

VORHABENSCHREIBUNG IM RAHMEN DER BMBF AUSSCHREIBUNG „6G-INDUSTRIEPROJEKTE ZUR ERFORSCHUNG VON GANZHEITLICHEN SYSTEMEN UND TEILTECHNOLOGIEN FÜR DEN MOBILFUNK DER 6. GENERATION“

KURZBERICHT

6G NEXT

NATIVE EXTENSIONS FOR XR (EXTENDED REALITY) TECHNOLOGIES

PROJEKTZEITRAUM: 01.09.2022 – 14.10.2025

Konsortialpartner:

Name	Adresse	Ansprechpartner*in
Deutsche Telekom AG [DT]	Winterfeldtstr. 21, 10781 Berlin	Dipl.-Kffr. Mandy Galkow-Schneider
Flugplatzgesellschaft Schönhagen mbH [EDAZ]*	Flugplatz Haus 2, D-14959 Trebbin	Dr.-Ing. Klaus-Jürgen Schwahn
TH Wildau [THW]	Hochschulring 1, 15745 Wildau	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rüther-Kindel
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz [DFKI]	Trippstadter Straße 122, 67661 Kaiserslautern	Prof. Dr.-Ing. Hans Schotten
Logic Way GmbH [LW]	Mettenheimer Straße 2, 19061 Schwerin	Dipl.-Ing. Arndt Kritznier
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., Hansastraße 27C, 80686 München, Ausführende Stelle: Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme [FOKUS]	Kaiserin-Augusta-Allee 31, 10589 Berlin	Dr. Stefan Arbanowski
Technische Universität Berlin [TUB]	Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin	Prof. Dr. David Bernbach
Volucap GmbH [VC]	August-Bebel-Str. 26-53, 14482 Potsdam	Dipl.-Medieninf. Thomas Ebner
Technische Universität Ilmenau [TUIL]	Ehrenbergstraße 29, 98693 Ilmenau	Prof. Dr.-Ing. Alexander Raake

*Flugplatz Schönhagen im Unterauftrag der Technischen Hochschule Wildau

Konsortialführer/ Verbundkoordinatorin: **Deutsche Telekom AG**

Dipl. Kauffrau Mandy Galkow-Schneider
Deutsche Telekom AG, T-Labs Winterfeldtstr. 21, 10781 Berlin
+491715613865 (Tel.) mandy.galkow-schneider@telekom.de

Assoziierte Partner: IDRF – Interessengemeinschaft der regionalen Flugplätze e.V., NVIDIA

Hinweis zur förderrechtlichen Strukturierung des Förderantrags

Alle Verbundpartner legen in Ergänzung dieses Gesamtförderantrags individuelle Einzelförderanträge vor, welche jeweils die Projektanteile der Verbundpartner und deren geplante Kosten beschreiben. Die Gesamtheit aller Einzelförderanträge und dieses Gesamtförderantrags stellt einen einheitlichen Förderantrag dar. Aus Gründen des Daten- und Wettbewerbsschutzes können die Verbundpartner nicht alle relevanten Informationen in allen Details untereinander offenlegen. Insbesondere die detaillierte Kostenplanung und deren Grundlagen werden daher dem Fördergeber jeweils bilateral als Anlage zum jeweiligen Teilförderantrag vorgelegt.

Hinweis zur beihilferechtlichen Strukturierung des Förderantrags

Im Förderantrag für das Konsortium unter VI wird näher ausgeführt, dass vorliegend die Bedingungen für eine Freistellung nach Art. 25 AGVO für die Förderung von Forschungs- und Entwicklungstätigkeit vorliegen bzw. erfüllt werden können. Insbesondere wird unter VI A, B näher dargelegt, dass der nach Art. 6 AGVO erforderliche Anreizeffekt vorliegt und deshalb die beantragte Förderung notwendig ist.

Ferner wird im Förderantrag für das Gesamtprojekt dargelegt, dass es sich bei der Maßnahme 6G NeXt um einen Fall der industriellen Forschung (i. S. d. Art. 25 Abs. 2 lit. b) AGVO handelt. Hieraus leiten sich die Förderintensitäten für die einzelnen Partner in den Einzelanträgen ab.

Inhalt

I.	Motivation	4
II.	Ablauf	4
III.	Ergebnisse.....	5

I. Motivation

Eine wesentliche Schlüsselkomponente für zukünftige digitale Anwendungen stellt die Kommunikationstechnologie dar. Mit Blick auf die Zivilluftfahrt steht hier vor allem der zunehmende Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen im Vordergrund, die in Kooperation mit bemannten Luftfahrzeugen eine sinnvolle Ergänzung darstellen. Beispielsweise bei der Vermisstensuche, der Aufklärung in Katastrophenfällen und Großschadenslagen oder der Geländekartierung nach Naturkatastrophen. Dabei würden meistens gemeinsame Flüge mit unbemannten Luftfahrtsystemen außerhalb der Sichtweite eines Steuerers zusammen mit Rettungshubschraubern von Polizei, Bundeswehr und privaten Anbietern eine effektive Missionserfüllung ergeben. Allerdings ist in solchen Fällen derzeit eine gleichzeitige Nutzung bemannter und unbemannter Fluggeräte ausgeschlossen, da es kein gemeinsames Planungstool gibt, das die Flugbewegungen koordiniert und im Falle von gefährlichen Annäherungen eine Kollision verhindern kann. Im Rahmen des Projektes 6G NeXt wird im Use-Case „Smart Drones“ ein solches System erforscht, experimentell entwickelt und abschließend die Funktion demonstriert. Es werden entsprechende unbemannte Luftfahrtsysteme aufgebaut und die Algorithmen zur Ausführung von automatischen Ausweichmanövern der unbemannten Systeme erforscht und erprobt. Das Ziel ist es zunächst dafür zu sorgen, dass eine Kollision zwischen unbemannten Luftfahrtsystemen sicher vermieden werden kann. Die Steuerung erfolgt dabei über ein zentrales System, das ähnlich zum heute in der bemannten Luftfahrt existierenden Flugsicherungssystem (Air Traffic Control) eine Überwachungs- und Koordinierungsfunktion bietet. Kernforschungsthema stellt daher die funktechnische Anbindung der Luftfahrzeuge dar. Zu diesem Zweck wurden die Anforderungen an die mobile Breitband-Funkverbindung zum unbemannten Luftfahrtsystem untersucht. Um ein möglichst breites Abbild an Flugprofilen zu generieren, wurden unterschiedliche Arten von unbemannten Luftfahrtsystemen untersucht, die sich durch verschiedene Flugdynamiken und Geschwindigkeiten auszeichnen. Das Ziel ist es, die Resilienz des Funkkanals am bewegten Objekt zu stärken und dadurch eine Verbesserung in der Einsatzfähigkeit zu erreichen, was sich beispielsweise auch in der Verbesserung der Zuverlässigkeit der Funkverbindung und des erzielten Datendurchsatzes beziffern lässt.

II. Ablauf

Im Projekt wurde zusammen mit den Partnern eine 6G-Testbed-Infrastruktur aufgebaut, die das Testen aller Teilkomponenten in einer Reallaborumgebung ermöglicht. Dazu wurde ein Kofferranhänger der TH Wildau als „Mobile Bodenstation“ ausgebaut, die den Transport der unbemannten Luftfahrtsysteme zum Flugplatz ermöglicht und als zentraler Ort für Edge-Computing und das 6G-Testbed genutzt werden kann.

Als unbemannte Luftfahrtsysteme wurden verschiedene Arten von Fluggeräten aufgebaut und mit Autopilotensystem, Sensorik, Kamera, Raspberry Pi als Companion PC und Telemetriestrecke ausgestattet. Es wurden insgesamt drei Multikopter des Typs „Holybro X500“ als Plattform aufgebaut, eine Starrflügeldrohne des Typs „Horizon Hobby Turbo Timber Evolution“, ein Helikopter des Typs „LOGO 600 SX“ und zwei eigen entwickelte Drohnen (MANTA-X), die senkrecht starten und landen können (VTOL-Vertical Take-Off-and-Landing) und nach einer Transition als Flächenflugzeug im Horizontalflug fliegen. Dadurch wird nur wenig Platz für das Starten und Landen benötigt während durch den Flug als Flächenflugzeug der Auftrieb durch den Flügel erzeugt wird, statt durch die Propeller, was längere Flugzeiten ermöglicht. Durch dieses Portfolio an unterschiedlichen Fluggeräten werden verschiedene Tests möglich, beispielsweise auf der Stelle schweben (Multikopter und Helikopter), mittlere Fluggeschwindigkeiten (Helikopter und Timber) und hohe Fluggeschwindigkeiten (MANTA-X).

Diese Tests dienen dazu Daten der Funkstrecke zu sammeln und auszuwerten. Eine KI-gestützte Optimierung (DFKI) hilft dabei, die Verbindung zum Fluggerät auch unter schwierigen Bedingungen aufrecht zu erhalten und auf der Funkseite frühzeitig Maßnahmen zu ergreifen, um eine zu große Anzahl an Paketfehlern bei der Datenübertragung zu verhindern. Die unbemannten Luftfahrtsysteme wurden mit einem Ardupilot-basierten Autopilotensystem ausgestattet und eingestellt, sodass Missionsflüge hoch automatisch durchgeführt werden können. Für die Verarbeitung von Messages von und zu den Fluggeräten wurden Skripte zur Ausführung auf dem Onboard-Compagnion-PC entwickelt. Dadurch wurde die Messung von Roundtrip-Zeiten durch Timestamping ermöglicht. Weiterhin wurden mithilfe des Compagnion-PCs Kennzahlen zur Quantifizierung der Qualität des Sendekanals ermittelt, wie zum Beispiel Paketfehlerraten, Up / Downloadgeschwindigkeiten, Ping-Zeiten und ganze iPerf-Tests.

Die Steuerung und Überwachung der Fluggeräte wurde durch eine von der TU Berlin entwickelte, verteilte Software ermöglicht, die MAVProxy-Dienste in einer Client-Server-Architektur auf den Fluggeräten und auf der Bodenstation ausführte. Mithilfe der MAVProxy-Schnittstelle wurden MAVLink-Kommandos an die Fluggeräte gesendet und aktuelle Telemetriedaten der Onboard-Sensorik zum Boden gesendet. Dort konnte auf die Daten mit einer für das Projekt 6G NeXt angepassten Version der Bodenstationssoftware „QGroundControl“ zugegriffen werden. Über diese wurden die Fluggeräte automatisch ferngesteuert und überwacht. Eine Live-Karte zeigte zudem die aktuelle Position und die prognostizierten Flugpfade an sowie wesentliche Daten zu den Fluggeräten, wie beispielsweise die aktuelle Höhe, Geschwindigkeit, Kurs und Steig- oder Sinkrate an.

Die Daten der Fluggeräte wurden über die Software-Architektur auch dem Anti-Kollisionssystem zur Verfügung gestellt, das mithilfe der Daten Berechnungen zu relativen Geschwindigkeiten, relativen Peilungen und Höhenstaffelung durchführte und im Falle des Unterschreitens eines Mindestabstands frühzeitig Ausweichbewegungen an die jeweilige Drohne kommandierte.

Für Bodentests wurde vorab eine Simulation mit Ardupilots Software-in-the-Loop-Simulation und der angepassten QGroundControl Bodenstationssoftware aufgesetzt, um den Algorithmus des Anti-Kollisionssystems erforschen zu können. In Vorbereitung mehrerer Tests in realer Umgebung wurden Daten-Dashboards entwickelt, um die Informationen des Netzes darstellen zu können. Es wurden mehrere Testreihen am Modellflugplatz Rangsdorf und am Verkehrslandeplatz Schönhagen durchgeführt und dabei systematisch Flüge mit den unterschiedlichen unbemannten Luftfahrtsystemen durchgeführt und alle Daten aufgezeichnet, um sie einer nachgelagerten Auswertung, auch unter Zuhilfenahme von Künstlicher Intelligenz analysieren zu können.

III. Ergebnisse

Insgesamt wurden vier große Testwochen am Flugplatz Schönhagen durchgeführt, in denen das Fliegen mit den unbemannten Luftfahrtsystemen im 6G-Testbed getestet wurde. Dabei wurden Parameter des 6G-Testbeds für die Verbesserung des Funkkanals aufgezeichnet, als auch onboard Daten des Flugreglers aufgezeichnet, um die automatische Steuerung einstellen zu können. Des Weiteren halfen die Logdateien der Fluggeräte beim Nachvollziehen von Fehlfunktionen und Abstürzen und bei der vollständigen Auswertung der Funkparameter, als es darum ging, einen funktionalen Zusammenhang zwischen Flugsituation und Funkstrecke ziehen zu können.

Als wichtigstes Ergebnis zählt das erfolgreiche Aufbauen, Einstellen und Inbetriebnehmen der VTOL-Drohne MANTA-X, die die Vorteile von senkrecht startenden Multikoptern und ausdauernd fliegenden Flächenflugzeugen kombiniert. Sämtliche Fluggeräte sind über das mobile 6G-Testbed steuerbar und

können hoch automatisch Missionen fliegen. Die Multikopter sind in der Lage, vollständig allein zu starten, eine Mission zu fliegen, im Gefahrenfall auszuweichen und automatisch zu landen.

Durch das entwickelte Anti-Kollisionssystem wurden in systematisch konstruierten Gefahrensituationen Ausweichmanöver durchgeführt und dadurch ein Zusammenstoßen in der Luft verhindert. Prototypisch konnte dies für die Kombination mit Multikoptern, Helikopter und Starrflügeldrohne demonstriert werden. Auch die Videodatenübertragung zur Bodenstation in die Software QGroundControl konnte erfolgreich über das 6G-Testbed realisiert werden. Das Zusammenspiel zwischen 6G Funknetz, Applikationen in der Edge und dem realen System als Endgerät konnte vom Detektieren gefährlicher Annäherungen bis zum automatischen Einleiten von Ausweichmanövern erfolgreich in der Abschlussdemonstration gezeigt werden.

Durch das systematische Erfliegen von Messdaten konnte unter Zuhilfenahme von KI eine Kanalprädiktion umgesetzt werden, die hilft, die Verbindung zu den fliegenden Drohnen zu verbessern. Dies ist besonders an der stabilen und durchgängig artefaktfreien Videoübertragung offensichtlich gewesen. Verbesserungsbedarf besteht in der Auslösung der Ausweichmanöver und die Unterscheidung, welches Manöver in welcher Situation am besten geeignet wäre. Dies konnte nur in grundlegenden Funktionen veranschaulicht werden, beispielsweise dadurch, dass Multikopter an ihrer Position anhalten und steigen oder sinken während Flächendrohnen nach rechts ausweichen und steigen oder sinken. Ebenfalls ist für den Einsatz in besonders nahem Abstand zu einander eine Begrenzung der maximalen Manövergeschwindigkeiten und Anpassung der Mindestabstände vorzunehmen, um beispielsweise das Starten und Landen mit wenig Platz zu ermöglichen. Darüber hinaus können die Drohnen mit Radarsensoren (LIDAR) ausgerüstet werden, um seitliche Hindernisse wie Bäume oder Gebäude detektieren zu können. Ebenfalls ist dann zu untersuchen, bis zu welcher Größe auch andere Fluggeräte dann noch erkannt werden könnten.