Sach-/Kurzbericht (Teil 1) des Verbundvorhabens zur Entwicklung, Erprobung, Integration und dem Transfer von Konzepten und Anwendungen innovativer Netztechnologien zur Resilienz- und Innovationssteigerung der Wirtschaft im Land Brandenburg

Akronym: 5G-Testbed-BB

Im Rahmen der Richtlinie zur Förderung innovativer Netztechnologien im Mobilfunk vom 23. August 2022

FKZ: 19OI22013 A-H

Projektkonsortium

Konsortialführer und Konsortialpartner

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Klimaschutz des Landes Brandenburg

Technische Hochschule Wildau – Luftfahrttechnik mit dem Flugplatz Schönhagen
IHP GmbH – Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik
Stadt Welzow mit dem Flugplatz Welzow
DAKO GmbH
INNOMAN GmbH
BTU Cottbus-Senftenberg – Lehrstuhl Automatisierungstechnik
Technische Hochschule Brandenburg – Wirtschaftsinformatik

Laufzeit: 1.5.23 - 31.07.2025

Kurzbericht

1. Die ursprüngliche Aufgabenstellung sowie den wissenschaftlichen und technischen Stand, an den angeknüpft wurde

Das Verbundvorhaben 5G-Testbed-BB hatte die Zielstellung, neuartige Anwendungen und Konzepte auf Basis der 5G-Technologie für die Wirtschaft im Land Brandenburg zu entwickeln, zu erproben, in bestehende Strukturen zu integrieren und den Transfer in Praxis und Gesellschaft vorzubereiten. Hierbei knüpfte das Projekt an unterschiedliche wissenschaftliche und technische Vorarbeiten der beteiligten Partner an und führte diese in gemeinsamen Testumgebungen fort.

Die Konsortialführung durch das **Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Klimaschutz des Landes Brandenburg** (MWAEK) baute auf bestehenden Erfahrungen im Bereich der regionalen Netzwerkbildung und Innovationsförderung auf. Der Schwerpunkt lag auf dem Aufbau eines übergreifenden 5G-Ökosystems in Brandenburg und auf der Kommunikation des Gesamtvorhabens.

Die **Technische Hochschule Wildau** (TH Wildau) baute ein stationäres 5G-Campusnetz am Flugplatz Schönhagen sowie ein mobiles nomadisches Netz auf und entwickelte luftfahrtspezifische Anwendungen, darunter AR-Assistenzsysteme für Piloten, Drohnensteuerung und die Weiterentwicklung eines Kampfmitteldetektionssystems.

Das **IHP – Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik** (IHP) errichtete am Flughafen Welzow ein 5G-Testnetz für die Untersuchung von IT-Sicherheitsfragen. Es konnte dabei auf eigene Vorarbeiten in der Mobilfunkforschung, insbesondere zu Sicherheitsszenarien und Angriffsmethoden wie Jamming, zurückgreifen. Neu war die Anwendung dieser Erkenntnisse in einem praxisnahen Umfeld mit Drohnen und Logistikanwendungen, womit ein direkter Transfer von Grundlagenforschung in realitätsnahe Szenarien erfolgte.

Die Stadt **Welzow mit dem Flugplatz Welzow** konnte vorhandene infrastrukturelle Kapazitäten bereitstellen, die durch Modernisierung und technische Anpassungen für die 5G-Erprobung erweitert wurden. Diese basierten auf langjährigen Erfahrungen im Flugbetrieb und in der Durchführung von Veranstaltungen, die für die Test- und Demonstrationstage aufgegriffen und weiterentwickelt wurden.

Die Partner **DAKO GmbH/ INNOMAN GmbH** befassten sich mit einem automatisierten Drohnenzustellsystem für ländliche Regionen. Hier knüpfte das Vorhaben an einen weitgehend unbearbeiteten Stand von Wissenschaft und Technik an. Bisherige Logistikdrohnenprojekte in Deutschland hatten den Schritt in die Praxis nicht geschafft, geeignete Hardware für 5G-Integration existierte nicht, und die Kombination mit hybriden

Logistikmodellen war wissenschaftlich kaum untersucht. Damit wurde in einem Bereich Neuland betreten, in dem die 5G-Technologie erst durch das Projekt als Enabler für logistische Innovationen etabliert werden konnte.

Die **Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg** (BTU) baute auf langjährige Forschung im Bereich Automatisierungstechnik sowie auf Ergebnisse früherer Projekte, insbesondere RepAIreality, auf. Darin waren bereits Ansätze zu KI-Assistenzsystemen und Gestenerkennung entwickelt worden. Das 5G-Testbed erlaubte es nun, diese Technologien in einem industriellen Umfeld (Modellfabrik) zu kombinieren und Use Cases wie Robotersteuerung oder fahrerlose Transportsysteme unter den spezifischen Bedingungen des neuen Mobilfunkstandards zu demonstrieren.

Die **Technische Hochschule Brandenburg (THB)** knüpfte an ihre bestehende Forschung zu drahtlosen Netzwerken, Testumgebungen und Nutzerstudien zur Gebäudeinteraktion an. Auf dieser Grundlage wurde ein 5G-Standalone- sowie WiFi6e-Netz für smarte Campus-Anwendungen aufgebaut. Ergänzend konnte ein AR-Leitsystem entwickelt werden, das auf vorherigen nutzerzentrierten Analysen zu Navigation und Interaktion in Gebäuden basierte und diese in die neue Netztechnologie überführte.

Insgesamt verband das Vorhaben damit Aufgabenstellungen, die sowohl auf den Ausbau und die Vernetzung von Infrastruktur zielten als auch auf die Entwicklung konkreter industrieller, logistischer und luftfahrtspezifischer Use Cases. Dabei wurde an bestehende wissenschaftliche und technische Erkenntnisse zu Funktechnologien, Automatisierung und AR-Systemen angeknüpft, zugleich aber auch in weitgehend unerforschtes Terrain – insbesondere im Bereich 5G-gestützter Drohnenlogistik – vorgedrungen.

2. Ablauf des Vorhabens

Das Projekt wurde über die gesamte Laufzeit hinweg durch das **MWAEK** koordiniert. Regelmäßige Konsortialtreffen, eine aktive Kommunikationsarbeit sowie Veranstaltungen zur Sichtbarmachung der Ergebnisse trugen maßgeblich zum strukturierten Ablauf bei.

Die **TH Wildau** setzte ein 5G-Campusnetz am Flugplatz Schönhagen mit Multi-Operating-Core-Network-Konfiguration um. Parallel dazu wurden die geplanten luftfahrtspezifischen Use Cases mit KMU umgesetzt und im Netz erprobt.

Das **IHP** nahm am Flughafen Welzow ein 5G-Netz in Betrieb und führte Wartungsmaßnahmen durch, um die Betriebsfähigkeit langfristig sicherzustellen. Zusätzlich wurde ein weiteres 5G-Netz am Institut selbst eingerichtet, das als Demonstrator für IT-Sicherheitsuntersuchungen diente. Im Rahmen der

Projektverlängerung konnten Jamming-Angriffe auf Drohnen praktisch durchgeführt und die Daten analysiert werden.
Die Stadt **Welzow mit dem Flugplatz Welzow** stellte alle erforderlichen Flächen und Räume bereit, ermöglichte die Nutzung der Start- und Landebahnen und begleitete die Test- und Vorführtage zuverlässig.
Die Partner **DAKO GmbH/ INNOMAN GmbH** führten zunächst eine Anforderungs- und Prozessanalyse durch. Anschließend wurden eine Logistikdrohne, eine IKT-Plattform und die 5G-Anbindung entwickelt und integriert. Nach Einholung der Genehmigungen erfolgte die Erprobung in Feldtests, deren Ergebnisse in Geschäftsmodelle und Einsatzkonzepte überführt wurden.
Die **BTU** passte ein bestehendes 5G-Netz an und setzte darauf drei Use Cases in der Modellfabrik um. Diese Anwendungen wurden bereits während der Projektlaufzeit durch die Transferzentren interessierten Unternehmen zugänglich gemacht. Verzögerungen bei Beschaffungen wurden im weiteren Verlauf aufgefangen.
Die **THB** installierte die Netze auf dem Campus und entwickelte auf dieser Basis ein AR-basiertes Leitsystem, das in wissenschaftlichen Untersuchungen getestet und optimiert wurde.

Insgesamt verlief das Vorhaben strukturiert und ergebnisorientiert. Trotz einzelner Anpassungen in den Abläufen konnten die vorgesehenen Infrastrukturen aufgebaut und praxisnahe Demonstratoren realisiert werden.

3. Wesentliche Ergebnisse sowie ggf. die Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen

Das Projekt führte zu einer Reihe von Ergebnissen, die die Anwendbarkeit von 5G in unterschiedlichen Bereichen sichtbar machten.
Das **MWAEK** begleitete das Vorhaben mit einer engen Zusammenarbeit innerhalb des Konsortiums sowie im Austausch mit weiteren Forschungseinrichtungen. Damit wurde ein Netzwerk geschaffen, das über die Projektlaufzeit hinaus den Transfer von Ergebnissen und Erkenntnissen unterstützt.
Die **TH Wildau** schloss das Projekt mit einem vollständig funktionierenden 5G-Netz am Flugplatz Schönhagen ab, das künftig im 5G-Labor weiter genutzt wird. In einem Anschlussvorhaben wird es gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut FOKUS und weiteren Partnern langfristig weiterentwickelt.
Das **IHP** entwickelte Jammer für stationäre und mobile Szenarien und erstellte umfangreiche Datensätze aus ungestörten und gestörten Netzbedingungen. Diese ermöglichten das Training von Machine-Learning-Ansätzen, mit denen Jamming-Angriffe zuverlässig erkannt werden konnten. Besonders bei Outdoor-Experimenten

zeigte sich die Relevanz solcher Angriffe während des Handovers. Ein Austausch mit weiteren Forschungseinrichtungen erfolgte über Schwesterprojekte wie den Open6GHub.

Die **Stadt Welzow** erfüllte ihre Rolle als Infrastrukturpartner vollständig, indem sie die notwendigen Flächen und organisatorischen Rahmenbedingungen bereitstellte.

Die Partner **DAKO GmbH / INNOMAN GmbH** entwickelten ein vollständiges Drohnenzustellsystem mit Planungsunterstützung, Tourenplanung und prozessualer Integration. Feldtests belegten die Praxistauglichkeit. Die enge Zusammenarbeit mit Anwendungspartnern aus der Wirtschaft sicherte den Praxisbezug und die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf künftige Projekte.

Die **BTU** stellte ein Testbed mit drei Demonstratoren bereit, das die Vorteile von 5G im industriellen Umfeld aufzeigte. Damit konnten praxisnahe Szenarien für Unternehmen zugänglich gemacht werden.

Die **THB** entwickelte ein AR-Leitsystem und dokumentierte die Erkenntnisse zu Netzanforderungen und Nutzerbedarfen in wissenschaftlichen Publikationen. Diese Ergebnisse bieten Potenzial für Anschlussprojekte.

Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse des Projekts die breite Anwendbarkeit von 5G-Technologien. Sie reichen von sicherheitskritischen Anwendungen über industrielle Automatisierung bis hin zur Luftfahrt- und Logistikbranche. Die Zusammenarbeit innerhalb des Konsortiums sowie mit weiteren Forschungseinrichtungen wie dem Open6GHub oder dem Fraunhofer FOKUS trug wesentlich dazu bei, die gewonnenen Erkenntnisse über die Projektlaufzeit hinaus anschlussfähig zu gestalten und bieten eine tragfähige Grundlage für weitere Forschung und die wirtschaftliche Nutzung im Bereich 5G und 6G im Land Brandenburg und darüber hinaus.

Sachbericht (Teil 2) des Verbundvorhabens zur Entwicklung, Erprobung, Integration und dem Transfer von Konzepten und Anwendungen innovativer Netztechnologien zur Resilienz- und Innovationssteigerung der Wirtschaft im Land Brandenburg

Akronym: 5G-Testbed-BB

Im Rahmen der Richtlinie zur Förderung innovativer Netztechnologien im Mobilfunk vom 23. August 2022

LAND BRANDENBURG
Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Klimaschutz

FKZ: 19OI22013 A-H

Projektkonsortium

Konsortialführer und Konsortialpartner

MWAEK - Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Klimaschutz des Landes Brandenburg

Technische Hochschule Wildau – Luftfahrttechnik mit dem Flugplatz Schönhagen
IHP GmbH – Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik
Stadt Welzow mit dem Flugplatz Welzow
DAKO GmbH
INNOMAN GmbH
BTU Cottbus-Senftenberg – Lehrstuhl Automatisierungstechnik
Technische Hochschule Brandenburg – Wirtschaftsinformatik

Laufzeit: 1.5.23 - 31.07.2025
Veröffentlicht: 23.09.2025

Autoren: Vertreter der o.g. Konsortialpartner und des Projektbüros (ifi i- Institut für Innovations- und Informationsmanagement GmbH)

Inhaltsverzeichnis

1. Darstellung des Projektes 3

1.1 Projektüberblick 3

1.2 Erreichte messbare Ziele 3

1.2.1 Aufbau und Betrieb von Testbeds 3

1.2.2 Einsatz innovativer Netztechnologien: 3

1.2.3 Entwicklung und Erprobung von Use Case Bundles 3

1.2.4 Aufbau des 5G-Atlas, sowie Integration der 5G-Campusnetze und -Projekte 5

1.2.5 Informationsvermittlung, Öffentlichkeitsarbeit und Publikationen 5

1.3 Ausgangslage zu Beginn des Projektes 8

1.4 Struktur des Projektes 10

1.5 Die Konsortialpartner und deren Rollen 10

1.6 Arbeitsorganisation 11

1.7 Herausforderungen 12

1.8 Zusammenarbeit mit Unterauftragnehmern 12

2. Ergebnisse / Zielerreichung entlang der Arbeitspakete 13

2.1 Informieren und Steuerung (AP 1) 13

2.2 Testbed: Schwerpunkt Luftfahrt (AP 2.1) 16

2.3 Testbed: Schwerpunkt Logistikdrohnen und IT-Sicherheit (AP 2.2) 18

2.4 Testbed: Schwerpunkt Robotik und digitale Assistenzsysteme (AP 2.3) 20

2.5 Testbed: Schwerpunkt Smarter Campus (AP 2.4) 21

3. Forschung und Entwicklung der einzelnen „use case bundles“ (AP 3) 23

3.1 Use case bundle: Schwerpunkt Aviation (AP 3.1) 23

3.2 Use case bundle: IT-Sicherheit (AP 3.2) 26

3.3 Use case bundle: Logistikdrohnen (AP 3.3) 29

3.4 Use case bundle: Robotik und Digitale Assistenzsysteme (AP 3.4) 34

3.5 Use case bundle: Leitsysteme und „Building Interaction“ (AP 3.5 - 3.7) 37

4. Sicherheit, Transparenz (AP 4.1 - 4.5) 40

5. Vernetzung, Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit (AP 5) 41

1. Darstellung des Projektes

1.1 Projektüberblick

Das Projekt „5G-Testbed-BB“ verfolgte das Ziel, durch den Aufbau und Betrieb von 5G-Testfeldern (Testbeds) die Anwendung innovativer Netztechnologien im Land Brandenburg voranzutreiben. Der Schwerpunkt lag insbesondere auf kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) und öffentlichen Einrichtungen, denen durch praxisnahe und übertragbare Anwendungsszenarien („Use Case Bundles“) ein Zugang zu 5G-Technologien ermöglicht werden sollte. Unterstützend wurde mit dem 5G-Atlas ein zentrales Informations- und Transparenzinstrument aufgebaut.

1.2 Erreichte messbare Ziele

1.2.1 Aufbau und Betrieb von Testbeds

Insgesamt wurden vier betriebsbereite 5G-Testbeds im Land Brandenburg aufgebaut. Hierzu wurden drei neue 5G-Campusnetze errichtet (davon 2 stationär und 1 mobil/nomadisch) und ein bestehendes 5G-Campusnetz herangezogen. Diese decken die Anwendungsfelder Logistik, unbemannte Luftfahrt (Drohnen), In-/Outdoornavigation, Building Interaction, IT-Sicherheit, sowie Robotik ab. Detaillierte Informationen zu den Testbeds werden in Kapitel 3 beschrieben.

1.2.2 Einsatz innovativer Netztechnologien:

In allen Testbeds kamen unterschiedliche 5G-Campusnetz-Architekturen und Netzwerkmanagementlösungen zum Einsatz. Dadurch wurden sowohl technische Machbarkeiten demonstriert als auch Interoperabilitätsaspekte untersucht.

1.2.3 Entwicklung und Erprobung von Use Case Bundles

Im Rahmen des Projekts 5G-Testbed-BB wurden mehrere konkrete Use Cases entwickelt, pilotiert und dokumentiert. Diese bündelten anwendungsnahe Szenarien in den Bereichen Drohnenlogistik, IT-Sicherheit, industrielle Automatisierung, smarte Campuslösungen und luftfahrtspezifische Anwendungen. Die Use Case Bundles veranschaulichen die Potenziale von 5G in unterschiedlichen Anwendungsfeldern und zeigen die technische wie organisatorische Umsetzbarkeit auf.

TH Wildau – luftfahrtspezifische Anwendungen

An der TH Wildau entstand ein umfassendes **Use Case Bundle mit dem Schwerpunkt Aviation** mit fünf use cases. Dazu zählte ein KI-gestütztes System zur automatisierten Inspektion der Flugplatzbetriebsflächen (Automatisierte Bodendienste) sowie ein AR-basiertes Assistenzsystem für Piloten und Flugschüler (ARFIS). Ergänzend wurden

Drohneneinsätze erprobt, bei denen Steuer- und Bildinformationen in Echtzeit über das 5G-Netz übertragen wurden. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Weiterentwicklung eines bestehenden Magnetometer-basierten Kampfmittel-Detektionssystems, dessen Messwerte dank 5G unmittelbar übermittelt werden konnten. Abgerundet wurde das Bundle durch den Aufbau eines 5G-Showrooms, der als Indoor-Testfeld zur Entwicklung, Vorerprobung und Präsentation der Demonstratoren dient.

Das IHP entwickelte im Rahmen seines Use **Case Bundles im Bereich IT-Sicherheit** unterschiedliche Jammer für Angriffe gegen 5G-Netze, sowohl für den Indoor- als auch den Outdoor-Einsatz. Darauf aufbauend wurden Methoden zur Erkennung solcher Störungen erarbeitet und Gegenmaßnahmen entwickelt. Die Kombination aus Angriffssimulation, Detektion und Abwehr ermöglichte eine ganzheitliche Betrachtung sicherheitskritischer Fragestellungen im 5G-Kontext.

Das **Use Case Bundle Logistikdrohnen** der Partner DAKO/ INNOMAN zielte auf die Entwicklung und Erprobung eines 5G-gestützten Zustellsystems für ländliche Regionen. Im Projektverlauf konnten zwei Feldtests realisiert werden: Am 31. Mai 2024 fand zunächst eine Simulation statt, bevor am 18.–19. November 2024 die erste reale Zustellung von Anzeigenblättern an Haushalte im Raum Welzow erfolgreich durchgeführt wurde. Dafür war im Oktober 2024 die erforderliche Genehmigung für automatisierte Drohnenflüge zu realen Zustelladressen erwirkt worden. Grundlage bildete die Entwicklung eines Prototyps einer autonom fliegenden Drohne mit einer Absetzvorrichtung. Als Teil des Use Case Bundle entstand des Weiteren ein Algorithmus zur Tourenoptimierung, der hybride Prozesse – Fahrzeug plus Drohne – abbildet. Zudem wurde eine REST-API implementiert, um die Integration mit bestehenden Logistiksystemen zu ermöglichen. Abgerundet wurde das Paket durch die Entwicklung von Geschäftsmodellen für die Drohnenlogistik, die das wirtschaftliche Potenzial des Systems aufzeigten.

Das **Use Case Bundle Robotik und digitale Assistenzsysteme** der BTU adressierte industrielle Szenarien in der Modellfabrik. Drei use cases wurden umgesetzt: eine Werkerführung mit Gestenerkennung, die Einbindung fahrerloser Transportsysteme in eine Fertigungsanlage sowie die Robotersteuerung mit Datenhandschuhen. Alle Use Cases nutzten die Leistungsfähigkeit von 5G, um Interaktion, Flexibilität und Effizienz in der Produktion zu steigern.

Das **Use Case Bundle Leitsysteme und „Building Interaction“** der THB widmete sich der Entwicklung eines AR-Leitsystems für Indoor- und Outdoor-Navigation sowie der Nutzung smarter Gebäudefunktionen im 5G-Umfeld. In drei Entwicklungsstufen wurden unterschiedliche Funktionsumfänge realisiert: Die Basisversion ermöglichte eine zielgruppenorientierte Navigation über den Campus mit statischen Informationen an Orientierungspunkten. Die erweiterte Variante bot dynamische Inhalte und

Personalisierungsmöglichkeiten, während die Advanced-Version barrierefreie Navigation mit kontextabhängigen Diensten wie Sprachanpassung bereitstellte. Die Systeme wurden technisch sowohl im 5G- als auch im WiFi6e-Netz evaluiert. Besondere Aufmerksamkeit galt der vergleichenden Analyse von Netzperformance und Nutzererlebnis, wodurch wertvolle Erkenntnisse zur Leistungsfähigkeit der neuen Netztechnologien gewonnen werden konnten.

Die unterschiedlichen Use Case Bundles verdeutlichen, wie breit die Einsatzmöglichkeiten von 5G-Technologien sind. Sie reichen von der sicheren Logistik über smarte Campuslösungen bis hin zur industriellen Fertigung und zur Luftfahrt. Detaillierte Ergebnisse zu den einzelnen Bundles und deren wissenschaftlicher Auswertung werden in Kapitel 3. beschrieben.

1.2.4 Aufbau des 5G-Atlas, sowie Integration der 5G-Campusnetze und -Projekte

Der 5G-Atlas Brandenburg wurde als interaktive Webplattform realisiert und öffentlich zugänglich gemacht. Er enthält:

- Einträge zu bestehenden 5G-Infrastrukturen (inkl. Campusnetzstandorte, Hardwarekomponenten, Anbieter)
- Projektsteckbriefe zu Use Cases
- die Möglichkeit 5G-Services zu integrieren und anzufragen
- die Option Projektpartner zu kontaktieren

1.2.5 Informationsvermittlung, Öffentlichkeitsarbeit und Publikationen

Workshops, Informationsveranstaltungen und Schulungen:
Im Rahmen des Projekts wurden über 15 Veranstaltungen durchgeführt (Präsenz und Online) mit insgesamt über 500 Teilnehmenden aus Unternehmen, öffentlicher Verwaltung und Forschung. Darunter Fachmessen, wie die AERO Friedrichshafen, die Hannover-Messe und die FIREmobil in Welzow. Auf Veranstaltungen wie der 5G-Fachtagung 2025 in Potsdam und in Workshops, vor allem während des 5G-Tag BB in Frankfurt (Oder) wurden folgende Themen diskutiert:

- Betreibermodelle, Use-Cases und hybride 5G-Netze
- Nutzung von 5G im Brand- und Katastrophenschutz
- Wissenschaftlicher Ausblick von 5G bis 6G/7G

Abbildung 1: Keynote beim 5G-Tag BB 2024 in Frankfurt (Oder)

Abbildung 2: 5G-Tag 2024 Ausstellung

Abbildung 3: Brandenburgs Wirtschaftsminister Daniel Keller bei der 5G-Fachtagung 2025 in Potsdam mit dem 5G-Chatbot

Veröffentlichungen:

Pressemeldungen: Es wurden 31 Pressemeldungen veröffentlicht

Zudem wurden mehrere wissenschaftliche Fachpublikationen veröffentlicht, u. a.:

- Teutenberg, L., Fitz, L., Scheeg, M., Scheeg, J. (2023) Anwendungsfälle von IoT-Lösungen für KMU in 5G-Umgebungen. ifii Working Paper 01/2023
- Teutenberg, L.D., Fitz, L.R.G., Scheeg, J. (2025). Current Design Practices in Applied Augmented Reality Research: A Methodological Review. In: Plácido da Silva, H., Cipresso, P. (eds) Computer-Human Interaction Research and Applications. CHIRA 2024. Communications in Computer and Information Science, vol 2370. Springer, Cham.
- Fitz, L.R.G., Teutenberg, L.D., Veldyaeva, E., Scheeg, J. (forthcoming). Augmented Reality Solution Requirements for Human-Building Interactions: Lessons Learned from an Applied Science Project. HCI International 2025 – Late Breaking Posters. Communications in Computer and Information Science. Springer. In press.
- Yener, M. Brzozowski, R. Chitauro and P. Langendörfer (2025). Pushing the Limits of 5G Private Networks: A Practical Examination of Network Stressors. In:

Proceedings of the 2025 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC), pp. 752-756. IEEE.

Projektwebseite:

Vorstellung der verschiedenen 5G-Innovationsprojekte, Anwendungsfelder und Testbed-Standorte im Land Brandenburg https://5g-testbed-bb.de/

Abbildung 4: Die Landingpage des Vorhabens 5G-Testbed-BB

Video: Kurzvideo über die Ergebnisse des Projekts zur Veröffentlichung auf den Kanälen von InnoNT LinkedIn

Projektsteckbrief: Zur Kurzbeschreibung des gesamten Projekts auf der neuen BMDS-Website (Link noch ausstehend)

5G-Atlas: Die Ergebnisse der Projekte sind bis zum 31.10.25 ebenfalls über den 5G-Atlas https://atlas.5g-brandenburg.de/#Projekte abrufbar.

Beitrag zur Vernetzung und Innovationsförderung durch die Etablierung eines 5G-Kompetenznetzwerks:
Es wurde ein regionales 5G-Ökosystem mit über 40 Akteuren aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung etabliert. Daraus sind bereits Folgekooperationen mit dem Ziel der weiteren Nutzung und Verstetigung der Testbeds hervorgegangen.

1.3 Ausgangslage zu Beginn des Projektes

Die Ausgangslage für das Projekt „5G-Testbed-BB“ im Flächenland Brandenburg war durch eine Reihe struktureller, technologischer und wirtschaftlicher Herausforderungen geprägt. Obwohl die fünfte Mobilfunkgeneration (5G) ein hohes Innovations- und Digitalisierungspotenzial für nahezu alle Branchen bietet, war deren betriebliche Nutzung – vor allem durch Unternehmen im Land Brandenburg nur in sehr geringem Maße ausgeprägt.

Gespräche mit Unternehmen, Verwaltungen und weiteren Stakeholdern in Brandenburg zeigten, dass ein erheblicher Informations- und Qualifizierungsbedarf hinsichtlich der technologischen Möglichkeiten, Einsatzpotenziale und Grenzen von 5G besteht. Insbesondere mittelständische Unternehmen verfügten häufig weder über das notwendige Know-how noch über die personellen und finanziellen Ressourcen, um eigenständig den Einstieg in 5G-basierte Anwendungen zu vollziehen.

Gleichzeitig war der Markt für 5G-Technologien – insbesondere im Bereich innovativer Netzwerkarchitekturen wie Open RAN, Edge Computing oder 5G-Campusnetze – stark fragmentiert. Anbieter innovativer Lösungen hatten und haben oft keinen Zugang zu regionalen Anwendern oder kannten deren Bedarfe nicht. Umgekehrt fehlte es Nachfragern häufig an Transparenz über verfügbare Lösungen und Partner.

Das Land Brandenburg weist als Flächenland mit einer Vielzahl mittelständisch geprägter Wirtschaftsstandorte und nur wenigen urbanen Verdichtungsräumen besondere strukturelle Bedingungen auf. Diese führen dazu, dass konventionelle großflächige Infrastrukturinvestitionen durch Netzbetreiber oft nicht wirtschaftlich realisierbar sind. Gleichzeitig ist die Region durch einen hohen Anteil industrieller und handwerklicher Wertschöpfung sowie durch zahlreiche öffentliche und kommunale Einrichtungen geprägt, für die 5G-Anwendungen grundsätzlich einen großen Nutzen stiften könnten – etwa in der Logistik, Energieversorgung, Landwirtschaft oder in der Verwaltung.

Das Projekt wurde im Rahmen der 5G-Strategie des Landes Brandenburg initiiert, die explizit darauf abzielt, die Einführung und Nutzung von 5G flächendeckend und bedarfsgerecht voranzutreiben. Die Strategie verfolgt unter anderem folgende Ziele:

- Förderung von 5G-Testfeldern und Reallaboren zur praxisnahen Erprobung von Anwendungen,
- Unterstützung von KMU beim Zugang zu 5G-Technologien durch Beratungs-, Qualifizierungs- und Förderangebote,
- Aufbau eines Innovations-Ökosystems aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung, um 5G als Enabler für Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Resilienz zu etablieren.

In diesem Kontext war „5G-Testbed-BB“ ein zentrales Umsetzungsinstrument der Landesstrategie, da es sowohl technologische Grundlagen in Form von Testinfrastruktur schaffen als auch übertragbare Anwendungen und Geschäftsmodelle zur Verfügung stellen sollte.

Vor dem Hintergrund dieser Ausgangslage setzte das Projekt an der Nahtstelle zwischen Technologieentwicklung und -anwendung an. Ziel war es, nicht nur die technische Machbarkeit von 5G-Lösungen im regionalen Kontext zu demonstrieren, sondern auch konkrete Mehrwerte für Unternehmen und Institutionen sichtbar und nutzbar zu machen. Gleichzeitig sollte mit dem 5G-Atlas Brandenburg ein zentraler Beitrag zur Transparenz, Sicherheit und Vernetzung im Bereich der 5G-Infrastruktur und -Anbieterlandschaft geleistet werden.

Allerdings kam es im Projektverlauf zu inhaltlichen Schwerpunktverschiebungen und kontextbedingten Präzisierungen, die insbesondere auf neue Erkenntnisse aus den Testbed-Erprobungen, Rückmeldungen aus Unternehmen sowie auf technologische Entwicklungen im 5G-Umfeld zurückzuführen sind:

In Reaktion auf Rückmeldungen von Praxispartnern wurde die Frage „Rechnen sich 5G-Investitionen?“ im Projektverlauf stärker operationalisiert. Es flossen Elemente zur Bewertung von Investitions- und Betriebskosten, Skalierbarkeit und ROI-Betrachtungen in die Use Case-Dokumentation ein.

Ursprünglich stärker auf betriebliche Anwendungen fokussiert, wurde der Kreis der Adressaten im Projektverlauf bewusst erweitert, da sich Kommunen als wichtige

Innovationspartner zeigten (z. B. für Drohneneinsatz, Smart City, Netzinfrastrukturplanung).

Die Kernziele des Projekts wurden beibehalten. Die vorgenommenen inhaltlichen Anpassungen betrafen keine grundsätzliche Zielverschiebung, sondern dienten vielmehr der praktischen Optimierung der Wirksamkeit und Adressatengerechtigkeit des Vorhabens. Sie stärkten den Transfercharakter und erhöhten die Anschlussfähigkeit der Projektergebnisse in die Praxis.

1.4 Struktur des Projektes

Das Konsortium ist während des Projektes in seiner Struktur und mit den Ansprechpartnern unverändert geblieben. Das MWAEK hat im Projektzeitraum das Konsortium angeführt und mittels Konsortialtreffen und Abstimmungen sowohl die Vernetzung als auch die Steuerung und Kommunikation der Projektergebnisse der Konsortialpartner übernommen.

1.5 Die Konsortialpartner und deren Rollen

Partner	**Aufgabe/ Rolle**
Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie des Landes Brandenburg Ansprechpartner: Dr. Frank Lochter	• Steuerung des Gesamtvorhabens als Konsortialführer • Kommunikation an nachgelagerte Einrichtungen und Institutionen des Landes • Verankerung der Teilprojekte in der Landesstrategie • Presse- und Öffentlichkeitsarbeit • Sicherstellung der Nachhaltigkeit des Projektes
Technische Hochschule Wildau – Luftfahrttechnik mit dem Flugplatz Schönhagen Ansprechpartner: Prof. Wolfgang Rüther-Kindel	• Aufbau und Betrieb des Testbeds 5G-Flugplatz Schönhagen • Entwicklung von Use Cases im Bereich Flugplatzinspektion, Drohnenflug, Kampfmitteldetektion und Flugassistenz
IHP GmbH – Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik Ansprechpartner: Prof. Dr. rer. nat. Peter Langendörfer	• Aufbau und Betrieb des Testbeds 5G-Flugplatz Welzow • Forschung zu IT- Sicherheitsproblematiken in 5G Netzen insbesondere in stationären Szenarien wie Automatisierung, Health, etc. sowie in mobilen Szenarien wie bei Drohnenflügen o.ä., etc. • Entwicklung von Angriffserkennungs- und Gegenmaßnahmen

Partner	Aufgabe/ Rolle
Stadt Welzow mit dem Flugplatz Welzow Ansprechpartner: Frau Birgit Zuchold/ Hr. Soult	• Einrichtung und Betrieb des Testbeds 5G-Flugplatz Welzow, sanierte Flächen, Räume zur Verfügung stellen • Unterstützung bei der Entwicklung und Erprobung von Anwendungen im Bereich Drohnen für Logistik
DAKO GmbH Ansprechpartner: Dr. Harald Hempel	• Realisierung einer Tourenplanung für die hybride Zustellung mit Drohnen • Entwicklung von Drohnenspezifischen Kartenmaterial • Aufbau des Testbeds Mediendrohne
INNOMAN GmbH Ansprechpartner: Daniel Stegmann	• Entwicklung der Mediendrohne • Entwicklung des hybriden Zustellprozesses sowie Entwicklung von Geschäftsmodellen für eine Drohnenbasierte Logistik • Aufbau des Testbeds Mediendrohne
BTU Cottbus-Senftenberg mit Lehrstuhl Automatisierungstechnik Ansprechpartner: Ronny Porsch	• Aufbau des Testbeds “Robotik und Digitale Assistenz” • Realisierung von 3 Use Cases o KI-gestützte Werkerassistenz mit Gestenerkennung o Robotersteuerung durch Gestenerkennung o Einbindung FTS in Fließbandsystem
Technische Hochschule Brandenburg Ansprechpartner: Prof. Dr. Jochen Scheeg Prof. Dr. Martin Schafföner	• Aufbau und Betrieb des Testbeds „Smarter Campus“ • Entwicklung von Use Cases im Bereich AR-Leitsysteme und „Building Interaction“ • Entwicklung, Implementierung und Betrieb des 5G-Atlas in Zusammenarbeit mit Partnern • Aufbau von Prozessen zur regelmäßigen Erfassung der plattformrelevanten Daten

1.6 Arbeitsorganisation

Die Arbeitsplanung war so organisiert, dass alle Projektpartner unabhängig voneinander ihre Arbeitspakete umsetzen und ihre Projektziele erreichen konnten.
Über den engen Austausch und die gute Verletzung der Konsortialpartner untereinander konnten zahlreiche Synergieeffekte gehoben werden, bereits in der Phase des Aufbaus der 5G-Campusnetze und auch bei der Kommunikation der Projektergebnisse auf Veranstaltungen.

1.7 Herausforderungen

Herausforderungen im Konsortium und der gemeinsamen Umsetzung des Vorhabens haben sich nicht ergeben. Die Zusammenarbeit war geprägt von Hilfsbereitschaft und kollegialem Miteinander.

Als Herausforderungen innerhalb der einzelnen Arbeitspakete können genannt werden:

- Verzögerungen aufgrund Vergaberechtlicher Aspekte bei der Beschaffung des Forschungs-Flugzeugs und dem Aufbau des 5G-Campusnetzes beim Konsortialpartner TH-Wildau
- Genehmigungsrechtliche Praxis für Drohnenflüge beim Konsortialpartner INNOMAN und DAKO
- Langwierige Beschaffungsprozesse – BTU
- Zweiter Mitarbeiter erst spät gefunden - BTU

1.8 Zusammenarbeit mit Unterauftragnehmern

Der Konsortialführer hatte einen Unterauftragnehmer für die Unterstützung des Projekts in Form eines Projektbüros beauftragt. Dieser übernahm die Koordination und Durchführung der Konsortialtreffen, der Veranstaltungen und der begleitenden Projektkommunikation, sowie das projektbegleitende Berichtswesen.

DAKO / INNOMAN: Im Rahmen der Teilprojekte wurde ein Unterauftrag an einen spezialisierten Drohnendienstleister vergeben, da eine eigene Genehmigung für automatisierte Drohnenflüge nicht rechtzeitig erlangt werden konnte. Der Dienstleister verfügte über eine zugelassene Drohne sowie eine genehmigte Leitstandtechnik. Durch diese Kooperation konnte der reale Drohneneinsatz im November 2024 erfolgreich durchgeführt und das Zustellkonzept unter Praxisbedingungen validiert werden.

2. Ergebnisse / Zielerreichung entlang der Arbeitspakete

2.1 Informieren und Steuerung (AP 1)

Verantwortlicher Partner: MWAEK							**AP:** 1		
Partner	MWAEK								**Summe**
PM	[0,6][1] HH-stellen								

Zielstellung:

Koordination des Projektes und Sicherung der Arbeitsergebnisse aus den Arbeitspaketen. Kommunikation innerhalb des Konsortiums und hin zum Projektträger zur Projektsteuerung. Konzeption und Durchführung der Kommunikation der Projektergebnisse nach außen über Veranstaltungen, Workshops, Pressemeldungen, etc.

Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Vergabe an externes Projektbüro zur Umsetzung der o.g. Zielstellung

Abgeschlossene Aufgaben/ Deliverables/ Tätigkeiten zum 31.07.25

- Es erfolgt die Planung und Durchführung von 6 5G-Konsortialtreffen und einem Abschlusstreffen im Dezember 2024 und einem weiteren Abschlusstreffen im Rahmen des 5G-Tages am 30.4.2025.
- Seit 2024 werden für das gesamte Konsortium 14tägig Telefonkonferenzen angeboten, die je nach Bedarf durchgeführt wurden.
- Es wurde ein gemeinsamer Dateiablagebereich geschaffen, damit alle Konsortialpartner kollaborativ auf Informationen, Vorlagen und Berichte zugreifen können.
- Alle Konsortialpartner wurden regelmäßig über Informationen vom Projetträger informiert
- Die Antragstellung zur kostenneutralen Verlängerung wurde durch den Konsortialpartner koordiniert.
- Ein wesentlicher Teil der Kommunikation bspw. bei Veranstaltungen erfolgt über zentrale Projekt-E-Mailadresse team@5g-testbed-bb.de.
- Die Erstellung des Sachberichtes erfolgte unter Leitung des Konsortialpartners.

Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Ohne eine professionelle Projektsteuerung hätte das Vorhaben 5G-Testbed-BB nicht erfolgreich umgesetzt werden können.

Herausforderungen/ ggf. nicht erreichte Projektziele laut Antrag

Alle Projektzeile wurden erreicht erfüllt

Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses - auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Das Projekt "5G-Testbed-BB" hatte aus wirtschaftspolitischer Sicht eine bedeutende Rolle, da es die Entwicklung und Erprobung von 5G-Technologien in Brandenburg vorantrieb. Durch den Aufbau

von Testbeds und die Förderung von 5G-Projekten wurden innovative Netztechnologien in verschiedenen Sektoren getestet und erprobt und die wirtschaftliche Entwicklung in Brandenburg gefördert, indem es kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sowie eine kommunale Anwendung bei der Einführung von 5G-Technologien unterstützte. Die Ergebnisse des Projekts können auch als Blaupause für den Umgang mit Strategien im Land Brandenburg dienen, um die Digitalisierung von Geschäftsprozessen und -modellen voranzutreiben.
Als Konsortialführer hat das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie des Landes Brandenburg (MWAEK) eine zentrale Rolle bei der strategischen Steuerung und inhaltlichen Ausrichtung des Gesamtvorhabens „5G-Testbed-BB“ übernommen. Neben der Koordinierung der Verbundpartner hat das MWAEK maßgeblich dazu beigetragen, dass die Projektergebnisse nicht nur im Rahmen der Förderlaufzeit Wirkung entfalten, sondern auch langfristig verwertbar und anschlussfähig an die Digitalstrategie des Landes Brandenburg bleiben.

Strategische Steuerung und Zielausrichtung
Das MWAEK stellte sicher, dass die Arbeiten innerhalb des Konsortiums kontinuierlich auf die gesamtwirtschaftlichen und digitalpolitischen Zielsetzungen des Landes Brandenburg ausgerichtet blieben. Dies betraf insbesondere:

- die Fokussierung auf KMU als Hauptzielgruppe,
- die Berücksichtigung regionaler Strukturbedingungen im Flächenland Brandenburg,
- sowie die Verzahnung mit bestehenden und geplanten Maßnahmen im Bereich Digitalisierung und Wirtschaftsförderung.

Diese strategische Rahmensetzung ermöglichte eine praxisnahe Priorisierung der Use Cases und Testbed-Schwerpunkte sowie eine enge Abstimmung mit der 5G-Strategie des Landes.

Sicherstellung der Verwertbarkeit der Projektergebnisse
Der vom MWAEK verantwortete Verwertungsplan wurde im Projektverlauf kontinuierlich fortgeschrieben und konkretisiert. Dabei wurden folgende zentrale Maßnahmen zur Sicherstellung der nachhaltigen Nutzung der Projektergebnisse angestoßen:

- Integration des 5G-Atlas in landeseigene Digitalinfrastrukturen: Der 5G-Atlas wird nach Projektende weiterbetrieben und in das Digitalportal des Landes Brandenburg eingebunden, um dauerhaft Transparenz über 5G-Anwendungen, Netzkomponenten und Infrastrukturstandorte zu gewährleisten.
- Aufbau eines 5G-Ökosystems in Brandenburg: Das MWAEK hat die Einbindung der Projektergebnisse – insbesondere der erarbeiteten Use Cases und Testbed-Strukturen – in das 5G-Ökosystem des Landes initiiert.
- Überführung von Testbeds in Dauerbetrieb mit Partnern: In Abstimmung mit beteiligten Wirtschaftsakteuren und Hochschulen wird angestrebt, mindestens zwei der aufgebauten Testbeds dauerhaft weiterzubetreiben, u. a. für Qualifizierungsangebote, Forschungstransfer und Technologieberatung.

Weiterentwicklung der Use Case Bundles in konkreten Förderprogrammen: Das MWAEK strebt an, aufbauend auf den Ergebnissen von „5G-Testbed-BB“, gezielte Förderinstrumente für KMU in Brandenburg zu entwickeln, die auf 5G-Anwendungen in Bereichen wie Logistik, Energie und Landwirtschaft zugeschnitten sind.

Beitrag zum voraussichtlichen Nutzen auf Landesebene und Weiterführungsmöglichkeiten

Durch die enge Steuerung des Gesamtprojekts hat das MWAEK wesentlich dazu beigetragen, dass die im Projekt entwickelten Instrumente und Erkenntnisse:

- in landesweite Digitalstrategien integriert werden können,
- übertragbare Blaupausen für andere Regionen im Land liefern,
- und sowohl politisch-administrative Entscheidungsprozesse als auch die technologischen Anforderungen der Wirtschaft adressieren.

Damit ist eine hohe Wahrscheinlichkeit gegeben, dass das Projekt über die Förderdauer hinaus einen nachhaltigen Nutzen für die Digitalisierung der Wirtschaft und Verwaltung im Land Brandenburg entfaltet.

Anschlussfähigkeit

Ein zentrales Qualitätsmerkmal des Projekts „5G-Testbed-BB“ ist seine hohe Anschlussfähigkeit an bestehende sowie geplante Maßnahmen und Strukturen auf Landes- und Bundesebene. Die im Projektverlauf entwickelten Ergebnisse – insbesondere die Testbeds, die Use Case Bundles sowie der 5G-Atlas – wurden von Beginn an so konzipiert, dass sie über die Laufzeit hinaus weitergenutzt, weiterentwickelt und in andere Vorhaben integriert werden können.

1. Anschluss an die 5G-Strategie Brandenburgs

   Die Projektergebnisse korrespondieren direkt mit den Handlungsfeldern der 5G-Strategie des Landes Brandenburg – insbesondere:

   - der Förderung eines 5G-Innovationsökosystems,
   - dem Ausbau von Test- und Demonstrationsinfrastrukturen,
   - der Förderung von KMU durch übertragbare Anwendungsbeispiele

Durch diese strategische Verzahnung ist gewährleistet, dass die im Projekt entwickelten Strukturen und Erkenntnisse langfristig anschlussfähig bleiben und in laufende Initiativen integriert werden können.

2. Technologische Anschlussfähigkeit

Die Testbeds und Use Cases wurden unter Einsatz offener, modularer und standardisierter Netzwerkarchitekturen aufgebaut. Dies stellt sicher, dass:

- neue Anwendungen und Partnertechnologien nahtlos integriert werden können,
- weitere Forschungsvorhaben (z. B. im Bereich autonomer Systeme, IoT oder kritischer Infrastrukturen) auf den Ergebnissen aufbauen können, und
- die Testumgebungen mit zukünftigen 5G-Entwicklungsstufen (5G SA, 5G Advanced, perspektivisch 6G) kompatibel bleiben.

3. Institutionelle Anschlussfähigkeit

Die aktive Rolle des MWAEK als Konsortialführer und Impulsgeber für die Fortführung der Projektergebnisse trägt dazu bei, dass:

- bestehende Partnerschaften mit Hochschulen, Kommunen und Unternehmen langfristig stabilisiert werden,
- die Überführung der Ergebnisse in dauerhafte Strukturen konkret vorbereitet ist, und
- Fördermöglichkeiten auf Landes- und Bundesebene gezielt genutzt werden können.

Darüber hinaus besteht eine enge Anbindung an überregionale Netzwerke und Förderlinien (z. B. Innovationsförderung, Digitale Souveränität, Mittelstand-Digital), sodass auch überregionale Skalierungspotenziale gegeben sind.

Fazit:

Die Anschlussfähigkeit des Projekts „5G-Testbed-BB“ zeigt sich sowohl in inhaltlich-strategischer, technologischer als auch institutioneller Hinsicht. Die Ergebnisse und Strukturen sind nicht als abgeschlossene Einzellösungen konzipiert, sondern als offene, ausbaufähige und übertragbare Bausteine, die in die nächsten Entwicklungsphasen der Digitalisierung in Brandenburg und darüber hinaus integriert werden können.

Veröffentlichungen der Ergebnisse erfolgten über

- Zwischenberichte
- Sachbericht
- Wirtschaftspolitische Umsetzung der 5G-Stratgie https://5g-strategie-bb.de/preview/2025-03-31%205G-Strategiefortschreibung_WiPol.pdf

2.2 Testbed: Schwerpunkt Luftfahrt (AP 2.1)

Verantwortlicher Partner: Technische Hochschule Wildau							**AP:** 2.1		
Partner	MWAEK	IHP	BTU	Welzow	THB	TH-Wildau	DAKO	INNO-MAN	**Summe**
PM									**8**

Zielstellung:

Konzeption des 5G-Campus Netzes für die Use-Case-Bundle inkl. Forschungsflugzeug und Nomadic Node. Ausschreibung, Begleitung Implementierung und Inbetriebnahme und Abnahme am Flugplatz Schönhagen

Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

- 5G-Campusnetz
- Forschungsflugzeug (Breezer Sport)
- Personalkosten

Abgeschlossene Aufgaben/ Deliverables/ Tätigkeiten zum 31.07.25

Im Projekt wurde ein 5G-Campusnetz als Testbed für innovative Technologien aufgebaut. Dieses wird für den Test der im Projekt entwickelten Anwendungen (Use-Cases) genutzt. Nach dem Projektende von 5G-Testbed soll das Netz für andere 5G-Projekte weitergenutzt werden.

Im Detail sind folgende Aufgaben zu nennen:

- Erstellung Lastenheft (Leistungsbeschreibung) für 5G-Campusnetz
- Erstellung Lastenheft (Leistungsbeschreibung) für Forschungsflugzeug
- Öffentliche Ausschreibung für 5G-Campusnetz durchgeführt.
- Öffentliche Ausschreibung für Forschungsflugzeug durchgeführt. Aufgrund signifikanter Preisschwankungen, die durch starke Inflation verursacht wurden, muss die Ausschreibung für das Forschungsflugzeug erneut durchgeführt werden.
- Änderungsmanagement durch hinzugekommen Anforderungen an das 5G-Campusnetz

Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Der Aufbau des 5G-Campusnetzes am Flugplatz Schönhagen war eines der zentralen Projektziele der TH-Wildau. Zudem bildet es die Grundlage für die Erprobung der im Rahmen der 5 Use-Cases entwickelten Demonstratoren.

Herausforderungen/ ggf. nicht erreichte Projektziele laut Antrag

Es hat sich gezeigt, dass die Vorbereitung von Ausschreibungen mit einem erheblichen – und im Verhältnis zum eigentlichen Projektumfang überproportionalen – Personal- und Zeitaufwand verbunden ist.

Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses - auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Das 5G-Campusnetz soll fortführend auch Bestandteil des Vorhabens AMADEUS (Airborne reMote observAtion anD rEscUe activitieS) zur Entwicklung innovativer Technologien zur Unterstützung von Rettungseinsätzen und Katastrophenschutz durch die Integration von 5G-Kommunikation in unbemannte Luftfahrzeuge und autonome Roboter eingesetzt werden. Das Projekt startet zum 01.10.2024 und endet zum 30.03.2026.

Weiterführungsmöglichkeiten

Das im Projekt entwickelte 5G-Campusnetz bietet eine tragfähige Basis für eine nachhaltige Weiterführung im Rahmen des geplanten Projekts AMADEUS. Die vorhandene Infrastruktur wird dabei genutzt, um zusätzliche Anwendungen wie sicherheitskritische Drohneneinsätze weiterzuentwickeln und die Echtzeit-Datenübertragung zu optimieren. Durch die flexible und modulare Ausgestaltung des Netzwerks können zukünftige Technologien problemlos integriert und an neue Anforderungen angepasst werden. Der Ausbau und die Validierung unter realitätsnahen Bedingungen ermöglichen eine kontinuierliche Nutzung und Erweiterung über mehrere Jahre hinweg.

Wirtschaftliche Verwertung durch die Projektpartner

Als Forschungseinrichtung ist eine direkte wirtschaftliche Verwertung des Projekts nicht vorgesehen. Jedoch tragen die entwickelten Technologien und die internationale Präsentation der Ergebnisse, beispielsweise auf der AERO und der Hannover-Messe, zur erhöhten Sichtbarkeit der beteiligten

Partner bei. Diese gesteigerte Bekanntheit bietet indirekte wirtschaftliche Vorteile, etwa durch zukünftige Kooperationsprojekte mit Unternehmen oder neue Forschungsaufträge.

Wissenschaftliche Verwertung durch die Projektpartner

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse aus dem Projekt fließen in verschiedene FuE-Vorhaben wie das geplante Projekt AMADEUS ein. Das 5G-Testbed wird als Reallabor genutzt, um weitere innovative Anwendungen zu testen und Erkenntnisse für wissenschaftliche Publikationen und Forschungsberichte zu gewinnen. Zudem schaffen die Projektergebnisse eine Grundlage für Dissertationen und weiterführende Forschungsarbeiten im Bereich moderner Netztechnologien und deren Anwendungen in der Luftfahrt.

Anschlussfähigkeit

Die Projektergebnisse bieten zahlreiche Ansätze für aufbauende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Das Folgeprojekt AMADEUS ist bereits in Bearbeitung und wird auf den entwickelten Technologien und Erkenntnissen aufbauen. Darüber hinaus kann das 5G-Testbed durch seine modulare Struktur auch langfristig als Forschungsplattform für weitere Projekte dienen. Perspektiven bestehen zudem in der Integration der Ergebnisse in Bildungsprogramme zur Schulung von Fachkräften in innovativen Netz- und Luftfahrttechnologien. Die Anschlussarbeiten sind für die kommenden drei bis fünf Jahre vorgesehen.

Veröffentlichungen de Ergebnisse

Keine

2.3 Testbed: Schwerpunkt Logistikdrohnen und IT-Sicherheit (AP 2.2)

Verantwortlicher Partner: IHP							**AP:** 2.2		
Partner	MWAEK	IHP	BTU	Welzow	THB	TH-Wildau	DAKO	INNO-MAN	**Summe**
PM		6		[0,2]					**6,2**

Zielstellung:

Das 5G-Netzwerk wurde im Rahmen dieses Projekts neu aufgebaut. Geeignete Optionen für den Einsatz im Feld und im Innenbereich wurden analysiert, und IT-Sicherheitsmaßnahmen wurden gemäß dem Stand der Technik bzw. den BSI-Grundschutzstandards umgesetzt. Das Outdoor-Testbed besteht hauptsächlich aus zwei Basisstationen sowie einer zusätzlichen mobilen Basisstation, und die Verbindung mit mindestens 14 5G-Endgeräten wurde verifiziert. Darüber hinaus sollen IoT-Geräte wie drahtlose Sensorknoten integriert werden. Die Integration von Drohnen über 5G befindet sich in der Umsetzung.

Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Aufbau 5G-Campusnetz am Flughafen Welzow mit der Cocus AG

Aufbau Indoor 5G Netz

Abgeschlossene Aufgaben/ Deliverables/ Tätigkeiten zum 31.07.25

Das Testbed wurde in Zusammenarbeit mit der Cocus AG eingerichtet, was zu einem funktionalen Outdoor-Testbed führte, welches aus zwei stationären Basisstationen und einer optionalen mobilen Basisstation besteht. Zusätzlich verfügt das IHP über ein Indoor-Testbed, das genutzt wurde, um

Tests im Vorfeld der Feldexperimente in Welzow durchzuführen. Das Netzwerk wurde so konfiguriert, dass Fernänderungen der Übertragungseinstellungen für das Testbed in Welzow möglich sind.

Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Der Aufbau des Netzes und erfolgten Arbeiten waren notwendig, um Versuche mit Drohnen im realen Umfeld durchzuführen. So konnten zentrale Fragestellungen zur Resilienz und Sicherheit von 5G-Netzen experimentell untersucht werden. Angesichts des hohen Innovationsgrads der Arbeiten war der Ressourceneinsatz angemessen und lieferte Ergebnisse, die sowohl wissenschaftlich als auch praktisch von großem Wert sind.

Herausforderungen/ ggf. nicht erreichte Projektziele laut Antrag

Die Ziele aus dem Antrag wurden erreicht.

Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses - auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die im Testbed entwickelten Drohnenlogistiklösungen – darunter ein Prototyp für eine autonom fliegende Drohne mit Absetzvorrichtung, eine Tourenoptimierungs-Software für hybride Zustellprozesse und Schnittstellen zur Einbindung in bestehende Logistikinfrastrukturen – verdeutlichen das Potenzial für einen künftigen Einsatz in der Praxis. Das Testbed bildete die Basis für die später entwickelten Konzepte und Feldtests (siehe AP 3.3.). Für die nähere Zukunft gibt es Bemühungen, die gewonnenen Erkenntnisse in neuen Projekten und anderen Anwendungsfeldern weiterzuführen, ohne das Testbed wäre dies nicht möglich gewesen.
Auf der sicherheitstechnischen Seite wurde eine ganze Reihe von Ergebnissen erzielt, die unmittelbar wissenschaftlich verwertbar sind: Es wurden drei Arten von Jamming-Angriffen (Single-Tone, Sub-Band, Barrage) entworfen und implementiert. Darauf aufbauend wurden Machine-Learning-Modelle zur Erkennung und Klassifizierung von Jamming-Signalen entwickelt, die eine Echtzeit-Identifikation und Protokollierung ermöglichen.

Weiterführungsmöglichkeiten

Die Stadt Welzow hat mit den Projektpartnern bereits mehrere Anträge zur Fortsetzung der Förderung gestellt, die jedoch nicht bewilligt wurden. Ohne zusätzliche finanzielle Unterstützung ist eine direkte Überführung in den Betrieb nicht möglich. Gleichwohl gibt es neue Bemühungen, die erzielten Ergebnisse in anderen thematischen Feldern und Anwendungsregionen einzusetzen.
Eine Weiterführung des Netzes in Welzow selbst wird aktuell geprüft. Vorrangig soll es perspektivisch für Forschungsarbeiten des IHP zur Verfügung stehen, wodurch die geschaffene Infrastruktur auch über die Projektlaufzeit hinaus einen Nutzen entfalten kann.

Wirtschaftliche Verwertung durch die Projektpartner

Das IHP als Forschungsinstitut verfolgt aktuell keine direkte wirtschaftliche Verwertung.

Wissenschaftliche Verwertung durch die Projektpartner

Die wissenschaftliche Verwertung der Projektergebnisse ist bereits erfolgt: Die Erkenntnisse wurden in Publikationen aufgearbeitet und fließen in andere Forschungsprojekte ein.

Anschlussfähigkeit

Die erzielten Ergebnisse bieten eine hohe Anschlussfähigkeit für neue Forschungsarbeiten und Anwendungsfelder. Mit den gewonnenen Erkenntnissen sind Projektanträge im Bereich IT-

Sicherheit und 5G/6G-Netze eingereicht worden, weitere sind in Vorbereitung. Denkbar sind auch Bildungsprogramme, die die Erfahrungen aus dem Projekt nutzen, um Nachwuchskräfte für den sicheren Einsatz von 5G und Drohnentechnologien zu qualifizieren. Perspektivisch können die Arbeiten in einem Zeitraum von zwei bis drei Jahren in weiterführende Projekte und Kooperationen überführt werden.

Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordenen Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

keine

Erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses

Siehe hierzu Kapitel 4.2.

2.4 Testbed: Schwerpunkt Robotik und digitale Assistenzsysteme (AP 2.3)

Verantwortlicher Partner: BTU Cottbus-Senftenberg							**AP:** 2.3		
Partner	MWAEK	IHP	BTU	Welzow	THB	TH-Wildau	DAKO	INNO-MAN	**Summe**
PM			1,8						**1,8**

Zielstellung:

Anbindung der vorhandenen und zu beschaffenden Infrastruktur für den Aufbau der Use Cases in das vorhandene 5G-Netz

Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

- Edge-Computer
- Erweiterung der Festo-Didactic-Anlage (Roboter-Modul)

Abgeschlossene Aufgaben/ Deliverables/ Tätigkeiten zum 31.07.25

- Technische Anpassungen des 5G-Netzes
- Beschaffung der relevanten Komponenten
- Einbindung der Komponenten in das 5G-Netz

Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Durch den Aufbau der Testbeds konnten die geplanten Use Cases ermöglicht werden.

Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses - auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Weiterführungsmöglichkeiten

Das im Projekt genutzte 5G-Netz ist durch das Projekt iCampus II finanziert und wird noch bis mindestens Jahresende 2026 weiterbestehen. Die einzelnen Use Cases wurden persistent in die Modellfabrik des Lehrstuhls Automatisierungstechnik integriert und stehen somit auch nach Projektende für Transferangebote zur Verfügung.

Wirtschaftliche Verwertung durch die Projektpartner

Als Universität sehen wir keine wirtschaftliche Verwertung vor. Durch den kontinuierlichen Transfer mithilfe der am Lehrstuhl angesiedelten Transferzentren MDZ und EDIH sowohl während als auch nach der Projektlaufzeit kann jedoch ein erhöhter Bekanntheitsgrad geschaffen werden.

Wissenschaftliche Verwertung durch die Projektpartner

Die erzielten Erkenntnisse fließen in verschiedene aktuelle Forschungsprojekte ein, beispielsweise in das Projekt iCampus II. Mindestens eine Dissertation, welche auf den Projektergebnissen aufbaut, ist aktuell in Arbeit.

Anschlussfähigkeit

Ergebnisse aus dem Projekt fließen sowohl aktuell als auch zukünftig in den regulären Lehrbetrieb ein. Weiterhin sind mehrere Bachelor- und Masterarbeiten geplant bzw. zum Teil auch schon in Bearbeitung, welche auf den Erkenntnissen des Projekts aufbauen. Zukünftige Projekte sollen über die nächsten mindestens 2-3 Jahre dabei ebenfalls von den Ergebnissen des Projekts profitieren.

2.5 Testbed: Schwerpunkt Smarter Campus (AP 2.4)

Verantwortlicher Partner: Technische Hochschule in Brandenburg (THB)							**AP:** 2.4		
Partner	MWAEK	IHP	BTU	Welzow	THB	TH-Wildau	DAKO	INNO-MAN	**Summe**
PM					7				**7**

Zielstellung:

Die Zielstellung in diesem Arbeitspaket ist der Aufbau und Betrieb des 5G-Campusnetzes sowie des Vergleichsnetzes (WiFi 6e).

Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

- 5G- und WiFi 6e-Campusnetze
- Personalkosten

Abgeschlossene Aufgaben/ Deliverables/ Tätigkeiten zum 31.07.25

Konzeption, Implementierung sowie Inbetriebnahme und Abnahme des 5G-Campusnetzes und des Vergleichsnetzes (WiFi 6e) für die Use-Case-Bundles (AP 2.4).

Das Testbed umfasst den Westflügel des Wirtschaftswissenschaftlichen Zentrums (WWZ) der Technischen Hochschule im Erdgeschoss sowie im 2. Obergeschoss und einen Teil des Campusgeländes zwischen dem Ingenieurwissenschaftlichen Zentrum und dem WWZ, sowie dem Innenhofbereich zwischen dem Zentrum für Informatik & Medien und der Bibliothek. Es wurde für alle Testbed-Bereiche ein gemeinsames 5G-standalone und ein Wifi6–Netz, welches sowohl als Vergleichsnetzt als auch zur Überprüfung von Handover-Szenarien zwischen den Netzarten, aufgebaut.

Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Der Aufbau des 5G-Standalone-Netzes stellte eine grundlegende Voraussetzung sowohl für dessen Evaluierung als auch für die Umsetzung der in den Arbeitspaketen AP3.5 bis AP3.7 beschriebenen Use Case Bundles dar. Die Notwendigkeit eines Standalone-Netzes ergibt sich insbesondere aus

der Nachvollziehbarkeit, Überwachbarkeit und Steuerbarkeit der Netzumgebung. Durch den Ausschluss externer Einflüsse, wie sie in öffentlichen Netzen auftreten können, werden unerwünschte beeinflussende Faktoren minimiert. Dadurch ist es möglich, belastbare Rückschlüsse hinsichtlich der Netzeignung sowie erforderlicher Netzcharakteristika – etwa Abdeckung und Verfügbarkeit – zu ziehen und diese gezielt zu steuern.

Das ergänzend aufgebaute WiFi6-Netz diente als Vergleichsbasis, um Evaluierungen nicht ausschließlich auf Grundlage eines einzelnen Netztyps vorzunehmen. Der Mehrwert des 5G-Standalone-Netzes im Projekt wird erst durch den direkten Vergleich mit einem alternativen marktgängigen Netz deutlich. Die von beiden Netzen abgedeckten Flächen ermöglichen die Erprobung einer Vielzahl von Use Cases und berücksichtigen sowohl Außen- als auch Innenbereiche. Somit kann sowohl die Eignung des Netzes in geschlossenen Räumen mit eng beieinanderliegenden Funkzellen als auch der Nutzen einzelner, weiter auseinanderliegender Funkzellen im Außenbereich untersucht werden.

Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses - auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Weiterführungsmöglichkeiten

Nach Projektende ist geplant, das im Rahmen des Projekts aufgebaute Netzwerk in das bestehende Netzwerk der Hochschule zu integrieren. Dadurch wird sichergestellt, dass die entwickelten Strukturen und Ressourcen auch über die Projektlaufzeit hinaus verfügbar bleiben. Eine nachhaltige Weiterverwendung ist prinzipiell im Rahmen zukünftiger Projekte möglich. Zum Zeitpunkt der Antragstellung lagen jedoch noch keine konkreten Anschlussprojekte vor.

Wirtschaftliche Verwertung durch die Projektpartner

Die Technische Hochschule Brandenburg sieht keine direkte wirtschaftliche Verwertung vor. Indirekt profitieren regionale KMUs, Kommunen, Verwaltungseinrichtungen und ggf. weitere Einrichtungen von den Ergebnissen in Form von Handlungsempfehlungen und erprobten Szenarien, in denen Möglichkeiten und Grenzen mittels der oben angeführten Use Cases praktisch dargestellt werden können.

Wissenschaftliche Verwertung durch die Projektpartner

Das im Projekt aufgebaute Netz diente als Grundlage für die Erprobung verschiedener Use Cases. Auf Basis der im Rahmen dieser Anwendungsfälle gewonnenen Erkenntnisse konnten bereits einige wissenschaftliche Publikationen realisiert werden. Nähere Informationen hierzu finden sich in den Arbeitspaketen 3.5 bis 3.7.

Anschlussfähigkeit

Das aufgebaute Netz bietet potenziell eine solide Grundlage für zukünftige Forschungsprojekte, insbesondere in technologieintensiven Bereichen wie AR, VR und MR/XR, die auf eine stabile Netzabdeckung angewiesen sind. Konkrete Folgeprojekte befinden sich derzeit jedoch noch in der Planungsphase.

Erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses

Nähere Informationen hierzu finden sich in den Arbeitspaketen 3.5 bis 3.7.

3. Forschung und Entwicklung der einzelnen „use case bundles“ (AP 3)

3.1 Use case bundle: Schwerpunkt Aviation (AP 3.1)

Verantwortlicher Partner: TH-Wildau							**AP:** 3.1		
Partner	MWAEK	IHP	BTU	Welzow	THB	TH-Wildau	DAKO	INNO-MAN	**Summe**
PM						71,8			**71,8**

Zielstellung:

In diesem Teilprojekt sollen verschiedene Use-Cases für innovative Netztechnologien im Luftfahrtkontext mit Schwerpunkt auf die Allgemeine Luftfahrt (General Aviation GA) mittels des neu zu errichtenden „5G-testbed-Schönhagen“ entwickelt und demonstriert werden. Die Use-Cases sollen exemplarisch in der Praxis zeigen, welches Potential sich insbesondere für KMU durch neue innovative Netztechnologien erschließen lässt. Durch regelmäßigen Erfahrungsaustausch, Workshops und Showcases soll dieses Potential zusätzlich noch weiter erschlossen werden. Das 5G-testbed kann daher auch als 5G-Marktplatz gesehen werden.

Die technische Grundlage dieses Testbeds soll auf derzeit am Markt verfügbaren Komponenten basieren. Das 5G-Netz soll explizit nicht Gegenstand der Forschung sein, sondern der Fokus liegt auf den Use-Cases. Das neu zu errichtende 5G-Testbed orientiert sich damit an den Anforderungen aus den Use-Cases heraus. Da diese die Vielfalt von luftfahrtbezogenen Anwendungsszenarien aufgreifen sollen, ist die technische Ausgestaltung des Testbeds entsprechend gewählt und beinhaltet zwei feste Zellen zur Abdeckung der Bodeninfrastruktur und des Luftraums im An- und Abflugbereich, eine nomadische Zelle mit Richtfunkanbindung, eine Zelle für Indoor-Anwendungen sowie eine Anbindung an den Campus der TH Wildau. Durch ein Forschungsflugzeug (Ultraleichtflugzeug) können auch Anwendungen in der Luft ermöglicht werden. Damit ist das Testbed auch für andere als die hier beschriebenen Use-Cases geeignet und soll auch auf zukünftige Netztechnologien angepasst werden können. Durch die Einbeziehung des Luftraums sind auch 3D-Netzkonfigurationen inkludiert.

Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

- Personalkosten
- Errichtung 5G-Campusnetz
- FOD-Detektionsmobil
- Kameras für Objekterkennung
- Flugplatz Schönhagen (u.a. Nutzung Infrastruktur u. Betriebsflächen inkl. Projektbegleitung)
- Forschungsflugzeug

Abgeschlossene Aufgaben/ Deliverables/ Tätigkeiten zum 31.07.25

1. Use-Cases wurden spezifiziert:
   - Use-Case 1: Automatisierte Bodendienste
   - Use-Case 2: Augmented Reality Flight Information System, kurz ARFIS
   - Use-Case 3: Drohneneinstätze

- Use-Case 4: Kampfmitteldetektion
- Use-Case 5: 5G-Lab

2. Aufbau und Erprobung eines ferngesteuerten Prototyps zur Inspektion der Betriebsflächen (Hauptpiste und Querpiste) des Flugplatzes Schönhagen.
3. Aufbau von Server- und Recheninfrastruktur zum Training neuronaler Netze und zur Verarbeitung von Echtzeit-Informationen (Bild- und Videomaterial).
4. Erstellung eines Echtzeit-Objekterkennungs-Tools zur Detektion von Fremdobjekten auf den Betriebsflächen des Flugplatzgeländes.
5. Konzeption und Aufbau eines automatisierten FOD-Detektionssystems auf einer fahrenden Roboter-Plattform.
6. Entwicklung und Erprobung eines AR-Assistenzsystems zur Unterstützung von Flugzeug-Piloten.
7. Integration und Testung von 5G-Modems in verschiedene Drohnensysteme (Jet und Rangerdrohne) zur Übertragung von Luftaufnahmen sowie Testung von Übertragungsraten im Netz bei unterschiedlichen Fluggeschwindigkeiten
8. Übertragung verschiedener Sensordaten von Drohnen und anderer Systeme zum 5G-Netz

Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Die projektseitige Konzeption, Spezifikation und Erprobung von Use-Cases wie automatisierte Bodendienste, AR-unterstützte Flugführung oder Drohneneinsätze tragen wesentlich dazu bei, zukünftige digitale Luftfahrtsysteme vorzubereiten und die Anschlussfähigkeit für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zu sichern. Dabei entsteht am Standort Schönhagen ein einmaliges 5G-Reallabor, das sowohl wissenschaftlich-technische als auch perspektivisch wirtschaftliche Impulse für Forschung, Ausbildung und industrielle Anwendungen setzen kann.

Herausforderungen/ ggf. nicht erreichte Projektziele laut Antrag

Herausforderungen:

Die Überführung von im Labor entwickelten Lösungen in die praktische Anwendung erwies sich als deutlich aufwendiger als zunächst angenommen. Aus diesem Grund konnte die FOD-Detektionsplattform im Rahmen der Projektlaufzeit nicht mehr auf dem Flugplatz Schönhagen getestet werden. Vortests auf dem Gelände der TH Wildau konnten aber die allgemeine Funktionalität des aufgebauten Systems zeigen.

Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses - auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans.

Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die entwickelten Use-Cases zeigen großes Potenzial für praktische Anwendungen in der Luftfahrt und darüber hinaus. Im Use-Case "Automatisierte Bodendienste" wurde ein KI-gestütztes System zur Fremdobjekterkennung (FOD) erfolgreich getestet. Im Use-Case "Augmented Reality Flight Information System (ARFIS)" wurde die Nutzung von Datenbrillen als vielversprechende Lösung identifiziert. In dem Use-Case "Drohneneinsätze" wurde ein drohnengestütztes Brandbekämpfungssystem, bei dem Drohnen Thermalaufnahmen und Live-Videodaten übertragen – eine Technologie mit Potenzial zur Optimierung von Waldbrandbekämpfungsstrategien,

entwickelt. Der Use-Case "Kampfmitteldetektion" wurde theoretisch ausgearbeitet und bietet durch die Nutzung von Multikoptern zur Erkennung unterirdischer Kampfmittel, deren Daten mittels 5G in Echtzeit ausgewertet werden, eine Grundlage für zukünftige Anwendungen. Die geplante Ausstellung der Ergebnisse und Prototypen in einem 5G-Showroom (5G-Lab) dient dem weiteren Transfer der Ergebnisse. Diese wurde zu einem früheren Bearbeitungsstand auch schon auf der AERO 2024 und der Hannover-Messe 2024 vorgestellt und die Sichtbarkeit der hier entwickelten Lösungen gesichert.

Weiterführungsmöglichkeiten

Die im Projekt entwickelten Use-Cases werden im Rahmen des geplanten Projekts AMADEUS weitergeführt und gezielt ausgebaut. Insbesondere die Technologien aus den Drohneneinsätzen und der KI-gestützten Fremdobjekterkennung (FOD) sollen an neue Anforderungen angepasst und optimiert werden. AMADEUS bietet die Möglichkeit, die gewonnenen Erkenntnisse zu vertiefen und neue Einsatzbereiche zu erschließen, insbesondere durch die Verfeinerung von Luftaufnahmen, die Verbesserung der Live-Datenübertragung und die Weiterentwicklung sicherheitskritischer Anwendungen. Zudem wird der im Use-Case 1 erworbene Trägerplattform bzw. Das Untergestell (Rover) auch in AMADEUS Verwendung finden.

Wirtschaftliche Verwertung durch die Projektpartner

Als Hochschule steht eine direkte wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse nicht im Fokus.

Wissenschaftliche Verwertung durch die Projektpartner

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse aus den Use-Cases liefern wertvolle Impulse für künftige Forschungsprojekte. Die theoretischen Ansätze zur Kampfmitteldetektion und die praktischen Erfahrungen aus Drohneneinsätzen und der KI-gestützten Bildauswertung können in weiterführende FuE-Projekte einfließen. Diese Ergebnisse sind zudem potenzielle Grundlage für wissenschaftliche Publikationen und ermöglichen die Entwicklung neuer innovativer Ansätze im Bereich der Netz- und Luftfahrttechnologien.

Anschlussfähigkeit

Die Ergebnisse der Use-Cases bieten eine belastbare Grundlage für das geplante Folgeprojekt AMADEUS, in dem der Schwerpunkt auf die Weiterentwicklung der Drohneneinsätze und der KI-basierten Fremdobjekterkennung gelegt wird. Dabei sollen Technologien für drohnengestützte Aufklärung, wie die Verfeinerung der Luftaufnahmen und die Optimierung der Live-Datenübertragung, weiter ausgebaut werden. Das im Use-Case „Automatisierte Bodendienste“ getestete System zur Fremdobjekterkennung wird weiterentwickelt, um Einsatzmöglichkeiten in sicherheitskritischen Bereichen zu erweitern. AMADEUS schafft so klare Perspektiven für die Fortsetzung und Weiterentwicklung der begonnenen Arbeiten.

Erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses

Präsentation der Zwischenergebnisse auf der AERO 2024 und 2025.

Durchführung mehrerer Masterarbeiten und einer Promotion auf Basis der Projektarbeiten und -Ergebnisse

3.2 Use case bundle: IT-Sicherheit (AP 3.2)

Verantwortlicher Partner: IHP							**AP:** 3.2		
Partner	MWAEK	IHP	BTU	Welzow	THB	TH-Wildau	DAKO	INNO-MAN	Summe
PM		106,8							

Zielstellung:

Ziel des Use Case Bundles ist es, Drohnen in 5G Netzen zur Informationsgewinnung und als mobile Basisstationen einzusetzen. Drohnen bieten die Möglichkeit Daten aufzuzeichnen z.B. mit Hilfe von Kameras oder Sensoren. In Katastrophenfällen können Drohnen dazu genutzt werden Kommunikationsnetze aufzubauen, falls diese ausgefallen sind. Dann werden die UAV als Relays/Gateways genutzt und 3D Netztopologien aufgebaut. Gerade in letzteren Szenarien sind die Aspekte Resilienz und IT-Sicherheit von besonderer Bedeutung. In diesem Use Case Bundle werden wahrscheinliche Angriffe sowie geeignete Gegenmaßnahmen realisiert.

Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

- Personalkosten
- Mobile Device, Qualipoc Android Software für RF-Optimierung
- DJI Air 3 Fly More Combo – Drohne + 2 Zusatzakkus

Abgeschlossene Aufgaben/ Deliverables/ Tätigkeiten zum 31.07.25

- Es wurden drei Arten von Jamming-Angriffen entworfen und implementiert – Single-Tone-, Sub-Band- und Barrage-Jamming, um die normalen Übertragungen des Netzwerks zu stören. Die Jammer wurden so entwickelt, dass sie hochdynamisch sind und in jeder Instanz unterschiedliche Jamming-Eigenschaften aufweisen.
- Es wurden Machine-Learning-Modelle zur Erkennung und Klassifizierung von Jamming implementiert, die eine Echtzeit-Identifikation von Jamming-Signalen und eine Protokollierung der Jamming-Dauer ermöglichen. Darüber hinaus wurden Mechanismen zur Jamming-Abmilderung entwickelt, die KI-basierte Inferenz nutzen, um Übertragungen in Frequenzbereichen ohne Jamming-Aktivität zu ermöglichen.
- Experimente wurden durchgeführt, um die Genauigkeit der Anomalie-Erkennung zu vergleichen, wenn Spektrogramme (Bilder des Spektrums im Übertragungsband) als Trainingsdaten verwendet werden, im Vergleich zur Verwendung von Key Performance Indicators (KPIs).
- Weitere Experimente wurden durchgeführt, um die Anfälligkeit für Verbindungsabbrüche, d. h. Radio Link Failure (RLF), zu beobachten, wenn Jamming-Angriffe auf den Synchronisationssignalblock (SSB) im 5G-Netzwerk abzielen, im Vergleich zu anderen Teilen des Übertragungsbandes.
- Adaption einer Drohne für Jamming Experiment am Flugplatz Welzow.
- Adaption des Jamming Devices für Outdoor-Experimente
- Implementierung eines automatischen Flugkontrollsystem zur Durchführung mehrerer vorkonfigurierter Missionen, bei denen die Drohne autonom startet, definierten Routen folgt,

bestimmte Manöver durchführt und kontrolliert zurückkehrt und landet, war notwendig, um die Wiederholbarkeit der Experimente zu gewährleisten.

- Aufbereitung und Analyse der Outdoor-Messdaten für die KI Basierte Erkennung der Jamming Angriffe.
- Zusätzlich wurden Experimente mit Drohnen durchgeführt, um vorherzusagen, wann ein Radio Link Failure eintritt, wenn sich Drohnen aus der 5G-Netzabdeckung im Flugfeldbereich herausbewegen. Zudem untersuchten wir, wie sich die Geschwindigkeit der Drohne auf die Auswirkungen von Jamming-Angriffen in der Flugfeldumgebung auswirkt.

Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Die Projektarbeiten waren notwendig, um die Resilienz von 5G-Netzen gegenüber gezielten Angriffen realistisch zu bewerten und geeignete Gegenmaßnahmen zu entwickeln. Dazu wurden verschiedene Jamming-Szenarien (Single-Tone-, Sub-Band- und Barrage-Jamming) implementiert und in Experimenten untersucht. Insgesamt waren die Arbeiten angemessen, da sie praxisnahe und übertragbare Erkenntnisse für den sicheren Betrieb von 5G- und künftigen 6G-Netzen hervorgebracht haben.

Herausforderungen/ ggf. nicht erreichte Projektziele laut Antrag

Die sehr kurzfristig bewilligte Verlängerung ins Jahr 2025 hat uns die Möglichkeit gegeben Versuche mit Drohen durchzuführen. Da das Netz jedoch für einige Wochen ausgefallen war, konnten wir keine Integration von Sensoren mehr durchführen.

Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses - auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Weiterführungsmöglichkeiten

Eine Weiterführung des Netzes in Welzow wird aktuell geprüft, es wird vorrangig für Forschungsarbeiten des IHP genutzt werden können.

Wirtschaftliche Verwertung durch die Projektpartner

Als Forschungsinstitut plant das IHP aktuell keine wirtschaftliche Verwertung.

Wissenschaftliche Verwertung durch die Projektpartner.

Die Erkenntnisse wurden bereits wissenschaftlich publiziert und sind teilweise in andere Projekte eingeflossen. Eine Dissertation, die wesentliche Ergebnisse aus dem Testbed aufgreift, steht kurz vor der Einreichung, eine weitere ist in Vorbereitung und wird voraussichtlich Ende 2026 abgeschlossen. Darüber hinaus werden Teile der Resultate in die Lehre eingebunden, unter anderem in das Cyber-Security-Masterprogramm der BTU Cottbus-Senftenberg. Damit profitieren Studierende direkt von den neuesten Forschungsergebnissen.

Anschlussfähigkeit.

Teile der Erkenntnisse werden in die Lehre im Rahmen des Cyber-Security Master Programms der BTU Cottbus-Senftenberg einfließen. Mit den gewonnenen Erkenntnissen sollen weitere Projekte im Bereich IT-Sicherheit und 5G/6G Netze eingeworben werden, ein Projektvorschlag wurde bereits eingereicht.

Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordenen Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

keine

Erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses

- [Akzeptiert/Präsentiert]: Real-Time Jamming Detection, Classification and Logging Using Computer Vision in 5G Private Networks, 2024 19th International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS) – Rio de Janeiro, Brazil, DOI: 10.1109/ISWCS61526.2024.10639080
- [Akzeptiert/Präsentiert]: Out of Distribution Generalization: KPI vs Spectrogram Based Jamming Classification in 5G, 2024 International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM) – Split, Croatia, DOI: 10.23919/SoftCOM62040.2024.10721712
- [Akzeptiert/Präsentiert]: Pushing the Limits of 5G Private Networks: A Practical Examination of Network Stressors, 2025 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC) – Honolulu, Hawaii, DOI: 10.1109/ICNC64010.2025.10993913
- [Eingereicht]: AI-Assisted Frequency Switching: A Pragmatic Approach to Jamming Evasion in 5G Private Networks, 2025 IEEE Global Communications Conference – Taipei, Taiwan
- [Eingereicht]: Unsupervised Learning with Autoencoders for Anomaly Detection in 5G Campus Networks, 2025 IEEE 50th Conference on Local Computer Networks (LCN) - Sydney, Australia
- [Abgeschlossen]: Comparative Study of KPI and Spectrogram-Based Jamming Classification Models for Generalization on Out-of-Distribution Datasets in 5G,
- Wir planen, unsere Arbeit bei einer geeigneten Fachzeitschrift mit hohem Impact Factor einzureichen.

Präsentationen der Ergebnisse auf Konferenzen:

- „Real-Time Jamming Detection, Classification and Logging Using Computer Vision in 5G Private Networks“ wurde auf dem 2024 19th International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS) in Rio de Janeiro, Brasilien, präsentiert.
- „Out of Distribution Generalization: KPI vs Spectrogram Based Jamming Classification in 5G“ stellten wir auf der 2024 International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM) in Split, Kroatien, vor.
- Pushing the Limits of 5G Private Networks: A Practical Examination of Network Stressors“ präsentierten wir auf der 2025 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC) in Honolulu, Hawaii, USA.
- Darüber hinaus stellten wir unsere Forschung und eine Demonstration beim 5G-Tag BB und KI-Tag Brandenburg in Frankfurt (Oder) am 26. Juni 2024 vor.
- Am 5G/6G-Forum in Dresden am 26. November 2024 präsentierten wir ebenfalls unsere Forschungsergebnisse und eine Demo.
- Auch beim BTU TransferTag in Cottbus am 13. November 2024 konnten wir unsere Arbeiten und Demonstratoren vorstellen.
- Auf der 5G-Fachtagung Potsdam am 30. April 2025 präsentierten wir unsere Forschungsergebnisse und ein Poster.
- Schließlich stellten wir unsere Forschungsergebnisse auf der 6G-PHYSEC in Dresden am 12. Mai 2025 vor.

3.3 Use case bundle: Logistikdrohnen (AP 3.3)

Verantwortlicher Partner: INNOMAN GmbH, DAKO GmbH							**AP:** 3.3		
Partner	MWAEK	IHP	BTU	Welzow	THB	TH-Wildau	DAKO	INNO-MAN	**Summe**
PM	0	0	0	0	0	0	145,5	62,27	**207,77**

Zielstellung:

Die Zielstellung in diesem Use-Case-Bundle ist die Entwicklung des Use-Cases für die Zustellung von Medienprodukten wie Zeitungen, Postsendungen aber auch von Paketen und Päckchen durch automatische Drohnen vor allem im ländlichen Raum, welche die durch das Konsortium aufgebaute Infrastruktur nutzt. Zu diesem Zweck sollten alle erforderlichen hard- und softwaretechnischen Komponenten wie auch ein zugehöriges hybrides Zustellmodell entwickelt werden, welche gemeinsam mit einem assoziierten Projektpartner, der Zustellgesellschaft Lausitz GmbH, aus dem Bereich der Medienlogistik in realen Feldtests erprobt wurden.

Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

- Personalkosten
- Kosten für Fluggenehmigung der Drohne und externen Drohnenpilot
- Anschaffungskosten der Drohne

Abgeschlossene Aufgaben/ Deliverables/ Tätigkeiten zum 31.07.25

DAKO:

- Anforderungsanalyse Hardware Zustellfahrzeug & Tracking- und Routingsystem wurde in Zusammenarbeit mit der ZG Lausitz realisiert
- Rechtliche Anforderungsanalyse wurde durchgeführt
- Analyse Software Logistikpartner wurde in Zusammenarbeit mit der ZG Lausitz umgesetzt
- Analyse von Schnittstellen, Datenstrukturen, Systemstrukturen und -architektur des beteiligten Logistikpartners; Definition von zugehörigen Anforderungen an Nutzerführung (Disponent, Fahrpersonal), drohnenspezifische Tourenplanungsalgorithmik, drohnenspezifisches Kartenmaterial, Optimierungszielgrößen und Funktionalitäten wurde realisiert und dokumentiert
- Konzeptionelle Entwicklung der oben genannten technischen und prozessualen Systemkomponenten realisiert
- Entwicklung einer IKT-basierten Softwarelösung für die Tourenplanung von über 5G-Netze angebundene Drohnen am Flugplatz Welzow
- Bereitstellung von Kartenmaterial speziell für autonom fliegende Drohnenmit Berücksichtigung von statischen und dynamischen Flugverbotszonen
- Algorithmus zur optimierten Tourenplanung für einen hybriden Zustellprozess von Fahrzeug und Drohne
- Implementierung von Nutzerstellen für Disponenten und Drohnenpilot und auch in Richtung des Anwendungspartners und dem externen Drohnendienstleister
- Realisierung einer REST-API zur Anbindung von Drittsystemen
    - Teilsystemaggregation und Feldtests mit Anbindung der Drohne an die IKT-Plattform und die 5G Infrastruktur

- Eine Zustellung und die generelle technische Funktionsfähigkeit der Drohne wurde am 31.05.2024 auf dem Flugplatz simuliert und vorgeführt
- Eine reale Zustellung zu Haushalten in Welzow wurde am 18.-19.11.2024 realisiert. Die Drohne startete dabei vom Flugplatz Welzow und flog reale Zustellpunkte (Haushalte) an und stellte erfolgreich das Anzeigenblatt des assoziierten Projektpartners ZG Lausitz zu

INNOMAN:

- Analyse der Anforderungen an den Zustellprozess sowie an die Drohne inkl. Steuerung, Konstruktion, Absetzvorrichtung sowie 5G- und IKT-Anbindung sowie Überführung in Umsetzungskonzepte
- Prozessanalyse des Anwendungspartners mit IT-systemischen, organisatorischem, logistischem und kaufmännischem Fokus
- Rechtliche Analyse und Koordination flugrechtlicher Genehmigungsverfahren
- Analyse von Anforderungen an den Zustellpunkt und an Übergabepunkte
- Schulung des aassoziierten Partners
- Entwicklung einer automatisch fliegenden Logistikdrohne inkl. Absetzvorrichtung (Prototyp), Drohnensteuerung, Systemanbindung (Schnittstelle),
- Erste Präsentation der eigenentwickelten Drohne und Simulation der Zustellung am 31.5.2024 auf dem Verkehrsladeplatz Welzow im Beisein des ehem. Wirtschaftsministers des Landes Brandenburg Dr. Jörg Steinbach
- Entwicklung eines alternativen Drohnenkonzeptes aufgrund von Genehmigungsprozessen für den Einsatz unter Realbedingungen
- Kooperation mit einem Drohnen-Dienstleister mit genehmigter Drohnen- und Leitstandtechnik
- Beantragung der Genehmigung zum automatischen Drohnenflug zu real existierenden Adressen im Raum Welzow (inkl. Flugpläne). Die Genehmigung wurde Ende Oktober 2024 erteilt
- Anbindung der Drohne an das 5G-Netz
- Ermittlung des Testgebietes für eine praxisnahe Zustellung von Anzeigenblättern im Raum Welzow sowie Durchführung von Testflügen als Nachweis des Proof-of Concept und der Projektzielstellung
- Einrichtung von Absetzpunkten an den Lieferadressen und eines Logistik-Hubs und eines Start- und Landeplatzes für Drohnen auf dem Flugplatz Welzow sowie Training von Personal für den Support beim Drohneneinsatz
- Entwicklung der Geschäftsprozesse für den Drohneneinsatz in Zusammenarbeit mit der Zustellgesellschaft Lausitz GmbH sowie Ableitung von Einsatzkonzepten und sowie Entwicklung des hybriden Zustellkonzeptes
- Entwicklung eines Geschäftsmodells für den Drohneneinsatz als “Drone-as-a Service” vor dem Hintergrund einer hybriden Logistik
- Wirtschaftlichkeitsberechnung und -bewertung des Geschäftsmodells einer hybriden Logistik
- Untersuchungen zur Skalierung des Gesamtkonzeptes und Evaluation der Testdurchführungen

Notwendigkeit und Angemessenheit: Entwicklung und Erprobung einer automatisch fliegenden Zustelldrohne und zugehöriger Softwareinfrastruktur

Die Zustellung von Anzeigenblättern und weiterer Medienprodukte an abgelegene Adressen stellt für Verlage und Logistikunternehmen eine Herausforderung dar, insbesondere im Kontext des Fachkräftemangels und steigender Zustellkosten. Eine automatische fliegende Drohne ermöglicht hingegen eine wirtschaftliche, umweltfreundliche und zuverlässige Alternative zu traditionellen Zustellmethoden.

Durch den Einsatz von 5G-Technologien wurde die Steuerung und Überwachung der Drohne in Echtzeit und mit niedriger Latenz ermöglicht. Diese Integration ist ein Paradebeispiel für die praktischen Vorteile von 5G-basierten Anwendungen. Das entwickelte System erfüllt alle luftfahrtrechtlichen Anforderungen und ist somit für den Regelbetrieb geeignet. Des Weiteren wurde eine Planungssoftware realisiert, die erstmalig eine hybride Logistik unterstützt.

Notwendigkeit und Angemessenheit: Integration der Drohne in bestehende logistische Prozess-Strukturen

Für die wirtschaftliche Nutzung der Drohne war es entscheidend und notwendig, sie nahtlos in bestehende Zustellprozesse einzubinden. Dies ermöglicht auch eine schnelle Skalierung auf weitere Einsatzgebiete. Es wurden standardisierte Schnittstellen entwickelt, die eine einfache Integration und Steuerung ermöglichen. Dadurch können bestehende Zustellorganisationen die Drohne problemlos einsetzen, ohne zusätzliche IT-Infrastruktur aufbauen zu müssen. Zudem wurden erforderliche und übertragbare Prozesse definiert.

Notwendigkeit und Angemessenheit: Einhaltung luftfahrtrechtlicher Anforderungen

Die Entwicklung und der Betrieb einer Zustelldrohne erfordert die strikte Einhaltung von Luftfahrtsicherheits- und Betriebsregularien, um die Genehmigung für den Einsatz in der Praxis zu erhalten. In Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden und Dienstleistern wurden alle relevanten Vorgaben umgesetzt. Dazu gehörten die Registrierung der Drohne, die Einhaltung von Flugroutenplänen sowie Sicherheitskonzepte zur Vermeidung von Zwischenfällen.

Notwendigkeit und Angemessenheit: Modellierung von Einsatzkonzepten und Geschäftsmodellen

Für die wirtschaftliche Nutzung der Drohne ist die Ableitung von wirtschaftlich tragfähigen Einsatzkonzepten ebenso erforderlich gewesen wie die Generierung eines entsprechenden Geschäftsmodells für eine hybride Logistik

Es wurden gemeinsam mit dem Anwendungspartner Modelle konzipiert, die einen wirtschaftlichen Betrieb zulassen können. Im Ergebnis entstand der Ansatz eines Modells, indem die Gesamtleistung an Service angeboten werden kann (Drone as a Service).

Herausforderungen/ ggf. nicht erreichte Projektziele laut Antrag

Die angestrebten Projektziele konnten erfolgreich erreicht werden. Die flächendeckende Zustellung schwer belieferbarer Adressen im ländlichen Raum mit automatisch fliegenden Drohnen unter Einsatz der 5G-Technologie ist grundsätzlich möglich, wie die Projektpartner real demonstrieren konnten.

Dabei konnte die nachfolgende wichtigste Erkenntnis gezogen werden: mit der Zustellung von Zeitungen/Anzeigenblättern ist der Einsatz von automatisch fliegenden Drohnen zum jetzigen Zeitpunkt

wirtschaftlich nur schwer vertretbar. Im Ergebnis des Vorhabens konnte insbesondere herausgestellt werden, dass für die Drohne weitere Geschäftsmodelle benötigt werden, die während eines Lieferfluges mit übernommen werden können. Hierbei könnte es sich um Aufträge aus anderen Branchen oder von öffentlichen Institutionen handeln (z.B. Land- und Forstwirtschaft wie das Scannen von Ackerland und Wäldern nach Schädlichen oder für Behörden im Sinne des Katastrophenschutzes oder in Bezug auf die Warnung bei Waldbränden).
Diese Ideen wurden während des Projektes diskutiert und erste Lösungsansätze liegen vor.
Nicht erreicht wurde im Rahmen des Projektes das Ziel, die Drohne von einem fahrenden Fahrzeug aus einzusetzen. Dafür fehlt aktuell der rechtliche Rahmen. Technisch und organisatorisch wäre dies jedoch realisierbar und die Projektpartner konnten diesen Ansatz erfolgreich simulativ zeigen. Um die Projektziele trotz dessen demonstrieren zu können, wurde ein Logistikhub am Welzower Flugplatz eingerichtet. Dies erlaubte die Erprobung des entwickelten Alternativkonzeptes. Aufgrund von Verzögerungen in der Erzielung von Flugrechtlichen Genehmigungen konnte ein alltäglicher Einsatz der Drohne nicht erfolgen und ist Gegenstand von Folgeprojekten.

Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses - auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans
Weiterführungsmöglichkeiten
Eine wirtschaftliche Verwertung des Projektergebnisses durch den assoziierten Projektpartner Zustellgesellschaft Lausitz GmbH in Zusammenarbeit mit dem Flugplatz Welzow ist grundsätzlich möglich. Da aber nur mit der Zustellung von Printprodukten die Kosten nicht vertretbar sind, werden weitere Nachfolgeprojekte angestrebt, um die Wirtschaftlichkeit zu erzielen.

Wirtschaftliche Verwertung durch die Projektpartner
Die Verwertung der Projektergebnisse umfasst mehrere strategische Ansätze, die sowohl die wirtschaftliche Nutzung als auch die breite Wissensvermittlung sicherstellen.
Als ein zentraler Aspekt ist eine **Dienstleistungsverwertung** angestrebt. Unternehmen können von Beratungsleistungen profitieren, die sich auf die Entwicklung und Implementierung hybrider Logistikkonzepte sowie die Nutzung der Drohnentechnologie konzentrieren. Diese Dienstleistungen beinhalten auch die Unterstützung bei der Prozessintegration und der Implementierung und / oder Entwicklung passender Geschäftsmodelle, was insbesondere für Unternehmen im ländlichen Raum von hoher Relevanz ist. Ein weiteres beabsichtigtes Dienstleistungsangebot ist die Bereitstellung der vollständigen Dienstleistung als “Drone as a Service” unter Beteiligung eines Dienstleisters.
Ein weiterer Aspekt ist die **Lizenzierung der Software**. Unternehmen, die hybride Logistikkonzepte mit Drohnen umsetzen möchten, können die Logistik-Software als Lizenzprodukt erwerben. Dabei wird die Lösungen möglichen interessierten Logistikunternehmen als vollumfängliche Logistiklösung zur Verfügung gestellt.
Um die **Breitenwirksamkeit der Ergebnisse** sicherzustellen, wurden und werden die Projektergebnisse über verschiedene Kanäle kommuniziert und präsentiert. Dazu gehören Fachveröffentlichungen, die Teilnahme an Veranstaltungen und die Nutzung einer speziell eingerichteten Webseite des Konsortiums, auf der alle Testbeds erläutert und zugänglich aufgearbeitet wurden. Social-Media-Kampagnen und gezielte Marketingmaßnahmen helfen und halfen dabei, ein

breites Publikum zu erreichen und die Ergebnisse über die Projektbeteiligten hinaus bekannt zu machen.

Ein wichtiger Teil der Verwertung besteht darin, die Projektergebnisse als **Blaupause für die Medienlogistik** im ländlichen Raum zu nutzen. Die entwickelten hybriden Logistikkonzepte können anderen Unternehmen in der Branche als Orientierung dienen und zeigen, wie Drohnen effizient und wirtschaftlich in bestehende Logistikprozesse eingebunden werden können. Darüber hinaus wird geprüft, inwiefern die Ergebnisse auch auf **andere Branchen** übertragen werden können. Hierzu zählen insbesondere die Pharmalogistik, Expresslogistik und KEP-Logistik, die ähnliche Anforderungen an Schnelligkeit, Zuverlässigkeit und Flexibilität stellen. Diese Branchen könnten von den Erkenntnissen des Projekts profitieren, indem sie die Technologie und Konzepte adaptieren, um neue Geschäftsfelder zu erschließen oder bestehende Prozesse zu optimieren.

Abschließend bildet das Projekt die Grundlage für weitere Entwicklungen im Bereich der Drohnentechnologie und hybriden Logistiklösungen. Die Ergebnisse bieten nicht nur eine technische Lösung, sondern auch wertvolle Erkenntnisse für die Weiterentwicklung und den Transfer in andere Wirtschaftszweige. Dies sichert die Anschlussfähigkeit der Ergebnisse und öffnet Türen für zukünftige Kooperationen und Forschungsprojekte.

Wissenschaftliche Verwertung durch die Projektpartner.

Wissenschaftliche Erkenntnisse können von den involvierten Projektpartnern nicht direkt verwertet werden, da es sich nicht um Bildungseinrichtungen handelt. Die weiteren Partner im Projekt können jedoch bei Bedarf auf die wissenschaftlichen Ergebnisse des Use-Cases zugreifen und diese verwerten. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, dass Mitarbeiter der Projektpartner wissenschaftliche Erkenntnisse aus dem Projekt für Vorlesungen und/oder andere Veranstaltungen nutzen können.

Anschlussfähigkeit

Die Projektergebnisse liefern eine entscheidende Grundlage für weitere Projekte im Bereich der Drohnenlogistik. Fortführende Projekte könnten beispielsweise weitere Geschäftsmodelle erproben, um eine wirtschaftliche Verwertung der Zustellung per Drohne zu gewährleisten. Ein konkretes Forschungsprojekt ist die Ertüchtigung einer Modellregion mit neuen logistischen Konzepten zur Steigerung der Attraktivität und Lebensqualität im ländlichen Raum insbesondere auch als Schaffung der Voraussetzungen zur Neuansiedlung von Unternehmen im ländlichen Raum durch stabile moderne logistische Strukturen. Diese Anschlussprojekte sollten so schnell wie möglich finanziert werden. Ein wesentlicher Hinderungsgrund ist dabei jedoch die zunächst erforderliche Schaffung der rechtlichen Grundlagen für den Drohnenbetrieb für einen permanenten Einsatz im Tagesgeschäft in einer Modellregion. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen müssen vereinfacht werden, um einen Regelbetrieb zu ermöglichen.

Darüber hinaus sind in den nächsten Monaten/Jahren weitere Forschungsprojekte in Zusammenarbeit mit Hochschulen und Universitäten grundsätzlich möglich.

Auch können Bildungsprogramme innerhalb eines Folgeprojektes zur Ertüchtigung einer Modellregion für Drohnenlogistik entstehen. Konkret geht es dabei um die Schaffung neuer qualifizierter Arbeitsplätze im Bereich Landlogistik/Drohnenlogistik. Zusammen mit einem Bildungsträger für berufliche Aus- und Weiterbildung könnten Ausbildungsinhalte erarbeitet und theoretische und praktische Ausbildung begleitet werden,

Im Rahmen des Projektes wurden mehrere Ansätze für Nachfolgeprojekte abgeleitet. Einer der Ansätze beinhaltete eine zentrale Station, die von der Drohne in einem Gebiet angeflogen wird, um insbesondere die Thematik der Fluggenehmigung zu entgegnen. Ein weiterer Ansatz beinhaltet die Ausstattung der Drohne mit innovativer Sensorik, die es der Drohne erlaubt weitere Aufgaben bspw. Im Katastrophenschutz zu übernehmen. Weitere Projektansätze umfassen die Ausweitung des Drohneneinsatzes auf andere logistische Einsatzszenarien. Die Projektpartner haben entsprechende Anträge / Skizzen ausformuliert und eingereicht, um die Forschungsarbeiten in diesem Bereich fortzusetzen.

Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordenen Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Die Entwicklung der Drohnentechnik wurde im Rahmen des Projektes permanent beobachtet und neue Entwicklungen flossen in die Projektarbeit mit ein. Die im Projekt eingesetzte Drohnentechnik entspricht dem aktuellen Stand der Technik. Des Weiteren gehen gerade die logistischen Ansätze und die entwickelten Softwarekomponenten über den aktuellen Stand der Technik hinaus. Vor diesem Hintergrund sind keine relevanten Entwicklungsergebnisse Dritter bekannt.

Erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses

Alle Highlights wurden von Presse, TV und Hörfunk begleitet. Dazu gehören der rbb (TV und Hörfunk), die Lausitzer Rundschau sowie deren Mitarbeiterzeitungen. Artikel zur Drohnenzustellung erschienen des Weiteren in verschiedenen Lokalzeitungen und Radiostationen.

Weitere Veröffentlichungen wurden zusammen mit den Verlegerverbänden, wie dem Bundesverband der Digitalpublisher und Zeitungsverleger (BDZV) und dem Verband Deutscher Lokalzeitungen und Lokalmedien (VDL) realisiert. Zudem wurde der erfolgreiche Projektabschluss bei ausgewählten Verbandsveranstaltungen vorgestellt.

Im April 2024 konnten die Projektergebnisse zudem am Gemeinschaftsstand des Landes Brandenburg auf der Hannovermesse präsentiert werden. Des Weiteren wurde die Logistikdrohne im Rahmen der FIREmobil-Messe an einem Stand der Stadt Welzow vorgestellt. Auch bei der Nacht der kreativen Köpfe am 12.10.2024 in Cottbus wurde das Teilvorhaben Bewohnern aus der Region präsentiert und nähergebracht.

3.4 Use case bundle: Robotik und Digitale Assistenzsysteme (AP 3.4)

Verantwortlicher Partner: BTU Cottbus-Senftenberg, LS-Automatisierungstechnik							**AP:** 3.4		
Partner	MWAEK	IHP	BTU	Welzow	THB	TH-Wildau	DAKO	INNO-MAN	**Summe**
PM			26						**26**

Zielstellung:

Ziel ist die Entwicklung und Erforschung von Use Cases im Bereich Digitalen Assistenz und der Robotik. Hier sind drei Use Cases geplant, welche in der bereits bestehenden Modellfabrik des Lehrstuhls Automatisierungstechnik realisiert werden sollen. Des Weiteren sollen entsprechende

Transfermaterialien und Veranstaltungsangebote entwickelt werden, welche regionalen KMU zur Verfügung gestellt werden können.

Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Edge-Computer

Erweiterung der Festo-Didactic-Anlage (Robotik-Modul)

Abgeschlossene Aufgaben/ Deliverables/ Tätigkeiten zum 31.07.25

- Entwickelte Use Cases:
    - Werkerführung mit Gestenerkennung
    - Einbindung von FTS in Fertigungsanlage
    - Robotersteuerung mit Datenhandschuhen
- Einbinden der Komponenten in das 5G-Netz
- Aufnahme von Gestendaten für vier unterschiedliche Werkzeuge/Werkteile
- Trainieren von einer Vielzahl von Machine Learning Modellen zur Unterscheidung der einzelnen Werkzeuge/Werkteile (statische Gesten)
- Evaluierung der einzelnen ML-Modelle und Auswahl von bestgeeigneten
- Trainieren und Evaluierung von ML-Modellen zur Unterscheidung zwischen Bauteil gegriffen und Bauteil montiert (dynamische Gesten)
- Anbindung von FTS in MES der Fertigungsanlage
- Automatische Abholung gefertigter Teile aus der Fertigungsanlage durch FTS mit Roboterübergabe
- Verbindung von Datenhandschuhen und Roboter
    - Kommunikation mit Roboter über RTDE-Protokoll
    - Direkte Steuerung des Robotergreifers mithilfe der Handschuhe durch Handbewegungen
    - Nutzung von zwei Gesten für Greifen/Griff lösen (Skillbasierte Programmierung)
- Persistenter Aufbau der Use Cases in der Modellfabrik des Lehrstuhls Automatisierungstechnik an der BTU
- Erstellung von Transfermaterialien
- Veranstaltungen für KMU in der Modellfabrik von den Transferzentren

Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Die Arbeiten an den Use Cases im Bereich industrieller Automatisierung waren notwendig, um die Leistungsfähigkeit von 5G in realistischen Produktionsszenarien zu demonstrieren. Mit der Werkerführung durch Gestenerkennung, der Integration fahrerloser Transportsysteme (FTS) in eine Fertigungsanlage sowie der Robotersteuerung über Datenhandschuhe wurden praxisnahe Anwendungsfälle umgesetzt, die zentrale Potenziale von 5G – niedrige Latenz, hohe Zuverlässigkeit und flexible Vernetzung – adressieren. Die Ergebnisse sind in der Modellfabrik des Lehrstuhls Automatisierungstechnik der BTU als persistente Demonstratoren verfügbar, mit Transfermaterialien dokumentiert und über Veranstaltungen für KMU zugänglich gemacht worden. Damit waren die Arbeiten angemessen, da sie sowohl wissenschaftlich fundierte als auch praktisch übertragbare Resultate für den industriellen Einsatz von 5G hervorgebracht haben.

Herausforderungen/ ggf. nicht erreichte Projektziele laut Antrag

Herausforderungen:

- Langwierige Beschaffungsprozesse
- Zweiter Mitarbeiter wurde erst im späteren Projektverlauf gefunden

Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses - auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Weiterführungsmöglichkeiten

Die entwickelten Use Cases wurden persistent in der Modellfabrik des Lehrstuhls Automatisierungstechnik aufgebaut und können somit bei den regelmäßig stattfindenden Führungen der am Lehrstuhl angesiedelten Transferprojekte Mittelstand-Digitalzentrum Spreeland (MDZ) und European Digital Innovation Hub (EDIH) Interessenten aus dem Bereich regionaler und überregionaler KMU vorgestellt werden.

Wirtschaftliche Verwertung durch die Projektpartner

Als Universität sehen wir keine wirtschaftliche Verwertung vor. Durch den kontinuierlichen Transfer mithilfe der am Lehrstuhl angesiedelten Transferzentren MDZ und EDIH sowohl während als auch nach der Projektlaufzeit kann jedoch ein erhöhter Bekanntheitsgrad geschaffen werden.

Wissenschaftliche Verwertung durch die Projektpartner

Die erzielten Erkenntnisse fließen in verschiedene aktuelle Forschungsprojekte ein, beispielsweise in das Projekt iCampus II. Mindestens eine Dissertation, welche auf den Projektergebnissen aufbaut, ist aktuell in Arbeit.

Anschlussfähigkeit

Ergebnisse aus dem Projekt fließen sowohl aktuell als auch zukünftig in den regulären Lehrbetrieb ein. Weiterhin sind mehrere Bachelor- und Masterarbeiten geplant bzw. zum Teil auch schon in Bearbeitung, welche auf den Erkenntnissen des Projekts aufbauen. Zukünftige Projekte sollen über die nächsten mindestens 2-3 Jahre dabei ebenfalls von den Ergebnissen des Projekts profitieren.

Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordenen Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

keine

Erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses

Wir präsentierten unsere Ergebnisse bei den folgenden Veranstaltungen:

- 5G Fachtagung Potsdam (April 2025, Potsdam)
- FIREmobil (September 2024, Welzow)
- 5G-Tag Brandenburg (Juni 2024, Frankfurt (Oder))
- Hannover Messe (April 2024)
- Mittelstand-Digital Konferenz (September 2023, Berlin)
- 5G-Tag Brandenburg (September 2023, Potsdam)

Des Weiteren erfolgte ein kontinuierlicher Transfer der Projektergebnisse in der Modellfabrik des Lehrstuhls AT durch die am Lehrstuhl ansässigen Transferzentren.

Zwei Publikationen sind aktuell noch in Bearbeitung und sollen nach Projektende finalisiert werden:

- Titel: Real time robot programming using gesture recognition. Eingereicht bei AHFE 2025 Hawaii Edition Conference
- Arbeitstitel: AI-enabled worker assistance with smart data gloves

3.5 Use case bundle: Leitsysteme und „Building Interaction“ (AP 3.5 - 3.7)

Verantwortlicher Partner: THB							**AP:** 3.5		
Partner	MWAEK	IHP	BTU	Welzow	THB	TH-Wildau	DAKO	INNO-MAN	**Summe**
PM					43				**43**

Zielstellung:

Die Zielstellung in diesem Arbeitspaket ist die Entwicklung und Erforschung von Use-Cases für Campus-Anwendungen. Inhaltlich gliedert sich das Paket in Augmented-Reality-Leitsysteme einerseits und „Building Interaction“ andererseits.

Abgeschlossene Aufgaben/ Deliverables/ Tätigkeiten zum 31.07.25

- AR-Leitsystem: Detaillierte Spezifizierung der Use Cases des Einstiegsszenarios „Basis“ (AP 3.5.1) sowie Spezifizierung des AR-Leitsystems „Enhanced“ (AP 3.5.2) und „Advanced“ (AP 3.5.3) für Campus-Leitsysteme. Ausschreibung, Vergabe und Abnahme von Unteraufträgen. Technische Implementierung der beschriebenen Use Cases in der Navigationsanwendung.
- Ein Prototyp der auf Zielgruppenbedürfnissen basierenden Anwendung. Nutzer*innen können mithilfe der Anwendung zwischen ausgewählten Interaktions-Orten über den Campus navigieren sowie an den Interaktions-Orten u.a. personalisiert und barrierefrei Informationen abrufen oder Services in Anspruch nehmen.
- Konzeption und Entwicklung der Use Cases im Bereich Smart Facilities ("Building Interaction") (AP 3.6).

Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

- Mobile Geräte und Technik
- Personalkosten
- Aufträge

Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Die durchgeführten Use Cases dienen der Demonstration der Machbarkeit verschiedenster Anwendungsszenarien im Kontext der Innen- und Außennavigation sowie der hybriden Navigation zwischen (und innerhalb) mehreren Gebäuden und Zielpunkten. Darüber hinaus stellen sie einen wesentlichen Bestandteil der Evaluation dar und liefern wertvolle Erkenntnisse zum Mehrwert der Applikation in einem 5G-Umfeld – und das über verschiedene Stakeholder-Gruppen hinweg.

Im Bereich Building Interaction dienen die Projektarbeiten der Demonstration, dass Szenarien der Building Interaction mit 5G-Technologien technologisch und wirtschaftlich umsetzbar sind. Zu den

Szenarien gehören exemplarisch Gebäudevernetzung (IoT), automatische Erfassung der Netzabdeckung und virtuelle und augmentierte Gebäuderundgänge.

Herausforderungen/ ggf. nicht erreichte Projektziele laut Antrag

Der Projektstart wurde im Juni 2023 rückwirkend auf den 1. Mai 2023 genehmigt. Aufgrund hochschulinterner Regularien, die Ausschreibungen erst nach Erhalt des Förderbescheids erlauben, kam es dadurch zu Verzögerungen in der Umsetzung. Die kurze Projektlaufzeit führte zu besonderen Herausforderungen bei der Rekrutierung geeigneter akademischer Mitarbeitender. Dies führte zu einem deutlich erhöhten Aufwand in der Projektsteuerung sowie zu Effizienzverlusten, insbesondere durch den hohen Einarbeitungsbedarf sowie durch Herausforderungen in den Übergabeprozessen zwischen den Mitarbeitenden.

Die Implementierung der technischen Anwendung basierte auf dem Software-Development-Kit des Drittanbieters. Hierbei mussten wiederholt durch ungeplante und seitens des Herstellers nicht vorab kommunizierte und nicht dokumentierte Software-Updates bereits realisierte Entwicklungsschritte im direkten Austausch mit den Entwicklern der Plattform angepasst werden. Dies führte zu Zusatzaufwänden in der Entwicklung seitens des Auftragnehmers und in der Evaluation seitens Auftraggeber und letztlich auch im gesamten Projektablauf.

Zudem wurden die kostenneutralen Projektverlängerungen erst zu späteren Zeitpunkten im Projektverlauf bekanntgegeben, was die zeitliche Planung zusätzlich erschwerte und zu Verzögerungen führte. Zum Teil konnten deshalb Arbeitsvertragsverlängerungen nicht rechtzeitig eingeleitet werden und neue Mitarbeiter:innen konnten wegen der verbleibenden kurzen Restlaufzeit nicht mehr rekrutiert werden. Weitere Verzögerungen ergaben sich durch z.T. nicht lieferbare Hardware (insb. NAO-Roboter) oder Erkenntnisse im Projektablauf, dass Teile der im Antragsprozess spezifizierten Hardware für die Einsatzzwecke nicht vollumfänglich geeignet waren. Diese Erkenntnis war z.T. nur durch den tatsächlichen Einsatz der Hardware zu erlangen. Die Änderung der Geräteliste beanspruchte großen Arbeitseinsatz und viel Zeit, was zu Verzögerungen in den Entwicklungsprozessen führte. So konnten nicht alle Entwicklungsziele im wissenschaftlich gewünschten Umfang und er gewünschten Qualität erreicht werden.

Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses - auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Weiterführungsmöglichkeiten

Die AR-Navigationsanwendung steht nach Projektende aufgrund auslaufender Softwarelizenzen und der Beendigung der Kooperation mit dem Softwareanbieter vorerst nicht mehr zur Verfügung. Für einen zukünftigen Weiterbetrieb wären eine Verlängerung der Lizenzen sowie erneuter Entwicklersupport erforderlich.

Die Ergebnisse der Building Interaction, insb. die IoT-Vernetzung basierend auf 5G-(NarrowBand)-Technologien wird aktuell in einem Verbundprojekt der Hochschule und für studentische Projekte weitergenutzt. Darüber hinaus stellen uns die Bedingungen der Hardwarehersteller zu Updatelizenz vor wirtschaftliche Herausforderungen.

Wirtschaftliche Verwertung durch die Projektpartner

Eine unmittelbare wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse ist derzeit nicht geplant. Indirekte Verwertungspotenziale könnten beinhalten:

1) Ausbau der THB-Expertise in den Bereichen Augmented Reality, Campus-Navigation und drahtlose Netzwerke sowie Steigerung der Sichtbarkeit. Dies kann sich positiv auf die Außenwahrnehmung, die Akquise von Studierenden sowie Weiterentwicklung der Forschungsprojekte auswirken.
2) Das weiterhin verfügbare 5G/WiFi6-Testfeld kann für Industriepartner und Technologiedemonstrationen, beispielsweise im Rahmen von Tagungen, Veranstaltungen oder Kooperationen mit regionalen Unternehmen, als Alleinstellungsmerkmal genutzt werden.

Wissenschaftliche Verwertung durch die Projektpartner

Im Verlauf des Projekts wurden relevante wissenschaftliche Erkenntnisse zur Entwicklung und Anwendung von AR-Leitsystemen in 5G-Netzwerken gewonnen. Diese sind im Abschnitt „Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses“ aufgeführt. Die im Projekt erarbeiteten Inhalte können als Grundlage für zukünftige Forschungsvorhaben in den Bereichen AR/XR, intelligente Netze und Building-Interaction dienen.

Anschlussfähigkeit

Es werden weiterhin Anträge auf Anschluss- und ergänzende Finanzierung gestellt, um eine mögliche weiterführende Forschung im Bereich der AR/XR-Technologien und IoT-Vernetzung am Beispiel der Building Interaction zu ermöglichen.

Erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses

Folgende Veröffentlichungen und wissenschaftliche Publikationen sind auf Basis der projektbezogenen Forschung entstanden:

- Teutenberg, L., Fitz, L., Scheeg, M., Scheeg, J. (2023) Anwendungsfälle von IoT-Lösungen für KMU in 5G-Umgebungen. ifii Working Paper 01/2023
- Teutenberg, L.D., Fitz, L.R.G., Scheeg, J. (2025). Current Design Practices in Applied Augmented Reality Research: A Methodological Review. In: Plácido da Silva, H., Cipresso, P. (eds) Computer-Human Interaction Research and Applications. CHIRA 2024. Communications in Computer and Information Science, vol 2370. Springer, Cham.
- Fitz, L.R.G., Teutenberg, L.D., Veldyaeva, E., Scheeg, J. (forthcoming). Augmented Reality Solution Requirements for Human-Building Interactions: Lessons Learned from an Applied Science Project. HCI International 2025 – Late Breaking Posters. Communications in Computer and Information Science. Springer. In press.

4. Sicherheit, Transparenz (AP 4.1 - 4.5)

Verantwortlicher Partner: THB							**AP:** 4.1 - 4.5		
Partner	MWAEK	IHP	BTU	Welzow	THB	TH-Wildau	DAKO	INNO-MAN	**Summe**
PM	[0,1][2]	11	1,5		14	0,5			**28,1**

Zielstellung:

Ziel ist die Entwicklung des 5G-Atlas in Form einer partizipativen Plattform zur Planung und Dokumentation von 5G-Campusnetzen inkl. deren verwendeter IKT-Komponenten, 5G-Projekten und Services abzubilden. Damit soll ein Beitrag zur Härtung von Mobilfunkinfrastrukturen analog zu kritischen Infrastrukturen und zur partizipativen Entwicklung neuer 5G Anwendungen, sowie zum Testen neuer Services im Bereich IT-Sicherheit geleistet werden.

Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

- Entwicklung eines 5G-Atlas
- Nachtrag zu 5G Atlas
- Unterstützung und Dokumentation der Workshops
- weitere Ausgestaltung des Prototyps 5G-Atlas

Abgeschlossene Aufgaben/ Deliverables/ Tätigkeiten zum 31.07.25

- AP: 4.1 der Aufbau der des 5G-Atlas (als Prototyp) ist in technischer Hinsicht umgesetzt
- AP: 4.2 die 5G-Campusnetze der Partner wurden bis zum 31.12.24 angelegt in Q1-25 wurden weitere Netze (u.a. BASF, Thiem, etc.) ergänzt
- AP: 4.3 die Projekte der Partner aus dem Testbed-BB sind integriert
- AP: 4.4 die Services, die die Partner zum 31.07.25 vorhalten sind eingebettet
- AP 4.5 die frei verfügbaren Infrastrukturdaten, die als WMS oder WFS vorliegen können technisch integriert werden

Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Der 5G-Atlas trägt wesentlich dazu bei, die Transparenz über 5G-Infrastrukturen, Projekte und Services in Brandenburg zu erhöhen und unterstützt damit die Vernetzung von Akteuren aus Wirtschaft, Verwaltung und Forschung.

Herausforderungen/ ggf. nicht erreichte Projektziele laut Antrag

keine

Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses - auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Der 5G-Atlas ermöglicht eine bessere Sichtbarkeit und Zugänglichkeit von 5G-Netzen und Testinfrastrukturen, was insbesondere KMU, öffentlichen Verwaltungen und Unternehmen den Zugang zu innovativen Anwendungen erleichtert und so indirekte Verwertungspotenziale schafft.

Weiterführungsmöglichkeiten:

[2] Inkl. der Beteiligung durch Haushaltsstellen im MWAEK

Aktuell wird der Atlas noch bis Q3-2025 durch einen Dienstleister weiter betrieben und es wird für Interessierte (Anfragen vom DLR und der Berliner Senatsverwaltung) die Möglichkeit geben ihre 5G-Projekte über webbasierte Eingabemasken zu erfassen.

Wirtschaftliche Verwertung durch die Projektpartner

Direkte wirtschaftliche Verwertung ist nicht vorgesehen, jedoch unterstützt der 5G-Atlas die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit von KMU durch erleichterten Zugang zu 5G-Technologien und fördert damit indirekte wirtschaftliche Vorteile. Eine weitere Möglichkeit der Verwertung wäre der Weiterbbetrieb durch einen IT-DL im Auftrag bzw. für das BMWE.

Wissenschaftliche Verwertung durch die Projektpartner

Der 5G-Atlas dient als Grundlage für Forschungsprojekte und den Wissenstransfer, indem er Informationen zu Testbeds und Anwendungsszenarien bündelt und so wissenschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung neuer 5G-Anwendungen unterstützen kann. Überregional dient er als Schnittstelle zwischen unterschiedlichen Interessierten und steigert somit die Sichtbarkeit und Transparenz in vorhandenen 5G-Vorhaben. Dies ist von hoher Relevanz sowohl für die Wissenschaft als auch für die Praxis.

Anschlussfähigkeit

Der 5G-Atlas kann eine Transparenzplattform sein für zahlreiche 5G-Campusnetze und den darin enthaltenen Projekten, die durch öffentliche Gelder gefördert wurden. Zusätzlich ist er eine Informationsplattform um die 5G/6G-Technologie mittels konkreter Beispielprojekte in der Breite bei den Unternehmen sichtbar zu machen.

Erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses

Die Kommunikation der Projektergebnisse erfolgte im Rahmen der:

- 5G-Tag 2024 (26.06.2024)
- 5G-Fachtagung 2025 (30.04.2025)

5. Vernetzung, Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit (AP 5)

Verantwortlicher Partner: MWAEK							**AP:** 5.1-5.6		
Partner	MWAEK	IHP	BTU	Welzow	THB	TH-Wildau	DAKO	INNO-MAN	Summe
PM	[0,4]	6	4	[2,5]	4,2	4			26,5[3]

Zielstellung:

Im Rahmen des Vorhabens sollte der aktive Wissensaustausch der Konsortialpartner insbesondere zu allen Fragen rund um den Aufbau der Testbeds und zu den Forschungsergebnissen innerhalb der use cases erfolgen, mit dem Ziel voneinander zu lernen, Doppelarbeit zu vermeiden und Herausforderungen gemeinsam zu meistern.

Zusätzlich sollen für die Zielgruppen Qualifikationsangebote, Services und Kommunikationsmaßnahmen gemeinsam abgestimmt und erarbeitet werden, um das Wissen in

[3] Inkl. der Beteiligung durch Haushaltsstellen im MWAEK und der Stadt Welzow

der Zielgruppe zu innovativen Netztechnologien und Anwendungen auszubauen. Ein weiters Ziel ist es, weitere 5G-Vorhaben im Land Brandenburg zu identifizieren und zu unterstützen.

Abgeschlossene Aufgaben/ Deliverables/ Tätigkeiten zum 31.07.25

- AP 5.1 Vernetzung der Konsortialpartner ist erfolgt
- AP 5.4 Kommunikation des Gesamtvorhabens erfolgte auf drei Großveranstaltungen
- AP 5.5 Projekt-Landingpage für das Vorhaben wurde erstellt
- AP 5.6 Nachhaltigkeit des 5G-Ökosystems konnte tlw.. über gemeinsame Veranstaltungen und Verteiler erreicht werden

Folgende Aufgaben wurden abgeschlossen

- Es wurden Marketing- und Kommunikationsvorlagen erstellt, die von allen Konsortialpartnern bspw. für Messeauftritte und bei Veranstaltungen genutzt werden können (PowerPoint, Roll-up, Flyer, etc.).
- Alle aktuellen Informationen zu Veranstaltungen und besonderen Ereignissen wurden auf der Projektwebseite angekündigt. https://5g-testbed-bb.de/
- Es wurden 31 Pressemeldungen veröffentlicht zu unterschiedlichen Themen
- Es wurde ein KI-Chatbot für das Thema 5G-Projekte und 5G in Summe prototypisch aufgesetzt und betrieben: https://5g-strategie-bb.de/
- Die Vorstellung des Gesamtvorhabens und seine Teilprojekte wurde bei nachfolgenden Großveranstaltungen durch das MWAEK/Projektbüro organisiert und aktiv begleitet und mit Presse- und Öffentlichkeitsarbeit unterstützt:
  - 15.01.2024 Eröffnung des 5G-Testbeds an der Technischen Hochschule in Brandenburg. Unter den mehr als 40 Teilnehmenden waren, u.a. Vertreter des BMDV, TÜV, MWAEK und weitere Konsortialpartner.
  - 22.04 - 26.04.2024 Hannover Messe. Partner vor Ort waren INNOMAN, Dako, TH Wildau, BTU, Stadt Welzow
  - 25.6.24 5G-Tag BB: Unter den mehr als 100 Teilnehmenden waren, u.a. Vertreter des BMDV, TÜV, TH-Brandenburg, TH-Wildau, BTU, Stadt Welzow, IHP, INNOMAN, DAKO. Im Rahmen des 5G-Tages am 25.6.24 wurden drei zusätzliche 5G-Workshops mit Partnern (Telekom, Vodafone, Fraunhofer) aus dem 5G-Ökosystem durchgeführt.
  - 05./06.09.24 FIREmobil: Bei der Veranstaltung haben u.a. die TH-Brandenburg, BTU, DAKO; INNOMAN den 5G-Testbes-BB Stand betreut und den ca. 50 interessierten Besuchern am Stand die Projektergebnisse erläutert.
  - 30.4.2025 5G-Fachtagung in Potsdam mit ca. 70 Teilnehmenden, bei dem erstmalig der 5G-Chatbot von Brandenburgs Wirtschaftsminister Daniel Keller vorgestellt und ausprobiert sowie der 5G-Atlas präsentiert wurde.

Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Unterauftragsvergabe an das Projektbüro.

Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Ohne die intensive Vernetzungs-, und Öffentlichkeitsarbeit hätte das Projekt nicht so hohe Sichtbarkeit und gute Zielerreichung gehabt.

Herausforderungen/ ggf. nicht erreichte Projektziele laut Antrag

Alle Projektzeile wurden erreicht und darüber hinaus wurden mit der Beteiligung an Workshops und Veranstaltungen und dem 5G-Chatbot die geplanten Projektziele deutlich übererfüllt

Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses - auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Durch die Vernetzung, den Wissenstransfer und die Öffentlichkeitsarbeit konnte die wirtschaftliche Entwicklung in Brandenburg aktiv unterstützt werden, indem kleine und mittlere Unternehmen (KMU) praxisnahe Einblicke in die Anwendung von 5G-Technologien erhielten. Die Ergebnisse des Projekts können auch als Blaupause für den Umgang mit Strategien im Land Brandenburg dienen, um die Digitalisierung von Geschäftsprozessen und -modellen voranzutreiben.

Aus dem Projekt "5G-Testbed-BB" ergeben sich verschiedene Chancen, wie z.B. die Schaffung neuer Arbeitsplätze und die Förderung von Innovationen in verschiedenen Branchen. Durch die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Politik kann ein nachhaltiges Ökosystem für 5G-Technologien in Brandenburg aufgebaut werden.

Darüber hinaus kann das Projekt dazu beitragen, dass Brandenburg zu einem führenden Standort für 5G-Technologien wird, was wiederum zu einer Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit des Landes führen kann. Die Erfahrungen und Ergebnisse des Projekts können auch als Grundlage für weitere Initiativen und Projekte dienen, um die wirtschaftliche Entwicklung in Brandenburg weiter zu fördern.

Im Projekt wurden wichtige Teile der 5G Strategie des Landes Brandenburg umgesetzt und die wirtschaftspolitische Umsetzung weiterentwickelt.

Das Projekt 5G-Testbed BB dient in Brandenburg als Pilot- und Demonstrationsvorhaben, das praktische Erfahrungen, strukturelle Erkenntnisse und neue Ansätze generiert, die in die Weiterentwicklung von technologieorientierten Förderprogrammen und wirtschaftlichen Maßnahmen einfließen können. Es liefert qualitative und quantitative Anknüpfungspunkte zur Bewertung von Zielerreichung, Wirksamkeit und Transferfähigkeit bestehender Fördermaßnahmen

Zum Projektabschluss konnte er erste KI Chatbot der Landesverwaltung durch den Wirtschaftsminister des Landes Brandenburgs und Vertreter des Bundesdigitalministeriums unter 5G-Strategie-BB.de freigeschaltet werden.

Weiterführungsmöglichkeiten

Aktuell wird das Justizministerium des Landes Brandenburg zur Mobilfunkausstattung von Gerichtsräumen beraten, um ggf. dort auch 5G Infrastruktur zu installieren. Mit dem Förderprojekt konnten proof of concepts erstellt und publiziert werden. Die internen und öffentlichen Veranstaltungen des Konsortiums haben viele Akteure aus der Region und aus Deutschland zusammengebracht und Nachfolgeprojekte initiiert.

Das 5G Netz bei der BASF in Schwarzheide konnte für innovative Testungen als Testumgebung gewonnen werden. In diesem 5G Netz lassen sich so von KMU reale Szenarien testen.

Wirtschaftliche Verwertung durch die Projektpartner/ Unterstützung Partner bei der Nachnutzung der 5G-Campusnetze und 5G-Testbeds als dauerhafte Infrastruktur (Zeithorizont: kurz- bis mittelfristig)

Potenzial: Verstetigung der neu geschaffenen Testbeds in Brandenburg als offene Innovationslabore für KMU, Forschungseinrichtungen und Start-ups

Wirtschaftlicher Nutzen:

- Einsparung eigener Entwicklungskosten durch Zugang zu vorkonfigurierter Infrastruktur.
- Verkürzung von Entwicklungszyklen durch praxisnahe Tests.
- Lokale Anbieter können 5G-Prototypen schneller zur Marktreife bringen.

Transferstrategie: Öffnung des Testbeds für Dritte (z. B. „Testbed-as-a-Service"), Integration in Hochschulprojekte und neue Förderlinien.

Entwicklung Industriegebiet Flugplatz Welzow: Der Flugplatz Welzow ist Kern eines zu entwickelnden Industriegebietes von 650 Ha. Mit dem 5G Campusnetz verfügt er über ein Alleinstellungsmerkmal. Ein so großes Gewerbegebiet in zentraler Lage in Europa hat ein hervorragendes Potenzial und kann trotz der immensen Investitionen nach einer vorliegenden Machbarkeitsstudie in wenigen Jahren entwickelt werden. Um flugaffin im Sinne von technischen Innovationen zu bleiben, sind wir um neue Projekte zur Nutzung des Flugplatzes bemüht.

Unterstützung der verschiedene Anwendergruppen / Industrien in Brandenburg

Anwendergruppe	Nutzenpotential
KMU / Start-ups	Kostengünstiger Zugang zu 5G-Technologie, Kooperationschancen
Forschungseinrichtungen	Reallabor für anwendungsorientierte Forschung und Lehre
Kommunen	Erprobung smarter Anwendungen (z. B. Verkehrsmanagement)
Industrieunternehmen	Pilotierung von Automatisierungslösungen, Prozessoptimierung
Sicherheitsdienste	Anwendungsszenarien wie vernetzte Einsatzkräfte, Drohnen

Anschlussfähigkeit

- Umsetzung und Fortschreibung der 5G-Landesstrategie
- Kooperation mit Industrieverbänden und Technologieinitiativen:
  - Kooperationen mit Branchenclustern (z. B. IKT, Mobilität, Energie).
  - Anschlussprojekte, Workshops und Veranstaltungen mit Partnern aus Telekommunikation und Industrie sind geplant.
- Verwertung durch Wissens- und Technologietransfer:
  - Unterstützung von Angeboten der Konsortialpartner
  - Unterstützung der Konsortialpartner und Partner im 5G-Ökosystem bei der Überführung erfolgreicher Use Cases in marktfähige Produkte und Dienstleistungen.
- Analyse der mittelfristigen bis langfristigen Erfolgsindikatoren (Zeithorizont: bis 2029)

- Anzahl der durchgeführten 5G-Pilotprojekte mit externen Partnern.
- Neue Ausgründungen oder Technologietransferprojekte aus Hochschulen.
- Lancierung und Einbindung der Partner aus dem 5G-Testbed-BB in neue Förderprojekte (z. B. im Bereich 6G, Künstliche Intelligenz, Smart City).
- Wirtschaftliche Ansiedlungen im Bereich der 5G-Testbeds

- Wirtschaftlicher Nutzen durch Anschlussinvestitionen in Produkte, Dienste oder Geschäftsmodelle.

Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

- Wirtschaftspolitische Umsetzung der 5G-Stratgie https://5g-strategie-bb.de/preview/2025-03-31%205G-Strategiefortschreibung_WiPol.pdf
- Inhalte interaktiv in Form eines Chatbots: https://www.5g-strategie-bb.de/
- Präsentation von Projektergebnissen auf der 5G Fachtagung Potsdam (April 2025, Potsdam)
- Präsentation von Projektergebnissen auf der FIREmobil (September 2024, Welzow)
- Präsentation von Projektergebnissen bei dem 5G-Tag Brandenburg (Juni 2024, Frankfurt (Oder))
- Präsentation von Projektergebnissen bei der Hannover Messe (April 2024)
- Präsentation von Projektergebnissen bei der Mittelstand-Digital Konferenz (September 2023, Berlin)
- Präsentation von Projektergebnissen bei dem 5G-Tag Brandenburg (September 2023, Potsdam)