

## Anlage zum Verwendungsnachweis

### Teil I (Kurzbericht)

Das Projekt 5G-TELK-NF ist entstanden aus dem Netzwerk „Autonomes Fahren im ländlichen Raum“ (AFiSH). Hauptziel ist die Erforschung des Mehrwerts eines 5G-Campus-Netzes für Anwendungen des autonomen und vernetzten Fahrens (AVF) und des unbemannten autonomen Fliegens (UAV), nach Möglichkeit unter realen Bedingungen. Dabei werden am ehemaligen Flugplatz Leck (die Konversionsfläche) Anwendungsfälle des AVF (insb. Autobahnszenarien), u.a. durch das Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), und des UAV (u.a. Unfall-Live-Unterstützung) getestet. Ergänzend dazu sollen auf dem Testgelände des GreenTEC Campus (GTC) in Enge-Sande weitere Anwendungsfälle des AVF (Szenarien: Bundes-, Land- sowie Kreisstraße) sowie Windkraftanlagen- und Hochspannungsmast-Inspektionen mit Drohnen erprobt werden. Ein zentraler Bestandteil der Erprobung beider Anwendungsfelder wird der Aufbau eines kombinierten Leitstandes zur Nutzung in beiden Themengebieten sein.

Als Partner sind an dem Projekt 5G-TELK-NF die EurA AG zur Leitung und Koordination des Projektes, die GreenTEC Campus GmbH zur Bereitstellung von Testgeländen für innovative Projekte, autonome Mobilität und erneuerbare Energien, sowie den 5G-Netz-Aufbau ab 2021 beteiligt. Die Hanseatic Aviation Solutions GmbH (ZE) übernimmt den Aufbau und Adaption der UAV (Drohne) für die Anwendungsfälle. Hanke Konsek – Ingenieurbüro ist mit der Projektleitung für die Entwicklung und den Aufbau einer kombinierten Leitstelle für die Überwachung und Steuerung von UAV und AVF zusammen mit der Leichtwerk AG betraut. MB+Partner führt die Entwicklung und den Aufbau eines automatischen Start- und Landesystem (REALISE) für den hochautomatisierten und schnellen Einsatz von Starrflügler-UAV durch. Die RWTH Aachen dient als Unterstützung bei der REALISE Flugsystemdynamik. Die Universität zu Lübeck befasst sich mit der Akzeptanzforschung. Daneben übernimmt die Technische Hochschule Lübeck die Modellierung und Planung der 5G-Netzinfrastruktur, sowie Untersuchungen zur IT-Sicherheit der Anwendungen. Die Christian-Albrechts-Universität zu Kiel kümmert sich um die Prüfung und Definition von Recht und Regulierungen in den Bereichen 5G-Netz, autonomes Fahren und unbemanntes Fliegen. Die OffTEC GmbH steht als Anwender für Inspektionen der Windkraftanlagen bereit. Als assoziierte Partner begleiten das Projekt das Kraftfahrt-Bundesamt zu Tests der autonomen Funktionen in den Fahrzeugen (Typgenehmigung und Marktüberwachung). Sowie die Breitbandnetz GmbH & Co. KG und die Gemeinden Tinningstedt, Enge-Sande, Leck und Klixbüll.

Zu Beginn des Projektes war geplant ein großes gemeinsames Campusnetz vom Flugplatz Leck bis hin zum GreenTEC Campus (GTC) aufzuspannen, in dem die Erprobungen stattfinden sollen. Dies konnte jedoch so nicht wie geplant umgesetzt werden, sodass die Lösung in zwei Campusnetzen, eines am Flugplatz Leck und das andere am GTC besteht. Dieser Umstand führte zu Herausforderungen an die drohnenseitig verbaute Modem-Technologie. Gelöst wurde dies über ein Modem mit zwei SIM-Karten. So ist es möglich sich in beiden Campusnetzen einzuwählen, oder sich von einem Campusnetz in das öffentliche Netz zu bewegen.

Unter dieser Prämisse wurde auch der Überflug vom Flugplatz Leck zum GTC und zurück zur Durchführung des Waldbrand- und Kfz-Unfallszenario geplant. Dieser war zunächst mit Blick auf die Reichweite mit der Starrflügeldrohne S360Mk.II geplant, wurde aber aufgrund von großen Herausforderungen in Bezug auf die Betriebsgenehmigung auf die kleinere Starrflüglerdrohne S180Mk.II umgestellt. Die Umstellung erfolgte in Abstimmung mit dem Projektkonsortium und wurde aufgrund der absehbar geringeren Hürden bei der Erlangung getroffen. Schließlich konnte die Betriebsgenehmigung erlangt werden. Durch eine Kollision mit dem automatischen Start- Landesystem wurde die Drohne jedoch vollständig zerstört. Die Integration der Starrflügeldrohne an das automatische Start-Landesystem gelang bis dahin gut. Da zu diesem Zeitpunkt das hochwertige Kameragimbal nicht verbaut war, kann dieses

weiter genutzt werden. Um den Anwendungsfall "Waldbrand-Szenario" trotz des Systemverlusts umzusetzen, hat der ZE aus Eigenmitteln die Kopterdrohne X-810 bereitgestellt. Diese wurde mit dem hochauflösendem Kamera-Gimbal-System ausgerüstet und in die 5G-Umgebung eingebunden. So konnte der Anwendungsfall schließlich erfolgreich umgesetzt werden.

Der Anwendungsfall Inspektion war von den Herausforderungen beim Aufbau der Campusnetze begleitet. Zudem wurde festgestellt, dass das öffentliche Mobilfunknetz in der Einsatzregion nicht ausreichend ist, um Steuerungsdaten vom Fernleitstand auf die Drohne zu übertragen. Im Weiteren wurde die Kopterdrohne X6 dazu genutzt das Netz zu vermessen. So konnte der Aufbau des Campusnetzes begleitet werden. Schließlich konnte der Anwendungsfall an der WKA durchgeführt werden. Dabei zeigte sich, dass das Szenario grundsätzlich gelingt. Bilddaten und Drohnendaten können an den Leitstand in Echtzeit übertragen werden. Herausforderungen bestanden jedoch noch bei der Nutzlaststeuerung durch den Fernleitstand, die im Nachgang durch die Verbesserung der Leitstandssoftware gelöst werden konnten.

Teil II

## Schlussbericht 5G-TELK-NF

Förderrichtlinie  
„5G-Umsetzungsförderung im Rahmen des 5G-  
Innovationsprogramms“

des

Bundesministerium  
für Verkehr und digitale Infrastruktur

FKZ: 165GU135G

Autor: Nils Brückner, Hanseatic Aviation Solutions GmbH  
Datum: 1. Oktober 2024

Schlagworte: Drohne, UAV, 5G, Campusnetzwerk, Nordfriesland

## Inhalt

1	Einleitung .....	2
2	Aufgabenstellung.....	2
3	Projektvoraussetzungen.....	2
4	Planung und Ablauf des Vorhabens .....	2
4.1	AP 1 Analyse der Rahmenbedingungen.....	2
4.2	AP 4 Anwendungsfälle / Projekte .....	3
4.2.1	AP4.1 Leitstelle AVF und UAV .....	3
4.2.2	AP4.2 Bereitstellung automatisches Start- und Landesystem.....	3
4.2.3	AP4.3 Anwendungsfälle Drehflügler (Inspektion).....	5
4.2.4	AP4.4 Anwendungsfälle Starrflügel-Drohne (Waldbrandbekämpfung).....	8
4.2.5	AP4.5 Test an Fahrzeugen mit automatisierten Fahrsystemen (Tests KBA) .....	11
4.2.6	AP4.6 Anwendungsfall – Zusammenspiel von AVF und drohnenbasiertes Fliegen 11	
5	wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Projekts .....	11
6	Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	11
7	Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises .....	12
8	Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit .....	12
9	Der Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen .....	12
10	Veröffentlichungen .....	12

## **1 Einleitung**

Das Projekt läuft unter der Förderrichtlinie „5G-Umsetzungsförderung im Rahmen des 5G-Innovationsprogramms „Das Förderkennzeichen (FKZ) ist 165GU135G.

## **2 Aufgabenstellung**

Das Projekt 5G-TELK-NF hat den Aufbau eines 5G-Campusnetzes zum Ziel, mit dessen Hilfe verschiedene Anwendungen im Bereich des Automatisierten und Vernetzten Fahrens und der Unbemannten Luftfahrzeuge erprobt werden.

Mit Hilfe eines 5G-Campusnetzes kann eine hohe Datenübertragungsrate mit gleichzeitig niedrigen Latenzen gewährleistet werden, so dass diese neue Technologie einen hohen Nutzen für die Unmanned Aerial Vehicles (UAV) -Fliegerei und das Autonome und Vernetzte Fahren (AVF) haben wird. Zudem ist ein Campusnetz anpassbarer bzw. für die eigenen Zwecke besser konfigurierbarer als das öffentliche Netz.

Die in den Arbeitspaketen geplanten Tätigkeitsfelder werden sich auf verschiedene Szenarien (Inspektionen von Windkraftanlagen, Luftunterstützung bei Noteinsätzen, AVF auf der Autobahn, Bundes- oder Landstraßen) in den Anwendungsfeldern UAV-Fliegerei und AVF fokussieren. Eines der wesentlichen Ziele wird zudem der Aufbau eines kombinierten Leitstandes für die UAV-Fliegerei und das AVF sein, aus welchem die geplanten Tests geleitet werden sollen. Die hier genannten Anwendungsfälle werden auf dem ehemaligen Flugplatz in Leck sowie auf dem GreenTEC Campus in Enge-Sande in verschiedenen Umgebungen erprobt.

## **3 Projektvoraussetzungen**

Eine wichtige Voraussetzung für das Zustandekommen des Projekts ist das Projektkonsortium aus Gemeinden, Telekommunikationsfirmen, Forschungseinrichtungen aus dem Bereich Kommunikationstechnologien sowie Firmen aus dem Anwendungsbereich. Mit den Gemeinden ist das Projekt bzw. das Campusnetzwerk verortet, die Telekommunikationsfirmen ermöglichen den Aufbau des Netzwerks. Forschungseinrichtungen und Anwender erproben und entwickeln entsprechende Anwendungen.

## **4 Planung und Ablauf des Vorhabens**

Das Projekt hat sechs Arbeitspakete (AP):

- AP1: Analyse der Rahmenbedingungen
- AP2: Parameter der erforderlichen Netzinfrastruktur
- AP3: Strategie und Konzeption
- AP4: Anwendungsfälle / Projekte
- AP5: Stakeholderdialog und –management
- AP6: 5G-Akzeptanz & Öffentlichkeitsarbeit

### **4.1 AP 1 Analyse der Rahmenbedingungen**

Im Arbeitspaket 1 ist der ZE in das AP1.1 Anforderungsanalyse 5G-Netz (Grundlagen 5G und technische Analyse) eingebunden.

Insoweit wird durch den ZE im AP1 durch Bereitstellung von Erfahrungen bzw. technischen Daten dazu beigetragen, dass eine zukunftsweisende Einbindung von Autopiloten in die Leitstands-Software erfolgen kann.

## 4.2 AP 4 Anwendungsfälle / Projekte

Der ZE begleitet das Projekt als Partner in Bezug auf die UAV-Drohnen. Insoweit wird neben der Mitarbeit am AP1 im Besonderen am AP4 mitgewirkt.

Die Hauptarbeit erfolgt in AP4. Dieses gliedert sich seinerseits in die Unterarbeitspakete:

- AP4.1: Leitstelle AVF und UAV
- AP4.2: Bereitstellung automatisches Start- und Landesystem
- AP4.3: Anwendungsfälle Drehflügler (Inspektion)
- AP4.4: Anwendungsfälle Starrflügler (Waldbrandbekämpfung)
- AP4.5: Test an Fahrzeugen mit automatisierten Fahrsystemen (Tests KBA)
- AP4.6: Anwendungsfall – Zusammenspiel AVF und drohnenbasiertes Fliegen

### 4.2.1 AP4.1 Leitstelle AVF und UAV

Für die Integration des UXA-Adapters, der die Schnittstelle zwischen Leitstand und Drohne darstellt, müssen einige Integrationsschleifen durchgeführt werden. Verantwortlich für das Unterarbeitspaket sind die Leichtwerk AG, sowie Hanke Konsek. Zur Umsetzung werden von Seiten des ZE als Zuarbeit die Drohnensysteme dauerhaft für die Partner bereitgehalten, damit Updates und Anpassungen vorgenommen werden können. Die Leichtwerk AG und Hanke Konsek für das AP verantwortlich war und ihr zugearbeitet hat

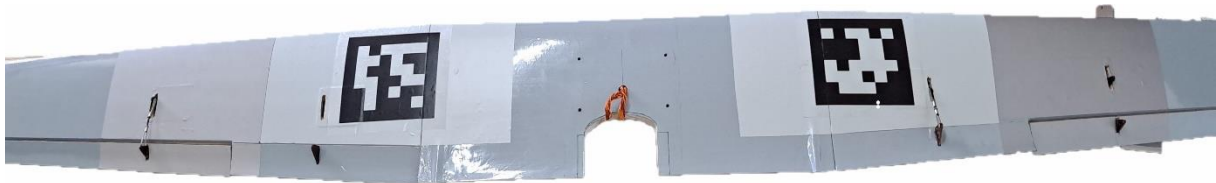
### 4.2.2 AP4.2 Bereitstellung automatisches Start- und Landesystem

Verantwortlich für das Unterarbeitspaket ist MB+Partner, die das automatisierte Start- und Landesystem im Projekt weiterentwickeln und bereitstellen möchten. Damit das Start- und Landesystem für das Projekt bereitgestellt werden kann, muss das Starrflügel Drohnensystem (S180MK.II) an das automatische Start-Lande-System angebunden werden. Dazu werden verschiedene Integrationsleistungen unternommen. Es wird mit Einrüstung eines 5G-Modems dafür gesorgt, dass eine Kompatibilität zur Projektinfrastruktur gegeben ist.



Abbildung 1: Testbetrieb der S180MkII in Rotenburg (Wümme) mit Leitstand in Braunschweig.

Nach Durchführung von erfolgreichen Flügen des Starrflügelsystems S180MK.II über den Leitstand im öffentlichen Mobilfunknetz wird dafür gesorgt, dass eine 5G-Kommunikation zwischen Drohne, automatischem Start-Lande-System und Leitstand aufgebaut wird. Dadurch ist es möglich, dass insb. die Positionsdaten der Drohne und des automatischen Start-Lande-System synchronisiert werden können. Zusätzlich werden Marker an der Starrflügeldrohne angebracht, die eine weitere Positionierung zum automatischen Start-Lande-System ermöglichen. Arbeitsfortschritte wurden neben Vorbereitungsmeetings durch bilaterale und trilaterale Meetings zwischen der Leichtwerk AG, MB+ Partner und dem ZE in Feldtests erzielt.



*Abbildung 2: Marker an den Tragflächen der S180MkII*

Die weiteren Integrationstests werden dadurch beendet, dass das Starrflügelsystem bei einem Startversuch mit dem automatische Start-Lande-System kollidiert. Der Unfall beruht auf einem mechanischen Defekt an der Drohne. Es kann jedoch erprobt werden, dass das Startverfahren grundsätzlich Erfolg verspricht.



*Abbildung 3: Kollision Start-Lande-System mit S180MkII*

#### 4.2.3 AP4.3 Anwendungsfälle Drehflügler (Inspektion)

Für den Anwendungsfall Inspektion wird ein Kopter (X-6) aufgebaut. Dieser wird von vornherein auf 5G-Technik aufgerüstet. Als Nutzlast dient eine Sony-Alpha 6000 Kamera, die hochauflösende Fotos bereitstellt.



Abbildung 4: Kopter X6 mit Sony Alpha6000

Nachdem der Kopter aufgebaut und in den Leitstand eingebunden ist, werden Flugtests in Rotenburg (Wümme) durchgeführt. Dabei wird die Drohne mittels Leitstandes aus Braunschweig gesteuert. Es gelingt Missions- und Nutzlastdaten zu übertragen. Diese Tests werden im öffentlichen Mobilfunknetz durchgeführt. In einem weiteren Schritt soll das Szenario an der Windkraftanlage in Enge-Sande geprobt werden. Es stellt sich jedoch bereits bei den Flugvorbereitungen heraus, dass vor Ort im Erprobungsgebiet die öffentliche Mobilfunknetzqualität nicht ausreicht, um Missionsdaten auf die Kopterdrohne zu laden.



Abbildung 5: Kopter an WKA

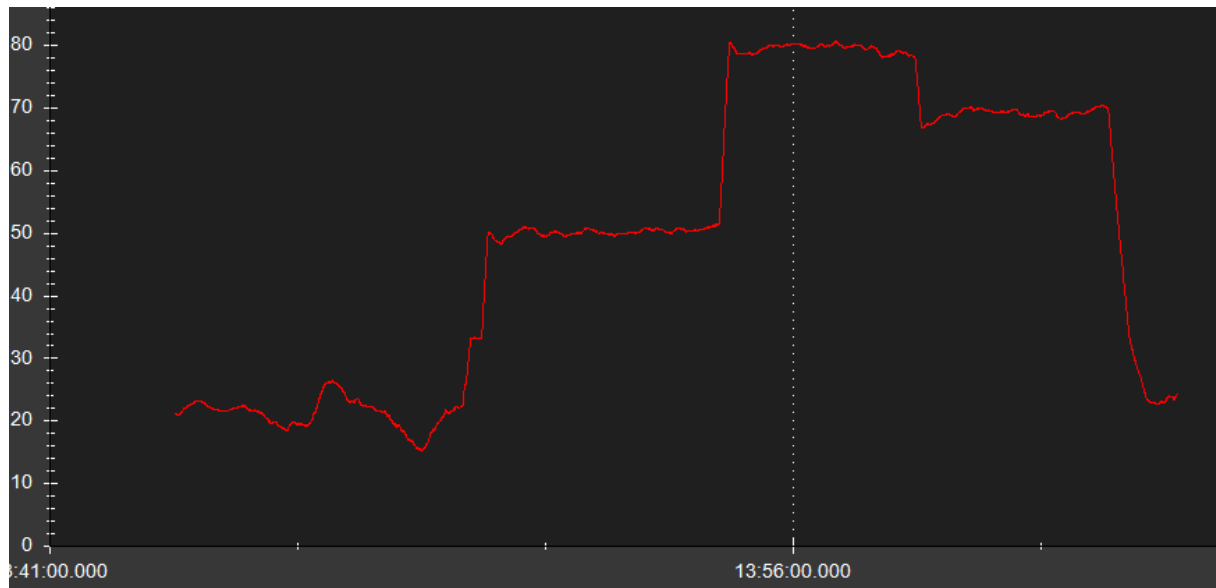
Um die Netzqualität im Erprobungsgebiet auch mit Blick auf die weiteren Anwendungsfälle zu untersuchen, werden umfangreiche Messungen durchgeführt. Diese werden durch die Projektpartner durch Messungen mit mobilen Endgeräten am Boden durchgeführt. Es ergibt sich ein Bild, das zeigt, dass die öffentliche Mobilfunknetz Qualität, Anbieter unabhängig, lokal stark schwankt und direkt an den im Projektgebiet befindlichen Windkraftanlagen eine geringe Netzqualität gegeben ist und somit Flugversuche an WKA mit Verbindung zum Leitstand nicht durchgeführt werden können. Somit ist im Ergebnis ist zu erkennen, dass die Inspektion von WKA im Projektgebiet im Durchführungszeitraum, nicht im öffentlichen Netz durchführbar ist. Die weitere Erprobung des Anwendungsfalls "Inspektion" soll nun in Campusnetzumgebung stattfinden. Dazu werden an einem Trainingsturm Flüge durchgeführt, die zeigten, dass die Drohne grundsätzlich im Campusnetz betrieben werden kann, doch funktioniert zu diesem Zeitpunkt das Campusnetz nicht stabil genug, um den Anwendungsfall belastbar durchzuführen. Um den Anwendungsfall dennoch vorzubereiten, wird durch den ZE ein Server aufgesetzt, um die Drohne im öffentlichen Netz betreiben und testen zu können.

Somit wird, für intensivierete Vermessungen des Campusnetzes, die Nutzlast der Drohne durch ein Messgerät ausgetauscht, sodass Vermessungen mit Höhenprofil erfolgen konnten.



*Abbildung 6: Kopter X6 mit UXA zur Vermessung*

Schließlich erfolgt ein weiterer Einsatz an der Windkraftanlage zur Durchführung des Inspektionsszenarios. In diesem Fall erfolgte die Datenübertragung via eines mobil aufgebauten Campusnetzes an der Windkraftanlage. Demonstriert wird, dass das Befliegen der Windkraftanlage durch Steuerung der Mission aus Braunschweig möglich ist. Herausforderungen bei der Gimbalsteuerung und dem Routing der hochauflösenden Bilder werden festgestellt, die im Nachgang durch Anpassung der Leitstandssteuerung behoben werden können.



*Abbildung 7: Höhenprofil des Kopters an der WKA*

Bei der Durchführung des Inspektions-Szenarios werden in verschiedenen Höhen, Bilder der Windkraftanlage erstellt, um Wartungsbedarfe festzustellen. Es wurde besonderer Wert auf die Generierung von Datenraten durch das Bereitstellen von hochauflösenden Bildern durch die Drohnennutzlast gelegt. Ziel ist es die Daten bzw. Bilder des Zustands der Windkraftanlage in Echtzeit per 5G-Campusnetz an den Leitstand zu senden.



*Abbildung 8: Kopter X6 an WKA*

#### **4.2.4 AP4.4 Anwendungsfälle Starrflügel-Drohne (Waldbrandbekämpfung)**

Bei diesem Anwendungsfall soll außerhalb der Sichtweite der Fernpiloten ein etwa 7 km langer Korridor von einer Starrflügeldrohne im Beyond-Visual-Line-of-Sight-Verfahren (BVLOS) zurückgelegt werden. Startpunkt ist das automatische Start-Lande-System, lokalisiert am Flugplatz Leck. Nach dem automatischen Start soll der Korridor in südliche Richtung zurückgelegt werden, die Drohne kreisen und Videodaten live an den Leitstand in Braunschweig liefern und die Steuerdaten empfangen.

Nach Aufklärung der Lage soll zurück zum Startpunkt geflogen werden und dort auf dem automatischen Start-Lande-System automatisch gelandet werden. Aufgrund der Herausforderungen beim Campusnetzaufbau am Flugplatz Leck ist es notwendig vom öffentlichen Mobilfunknetz in das Campusnetz am GTC einen "Switch" zwischen den Netzen im Modem der Drohne durchzuführen. Dieses Vorgehen ist in umgekehrter Weise auf dem Rückflug notwendig.

Um dieses Vorhaben umzusetzen, muss eine Betriebsgenehmigung der zuständigen Luftfahrtbehörde, Bremen eingeholt werden. Um diese zu erlangen, musste ein umfangreiches Betriebshandbuch erstellt und in Absprache mit der Behörde erweitert und

angepasst werden. Zudem ist es nötig, dass die zunächst eingeplante große Starrflügeldrohne S360Mk.II durch die kleinere S180Mk.II ersetzt wird, da es aufgrund von Bebauung nicht aussichtsreich ist, die große Drohne im Einsatzgebiet betreiben zu können. Die Betriebsgenehmigung kann schließlich erwirkt werden.

Zu einer Durchführung mittels Starrflügler Drohne kommt es aufgrund des Verlustes des Starrflügel-systems am automatischen Start-Landesystem nicht. Allerdings wird eine weitere Drohne des ZE, die Kopterdrohne X-810, dazu genutzt das Gimbal der Starrflügeldrohne zu tragen.

Um das Waldbrandszenario final umzusetzen, wird das Einsatzgebiet mit Messtechnik an der Drohne auf die Netzqualität hin untersucht und ein Höhenprofil erstellt.

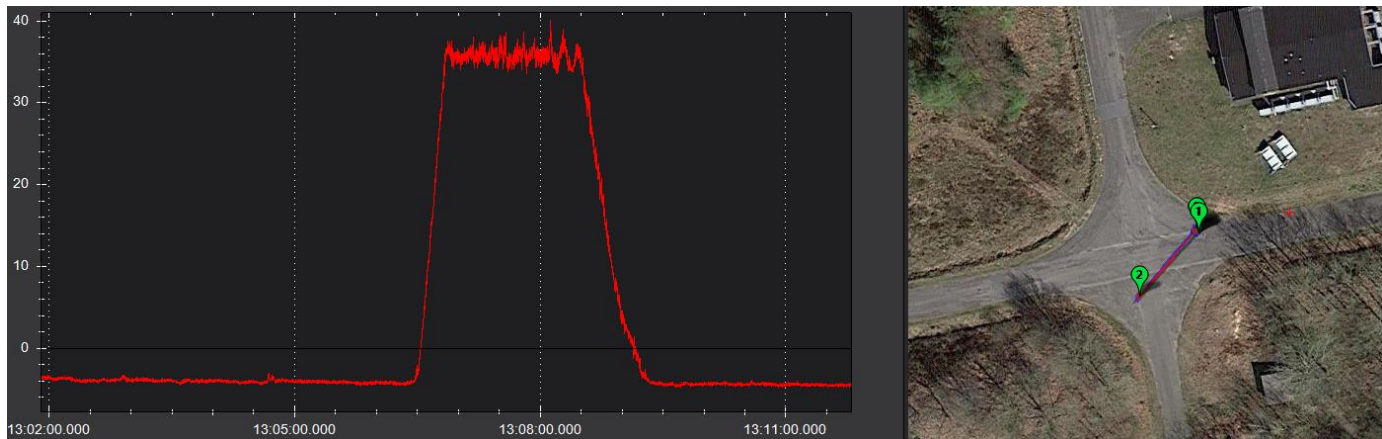


Abbildung 9: Höhenprofil Waldbrandszenario

Nach Auswertung der Daten durch den Partner THL wurde eine optimale Flughöhe zwischen 30 und 40m festgelegt.

In einem weiteren Schritt wird das Szenario umgesetzt. Die Kopterdrohne X-810 wird durch den Leitstand in Braunschweig im Einsatzgebiet in Enge-Sande gestartet und liefert Echtzeitvideodaten an den Leitstand. Der mittels Feuertopf und Brandfackel simulierte Brand kann visuell erkannt werden, auch die Umschaltung auf das Wärmebild gelingt.



Abbildung 100: IR und Taglichtaufnahme vom Leitstand

Auf dem Tagsichtbild sind die handelnden Personen gut zu erkennen. Das Auffinden war durch den Einsatz der Drohne innerhalb weniger Minuten erfolgreich.



Abbildung 11: IR Aufnahme vom Leitstand

Bei Blick auf das IR-Bild des Kameragimbals fallen neben der deutlich sichtbaren Kontur der handelnden Person, gut erkennbar die beiden Wärmequellen (simulierte Brandherde) auf. Der so durchgeführte Anwendungsfall lässt eine praxisnahe Anwendung realistisch erscheinen.

#### **4.2.5 AP4.5 Test an Fahrzeugen mit automatisierten Fahrsystemen (Tests KBA)**

Der ZE ist an diesem AP nicht beteiligt. Es wird auf die Ausführungen der Partner verwiesen.

#### **4.2.6 AP4.6 Anwendungsfall – Zusammenspiel von AVF und drohnenbasiertes Fliegen**

Das AP4.6 kann nicht in der geplanten Form bearbeitet werden. Aufgrund des Ausscheidens von Firma Ibeo und des herausfordernden Netzaufbaus konnten kein Zusammenspiel von AVF und drohnenbasiertem Fliegen erprobt werden.

### **5 wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Projekts**

Zu Beginn des Projektes werden große Erwartungen an die Entwicklung der Campusnetze im Bereich der 5G-Telekommunikation gestellt. Aus dieser Überzeugung heraus bedarf es einer vertieften Betrachtung der Möglichkeiten dieser Technologie auf Zukunftsthemen wie autonome Fahrzeuge und unbemannte Luftfahrzeuge. Diese operieren bisher zumeist in 4G Umgebung und können durch die in Bezug auf die Datenrate höher spezifizierten 5G-Campusnetze einen Performance Gewinn erwarten.

In Bezug auf die Forschung ist im Bereich 5G einiges vorangetrieben worden, doch nach Kenntnis des ZE nicht dediziert im Bereich der unbemannten Luftfahrt mit dem Hintergrund der Steuerung von UAV und der Übertragung von Nutzlastdaten. Insoweit soll mit dem Projekt 5G-TELK-NF angesetzt werden.

### **6 Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Der ZE arbeitet mit allen Projektpartnern eng zusammen. Mit der EurA und Hanke Konsek wird die Abstimmung hinsichtlich des Umfangs der Anwendungsfälle umrissen. Der TH Lübeck gelingt eine Ansteuerung unserer Netzkomponenten in das Campusnetz. Mit mb+Partner gelingt eine Anbindung des Starrflügelsystems S180Mk.II an das automatische Start-Lande-System. Mit der Leichtwerk AG wird eine umfangreiche Steuerung der Drohne über einen (Fern-)Leitstand realisiert und die Anwendungsfälle durchgeführt. Durch die Zusammenarbeit mit OffTEC und GreenTEC können die Anwendungsfälle umgesetzt werden.

Zudem wird erfolgreich auch mit externen Stellen, wie der Landesluftfahrtbehörde Bremen zusammengearbeitet, um die Betriebsgenehmigung für den BVLOS-Flug zu erhalten.

## **7 Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises**

Die zahlenmäßig größte Position in der Gesamtvorkalkulation (GVK) sind die Personalkosten mit ca. 359T€. Zweitgrößte Position sind Materialkosten mit veranschlagten 58 T€. Die Personalkosten werden, wie in der GVK geplant für die Bearbeitung des Projekts nahezu benötigt. Da die Drohne S360Mk.II nicht zum Einsatz kommt, fallen die Materialkosten mit ca. 29 T€ um ca. 30 T€ geringer aus.

## **8 Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit**

Die Planungen eines Campusnetzprojektes mit dem Ziel automatisiertem AVF- und UAV-Betrieb umzusetzen, übertrifft die Möglichkeiten eines wirtschaftlich agierenden KMU. Insoweit ist die Förderung eines technologisch herausfordernden Gesamtverbundes wie es im Projekt 5G-TELK-NF erfolgt, der einzig mögliche Weg die Technik in der Praxis zu erforschen. Zudem ist die besondere Gemengelage zwischen Gemeinden, Anwendern und Technologieunternehmen hervorzuheben.

## **9 Der Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen**

Dem ZE ist nicht bekannt, dass in Deutschland auf einem ähnlichen Projekt gearbeitet oder geforscht wird. Es wird bestimmt auf den genannten Einzel-Technologie gearbeitet und geforscht, jedoch nicht im Zusammenhang des beschriebenen Gesamtprojekt-Vorhabens.

## **10 Veröffentlichungen**

Es wird auf die Publikationen der CAU Kiel, der TH Lübeck, sowie die Internetpräsenz des Projektes verwiesen.