

*Februar 2023*

# Evaluierung der Projektergebnisse der 5G-Playground Forschungsprojekte

---

**Endbericht**



# Evaluierung der Projektergebnisse der 5G-Playground Forschungsprojekte

## Endbericht

---

Alessio Giustolisi, Katharina Warta

# Inhaltsverzeichnis

---

1	Einleitung	3
2	Evaluierung des 5G-Playground Use Case	3
2.1	Use Case: Virtual Realities	3
2.1.1	Zielstellung und Forschungsfortschritt	3
2.1.2	Kooperationen und Zusammenarbeit	4
2.1.3	Ergebnisse	5
2.1.4	Hindernisse und Herausforderungen	5
2.1.5	Impact	5
2.1.6	Zusammenfassung und zukünftige Ausrichtung	6
2.2	Robotics	6
2.2.1	Zielstellung und Forschungsfortschritt	6
2.2.2	Kooperationen und Zusammenarbeit	7
2.2.3	Ergebnisse	7
2.2.4	Hindernisse und Herausforderungen	7
2.2.5	Impact	7
2.2.6	Zusammenfassung und zukünftige Ausrichtung	8
2.3	Communication in Swarms	8
2.3.1	Zielstellung und Forschungsfortschritt	8
2.3.2	Kooperationen und Zusammenarbeit	9
2.3.3	Ergebnisse	10
2.3.4	Hindernisse und Herausforderungen	10
2.3.5	Impact	10
2.3.6	Zusammenfassung und zukünftige Ausrichtung	11
2.4	Smart City	11
2.4.1	Zielstellung und Forschungsfortschritt	11
2.4.2	Kooperationen und Zusammenarbeit	11
2.4.3	Ergebnisse	12
2.4.4	Hindernisse und Herausforderungen	12
2.4.5	Impact	13
2.4.6	Zusammenfassung und zukünftige Ausrichtung	13
2.5	Kärnten Fog	13
2.5.1	Zielstellung und Forschungsfortschritt	13
2.5.2	Kooperationen und Zusammenarbeit	14
2.5.3	Ergebnisse	14



2.5.4	Hindernisse und Herausforderungen _____	14
2.5.5	Impact _____	15
2.5.6	Zusammenfassung und zukünftige Ausrichtung _____	15
3	Schlussfolgerung und Empfehlung _____	15
Anhang A	Teilnahme an externen Veranstaltungen _____	17
Anhang B	Interviewpartner*innen _____	18
Anhang C	Verwendete Dokumente _____	19
Anhang D	Interview Leitfaden _____	20

## 1 Einleitung

---

Die vorliegende Evaluierung befasst sich mit den Use Cases innerhalb des "5G-Playground", einem Testlabor für die Forschung und Entwicklung von 5G-Anwendungen, Produkten, Prozessen und Applikationen. Die 5G-Playgrounds Carinthia wurden im Jahr 2019 gestartet und werden von der BABEG betrieben, deren Eigentümer der Bund und das Land Kärnten sind. Die Finanzierung erfolgte durch Mittel des Bundesministeriums und des Landes Kärnten. In Zusammenarbeit mit dem Mobilfunkanbieter A1 wurde die erforderliche Infrastruktur aufgebaut.

Das übergeordnete Ziel der verschiedenen Use Cases bestand darin, Anwendungen im 5G-Netz auf ihre Funktionalität zu testen und vor allem die Effizienz des Netzes bis an seine Grenzen auszuloten. Die Wahl der verschiedenen Use Cases führte zu einem Dreieck-Konstrukt an (Grundlagen)Forschungsarbeiten, das die verschiedenen Herausforderungen der 5G-Technologien behandelte. Die drei Dimensionen sind die Verringerung der Latenzzeiten, die Bewältigung der Netzüberlastung durch eine hohe Anzahl von Endgeräten und die Unterstützung hoher Übertragungsraten.

Diese Forschungsprojekte wurden im Jahr 2022 abgeschlossen, die Ergebnisse wurden nun einer Evaluierung unterzogen. Diese abschließende Evaluierung umfasst gemäß dem Schreiben der BABEG folgende Aufgaben:

- Analyse der inhaltlichen Zwischen- und Endberichte der Forschungseinrichtungen.
- Interviews mit den Forschungseinrichtungen, um konkrete Ergebnisse, Impacts und neue Erkenntnisse aus den Forschungsprojekten auszuwerten.

Die in den Räumlichkeiten des 5G-Playgrounds im Lakeside Park in Klagenfurt durchgeführten Interviews sowie die Analyse der Berichte zielten nicht primär auf eine rein technologische Bewertung der Use Cases ab. Vielmehr sollten sie den Mehrwert der Finanzierung durch die BABEG aufzeigen. Daher fokussiert sich die Evaluation insbesondere auf die Implikationen für den Forschungs- und Technologiestandort Kärnten und hebt geschaffene Synergieeffekte hervor.

## 2 Evaluierung des 5G-Playground Use Case

---

### 2.1 Use Case: Virtual Realities

#### 2.1.1 Zielstellung und Forschungsfortschritt

Das Hauptziel dieses Use Case Virtual Realities bestand darin, Virtual Reality (VR)-Anwendungen über 5G-Netzwerke zu ermöglichen. Hierbei wurden 360°-Video-Streaming-Technologien als klassische VR-Anwendungen eingesetzt. Ein Problem bestand darin, dass das Streaming von Live-Inhalten sowohl eine hohe Downlink-Geschwindigkeit (das Streamen zur VR-Brille) als auch eine hohe Uplink-Geschwindigkeit (das Streamen von Live-Inhalten von der Kamera weg) erforderte. Gleichzeitig mussten die Latenzzeiten drastisch reduziert werden, um eine erstklassige Präsentationsqualität sicherzustellen und eine schnelle Übertragung der Bilder zu gewährleisten.

Bereits vor Projektbeginn hat die Projektleitung erste Versuche unternommen, was dem Use Case einen Vorsprung und hohe Maturität verschaffte.

Ein entscheidender Demonstrationsschritt war die Weiterentwicklung von adaptiven Technologien: Live-Videos wurden in 360° aufgenommen, über das 5G-Netzwerk an den Server übertragen und schließlich an die Endgeräte gestreamt. Dabei war die Neuheit, dass basierend auf dem Bildmaterial vorhersagt werden konnte, wohin sich eine Person bewegen würden.

Obwohl es zum Zeitpunkt des Projektes bereits viele Forschungsinstitute und Unternehmen gab, die sich mit diesem Thema beschäftigten, war der VR-Use Case einer der ersten, der die adaptive Technologie erfolgreich einsetzen konnte.

In Bezug auf die Ressourcen, die für den Use Case zur Verfügung standen, konnte man auf eine durchdachte Beschaffung und effiziente Nutzung zurückblicken. Der Erwerb von Hardware mithilfe der finanziellen Unterstützung war eine Voraussetzung, um die Projektziele zu erreichen.

### 2.1.2 Kooperationen und Zusammenarbeit

Der VR-Use Case hat erfolgreich Kooperationen und Zusammenarbeiten aufgebaut, die in der Folge zu weiteren Projekten geführt haben.

Es konnte auf akademischer Ebene eine hochwertige internationale Publikation in Zusammenarbeit mit einem Forschungsinstitut aus den USA fertiggestellt werden. Hier flossen die Ergebnisse aus dem Use Case hinein und fanden international Anklang.

Es erfolgte außerdem eine Einladung durch ein Forschungsinstitut zu einem EU-Horizon-Projekt, das im Jahr 2022 bewilligt wurde und sich mit der Entwicklung immersiver Telepräsenztechnologien befasst. Das Hauptziel dieser Technologien besteht darin, Video-Konferenzen künftig durch Hologramme zu ersetzen. Im Rahmen des EU-Projekts erhielt die Projektleitung die Gelegenheit, an einem Experimentierfeld teilzunehmen, das sich im Laufe der Zeit als äußerst stabil erwies. Zusätzlich bietet das Horizon-Projekt, durch die sogenannten "Open Calls" die Möglichkeit, Akteure und Akteurinnen außerhalb der EU einzubinden. Dadurch können Teilnehmer:innen des VR-Use Cases Partner:innen aus den USA und Singapur einbinden, wodurch die internationale Vernetzung und der Austausch von Wissen weiter verstärkt werden.

Zudem etablierte die Projektleitung eine erfolgreiche Partnerschaft mit dem Use Case "Communication in Swarms", der sich auf den Aufbau eines Schwarms von Luft- und Bodenrobotern (auch als Drohnen und Rover bezeichnet) konzentrierte, die über ein 5G-Netz miteinander kommunizieren, um gemeinsam Aufgaben zu erfüllen. Eine mögliche Anwerdung hierfür sind zum Beispiel Drohnen für Erste-Hilfe-Maßnahmen. Diese Kooperation während der Projektlaufzeit führte zur Einreichung eines Antrags für ein FWF Excellence Cluster-Projekt im Bereich von Drohnenschwärmen.

Es ist ebenso erwähnenswert, dass eine enge Verbindung zum Christian Doppler Labor Athena bestand, wobei die Tatsache, dass ein ehemaliger Mitarbeiter des Instituts nun dort tätig ist, eine wichtige Rolle spielt und zur Förderung von weiterer Forschung und Zusammenarbeit zwischen den beiden Einrichtungen beiträgt.

Insgesamt haben die Demonstrationsaktivitäten zu einer umfangreichen Bandbreite an Kooperationen und Partnerschaften geführt, welche wesentlich zur Weiterentwicklung des Forschungsprofil beitragen.

### 2.1.3 Ergebnisse

Neben den Fortschritten in der Forschung führte der Use Case zu wichtigen Einsichten bezüglich des gesamten 5G-Netzwerks. Es wurde deutlich, dass Live-Kameras beträchtliche Datenmengen produzieren, die einen stärkeren Uplink erforderlich machen als erwartet, insbesondere da frühe Versionen des 5G-Netzwerks hier Limitierungen aufweisen. Die geringen Latenzzeiten, die 5G bietet, sind also von großem Vorteil. Ferner zeigte sich, dass manche Funktionen des 360°-Video-Streamings nicht ideal gestaltet sind, um die Vorteile von 5G vollständig zu nutzen, was auf die Notwendigkeit hinweist, die Anwendungsarchitektur und -techniken zu überarbeiten. Dies wurde vom Use Case durchgeführt.

Die Demonstrationserfahrungen zeigen die Wichtigkeit eines verbesserten Uplinks auf, der nicht nur für zukünftige Technologien wie Drohnen oder Sensoren im Bereich des autonomen Fahrens relevant ist, sondern auch für die Optimierung bestehender Anwendungen, wie durch den Use Case illustriert wurde.

### 2.1.4 Hindernisse und Herausforderungen

Während des Projekts wurden drei wesentliche Hindernisse und Herausforderungen identifiziert, die vorübergehend den Fortschritt behinderten, jedoch langfristig erfolgreich bewältigt wurden.

Erstens führte die COVID-19-Pandemie zu unerwarteten personellen Veränderungen im Team, da einige Mitarbeiter aufgrund der Umstände ihre Aufgaben verloren hatten und schließlich das Projekt verließen.

Zweitens traten technische Schwierigkeiten aufgrund der frühen Entwicklungsphase der 5G-Technologie auf, was den Aufbau und den Betrieb des Netzwerks beeinträchtigte. Dies führte zu Herausforderungen bei der Implementierung und Integration.

Drittens bestanden zu Beginn des Projekts zwei unterschiedliche Installationen: der Research Core von Hyperblox, der auf rein forschungsorientierte 5G-Netzwerke ausgerichtet war, und das traditionelle System von Nokia. Dies führte gelegentlich zu Verwirrung und Schwierigkeiten bei der Identifizierung von Problemen. Die genaue Ursache für diese Probleme war nicht immer klar, und es war erforderlich, eng mit den Teams von A1 und Hyperblox zusammenzuarbeiten, um Lösungen zu finden.

Trotz dieser Schwierigkeiten wurde das Projekt weiter vorangetrieben und konnte positiv abgeschlossen werden. Die Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern und die Anpassung, an die sich ändernde Situation haben es Ihnen ermöglicht, das Projekt trotz der Widrigkeiten voranzutreiben.

### 2.1.5 Impact

Im Dezember 2019 präsentierte der VR-Use Case weltweit das erste adaptive 360° Videostreaming über 5G, zu einer Zeit, als diese Technologie noch in den Kinderschuhen steckte. Der Use Case baute dabei auf eine Simulation einer US-Institution aus dem Vorjahr auf und erwies sich als äußerst effektiv. Im Rahmen des Use Case VR wurde diese Simulation als 5G-Demonstration durchgeführt.

Die Arbeit führte zu zahlreichen öffentlichen Auftritten, darunter Workshops mit A1, die Teilnahme an der FFG Gigabit Academy und die Beteiligung an Veranstaltungen wie der "Langen Nacht der Forschung".

### 2.1.6 Zusammenfassung und zukünftige Ausrichtung

Aus dem Abschlussbericht und den Interviews geht hervor, dass das Projekt seine Ziele erreicht hat. Erfolgreich wurde demonstriert, dass es bei Virtual Realities 360° Live-Kameras darauf ankommt, dass der Uplink erheblich gestärkt werden, um die Grenzen des 5G-Netzwerks auszuloten muss.

Ursprünglich war eine Projektlaufzeit von drei Jahren geplant, um das vorhandene 5G-Netzwerk zu nutzen, zu testen und an seine Grenzen zu bringen. Trotz einiger Änderungen und Abweichungen aufgrund der Pandemie wurde dieser Plan erfolgreich umgesetzt. Es wurde gezeigt, dass 5G-Netzwerke herausgefordert werden können, und es wurden Hinweise identifiziert, in welche Richtung zukünftige Entwicklungen gehen sollten. Insbesondere wurde erkannt, dass mehr Symmetrie zwischen Uplink und Downlink erforderlich ist, da immer mehr Daten von Endgeräten - aufgrund der vielen Sensoren - in das Netz fließen.

Ferner gab es durchgehend die Gelegenheit, zwei Personen zu beschäftigen. Zusätzlich wurden Qualifizierungsarbeiten durchgeführt, darunter Bachelor- und Masterarbeiten. Dadurch konnte der Use Case durchaus einen Impact auf personelle Ausbildung setzen.

In Bezug auf die zukünftige Ausrichtung versucht man sich auf den weiteren Fortgang der laufenden Projekte zu konzentrieren. Hierbei legt man den Fokus auf ein bereits laufendes EU-Projekt, in dem man an der Entwicklung immersiver Telepräsenztechnologien arbeitet.

Gleichzeitig setzen andere Mitglieder der Arbeitsgruppe ihre Arbeit im Bereich "VR for Youth Health" fort. Dieses Projekt startete im März/April 2023 und konzentrierte sich auf die Anwendung von Virtual Reality im Bereich der Jugendgesundheit. Das Ziel dieses Projekts ist es, pandemiebedingte psychische Probleme bei Jugendlichen mithilfe von Spielen und Interventionen zu lindern. Hierbei handelt es sich um ein Serious Game-Projekt, das von einem Institutskollegen betreut wird, der das Masterstudienprogramm "Studies and Game Engineering" leitet. Die Entwicklung des Projekts involvierte Kollegen und Studierende aus diesem Bereich, und es besteht eine enge Zusammenarbeit mit einer Psychologin, die die Interventionen plant und durchführt.

Insgesamt hat der VR-Use Case im 5G-Playground nicht nur die technologischen Grenzen des 5G-Netzwerks ausgelotet, sondern auch eine Palette von Chancen und Innovationen eröffnet.

## 2.2 Robotics

### 2.2.1 Zielstellung und Forschungsfortschritt

Der Anwendungsfall Robotics konzentrierte sich auf die Erforschung der Potenziale von 5G-Technologie in der Robotik. Im Mittelpunkt stand die Bewertung von 5G in industriellen Anwendungen, die Integration in Industrieroboter zur Steigerung der Effizienz, die Erweiterung von Robotersystemen um externe Geräte und die Analyse von 5G hinsichtlich der Sicherheit in robotergestützten Umgebungen.

Ein Schwerpunkt lag auf der Implementierung von Sensorik in Produktionsketten, um drahtlose Kommunikation zu ermöglichen. Aufgrund der geringen Latenz und höheren Netzstabilität, die 5G bietet – im Gegensatz zu herkömmlichen Netzwerken wie WIFI –, nutzte der Anwendungsfall 5G-Ausstattung, was in Industrielabors selten ist.

Ein Merkmal des Projekts war, dass sich die Projektleitung nicht nur auf Robotik beschränkte, sondern sich mit der gesamten flexiblen Produktion befasste, einschließlich der flexiblen Nutzung von Komponenten wie Robotern, Förderbändern und Rechenzentren. Dieser Ansatz ist derzeit auf dem Markt sehr gefragt.



### 2.2.2 Kooperationen und Zusammenarbeit

Es wurden spezifische Anwendungen der 5G-Technologie in potenziellen Partnerunternehmen untersucht, wobei erste Kooperationen im Rahmen des Projekts initiiert wurden. Anknüpfungspunkte boten Organisationen und Einrichtungen wie WoodK (Comet Center) mit starkem regionalem Bezug zu Kärnten und Steiermark, FH-Campus 02, TU-Graz und das Weitzer Wood Mission Lab. Außerdem baute man Kontakte zum *Verein der Lavanttaler Wirtschaft* auf. Das TINAA Timber Innovation Network, der Food Cluster, der Mechatronik Cluster und der Automatisierungscluster Oberösterreich waren Teil des umfassenderen Netzwerks des Anwendungsfalls.

Das Projekt nahm am Innovationsassistenten-Programm des KWF teil, der Coachingmodule und die Teilnahme an Innovationsevents zur Förderung des Austauschs anbietet. Diese Coachingmodule beinhalteten über zwei Jahre verteilt spezielle Meetings für neue Innovationsassistenten.

Auf europäischer Ebene beteiligte sich der Anwendungsfall aktiv an Normungs- und Standardisierungsprozessen und teilte wichtige Erkenntnisse über die Anwendung von 5G. Es gab Kooperationen mit Institutionen wie dem Karlsruhe Institut für Technologie und der Technischen Universität München.

Ein zentrales Thema sind Baustellen, wo die Kommunikationstechnologie eine Schlüsselrolle spielte. Hier hat sich ein Projektkonsortium formiert, das u.a. aus den Fraunhofer-Instituten in Italien und Deutschland besteht und das sich mit Automatisierung im Bauwesen befasst.

### 2.2.3 Ergebnisse

Das Projekt konnte demonstrieren, dass das 5G-Netzwerk deutlich zuverlässiger als ein herkömmliches WLAN-Netz ist. Diese Feststellung wurde erreicht, indem die Latenzzeiten bis an die Grenzen der Netzwerkkapazitäten ausgereizt wurden, wodurch die Leistungsfähigkeit und die Belastbarkeit des 5G-Systems umfassend getestet und bestätigt werden konnten.

### 2.2.4 Hindernisse und Herausforderungen

Mehre Herausforderungen sind aufgetreten. Nischenanwendungen, die ausschließlich von 5G profitieren können, erwiesen sich als schwer fassbar.

Die Offenheit für neue Ideen und die Bemühungen um Verbesserung sowohl der Benutzerfreundlichkeit als auch der Akzeptanz von 5G haben sich als besonders herausfordernd erwiesen und erforderten umfangreiche Anstrengungen. Die Interviewpartner sind jedoch überzeugt, dass die Erleichterungen, die 5G bietet, letztendlich zu einer höheren Akzeptanz führen werden.

### 2.2.5 Impact

Mit praxisnahen Beispielen veranschaulichte der Use Case die Vorteile von 5G, was insbesondere für viele Betriebe und die Industrie von großer Bedeutung war, da dort oft noch ein Mangel an Kenntnissen und konkreten Vorstellungen über die Möglichkeiten und Vorteile von 5G bestand bzw. besteht. Der Use Case trug somit zur Sensibilisierung und Aufklärung in der Industrie bezüglich der Potenziale von 5G-Technologien bei, vor allem in traditionellen Industrien wie der Holzindustrie, die in das Projekt eingebunden war.

Während des Robotics-Anwendungsfalls erfolgte eine intensive Interaktion mit verschiedenen Industriepartnern aus Sektoren wie der Holzverarbeitung, dem Sägewerksbetrieb und dem Bauwesen. Diese Branchen zeigen ein starkes Interesse an intelligenten Systemen und Robotern, um die Kommunikation in ihren umfangreichen Industrieanlagen zu optimieren. Im

Fokus standen die Erforschung und Diskussion spezifischer Einsatzmöglichkeiten der 5G-Technologie in diesen Bereichen. Konkrete Schritte umfassten beispielsweise den Besuch von Sägewerken in Kärnten, um die Potenziale und Anwendungsszenarien von 5G in industriellen Kontexten zu erörtern und erste Partnerschaften für das Projekt zu etablieren. Diese Besuche dienten nicht nur dem Austausch von Fachwissen, sondern auch der Identifikation praktischer Herausforderungen und Chancen, die 5G in der Industrie bietet, die wiederum in die Forschungs- und Entwicklungsarbeit einfließen.

Die Projektleitung erzielte durch den Use Case deutliche Fortschritte im Lernen und Wissensaufbau, was die internationale Stellung stärken konnte. So ist die Projektleitung in internationalen 5G-Standardisierungsgremien aktiv, die sich mit den Anforderungen an die Kommunikation innerhalb der Netze befassen.

### 2.2.6 Zusammenfassung und zukünftige Ausrichtung

Die Interviews und Analyse des Endberichts des Use Case Robotics zeigen, dass es gelungen ist, die Potenziale von 5G in der Robotik zu erforschen, insbesondere im Hinblick auf industrielle Anwendungen, Integration in Industrieroboter, Erweiterung um externe Geräte und Sicherheitsaspekte.

Ein wichtiger Punkt war, dass man im Use Case zur Sicherheit der Interaktion zwischen Menschen und Roboter im industriellen Umfeld beigetragen konnte. 5G wurde als Telekommunikationstechnologie ausgewählt und hinsichtlich der Datenkommunikation evaluiert.

Dies hat einen zivilgesellschaftlichen Einfluss auf die Arbeitssicherheit sowie möglicherweise auf Themen im Zusammenhang mit Normungen, Versicherungen und dem Rechtssystem. Dies zeigt die breitere gesellschaftliche Bedeutung der Arbeit.

Die Kooperationen und Zusammenarbeit mit verschiedenen Industriepartnern und Forschungseinrichtungen, aber auch die Einbindung in europäische Normungs- und Standardisierungsprozesse zeigen den umfassenden Ansatz des Use Cases.

Die Fortführung des Projekts wird sich in zwei Richtungen bewegen:

Zum einen, wird der Fokus auf die Anwendung von 5G-Technologie in komplexeren Systemen und deren Zertifizierung gelegt. Dabei wird die Selbstzertifizierung angestrebt, um Flexibilität zu ermöglichen sowie Wert auf Simulation und Modellierung gelegt, um die Effizienz zu steigern. Ebenso müssen Sensorinformationen an externe Stellen übertragen werden.

Zum anderen geht es um die Sichtbarmachung der 5G Technologie in der Industrie. Die vollständige Realisierung des Potenzials von 5G wird von der Industrie noch nicht erfasst. Die Projektleitung setzt auf innovative Unternehmen, die bereit sind, die von 5G gebotenen Möglichkeiten zu nutzen. In erster Linie dürfte das Interesse am Projekt von Robotik Herstellern kommen. So gibt es bereits enge Kontakte zu Unternehmen wie Universal Robots, ABB und Stäubli. Außerdem wird in Bereichen wie der Holzverarbeitung und Baustellen noch unerschlossenes Potenzial gesehen. Besonders bei der Holzverarbeitung wird sich das Projekt weiterhin in den Standort Kärnten einbinden. Insgesamt werden daher hohe Erwartungen an die Fortsetzung der Forschungsbemühungen und die Erreichung der Projektziele gehegt.

## 2.3 Communication in Swarms

### 2.3.1 Zielstellung und Forschungsfortschritt

Das Projekt „Communication in Swarms“ konzentrierte sich primär auf das Demonstrieren und Evaluieren praktischer Anwendungen und weniger auf die Grundlagenforschung. Es zielte

darauf ab, konkrete Lösungen zu entwickeln. Dabei befasst sich das Projekt mit der Kollisionsvermeidung bei Drohnen, wobei ein Schwerpunkt auf dem Austausch zwischen Software-Ende und Hardware-Ende lag. Zusätzlich entwickelte der Use Case ein 5G MessApp, die im Laufe des Projekts immer weiter ausgebaut wurde und schließlich veröffentlicht wurde.

Im Bereich der Ressourcen wurde in Drohnen, 5G-fähige Smartphones, 5G-Modems und Server investiert. Diese Ressourcen trugen erheblich dazu bei, Synergien für Folgeprojekte zu schaffen.

Das Projekt demonstrierte den Einsatz von auf Drohnen montierten Empfängern zur Herstellung einer Verbindung. Es wurde ein Framework entwickelt, in dem sowohl reale als auch simulierte Drohnen integriert wurden. Diese Drohnen flogen gemeinsam, um Kollisionen im 5G-Netzwerk zu vermeiden. Dabei wurden Simulationen durchgeführt, um zu analysieren, was passiert, wenn 10, 20 oder mehr Drohnen eingesetzt werden.

Wesentlich für den Forschungsfortschritt war die Zusammenarbeit mit dem VR-Use Case (Vergleich Abschnitt 2.1), der eine 360°-Kamera zur Verfügung stellte. Insbesondere war es wichtig, Livebilder für die Drohnen zu erhalten, was einen regen Austausch über die Hardware nach sich zog. Dabei wurden Fragen geklärt, wie beispielsweise das Bild von der Kamera zum Smartphone übertragen wird. Diese unterschiedlichen Themen und ihre Überschneidungen führten zu wertvollen Synergien, und die Verwendung der 360°-Kamera über das 5G-Netz war ein Aspekt, der ohne diese Kooperationen wahrscheinlich nicht realisiert hätte, werden können.

### 2.3.2 Kooperationen und Zusammenarbeit

Die erlangten Kompetenzentwicklungen im Use Case sowie die erhöhte Sichtbarkeit hat zur Generierung von Kooperationen und Zusammenarbeiten mit anderen Forschungseinrichtungen und Firmen geführt.

So wurde im Zuge des Projekts Airbus auf den Use Case aufmerksam. In der Folge diskutierte man darüber, wie und wo neue Strukturen auf Basis des Wissens aus einem vorherigen Anwendungsfall realisiert werden könnten.

Zusätzlich bekundete die Universität Aalborg Interesse an einer Partnerschaft im Rahmen eines EU-Doktorandennetzwerks, was zu einem weiteren Austausch führte. Während dieser Zusammenarbeit wurden Evaluierungen durchgeführt, insbesondere in Bezug auf die Qualität der Verbindung zur Basisstation im 5G-Playground.

Es gab auch eine Zusammenarbeit mit der Feuerwehr Gumpoldskirchen im Rahmen des KIRAS Projekts UASwarm, in der spezifische Ansätze und Integrationen untersucht und entwickelt wurden, sowie mit dem Amt der Kärntner Landesregierung, Abteilung für Katastrophenschutz in einem KIRAS Projektantrag, und Unternehmen wie der Firma Messer im KIRAS Projekt KI-Secure. Hierbei ging um die Nutzung von Drohnen in kritischen Infrastrukturen. Auch mit der Firma Twins Drohnen aus Tirol wurde kooperiert. Diese stellte Plattformen und Sensorik für Vermessungen zur Verfügung.

Außerdem gibt es eine Zusammenarbeit mit dem Logistik Center Austria SÜD in Villach, bei dem Erfahrungen des Use Cases genutzt wurden. Hier wurde ein Drohnenschwarm entwickelt, um Informationen über Containerstandorte zu sammeln.

Im Rahmen des EU-Projekt-Antrags "Swarm Edge" zusammen mit der Dublin City University, das im Wesentlichen einen digitalen Zwilling darstellt, konnte das Team mit den Erfahrungen aus dem Use Case einen direkten Beitrag leisten, allerdings wurde das Förderantrag abgelehnt. Ein weiteres Projekt, "Hyper Continuum", koordiniert von der Universität Klagenfurt, zielte auf die Entwicklung eines neuen Frameworks für die Verteilung von Services von der Cloud zur Edge, wurde aber ebenfalls abgelehnt, trotz positiver Bewertung.

Auf nationaler Ebene gab es einen Letter of Intent des 5G Playgrounds für einen Projektantrag für das österreichische Sicherheitsforschungsprogramm KIRAS. Obwohl man dort eine Förderempfehlung erhielt, wurde das Projekt nicht gefördert.

Workshops im Digital Innovation Hub Süd wurden abgehalten, um Use Cases insbesondere für KMUs vorzustellen.

### 2.3.3 Ergebnisse

Schon zu Beginn des Projekts wurde bei der Kommunikation vom Smartphone zum Server festgestellt, dass diese intern funktioniert, jedoch extern Probleme aufwies. Dies führte zu Nebenerkenntnissen, die auch für andere Nutzer relevant waren, da sie auch für das Telekommunikationsunternehmen A1 neu waren. In der Folge tauschte A1 das Modem aus, und mehrere Probleme fanden eine Lösung.

Ein Ergebnis des Projekts ist die hybride Evaluierungsplattform, bei der virtuelle und reale Drohnen gemeinsam evaluiert werden können. Die virtuellen Drohnen werden auf einem Edge Server im Playground simuliert und das 5G-Playground Netzwerk ist mit den realen Drohnen verbunden. Dies ermöglicht Evaluierungen von Drohnenschwärmen unter realistischen Bedingungen. Mit dieser Umgebung konnte ein Algorithmus zur Kollisionsvermeidung zwischen Drohnen entwickelt und evaluiert werden.

Demonstrationen der Kollisionsvermeidung mit realen und virtuellen Drohnen, wurden für A1 und bei der Gigabit Academy durchgeführt.

### 2.3.4 Hindernisse und Herausforderungen

Im Zuge des Projekts traten Interferenzen auf, insbesondere bei Kabelverbindungen zwischen Mobilfunkmodems und der Trägerplattform. Hierbei wurden verschiedene Experimente durchgeführt, wodurch das Problem behoben werden konnte.

Außerdem stand das Projekt vor der Herausforderung auf Verzögerungen in Bezug auf Ausrüstung und Technik zu reagieren und adaptiv zu bleiben. Das machte einen flexiblen Mitteleinsatz notwendig. Beispielsweise begann man anfänglich mit Testmessungen unter Verwendung von Smartphones, die bereits über ein 5G Netz verfügten, dies wurde später durch 5G Modems ersetzt.

Trotz kleinerer technischer Schwierigkeiten mit den Infrastrukturen konnte man im ersten halben Jahr wichtige Erfahrungen sammeln.

### 2.3.5 Impact

Das Projekt erzielte seine größte Resonanz durch Veröffentlichungen, insbesondere durch den Gewinn des Futurezone Awards als 'Beste 5G Innovation des Jahres'. Des Weiteren weckte die speziell für Android entwickelte Mess-App großes Interesse bei den Nutzerinnen und Nutzern, was sich in hohen Downloadzahlen widerspiegelte.

Einen weiteren Impact konnte man in der Untersuchung von Drohnenkollision erzielen, wo man aktuell an einem Fachartikel zum Thema "Hybrid-Virtual Real Swarms" arbeitet. Daraus erhofft man sich weiteren Impact im akademischen Bereich.

Im Bereich der Bildung und zivilgesellschaftlichen Anwendung lag der Fokus auf dem Katastrophenschutz, insbesondere im Kontext von Blackout-Szenarien und Sicherheitsinseln in Kärnten. Die Drohnen wurden auch für die Konnektivitätsprüfung eingesetzt.

Im Bildungsbereich waren Masterstudentinnen im 6G Sky Projekt involviert und konnten von dem Use Case lernen.

### 2.3.6 Zusammenfassung und zukünftige Ausrichtung

Es gibt mehrere Entwicklungen und Projekte, die man vorantreiben möchte.

So rückt das "6G Sky Projekt" in den Fokus, welches eine Kombination verschiedener Technologien und möglicherweise Konnektivität für Flugzeuge erforscht. Hier gibt es die Überlegungen, in Zusammenarbeit mit Ericsson (Schweden), insbesondere im Bereich von 6G und luftgestützten Systemen, zu forschen. Mit 6G könnte sich der Mobilfunk vom Boden in die Luft verlagern, was "Internet in der Luft" ermöglichen würde.

Zukünftige Architekturen, beispielsweise für Flugtaxis, werden im Rahmen dieses Projekts des EUREKA-Clusters CELTIC-NEXT erforscht. CELTIC-NEXT ermöglicht internationale Kooperationsprojekte im Bereich Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT), das österreichische Konsortium wird mit Mitteln des FFG-Programms „Mobilität der Zukunft“ gefördert.

Ein weiteres Folgeprojekt im Auftrag von Airbus in Ottobrunn bei München hatte sich auf drahtlose Kommunikation konzentriert.

Seitens der Universität Klagenfurt wird ein Projekt für ein FWF Excellence Cluster-Projekt abgewickelt, das sich mit dem Einsatz von Drohenschwärmen für zivile Hilfszwecke befasst. Die Lakeside Labs unterstützten die Projektentwicklung mit ihrem Know-how.

## 2.4 Smart City

### 2.4.1 Zielstellung und Forschungsfortschritt

Das primäre Ziel war die Einrichtung eines 5G-Smart City Labors, das sich der Erforschung von Internet of Things (IoT)-Komponenten für Smart-City-Anwendungen widmet, mit dem Fokus auf der Verbesserung der Vernetzung durch 5G-Technologie.

Der Smart City Use Case konzentrierte sich vorrangig darauf, eine hohe Nutzerdichte im 5G-Netz zu demonstrieren. Anfangs lag der Schwerpunkt auf der energieeffizienten Datenübertragung, die später auf eine dateneffiziente Übertragung umgestellt wurde. Dies bedeutet, dass Sensoren in einer Smart City gezielt entscheiden, welche Daten nötig sind, und nur diese übermitteln, anstatt fortlaufend Daten zu senden.

Ein weiterer Schwerpunkt des Projekts lag auf der Netzwerkintegration in Smart-City-Szenarien. Ein Fortschritt war die Entwicklung eines Konzepts, das es Netzbetreibern ermöglicht, dezentrale Rechenzentren einzurichten. Dadurch entstehen entfernt vom zentralen Server dezentrale 5G-Hotspots, die von Unternehmen genutzt werden können, um niedrige Latenzzeiten zu erreichen. Hier kam es zu Synergien mit dem Use Case „Kärnten Fog“.

Im Rahmen des Use Case wurde ein „Software-Defined-Radio“ angeschafft, um ein eigenständiges 5G-Netzwerk zu etablieren. Dies diente insbesondere dazu, über das bestehende Angebot des Netzbetreibers A1 hinaus Forschungsaktivitäten am 5G-Netz durchzuführen. Von der Firma ONDA wurden ferner 5G Router erworben.

Entwickelte Prototypen werden in realen Umgebungen wie dem Lakeside Park und in urbanen Bereichen getestet.

### 2.4.2 Kooperationen und Zusammenarbeit

Eine Partnerschaft bestand sowohl mit der Stadt Klagenfurt als auch mit den Stadtwerken Klagenfurt. Obwohl diese Kooperationen aufgrund der Pandemie zeitweise zum Erliegen kamen, waren sie entscheidend, um die Bedürfnisse von Städten und damit von Smart-City-Anwendern zu verstehen.

Mit der Stadt Villach wurde intensiver zusammengearbeitet und ein eigenes Demonstrationsprojekt umgesetzt, bei dem ein Parkleitsystem mittels einer vorhandenen Webcam realisiert wurde. Dabei konzentrierte man sich insbesondere auf das Herausfiltern individueller Bildpixel, um die Datenübertragungseffizienz zu erhöhen.

Auf der ETSI IoT Konferenz des European Telecommunications Standards Institute (ETSI) im Juli 2023 wurde der Democase vorgestellt und stieß auf großes Interesse. In der Folge ergab sich eine Einladung vom Politecnico di Milano, aus der zwei Kontakte hervorgingen, die ein potenzielles Folgeprojekt anstoßen könnten.

### 2.4.3 Ergebnisse

Es wurde demonstriert, wie und Dateneffizienz, wie zum Beispiel die Übertragung einzelner Pixel in Verkehrsüberwachungssystemen statt ganzer Bilder einen wesentlichen Beitrag zur Energieeffizienz leistet.

Des Weiteren wurde die Machbarkeit einer Edge Cloud im öffentlichen Netz erfolgreich demonstriert. Es gelang zu zeigen, dass Rechenleistung effektiv näher an den Kund:innen gebracht werden kann, wodurch Daten für Berechnungen nicht mehr bis zum Zentralserver übertragen werden müssen, sondern direkt vor Ort verarbeitet werden können.

Die gewonnenen Erkenntnisse aus den Use Cases verdeutlichten die Notwendigkeit niedrigerer Latenzzeiten, allerdings gab es Herausforderungen wie Inkonsistenzen und Schwankungen in der Latenz. Auffällig war auch eine Verdopplung der Latenz über bestimmte Distanzen, deren Ursache unklar blieb.

Ein weiterer Fokus lag auf dem Trend zu geringeren Latenzen, wobei die Themen Latenz und Inter-Konnektivität besonders hervortraten. Der 5G-Playground erwies sich dabei als ideale Plattform, um lokale Server zu nutzen und die Netzwerkzuverlässigkeit zu steigern.

Im Verlauf des Projekts wurden wichtige Erkenntnisse und Entwicklungen gewonnen. Das Team erkannte die Bedeutung eines "Data Aware Scheduling Adaptation Approach" mit schneller Reaktionszeit. Als Antwort darauf wurden innovative Scheduling-Algorithmen entwickelt, die sich auf effizientes Computing konzentrieren und erkennen.

Wie oben erwähnt war der Kärntner Fog Use Case wichtig für die Erzielung der Projektergebnisse. Die Implementierung der Kärntner Fog-Infrastruktur im 5G-Playground ermöglichte es, die Wirksamkeit dieser neuen Ansätze zu demonstrieren.

### 2.4.4 Hindernisse und Herausforderungen

Während der Projektlaufzeit zeigte sich, dass die ursprünglichen Versprechungen bezüglich der Entwicklung und des Ausbaus von 5G nicht erfüllt werden konnten, was ein wesentliches Hindernis für die Forschung zu hohen Teilnehmerdichten im 5G-Netz darstellte. Daraufhin verlagerte sich der Fokus auf die anderen Hauptthemen in der 5G-Forschung: hohe Bandbreite und geringe Latenzen, was einen Wechsel von der Energie- zur Dateneffizienz bedeutete.

Während der Pandemie arbeitete der Use Case an einer Demonstration für ein Parkplatzevaluierungssystem. Aufgrund der Einschränkungen konnte der 5G-Playground jedoch nicht genutzt werden, sodass die Demonstration in privaten Räumlichkeiten stattfand. Trotz dieser suboptimalen Bedingungen führte die Erfahrung zu wertvollen Erkenntnissen, die in die zweite Version der Demonstration einfließen konnten.

Auch die Beschaffung von Komponenten war durch die globale Pandemie erschwert, insbesondere im Hinblick auf die Verfügbarkeit von Halbleitern. Zudem gab es



Personalprobleme, da potenzielle Interessenten sich gegen eine Anstellung entschieden, was weitere Herausforderungen für das Projekt darstellte.

#### 2.4.5 *Impact*

Im Rahmen des Smart City Use Case wurde die Idee dezentraler Rechenzentren vorangetrieben.

Das Projektteam ist auch im Lehrbereich der Fachhochschule Klagenfurt aktiv, wo Lehrveranstaltungen wie „5G Networks and Cloud Edge Computing“, „Mobilkommunikation“, „Architekturen Mobiler Geräte“, „Funknetzwerke“, „Mobile Computing“ und „Software Networks“ angeboten werden. Diese Kurse sind eng mit den Projektergebnissen des Use Case verknüpft, wodurch das erworbene Wissen direkt an die Studierenden weitergegeben werden kann.

Zudem wurden in der Vergangenheit Bachelor- und Masterarbeiten durchgeführt, die sich mit spezifischen Problemstellungen im Bereich 5G befassen. Die Abschlussarbeiten der letzten drei Jahre konzentrierten sich ausschließlich auf dieses Thema. Zwei Masterabsolvent:innen, die sich mit Cloud Computing beschäftigt haben, sind mittlerweile in Kärntner Unternehmen tätig, die sich mit ähnlichen Themen auseinandersetzen.

#### 2.4.6 *Zusammenfassung und zukünftige Ausrichtung*

Der Use Case hat bereits erfolgreiche Kontakte mit Unternehmen aufgebaut, stößt jedoch noch auf Herausforderungen bei der Zusammenarbeit mit Netzbetreibern: Netzbetreiber bieten bestimmte Dienste nicht an, da es aktuell (noch) keine Nachfrage seitens der Unternehmen gibt. Der Use Case zielt darauf ab, diese Lücke zu schließen und Netzbetreibern zu ermöglichen, solche Produkte künftig anzubieten.

Nach dem Abschluss des 5G-Playgrounds fungierte der Use Case als „Smart City 2“ Projekt, finanziert durch Eigenmittel und Mittel des Landes. In dieser Zeit konnten auf einer ETSI-Konferenz bereits neue Kooperationen geplant werden. Allerdings sind die Ressourcen noch begrenzt, da die Mittel für weitere Projekte und Kooperationen nicht vollständig ausreichen.

Es gibt auch multinationale Unternehmen, die an zukünftigen Kooperationen interessiert sind, darunter Huawei und auf Anwendungsebene die Firma Flex, die automatisierte Rover in ihren Produktionsstraßen einsetzt.

Eine zukünftige Kooperation wird auch mit der Lakeside Science & Technology Park angestrebt, die diesen als Miniaturmodell einer Smart City gestalten möchte. Der Use Case könnte hier eine entscheidende Rolle spielen.

## 2.5 **Kärnten Fog**

### 2.5.1 *Zielstellung und Forschungsfortschritt*

Der Schwerpunkt dieses Use Case lag auf der Verbesserung der Infrastruktur für Technologien, die geringe Latenzen benötigen. Ziel war es, Lösungen für zeitkritische Anwendungen wie Augmented Reality (AR) und das Internet of Things (IoT) zu entwickeln, um die Latenzzeiten bei der Datenübertragung zu reduzieren. Dabei konnten Synergien mit dem Smart City Use Case generiert werden.

Ein wesentlicher Schritt bestand darin, die Infrastruktur von zentralen Cloud-Rechenzentren zu entkoppeln und stattdessen mit lokalen Infrastrukturen, wie Edge-Geräten, zu vernetzen. Dadurch sollten Edge-Computing- und Rechenzentrumsdienste so nah wie möglich an den Endnutzern und autonomen Systemen platziert werden.

Vier Kernpunkte umfassten dabei den Use Case: (i) die Charakterisierung der Ressourcen wie Smartphones und Computer, die auf unterschiedlichen Architekturen und Systemen basieren; (ii) die Frage, wie Scheduling auf verschiedenen Endgeräten durchgeführt werden kann; (iii) das Updating und (iv) die Bereitstellung von verteiltem Monitoring der Edge-Geräte.

Das Projekt erzielte insbesondere bei der (i) Charakterisierung der Ressourcen Erfolge. Dabei profitierte es von den verschiedenen Use Cases auf dem 5G-Playground, die die Testbedingungen für die Evaluierung und Optimierung dieser Ressourcen boten.

Für diese Zwecke nutzte der Use Case Infrastruktur von Exoscale, einem Rechenzentrumsbetreiber, sowie A1. Der Use Case hat sich außerdem anderer Ressourcen bedient wie etwa dem Carinthian Computing Continuum (C3) - einem ein Forschungslabor und Infrastrukturanbieter im Bereich Cloud, Fog und Edge Computing der Universität Klagenfurt- sowie dem Cloudanbieter Amazon Web Service (AWS) um die entwickelten Algorithmen zu überprüfen.

In Zukunft plant der Use Case die o.g. drei weiteren Kernaufgaben zu erledigen: wie Scheduling auf verschiedenen Endgeräten durchgeführt werden kann; das Updating und die Bereitstellung von verteiltem Monitoring der Edge-Geräte.

### 2.5.2 Kooperationen und Zusammenarbeit

Der Use Case hat während der einjährigen Projektlaufzeit mit Firmen und Universitäten zusammengearbeitet. Ziel des Use Cases ist es außerdem, akademische Arbeiten zu fördern und diese für die Stärkung des Wirtschaftsstandorts zu nutzen. Dabei liegt der Fokus darauf aufzuzeigen, was in den nächsten zehn Jahren im Netzwerksektor benötigt wird und welche Schlussfolgerungen die Industrie daraus ziehen kann. So wurde beispielsweise die Zusammenarbeit mit der Firma Mediagroup in der Steiermark intensiviert.

Der Use Case kooperierte außerdem mit der Universität Innsbruck und der Technischen Universität Wien. International gab es Kooperationen mit verschiedenen Universitäten aus Deutschland und Italien. Zusätzlich gab es erfolgreiche Kooperationen mit den Lake Side Labs.

### 2.5.3 Ergebnisse

Das Projekt zeigte auf, dass zwei Maßnahmen umgesetzt werden müssen:

Erstens, die Entwicklung eines "Data Aware Scheduling Adaptation Approach", um die beste Edge-Computing-Einheit für schnelle Antwortzeiten, wie etwa bei Drohneneinsätzen, zu bestimmen.

Zweitens, durch Monitoring die Leistung der Endgeräte zu analysieren, um Antwortzeiten weiter zu verkürzen. Dabei wurde die gesamte Infrastruktur einschließlich des 5G-Playgrounds bewertet und mit dem C3 integriert, wobei der Smart City Use Case zur Evaluierung genutzt wurde. Man stellte fest, dass ein Großteil der Datenübertragung über Rechenzentren in Wien erfolgt, und evaluierte daraufhin die Netzwerke in Österreich, Slowenien und Italien. Es zeigte sich, dass die Interkonnektivität zwischen Regionen begrenzt ist und Latenzen zu weiter entfernten zentralen Rechenzentren teilweise geringer sind.

### 2.5.4 Hindernisse und Herausforderungen

Es wurden keine Hindernisse und Herausforderungen berichtet.



### 2.5.5 Impact

Im Zuge des Projekts wurden insgesamt sechs wissenschaftliche Arbeiten veröffentlicht, aktuell wird aktuell Doktorand beschäftigt. Zudem sind ehemalige Masterstudierende, die im Projekt aktiv waren, nun als Doktorand:innen in ähnlichen Projekten tätig. Die im 5G-Playground erworbenen Kenntnisse fließen in weitere Projekte wie dem Christian Doppler (CD) Labor ATHENA ein.

Ein wesentlicher Erfolg des Use Case war die Sensibilisierung für das Thema Interkonnektivität, die intensiv mit regionalen Akteuren in Kärnten und der Steiermark diskutiert wurde. Ein Kärntner Unternehmen brachte das Problem hoher Latenzzeiten in Slowenien und Italien vor, woraus sich weitere Diskussionen und Erkenntnisse ergaben. Basierend darauf startete der Use Case eine Kampagne, die sich auf die Interkonnektivität in Kärnten konzentrierte.

### 2.5.6 Zusammenfassung und zukünftige Ausrichtung

Nach einem Jahr der Überbrückung durch Mittel der BABEG hat der Use Case erfolgreich ein FFG-Projekt erworben. Ziel des Projekts ist es, Use Cases aus dem 5G-Playground (u.a. Smart City und Virtual Reality) zu integrieren. Der Fokus liegt hier auf den weiteren, zuvor genannten Projektzielen: (ii) Untersuchung der Scheduling-Möglichkeiten auf verschiedenen Endgeräten; (iii) Updating; und (iv) Bereitstellung eines verteilten Monitorings für Edge-Geräte.

Ein im Rahmen von Horizon Europe eingereichtes Projekt wurde zunächst abgelehnt, aber das Team plant, im März einen neuen Antrag zu stellen.

Der Use Case spielt auch eine entscheidende Rolle im Hinblick auf die Pläne der Europäischen Union zur strategischen Autonomie, indem es auf den Aufbau eines europäischen Software-Ökosystems abzielt. Dies ist eine Reaktion auf die Tatsache, dass viele derzeitige Softwarelösungen, wie AWS, Google Cloud Services und Azure, aus den USA stammen. Das Ziel ist es, ein europäisches Software-Ökosystem zu etablieren und den Wechsel zu europäischen Softwareanbietern zu fördern, um die Abhängigkeit von US-basierten Systemen zu verringern.

Aufgrund dieser Initiativen zeichnet sich ab, dass der Use Case eine politische Säule etabliert, in deren Rahmen bereits Gespräche mit Unternehmen geführt wurden. Das Ziel ist die Erstellung eines White Papers, das die Bedeutung eines verbesserten Netzwerks in Kärnten und anderen peripheren Regionen hervorhebt.

## 3 Schlussfolgerung und Empfehlung

---

Der 5G-Playground und die damit verbundenen Use Cases konnten erfolgreich 5G Anwendungen demonstrieren und weiterentwickeln. Neben Simulationen wurden reale Anwendungen vorgeführt, die aufzeigen, welche Ausstattungen ein modernes 5G-Netz benötigt. Dabei erzielten die Use Cases Forschungsfortschritte im Bereich von 5G zu einem Zeitpunkt, als diese Technologie noch in den Anfängen steckte. Erst durch die konkrete Anwendung wurden technologische Herausforderungen sichtbar und bearbeitbar.

Über die spezifischen Projektziele hinaus gaben die Use Cases Einblicke in die zukünftige Strukturierung von 5G-Netzen, erforderliche zusätzliche Anforderungen und notwendige Maßnahmen zur Sicherstellung der Netzstabilität. Von diesen Erkenntnissen profitierte auch der Netzbetreiber A1, der die Telekommunikationsinfrastruktur für den 5G-Playground bereitstellt und der nun zielgerichteter beispielweise in der Bereitstellung von Netzen für Industrie 4.0 in Österreich agieren kann.

Die Use Cases förderten auf verschiedenen Ebenen die Interaktion:

- Intern durch regelmäßigen Austausch, während der Projekttreffen und durch direkte Kooperationen, was zu weiteren Synergien führte.
- Auf regionaler/nationaler Ebene waren die Use Cases aktiv, indem sie sich in das regionale und nationale Innovationssystem einbrachten und dabei bestehende Infrastrukturen nutzten und enge Beziehungen zu Schlüsselinstitutionen wie dem Digital Innovation Hub Süd (DIH Süd), diversen Comet Zentren oder öffentlichen Einrichtungen knüpften.
- International wurden mit Unternehmen, Forschungszentren und Universitäten kooperiert, teilweise führte das zu Folgeprojekten.

Die Erkenntnisse aus dem Projekt sowie die geschaffenen Synergien im Innovationssystem leisten einen Beitrag zur Digitalisierungsstrategie Kärntens und können als Teil einer umfassenderen Digitalisierungsstrategie Österreichs anerkannt werden. Die Use Cases trugen zur Sichtbarkeit des Standorts bei und ermöglichten internationale Kooperationen, wodurch neues Wissen in die Region gebracht und vorhandenes Wissen weiterentwickelt wurde.

Neben den technologischen Herausforderungen adressieren die Use Cases größere Herausforderungen wie Klimawandel und Digitalisierung. Insbesondere im Kontext des Klimawandels spielt der Einsatz von Drohnen (*Communication in Swarms*) eine Rolle, hierfür ist eine effiziente und sichere Datenübertragung unerlässlich. Auch die Digitalisierung in Industrie und Landwirtschaft erfordert stabile und leistungsfähige Netzwerke, ein Bereich, in dem die Use Cases *Robotics* oder *VR-Reality* Beiträge leisteten. Dabei spielen auch dezentralisierte Rechenzentren eine Rolle, um peripheren Regionen die Möglichkeit zu bieten, von kurzen und stabilen Datenübertragungsraten zu profitieren, wie es beispielsweise im Smart City oder Kärnten Fog Use Case demonstriert wurde.

Alle Use Cases haben entweder schon Nachfolgeprojekte initiiert oder befinden sich in der Planungsphase dafür. Einige dieser Projekte werden zunächst mit Eigenmitteln aus Kärnten unterstützt, während andere schon in neue EU-Forschungskonsortien eingebunden sind. Es zeigt sich ein anhaltender Forschungsbedarf.

Seit der Gründung des 5G-Playgrounds haben sich die Rahmenbedingungen verändert: Während zu Beginn die Use Cases noch eine Vorreiterrolle beanspruchen konnte, gibt es heute weit mehr Akteure in diesem Feld, darunter viele große Unternehmen. Forschungseinrichtungen wie die Silicon Austria Labs widmen sich bereits der 6G-Technologie. Der 5G-Playground profitiert von seiner Anwendungsrelevanz, der Partnerschaft mit dem Telekommunikationsanbieter A1, der Infrastruktur im Lakeside Park und den durch frühere Use Cases gestärkten Kompetenzen der Fachhochschule Kärnten. Angesichts der rasanten technologischen Entwicklung birgt jede Unterbrechung im Wissensaufbau im Bereich der 5G-Technologie besondere Risiken

Dank der durch diese Synergieeffekte geschaffenen Möglichkeiten konnte die BABEG regionale Ressourcen effektiv nutzen und deren Potenziale hebeln.

Die Evaluierung kommt aus diesen Gründen zu der Empfehlung, weiterhin die Use-Cases zu fördern. Die parallelen Aktivitäten in Bezug auf Forschung, Entwicklung, Demonstration und Verbreitung des Wissens über Publikationen, Veranstaltungen und Partnerschaften soll weiter verfolgt werden.

Darüber hinaus ist es wichtig, den Anspruch, den der 5G-Playground im gestiegenen Wettbewerb hat, zu konkretisieren. Hierfür sollte ein Geschäftsmodell in Bezug Zielgruppen und Serviceleistungen bei zunehmender technologischer Reife der Anwendungen einerseits und Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in Partnerschaft mit nationalen und internationalen Einrichtungen andererseits formuliert werden.

## Anhang A Teilnahme an externen Veranstaltungen

---

- Jänner 2021: Ö1 Interview mit den Use Cases "Communication in swarms" und "Virtual Realities"
- Mai 2022: Teilnahme an der Langen Nacht der Forschung
- Juni 2022: Vorstellung des 5G-Playgrounds bei A1
- November 2022: Vorstellung des 5G-Playgrounds im Rahmen der AIRlabs Zukunftskonferenz
- November 2022: Use Case *Communication in Swarms* wird beim Futurezone Award in der Kategorie „Beste 5G Innovation des Jahres“ mit dem ersten Platz prämiert
- Mai 2023: Präsentation des 5G-Playgrounds im Rahmen der Software Days der FFG
- Juni 2023: Vorstellung des 5G-Playgrounds im Rahmen einer Delegation von niederösterreichischen Unternehmen
- Juli 2023: ETSI (Europäisches Institut für Telekommunikationsnormen): Vorstellung des Use Cases „Smart City“
- September 2023: Vorstellung des 5G-Playgrounds im Rahmen einer Delegation aus Slowenien
- November 2023: Teilnahme am FFG GigaLab Hackathon im Rahmen der GigaLabs: Teilnahme mit dem 5G-Playground mit der FH Kärnten

## Anhang B Interviewpartner\*innen

---

Prof. Herman Hellwagner (Virtual Realities), Universität Klagenfurt, KW 49, 05.12.2023

Michael Rathmair (Robotics), Institut Robotik und Flexible Produktion, Joanneum Research, KW 49, 05.12.2023

Christian Raffelsberger (Communication in Swarms), Lakeside Labs, KW 49, 06.12.2023

Helmut Wöllik, Christoph Uran (Smart City), Fachhochschule Klagenfurt, 06.12.2023

Dragi Kimovski, Kurt Kraus-Horvath (Kärnten Fog) Universität Klagenfurt, 06.12.23



## Anhang C    Verwendete Dokumente

---

Projekthandbuch

Zwischenberichte

Hauptpräsentation 5G-Playground

News und Multimedia

## Anhang D Interview Leitfaden

---

### A) Einführung

- Erzählen Sie etwas über den Verlauf Ihres Projektes (was lief gut, was lief nicht so gut, was könnte besser laufen).
- Können Sie eine Übersicht über die Ziele und Zielsetzungen Ihres Use Case geben?

### B) Forschungsfortschritt

- Wie ist der aktuelle Stand der Forschung in Ihrem Use Case?
- Wie weit sind sie in Ihrem Plan? Gab es Abweichungen oder haben Sie was anpassen müssen?
- Wie hoch war der Einsatz an Personenmonate?
- Welche Infrastruktur wurde genutzt?

### C) Zusammenarbeit und Partnerschaften

- Sind Sie Kooperationen oder Partnerschaften mit regionalen, nationalen und internationalen Akteuren, Netzwerken oder Forschungsprojekten eingegangen?
- Wie viele Projekte wurden initiiert?
- Welche Rolle spielen diese Kooperationen bei der Erweiterung der Wirkung und des Umfangs der Aktivitäten des Use Case?
- Gibt es zukünftige Pläne für weitere Zusammenarbeit oder Partnerschaften?

### D) Ergebnisse/Erkenntnisse

- Können Sie neue Ergebnisse oder Durchbrüche hervorheben, die erzielt wurden?
- Wie tragen diese Ergebnisse zum Fortschritt der 5G-Technologie bei?
- Welche Erkenntnisse oder neu gewonnenen Kenntnisse wurden durch die Forschungsbemühungen in Ihrem Use Case gewonnen?
- Wie haben diese Erkenntnisse zum allgemeinen Verständnis der 5G-Technologie und ihrer potenziellen Anwendungen beigetragen?

### E) Hindernisse

- Gab es während des Forschungsprozesses bedeutende Herausforderungen oder Hindernisse und wie wurden sie angegangen?
- Welche bestehenden oder potenziellen Hindernisse könnten die Nutzung der Forschungsergebnisse behindern?
- Gibt es Pläne oder Strategien, um diese Hindernisse zu bewältigen und die Übernahme zu erleichtern?

### **F) Impact**

- Wurde ein Impact erzielt? Wenn ja, erklären Sie bitte die Art der Auswirkungen.
- Wie hat Ihr Use Case die Adoption von 5G-Technologien beeinflusst und wird beeinflussen?
- Sind durch die in dem Use Case durchgeführte Forschung praktische Anwendungen oder Anwendungsfälle entstanden oder sind sie in der Entstehung?
- Können die Unternehmen Ihren Use Case bereits als Leistung nutzen? Wenn ja, wo befinden sich diese Unternehmen (Region)?

### **G) Zukünftige Ausrichtung**

- Was sind die zukünftigen Pläne und Prioritäten für Ihr Use Case?
- Welche Ergebnisse erwartet Ihr Use Case in der Zukunft zu erreichen?
- Wie planen Sie die zukünftige Interaktion mit Unternehmen?

**technopolis**  
group 

[www.technopolis-group.com](http://www.technopolis-group.com)