung der Testflüge für Helikopter. Leider konnten diese nicht ausgeführt.

AP7.7 Auswertung und Dokumentation Testergebnisse

Da die Versuche mit den Versuchsträger nicht erfolgten, entfiel dieses Arbeitspaket.

2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Zur Umsetzung des Projektes waren fast ausschließlich Kosten für das einzusetzende Personal notwendig. Aufgrund der COVID-19 Pandemie sind deutlich weniger Reisekosten angefallen, da viele Meetings online stattfanden. Die vom Projektträger genehmigten Kosten konnten eingehalten werden.

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Der Einsatz eines Detect and Avoid Systems sowohl für UAS, die im Low Level Bereich operieren, als auch für die Integration von UAS in das ATM System ist für eine sichere Integration entscheidend. Daher war die Entwicklung eines Integrationskonzepts und die Schnittstellenbeschreibung ein wertvoller Beitrag. Da die geplanten Validierungen der Anforderungen nicht durchgeführt werden konnten, konnten diese nicht weiter gehärtet werden.

2.4 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die Verwertungsperspektive der DFS bezieht sich auf eine sichere Integration von bemannten und unbemannten Luftfahrtsystemen im Very Low Level Bereich bzw. im ATM Bereich. Daher beteiligte sich die DFS insbesondere am AP 1.4, wo die Integration von UAS und die dazu notwendigen Schnittstellen beschrieben worden sind. Dies ermöglicht den verschiedener Aktueren im Bereich U-Space und ATM einen sicheren Betrieb von UAS in den unterschiedlichen Bedingungen. So kann das UTM System der DFS bereits heute Schnittstellen anbieten, die kompatibel zu denen der Partner sind. Dies hilft auch bei der weiteren Vermarktung dieses Systems.

Des Weiteren war es Ziel der DFS die Anforderungen an Detect and Avoid Systeme zu erhärten. Die gewonnen Ergebnisse konnten in die Diskussion mit der ICAO zu den Anforderungen an einem Detect and Avoid System eingebracht werden. Leider konnten das System nicht validiert werden, so dass praktische Erfahrungen mit dem System nicht genutzt werden können.

2.5 Während der Durchführung bekannt gewordener Fortschritt Dritter

Während der Arbeiten im Projekt Master 360 wurden die Entwicklungen der SARPs auf ICAO Ebene weitergeführt. Diese Ergebnisse flossen in die Arbeiten mit ein, da die DFS auf ICAO Ebene an den Arbeiten beteiligt ist. So konnten gerade Ergebnisse bezüglich des „Detect and Avoid“ Systems mit in das Projekt eingebracht werden.

Des Weiteren wurden auf europäischer Ebene die Regularien zum U-Space veröffentlicht. Diese wurden ebenfalls insbesondere im Arbeitspaket 1.4 mit einbezogen. Dies gilt ebenso für das U-Space Konzept der Bundesregierung.

2.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichung des Ergebnisses

Es sind keine Veröffentlichungen durch die DFS geplant.