



Projektergebnisse

2023 - 2025



Hochschule Aalen



Inhaltsverzeichnis

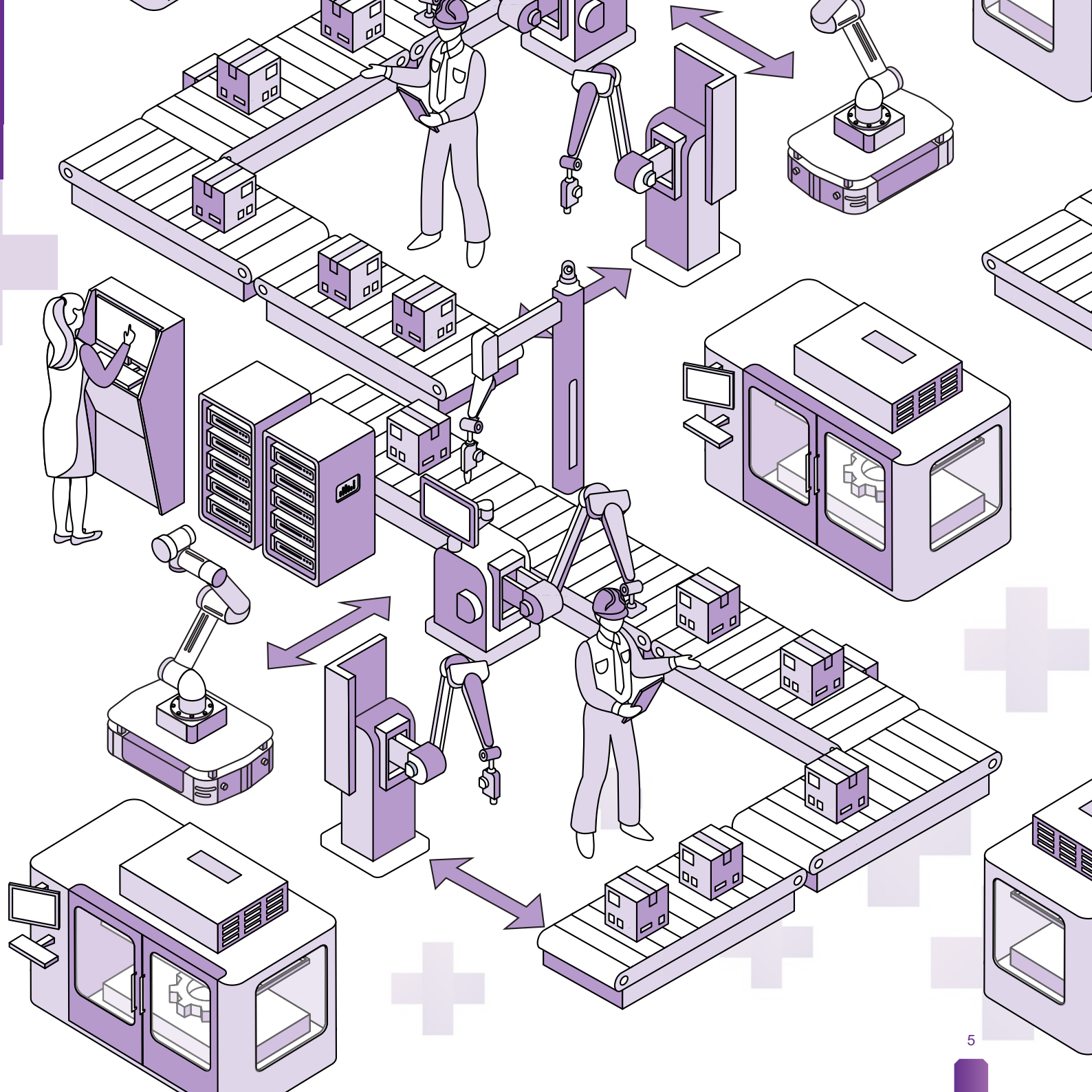
Projektüberblick	4
5G++-Ansatz	10
Fieldlabs	
Fieldlab VARTA	14
Fieldlab ZEISS	18
SME Usecase	22
Labs	
DigiZ Lab	26
HIC Lab	32
Mioty Lab	36
CampusOS	42
Unsere Partner	46



PROJEKTÜBERBLICK

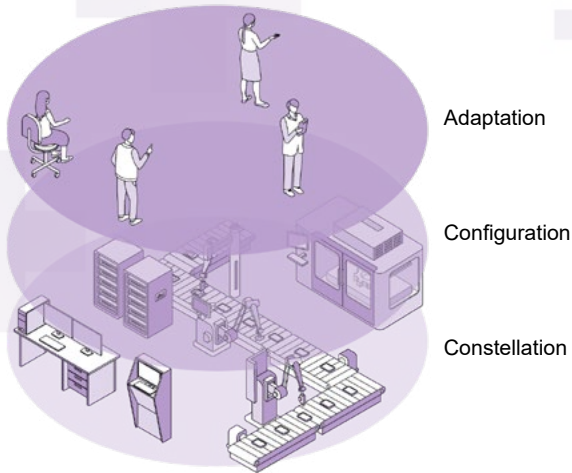
Das Projekt 5G++ FlexiCell befasst sich mit den Herausforderungen, denen kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) gegenüberstehen, wenn es um die Implementierung neuer Technologien wie 5G geht. Bislang betrachten die meisten KMU 5G als nicht relevant für ihr Unternehmen, da die Kosten und die Komplexität der Technologie nicht mit ihren Anforderungen übereinstimmen. Deshalb schlägt 5G++ FlexiCell eine kontextbewusste und ortsbezogene Herangehensweise für eine flexible Fertigung vor, die auf 5G basiert. Im Mittelpunkt stehen dabei, neben der FlexiCell selbst, Asset- und Konfigurationsmanagement sowie die Rolle der menschlichen Überwachung in zukünftigen Fabriken. Außerdem diskutiert es die Idee von „Self-X“-Produktionsanlagen, die sich automatisch an Veränderungen anpassen können.

Fertigungsmaschinen in KMU müssen durchschnittlich etwa 15 Mal pro Woche umgerüstet werden, in Zukunft sogar noch häufiger, da die Chargengrößen sinken und die kurzzyklischen Anforderungen steigen („High Mix, Low Volume“ = HMLV). Kollaborative Roboter versprechen hier einen vielseitigen Automatisierungsansatz für bisher manuelle Aufgaben in KMU. Allerdings muss sich ihre Konfiguration mindestens so oft ändern wie die Umrüstungsrate, weil die Maschinen unterschiedliche Teile produzieren oder generell ein anderes Handling erfordern können. Wünschenswert ist deshalb, dass sich Roboter und autonome Fabrikssysteme im Allgemeinen automatisch und auf intelligente Weise an diese Veränderungen anpassen. In 5G++ FlexiCell wird deshalb ein kontextbewusster und standortbasierter Ansatz für die agile Fertigung vor-



geschlagen, bei dem die Teile der Fertigungsanlage, insbesondere die kollaborativen Roboter,

- i) ihre Konstellation
- ii) ihre Konfiguration
- iii) ihre Anpassungsstrategie

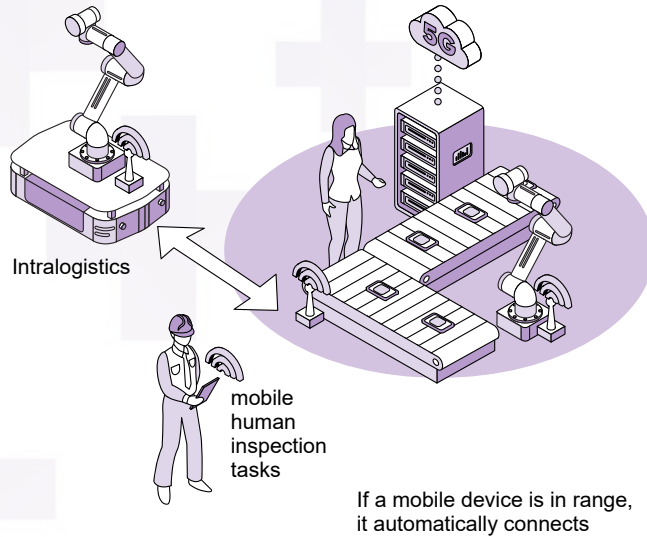


speichern und auf Umrüstungsänderungen und sogar Standortwechsel adaptiv reagieren können. Wird beispielsweise ein kollaborierender Roboter an einen anderen Standort in der Nähe der Anlage versetzt, wird automatisch seine neue Konfiguration geladen und die bedienende Person zur Anpassungsstrategie (d.h. zu den Sicherheitsanforderungen) befragt. Um die Lokalisierung und die Netzwerkfähigkeiten zu realisieren, wird in 5G++ FlexiCell die Verwendung einer mehrkanaligen 5G-fähigen Kommunikationsbasisstation und eine intelligente Asset-Management-Strategie vorgeschlagen.

Im Rahmen des Projekts wurde eine flexible Architektur zur kontextabhängigen Rekonfiguration der Fertigung erarbeitet, die durch 5G ermöglicht wird. Während die verschiedenen Schichten (Konstellation, Konfiguration und Anpassung) eine „Self-X“-Produktionsausrüstung ermöglichen könnten, müssen die Auswirkungen auf die reale Fertigungsindustrie noch nachgewiesen werden. Zusammen mit Unternehmenspartnern wurde die Anwendbarkeit der vorgeschlagenen Architektur in vier realen Szenarien untersucht:

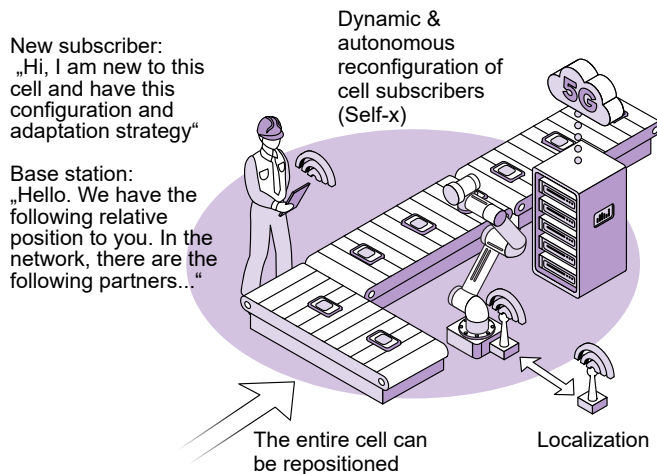
- + ein rekonfigurierbares Cobot-Maschinen-Bedienungsszenario in einer Kunststoffformungsanwendung
- + ein Hochgeschwindigkeitsdatensensor auf einem industriellen Manipulator als Teil einer mobilen Messzelle
- + ein IntralogistikszENARIO, das mit Hilfe eines mobilen Manipulators durchgeführt wird. Diese Architektur wird relevant für ein IntralogistikszENARIO, das mit Hilfe eines mobilen Manipulators durchgeführt wird.
- + ein smarter Ladungsträger für die Produktion.





Einzelzelle

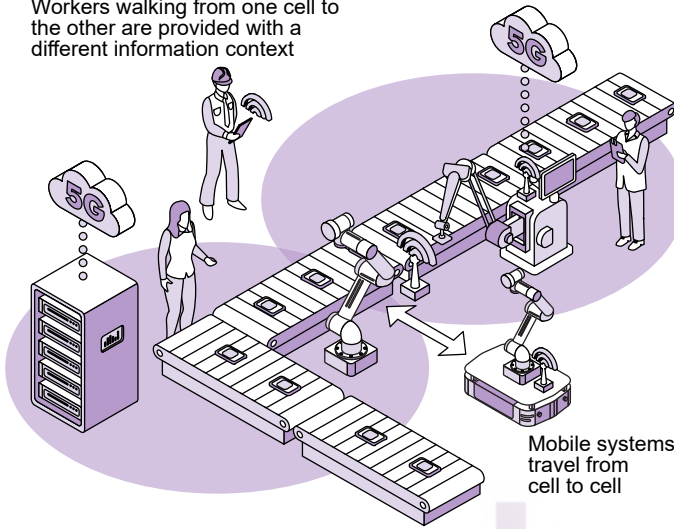
Jede Produktionsstation erhält eine 5G-Kleinzelle, die Synchronisation, M2M-Kommunikation, Sicherheitszonen-erkennung und Lokalisierung ermöglicht. Mobile Geräte und AGVs verbinden sich automatisch, wodurch intralogistische Aufgaben und mobile Inspektionen unterstützt werden.



Bewegliche Zelle

Für KMUs mit wechselnden Anforderungen wird die 5G++ FlexiCell flexibel repositioniert. Neue Geräte und AGVs verbinden sich autonom und die Zelle ermittelt automatisch die Position neuer Teilnehmer, um Interaktionen zu ermöglichen.

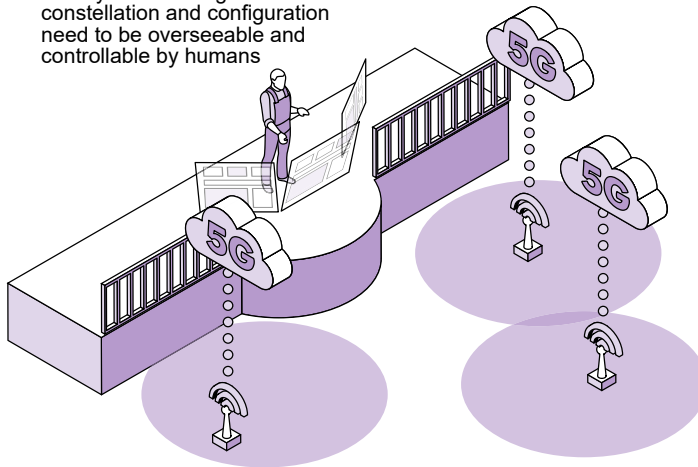
Workers walking from one cell to the other are provided with a different information context



Zellübergabe

Mehrere Kleinzellen agieren als vernetztes System, das eine unterbrechungsfreie Kommunikation über das gesamte Produktionsgelände ermöglicht. Der Zellwechsel bietet kontextbezogene Informationen und ermöglicht z. B. die automatische AGV-Andockung.

The dynamic changes in constellation and configuration need to be overseeable and controllable by humans



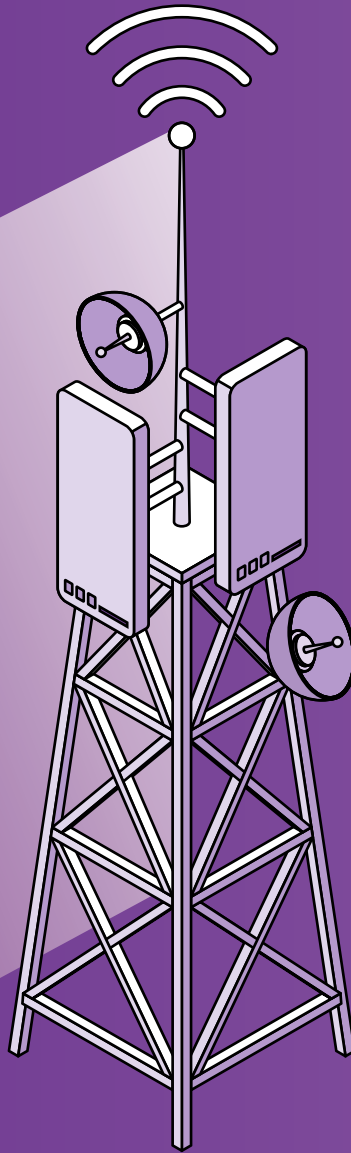
Menschliche Überwachung

Mehrere Kleinzellen müssen überwacht und konfiguriert werden. Aufsichtsführende Personen benötigen ein umfassendes Verständnis der Systemkonfiguration, um Anpassungen effektiv vornehmen und die Kontrolle über das Gesamtsystem gewährleisten zu können.

Für weitere Informationen besuchen Sie:

[flexicell.eu/
ergebnisse#projectuberblick](https://flexicell.eu/ergebnisse#projectuberblick)



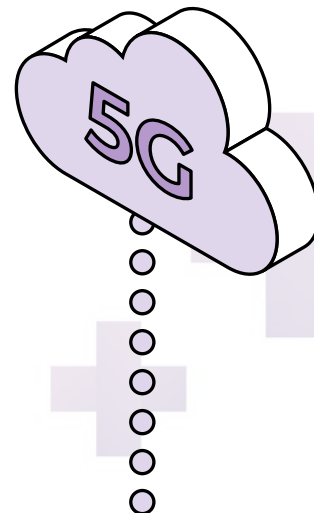


Das Konzept der 5G++ Flexicell

Seit 2019 kann in Deutschland – und nachfolgend ähnlich in den USA sowie weiteren europäischen Staaten – eine Firma für ihr Betriebsgelände eine lokal gültige Spektrumslizenz von max. 100 MHz im Bereich 3,7 GHz bis 3,8 GHz kostengünstig beantragen. Inzwischen existiert eine Regelung auch für das Millimeterwellen-Band 24,25 GHz bis 27,5 GHz. Damit bietet sich erstmals die Möglichkeit, ein eigenes 5G-Mobilfunknetz im Band n78 als Campusnetz zu betreiben. Die versprochenen Vorteile von 5G-Mobilfunk für die Automatisierungstechnik sollen so genutzt werden, ohne dass die eigenen, sensiblen Produktionsdaten das Produktionsnetz verlassen.

Der Ansatz von 5G++ FlexiCell setzt sich von solchen flächendeckenden Campusnetzen dahingehend ab, dass 5G-Mobilfunk örtlich begrenzt – z.B. an einer Anlage, Produktionszelle oder Fertigungslinie – nur dort eingesetzt wird, wo er wirklich einen Vorteil bietet, meist als return on invest. Dazu hat die FlexiCell die 5G-Basisstation (radio access network, RAN) und den zwingend zum Betrieb notwendigen 5G-Core integriert. Das 5G-Kernnetz (5G-Core) existiert in öffentlichen Mobilfunknetzen der Netzbetreiber (mobile network operator,

MNO) lediglich einmal ländersweit und ist entsprechend leistungsstark und komplex. In der FlexiCell ist der Core soweit abgespeckt, dass er auf einem einfachen Server läuft und mit dem RAN in die kompakte Bauform eines Rollcontainers passt, wie man ihn aus der Veranstaltungstechnik kennt. Die FlexiCell bildet damit einen nomadischen Knoten bzw. ein nomadisches Netz, welches heute an einer Stelle der Fertigung und morgen an einer anderen Stelle eingesetzt werden kann. Damit kann das IT-Netz bzw. mit OT-Integration auch der funkbasierte Teil der Automatisierungstechnik (operational technology, OT) dem Paradigma der flexiblen Produktion folgen.



Die Kommunikationstechnik in einer Produktion hat eine lange Einsatzdauer, weshalb Fertigungsleitende nicht auf eine singuläre Technologie setzen, sondern flexibel bleiben wollen. Deshalb integriert die FlexiCell mehr als 5G (5G++), nämlich:

- + Allgemeine Kommunikation wie Ethernet
- + WLAN/WiFi, Millimeterwellenfunk und Bluetooth Low Energy
- + Kommunikation für batteriebetriebene Sensoren (low power wide area network, LPWAN) wie LoRaWAN und mioty
- + Feldbuskommunikation wie ProfiNET, IO-Link und IO-Link Wireless

und schafft Übergänge zwischen den Technologien, sodass Nutzende – innerhalb technologischer Grenzen – frei die für die aktuelle Anwendung am besten geeignete Technologie nutzen können. Allerdings ist Standardausrüstung für Funkkommunikation innerhalb einer Fertigung nicht ausreichend. Oft vergessen, aber umso entscheidender für deren kostengünstigen, effizienten und zuverlässig verfügbaren Einsatz ist die Wahl geeigneter Antennen. Im Projekt wurde eine Antenne entwickelt, welche:

1. die beiden Frequenzbereiche 3,7 GHz bis 3,8 GHz (lokale Spektrumslizenz/5GMobilfunk) und 5,6 GHz (WLAN/WiFi) getrennt bedient;
2. gerichtet mit entsprechendem Antennengewinn ist;
3. beide linearen Polarisationsrichtungen (horizontal und vertikal) bedient.

Mit dem ersten Punkt muss man Antennen lediglich einmal aufhängen und kann sie dann je nach Bedarf mit der einen oder anderen Funktechnologie nutzen. Mit dem zweiten Punkt (Richtcharakteristik) gelangt einerseits Sendeleistung nur dorthin, wo sie tatsächlich benötigt wird (z.B. in Gängen eines Hochregallagers), und andererseits werden Störsignale aus irrelevanten Richtungen entsprechend unterdrückt. Der dritte Punkt ist – wie sich aus im Projekt ausgiebig durchgeführten Abdeckungsmessungen zeigt – besonders entscheidend, um auch Nutzen aus reflektierten Signalen zu schlagen; denn bei Reflexionen dreht sich üblicherweise die Polarisationsrichtung, sodass zu schnell unnötige Verbindungsabbrüche entstehen, wenn man Standard-Ausrüstung nutzt, die nur auf einer Polarisationsrichtung sendet bzw. empfängt. Nutzt man beide Polarisationsrichtungen, lassen sich deutlich größere Reichweiten erzielen, sodass sich mit weniger Intrastruktur mehr Raum und damit Anwendungen (Produktionslinien etc.) bedienen lassen. Weil v.a. für eine weitere

Optimierung der Intralogistik: genaue Lokalisierung eine entscheidende Rolle spielt, integriert die FlexiCell darüber hinaus auch Lokalisierungstechnologien. Perspektivisch sollte dies natürlich genaue 5G-Lokalisierung sein (sobald diese als Rel. 17-Feature verfügbar wäre); aktuell bindet die FlexiCell auf 10cm genaue Ultraschall-Lokalisierung für Innenräume und die gröbere mioty-basierte Lokalisierung für Außenbereiche ein und fusioniert beide Datenquellen zu einer Objektposition. Die Lokalisierungsinfrastruktur kalibriert sich dabei semi-automatisch in einer frei bestimmbaren Ebene parallel zum Fußboden. Damit wird lediglich die Position eines Ankerknotens benötigt und es muss zum Einmessen nur einmalig eine beliebige Bewegung in der Ebene erfolgen. Damit das Netz bei Bedarf auch größere Bereiche abdecken kann, kann es mit der Anwendung mitwachsen, indem sich mehrere FlexiCells zu einem Netz semi-automatisch föderieren. Das ist deshalb besonders, weil jede FlexiCell ihren eigenen 5G-Core besitzt, es in einem 5G-Netz aber lediglich einen einzigen 5G-Core geben darf. Die Föderation ermöglicht nun, dass die SIM-Karten einer FlexiCell an jeder föderierten FlexiCell ak-

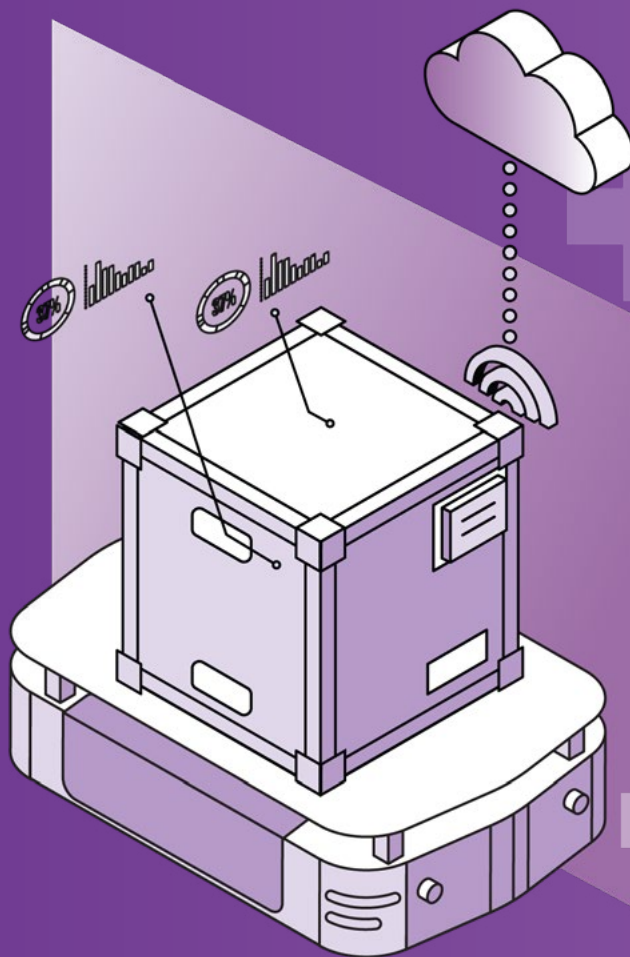
zeptiert werden und dass ein gemeinsames Netz gebildet wird, in dem der TCP/IP-Kontext bei einem Handover zwischen zwei Zellen erhalten bleibt. Die Föderation kann dabei prinzipiell über jede Kommunikationstechnologie erfolgen, sinnvollerweise über Ethernet, 5G selbst, Millimeterwellen-Punkt-zu-Punkt-Kommunikation oder Mischungen daraus.

Weil die FlexiCell über einen eigenen Server verfügt, ist Edge-Computing dort mit virtuellen Maschinen, Containern oder als Teil eines Kubernetes-Clusters möglich, was kompatibel mit dem Föderationsansatz ist. Kubernetes ist hier der Schlüssel, um die Herausforderung zu lösen, dass die verteilte, dezentrale Grundfunktion der FlexiCell bei Föderation synchron zusammengeht und dem Paradigma der flexiblen Produktion folgt. Dies hat auch den Vorteil, dass sich eine Synchronisation mit einem zentral immer verfügbaren IT-Dienst realisieren lässt, sodass ausgewählte Dienste auch verfügbar sind, wenn die FlexiCell aktuell ausgeschaltet oder nicht Teil des aktuellen Produktionslinien-netzes ist.

Für weitere Informationen
besuchen Sie:

flexicell.eu/ergebnisse#ansatz





Partners

Smarte Ladungsträger in der Batterieproduktion

Weil Batterien aus sensiblen Komponenten bestehen, findet die Herstellung in Rein- und Trockenräumen unter kontrollierten Bedingungen statt. Zwischen den Prozessschritten sind Transporte nötig, welche außerhalb dieser Bedingungen stattfinden. Den Schutz der Materialien übernimmt dabei der jeweilige Ladungsträger. Eine zusätzliche Kontrolle vor der nächsten Verwendung erfolgt nicht. Somit kann es vorkommen, dass Material während des Transports zu Ausschuss wird und daraus Batteriezellen gefertigt werden. Eine verlässliche Qualitätsprüfung findet erst ganz am Ende statt. Bis dahin fließt weitere Wertschöpfung in das (Ausschuss-)Produkt.

Damit diese Wertschöpfung keine Verschwendung ist, strebt VARTA die Implementierung smarter Behälter an. Diese sollen in der Lage sein, Transporte zu überwachen, indem die Umgebungseinflüsse des Materials erfasst und analysiert werden. Mithilfe eines Abgleichs der erfassten Daten mit definierten Grenzwerten soll der Behälter selbstständig Entscheidungen bzgl. der Verwendbarkeit des Materials treffen und entsprechende Aktionen einleiten.

Für die Konzepterstellung des smarten Ladungsträgers wurde ein Behälter herangezogen, welcher geschnittene Kathodenbänder transportiert. Dieser eignet sich, da die hygrophilen Kathodenbänder aus einem sensiblen Material bestehen, welches leicht durch Umgebungseinflüsse negativ beeinflusst wird. Kritische Einflüsse sind dabei die Luftfeuchtigkeit und Temperatur sowie Beschleunigungen / Erschütterungen.



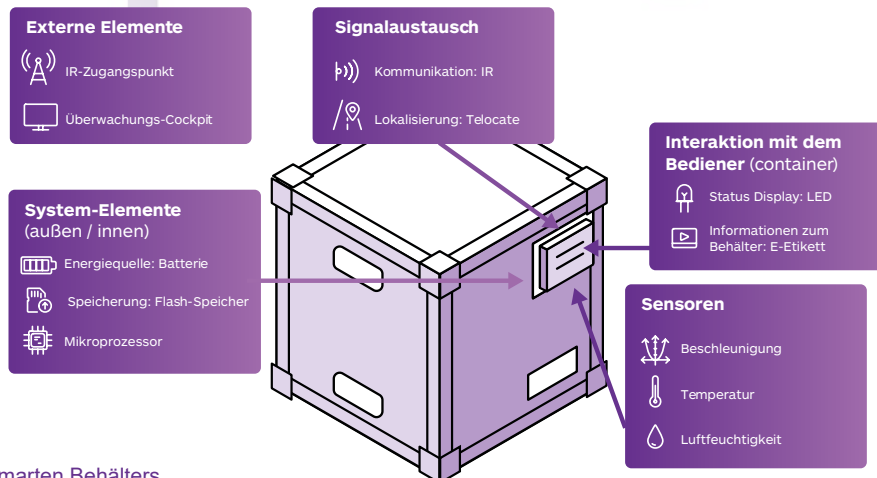
Kathodenspulenbehälter inkl. CMD-Prototyp

Deshalb sollen diese durch Sensoren überwacht werden. Die Sensoren sind dabei Teil des Container Monitoring Device (CMD). Daneben beinhaltet das CMD noch ein Infrarot-Kommunikationsmodul, ein E-Ink Label als digitale Laufkarte, LEDs zur Statusanzeige, einen Energieträger, Prozessor sowie kleinen Datenspeicher.

Die relevanten Informationen werden über das E-Ink-Label direkt am Behälter angezeigt sowie der Status über die Farbe der LEDs dargestellt.

Nach einer einmaligen Verheiraturung der Behälterkennzeichnung mit dem CMD, für die

Kommunikationen zwischen smartem Behälter und der digitalen Systemlandschaft werden bereits vorhandene Triggerpunkte herangezogen. So wird das Buchen des Materials als Signal zum Start der Messungen verwendet. Bei den Messungen unterscheidet sich das Erfassungsintervall zwischen Lagerung und Transport. Das Erreichen der Zielstation, am Ende des automatischen Transports löst die Übertragung der gemessenen Daten an das übergeordnete System aus. Je nachdem, ob es zu einer Verletzung der Grenzwerte gekommen ist, kann das Material verwendet werden, muss eine händische Qualitätsprüfung erfolgen oder das Material als Ausschuss entsorgt werden. Die bereits vorhandene Leerbuchung des Behälters beendet den gesamten Ablauf und verwirft die erfassten Daten. Damit wird erreicht, dass die Werker:innen keine zusätzlichen Aufwände haben und sich die Prozesse nicht ändern.

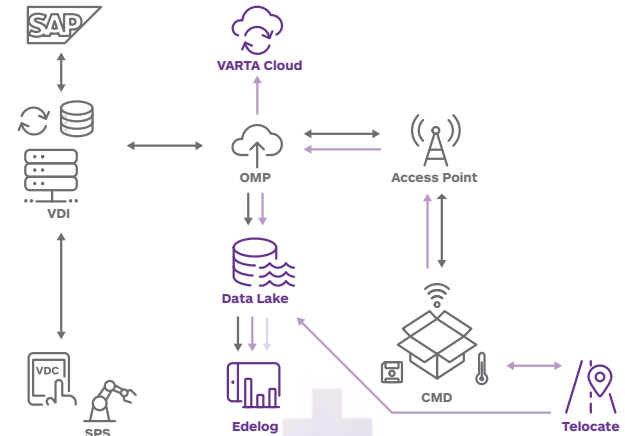


Bestandteile des smarten Behälters

Der smarte Behälter wird dabei an das vorhandene VARTA Data Management System (VDM) angebunden. Das erfolgt über eine cloudbasierte Objektmanagement-Plattform (OMP) der Fa. YUMA Technologies GmbH. Die Kommunikation zwischen VDM und OMP wird mithilfe von Rest API realisiert. Um die Informationen der smarten Behälter zentral zugänglich zu machen, wird ein Monitoring Cockpit erstellt. Dieses wird durch das Edelog-System von Fa. Conclurer GmbH bereitgestellt. Die Behälterinformationen sowie gemessenen Daten werden dafür in einem Data Lake gesammelt. Neben dieser Nutzerschnittstelle werden die relevantesten Informationen über das E-Ink-Label direkt am Behälter angezeigt sowie der Status über die Farbe der LEDs dargestellt.

Um die Umsetzbarkeit zu prüfen, wurde ein Prototyp aufgebaut und ein Integrationstest durchgeführt. Der Prototyp hat dabei die normalen Produktions- und Handlungsschritte durchlaufen. Die Anbindung an die produktiven VARTA-Systeme erfolgte dabei noch im Testsystem, jedoch mit dem realen Setup. Mithilfe dieses Testlaufs konnte erfolgreich das entwickelte Konzept erprobt werden. Lediglich kleine Anpassungen und Erweiterungen sind im Nachgang umzusetzen.

Als nächster Schritt soll ein Pilotversuch durchgeführt werden. Dabei werden 10 Behälter zu smarten Behältern aufgerüstet und über drei



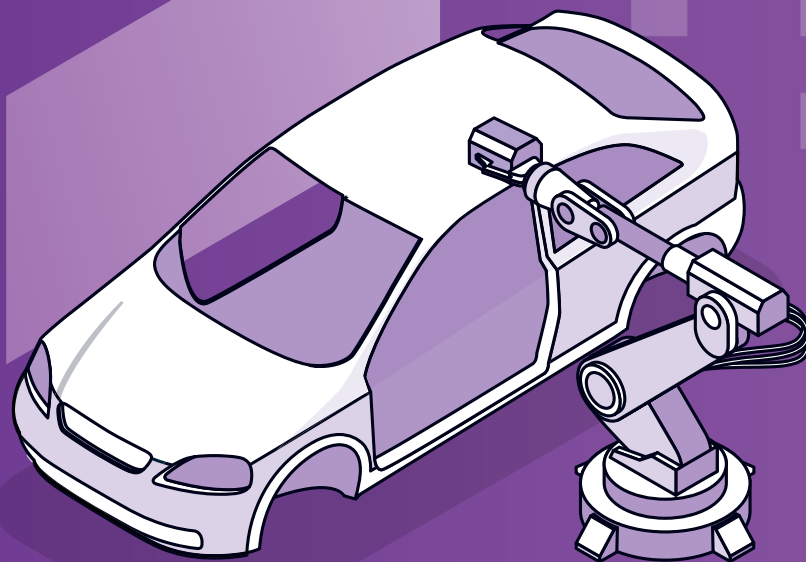
Digitaler Kommunikationsablauf

Monate in der normalen Produktion eingesetzt. Dadurch kann die Verwendbarkeit nochmals intensiver getestet werden. Sollte dieser Pilotversuch erfolgreich sein, steht einer Einführung nichts mehr im Weg. Das Konzept bietet darüber hinaus noch die Möglichkeit sich auf andere Behälterarten und Materialien zu adaptieren. Außerdem können mit den erfassten Daten Ansätze des Machine Learning durchgeführt werden, um Produkt- oder Prozessoptimierungen herbeizuführen.

Für weitere Informationen besuchen Sie:

flexicell.eu/ergebnisse#varta





Partners



Mobile Messzellen und kabellose Sensorik

Ausgangssituation:

Die Carl Zeiss Automated Inspection GmbH entwickelt, produziert und integriert innovative Messtechniklösungen in die Produktionslinien der Automobilindustrie.

Die roboterbasierte Inline-Messung von relevanten Geometriemerkmale, Spalt- und Bündigkeiten sowie die vollautomatisierte Inspektion der Oberflächenqualität bildet die Basis für eine entstehungsnahe Fehleridentifikation, die proaktive Prozessregelung sowie die Umsetzung von Smart Factory-Ansätzen.

Projektbeschreibung

Die bei namhaften Automobilherstellern und deren Lieferanten global etablierten und bewährten Messtechniklösungen (Hard- und Software) werden durch die Integration in sogenannte mobile Messzellen neuen Industrien und Kundensegmenten zugänglich gemacht.

Zielgruppe dieser Gesamtlösung sind insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen (KMU), die durch die Verwendung der roboterbasierten Mess- und Inspektionslösungen die Produktion und Qualitätssicherung effizienter gestalten und die Produktivität erhöhen können.

Inline-Messtechnik



Parallel zur Entwicklung der mobilen Messzelle wurde ein kabelloser Sensor von ZEISS entwickelt. Durch diese kabellose Sensorik wird das bei roboterbasierten Anwendungen eingesetzte Schlauchpaket ersetzt.

Projektrealisierung

Im Projekt 5G++FlexiCell haben wir gemeinsam mit unseren Verbundpartnern Blackned, GoSmart und der Hochschule Aalen zu dieser Problemstellung eine Lösung erarbeitet.

Der neue **kabellose Sensor ZEISS AImax wireless** wurde mit einem **lokalen 5G-Netz** (SmallCell) in einer **mobilen Messzelle** kombiniert und erfolgreich getestet und validiert.



ZEISS AImax wireless- Sensor während dem Messvorgang

- + Die Simulation des Verhaltens des Schlauchpakets ist nicht automatisiert möglich und erfordert viel Erfahrung und Expertenwissen bei der Programmierung der Roboterbahnplanung.
- + Im Betrieb besteht die Gefahr, dass das Schlauchpaket an Störkonturen wie z.B. einem Bauteil oder Artefakt hängen bleibt und somit beschädigt wird.
- + Die kontinuierliche Beanspruchung kann zu Verschleiß und in der Folge zu Kabelbrüchen und somit zu ungewollten Stillstandzeiten des Systems führen.

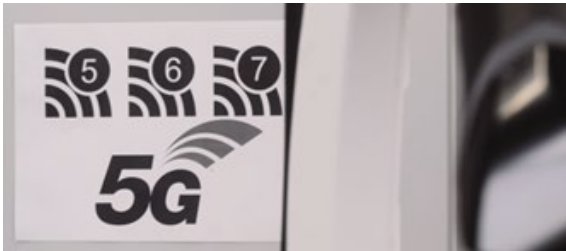


ZEISS AImax wireless-Sensor

Projektziele und Verwertung der Projektergebnisse

Im Fieldlab werden neben dem lokalen 5G-Netz verschiedene Kommunikationsmethoden alternativ auf ihre Leistungsfähigkeit hin verglichen. Das Ziel ist es, einen überzeugenden Mehrwert für Endanwendende durch den industriellen Einsatz von lokalen 5G-Netzen oder anderen Funktechnologien wie beispielsweise WLAN aufzuzeigen.

Mehrwert für Endanwendende (hier insbesondere KMU) durch die Kombination des kabellosen Sensors ZEISS AImax wireless mit einem lokalen 5G-Netz in einer mobilen Messzelle:



- + Vereinfachte automatisierte Roboter-Offline-Programmierung, ohne Berücksichtigung möglicher Fallrichtungen von Kabel- und Schlauchpaketen.
- + Keine Stillstandzeiten durch Kabelbeschädigungen und Verschleiß des Schlauchpakets aufgrund von Dauerbelastungen.
- + Kosteneinsparungen durch den Wegfall des Schlauchpakets.
- + Bessere Bauteilerreichbarkeit und höhere Verfügbarkeit.
- + Einsatz von automatisierten Offline Simulationstools.

Für die Bewertung und Definition von Verwertungsmöglichkeiten der Projektergebnisse und die Herleitung von Business Modellen wird der kabellose Sensor in der letzten Projektphase bei einem europäischen Automobilhersteller in der Produktion validiert und das Potenzial einer kabellosen Sensorik in Verbindung mit einem lokalen Funknetzwerk installiert.

Für weitere Informationen besuchen Sie:

flexicell.eu/ergebnisse#zeiss





Partners





Smarte Unterstützung von Mitarbeitenden durch EDELOG auf dem Shopfloor

Die Verbindung zwischen der 5G++ Flexi-Cell-Technologie und der EDELOG-Software revolutioniert die Unterstützung der Mitarbeitenden auf dem Shopfloor. In einer zunehmend komplexen und dynamischen Fertigungsumgebung bietet EDELOG eine kontextabhängige Unterstützung, die den Mitarbeitenden auf dem Shopfloor in Echtzeit relevante Informationen zur Verfügung stellt. Dies ermöglicht eine adaptive Produktion und Intra-Logistik, die speziell auf die Bedürfnisse kleiner und mittlerer Unternehmen zugeschnitten ist, wodurch Effizienz, Sicherheit und Flexibilität erheblich gesteigert werden.

Die Kombination von EDELOG und 5G++ Flexi-Cell eröffnet neue Möglichkeiten für die Optimierung von Produktionsprozessen und die Unterstützung der Mitarbeitenden auf dem Shopfloor.

Diese fortschrittliche Lösung adressiert zentrale Herausforderungen, mit denen moderne Fertigungsunternehmen konfrontiert sind.

Bereitstellung relevanter Informationen in Echtzeit

Durch die Integration von 5G++ FlexiCell kann EDELOG Mitarbeitenden auf dem Shopfloor jederzeit und überall relevante Informationen in Echtzeit zur Verfügung stellen. Dies stellt sicher, dass die richtigen Informationen zur richtigen Zeit bereitstehen, wodurch die Entscheidungsfindung erheblich beschleunigt wird. Beispielsweise können Produktionsmitarbeitende durch Echtzeitdaten schneller auf Störungen reagieren und Anpassungen vornehmen, ohne auf manuelle Updates angewiesen zu sein. Diese Effizienzsteigerung führt zu reduzierten Stillstandzeiten und optimierten Produktionsabläufen.



Optimierung der Arbeitsabläufe

EDELOG nutzt die leistungsfähigen Datenübertragungsmöglichkeiten von 5G++ FlexiCell, um Produktionsdaten in Echtzeit zu analysieren und die Arbeitsabläufe dynamisch anzupassen. Mitarbeitende erhalten kontextabhängige Anweisungen und Hinweise, die ihnen helfen, die nächsten Arbeitsschritte effizienter zu gestalten. Dies reduziert Rüstzeiten und minimiert Fehlerquellen, was insgesamt zu einer höheren Produktivität führt. Insbesondere in high-mix low-volume Fertigungsumgebungen, in denen Produktwechsel häufig sind, bietet diese Flexibilität einen erheblichen Vorteil.

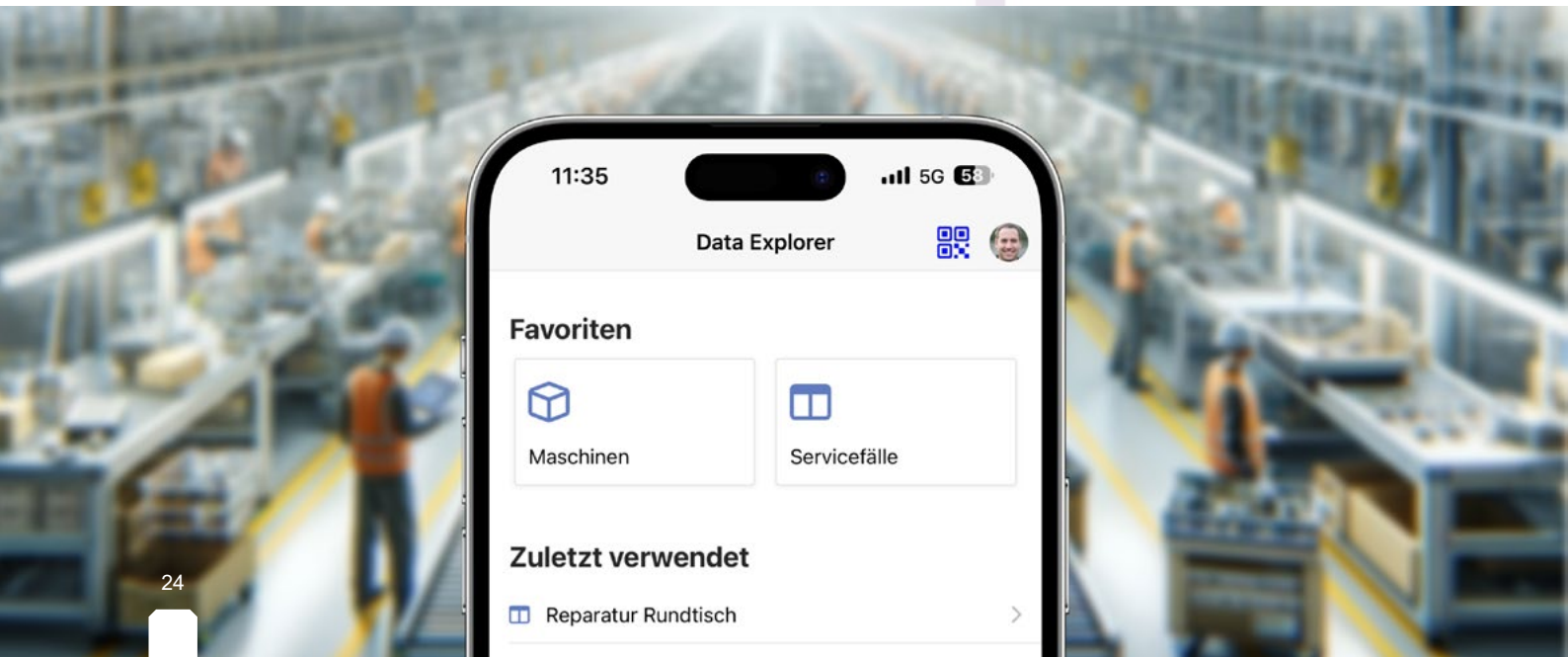
Förderung der Mensch-Maschine-Kollaboration

Die Kombination von EDELOG und 5G++ FlexiCell verbessert die Interaktion zwischen Mitarbeitenden und automatisierten Systeme-

men erheblich. Durch die kontextabhängige Bereitstellung von Informationen wird die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine reibungsloser und effektiver gestaltet. Dies führt zu einer optimierten Nutzung der Maschinenkapazitäten und einer höheren Gesamteffizienz. Mitarbeitende können besser auf die Maschinensteuerung und -überwachung reagieren, was die Produktionsqualität steigert und gleichzeitig die Sicherheit verbessert.

Anpassungsfähigkeit und Skalierbarkeit

Die flexible Architektur von EDELOG ermöglicht eine schnelle Anpassung an veränderte Produktionsbedingungen. Dank der hohen Datenübertragungsrate und geringen Latenz von 5G++ FlexiCell kann das System problemlos skalieren und sich an wachsende Anforderungen anpassen. Dies ist besonders wichtig für kleine und mittlere Unternehmen,





die flexibel auf Marktanforderungen reagieren müssen. Die kontinuierliche Optimierung der Produktionsprozesse durch EDELOG unterstützt Unternehmen dabei, wettbewerbsfähig zu bleiben und sich schnell an neue Gegebenheiten anzupassen.

Verbesserung der Arbeitssicherheit

EDELOG trägt durch die rechtzeitige Bereitstellung von Sicherheitsinformationen und Warnungen zur Verbesserung der Arbeitssicherheit bei. Mit der schnellen und zuverlässigen Datenübertragung von 5G++ FlexiCell können sicherheitsrelevante Informationen in Echtzeit an die Mitarbeitenden übermittelt werden. Dies reduziert das Risiko von Arbeitsunfällen und schafft eine sicherere Arbeitsumgebung. Insbesondere in Bereichen mit hohem Unfallrisiko profitieren die Mitarbeitenden von einer besseren Information und können sicherheitsrelevante

Maßnahmen schneller ergreifen.

Die innovative Kombination von EDELOG und 5G++ FlexiCell bietet somit umfassende Lösungen zur Bewältigung der Herausforderungen in modernen Fertigungsumgebungen. Durch die Bereitstellung relevanter Informationen in Echtzeit, die Optimierung der Arbeitsabläufe, die Förderung der Mensch-Maschine-Kollaboration, die Anpassungsfähigkeit und Skalierbarkeit sowie die Verbesserung der Arbeitssicherheit werden Effizienz, Produktivität und Sicherheit in der Produktion signifikant gesteigert.

Für weitere Informationen
besuchen Sie:

flexicell.eu/ergebnisse#sme





Partners



Hochschule Aalen

blackned **b**



Ostwürttemberg





FieldLab am Schauplatz Industrie 4.0

Auf dem Schauplatz Industrie 4.0 des Digitalisierungszentrums (Digi-Z) der IHK Ost-Württemberg in Aalen werden verschiedene Industrie-4.0-Lösungen ausgestellt und betrieben, aber auch auf deren Interoperabilität hin überprüft. Namhafte Firmengruppen wie BOSCH, SIEMENS und ZEISS integrieren ihre Technologien in den Schauplatz und lösen Herausforderungen der Interoperabilität ihrer Systeme. Bereits vor Projektbeginn von 5G++ FlexiCell waren mehrere Partner, u.a. Blackned, Telocate, YUMA, Zeiss und Prof. Ludwig für die Hochschule Aalen am Schauplatz aktiv.

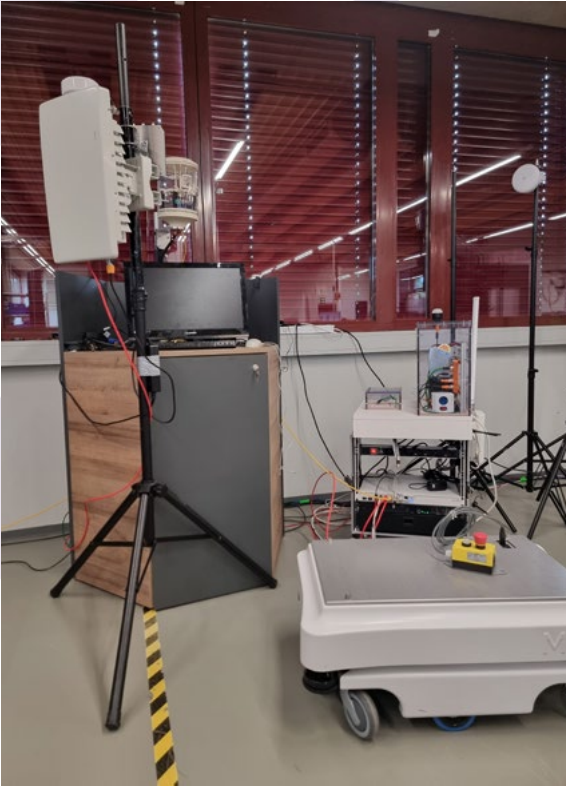
Der Großteil der Integrationsarbeiten erfolgt an diesem Ort: verschiedene Kommunikationstechnologien wie 5G-Mobilfunk, Ethernet, WiFi und Bluetooth Low Energy; für batteriebetriebene Sensoren wie LoRaWAN und mioty; für Feldbuskommunikation wie ProfiNET, IO-Link und IO-Link Wireless; Lokalisierungstechnologien wie die mioty-Funklokalisierung und Ultraschall-Lokalisierung von Telocate; industrielle Sensoren und Aktoren sowie eine Siemens Industriesteuerung.

Im Rahmen von 5G++ FlexiCell wurden v.a. Unwägbarkeiten beim Betrieb eines nomadischen

5G-Campusnetzes in lokalem Spektrum und der Integration in Industrie-4.0-Lösungen bearbeitet. Es zeigte sich, dass die Idee einer einzelnen 5G-Mobilfunkzelle mit integriertem 5G-Core hier besonders sinnvoll einsetzbar ist. So wurde im Rahmen einer Kooperation mit dem Projekt GEMIMEG-II (BMW, <https://www.gemimeg.ptb.de/gemimeg-startseite/>) das 5G-System der IHK Ost-Württemberg vorbereitet, Daten für das teleoperierte Fahren von PKW breitbandig erfolgreich über das lokale 5G-Spektrum der IHK zu übertragen.

Immer wieder wurde der Bedarf geäußert, größere Netze bestehend aus zwei bis fünf Small-Cells zu bilden, was mithilfe der FlexiCell möglich ist. In Zusammenarbeit mit einem weiteren Teil der Zeiss-Gruppe (Carl Zeiss Jena GmbH) und der Firma 3D Globals GmbH (Aalen) wurden 5G-Anwendungsfälle mit autonomen Flurförderfahrzeugen (autonomous guided vehicles, AGVs) und mobilen Manipulatoren (Roboterarme auf AGVs) weiter erforscht.

So wurde auf dem VDMA-Treffen (Smart) Manufacturing-X Ende März ein AGV mit Stereo-Kamera demonstriert, welches über das von der FlexiCell aufgespannte lokale 5G-Campusnetz Videodaten an einen PC-Bildschirm übertrug,

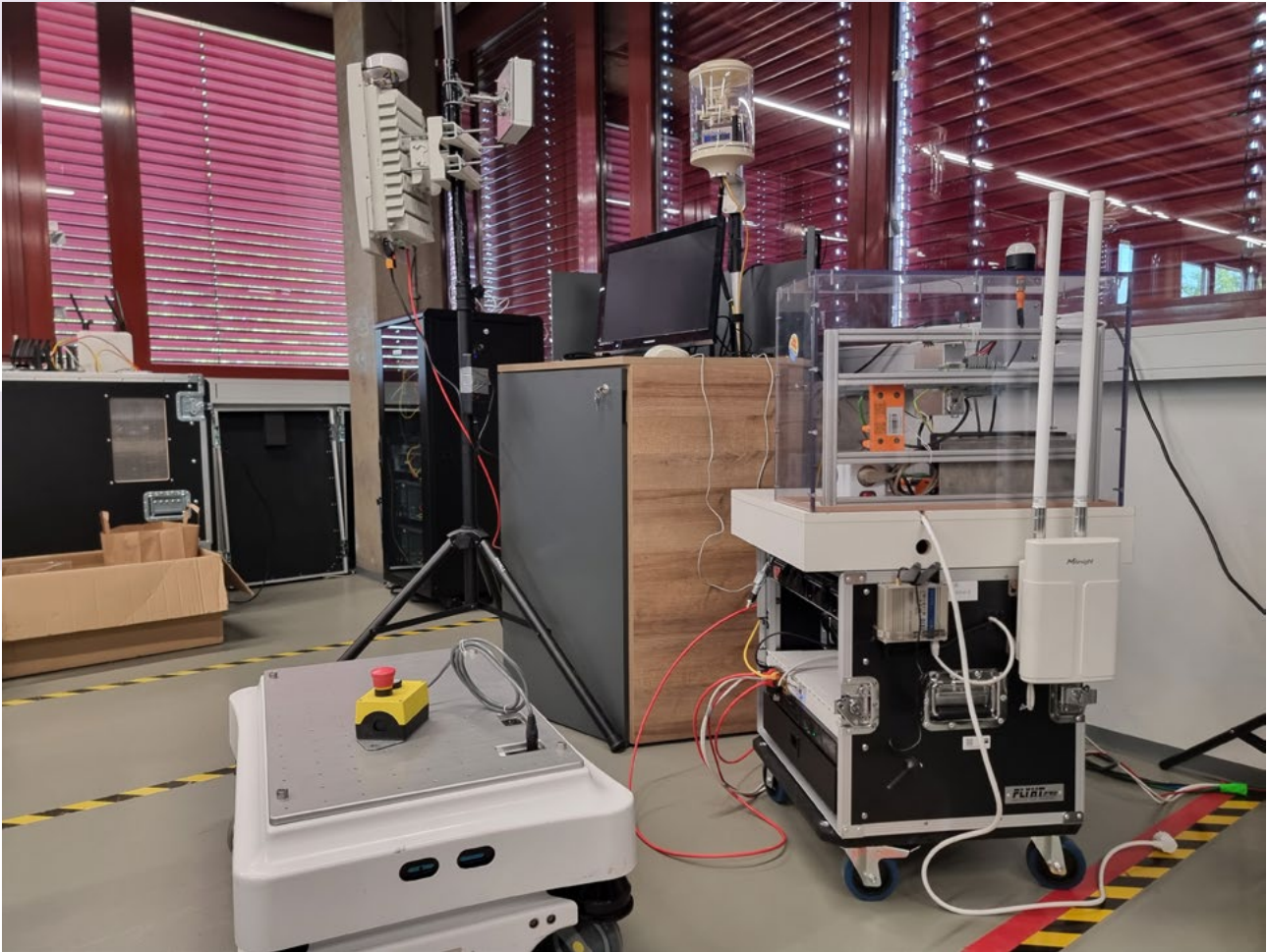


der ein räumliches 3D-Bild anzeigt, ohne dass dafür irgendwelche Hilfsmittel (wie Brillen o.ä.) benötigt werden. Dies erlaubt räumliches Sehen für eine entfernt sitzende Person, die damit einen Roboterarm steuern kann, um entsprechende Arbeiten aus der Entfernung zu erledigen. In einer weiteren Demonstration zeigte die Gruppe, dass mit zwei föderierten FlexiCells ein nahtloses Handover möglich ist, auch wenn eine Zelle per Millimeter-Wellen-Funkverbindung an das Kernnetz angebunden ist.

Mit dem Schauplatz wurde ein Konzept entwickelt und umgesetzt, wie ein 5G-Campusnetz konform in das IT-Sicherheitskonzept einer Fertigung integriert werden kann, ohne dass 5G die Prozessstabilität gefährdet. Es zeigte sich schnell, dass dabei auch das Spektrumsmanagement essenziell ist: Es wurden, wie man es in der Anfangszeit beim Einsatz von 5G in der Fertigung weit verbreitet sieht, mehrere Netze parallel betrieben. Meist sollte jedes die maximal mögliche Bandbreite belegen, um Echtzeitanwendungen zu ermöglichen. Das birgt Konflikte nicht nur bezüglich der Abstimmung der Frequenznutzung, sondern auch bezüglich der Synchronisation der Trägerfrequenz/Bandbreite wie auch der TDD-Zeitschlitze.

Als weitere Herausforderung stellten sich die Technologien selbst heraus: So bedeutet z.B. Standardkonformität nicht automatisch, dass RAN-Komponenten, aber auch Netzwerkkomponenten im Allgemeinen, verschiedener Hersteller automatisch nahtlos miteinander kommunizieren können. So war ein für viele Anwendungen notwendiger, durchgängiger Layer-2-Tunnel (= auf Ethernet-Ebene) zwischen Netzwerkkomponenten unterschiedlicher Hersteller nur mit sehr großem Personalaufwand zu konfigurieren. Die schiere Anzahl von Parametern eines 5G-RANs wie auch des 5G-Cores bedeuten eine aufwendige Einarbeitungszeit in die Technologie. Eine unpassende Wahl sowie Seiteneffekte wurden an der einen oder anderen Stelle von den

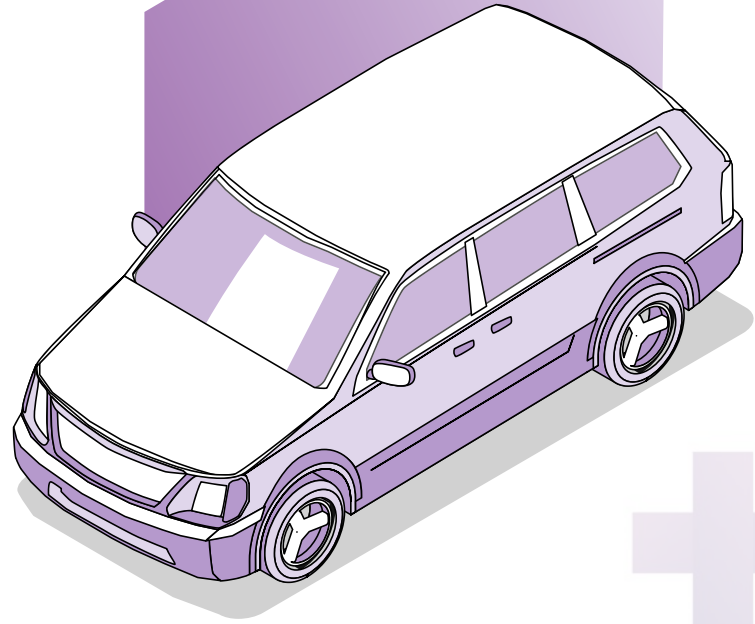




Systemen erkannt. Allzu oft jedoch wurden nicht einmal Fehlermeldungen angezeigt – das System funktionierte schlichtweg nicht.

Das unterstreicht einmal mehr die Notwendigkeit einer einheitlichen Komponente wie der Flexi-Cell, die verschiedene Kommunikations- und Lokalisierungstechnologien möglichst durchgängig miteinander vereint.

Im Laufe der Zeit zeigte sich zunehmend, dass von 5G erhoffte Funktionen wie uRLLC, 1m-genaue 5G-Lokalisierung oder einfaches Network-Slicing unter harter Verfügbarkeitsanforderung weder auf Seite der Endgeräte noch auf Seite von Basisstation bzw. 5G-Kernnetz am Markt verfügbar sind. Außerdem sind die Komponentenpreise v.a. für die Mobilfunktechnik vergleichsweise hoch, sind doch schätzungsweise 15 US\$ an Patentlizenzgebühren pro Gerät zu entrichten, welche größtenteils ins außereuropäische Ausland (v.a. USA, Südkorea, China) fließen. Immer deutlicher wird die Notwendigkeit einer niedrigkomplexen, kostengünstigen, europäischen Funktechnologie, die uRLLC unterstützt. Dabei geht die Eigenschaft niedriger Komplexität einher mit einer ausgereiften, patentarmen Technologie (weil relevante Patente längst ausgelaufen sind) wie z.B. DECT NR+, die ebenfalls ein 5G-Standard (gemäß IMT2020) ist.

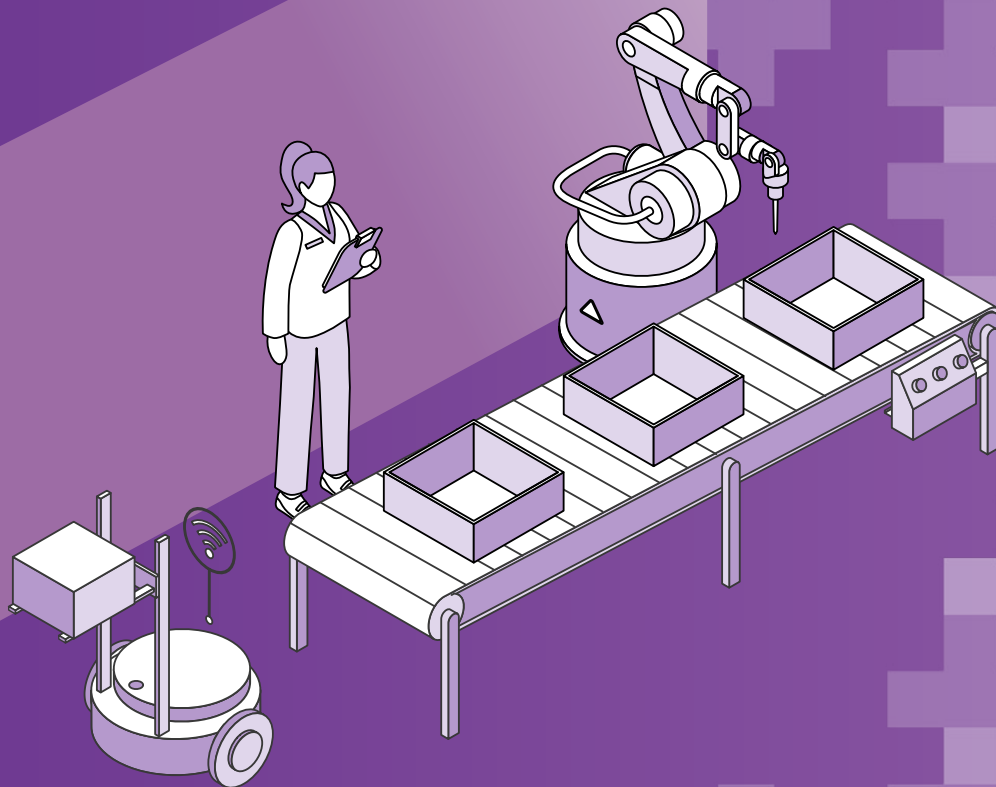


Für weitere Informationen
besuchen Sie:

flexicell.eu/ergebnisse#digiz



HUMAN IN COMMAND



Partners





Human in Command Labor-Aktivitäten

HASIGN: Eine grafische Notation für die Gestaltung der Mensch-Multi-AGV-Interaktion in Intralogistik- und Lokalisierungsnetzwerken in der Fertigung.

An der Hochschule Aalen wurde ein Labor mit Systemen eingerichtet, um die Anwendungsfälle im Intralogistik-Use-Case zu testen, bevor sie im realen Feldlabor umgesetzt werden. Letzteres befindet sich auf dem Gelände der VARTA microbattery, wo ein menschenzentriertes autonomes intelligentes System mit mehreren Autonomous Guided Vehicles (AGVs) realisiert werden soll. Der Einsatz von AGVs mit Manipulatoren oder mobilen Manipulatoren ist eine Alternative zum derzeitigen System. Aktuell werden Mikrozellen in Magazinen und Trays nämlich noch manuell zwischen dem werksübergreifenden Intralogistikzentrum und den jeweiligen Maschinen transportiert.

Das Multi-AGV-System soll in der Produktionshalle ausgeführt werden, wobei menschliche Mitarbeitende eine Aufsichtsfunktion übernehmen. Die Mensch-Multi-AGV-Interaktion findet als Remote- sowie als lokale Interaktion statt. Was die Interaktion vor Ort betrifft, so ist vorgesehen, dass für je zwei Maschinen ein:e menschliche:r

Mitarbeiter:in anwesend ist, um den Transport sowie das Be- und Entladen von zwei Seiten jeder Maschine aus zu überwachen. Die Interaktionswerkzeuge sind ein Tablet-Computer oder ein AR-Headset. Auf der einen Seite werden die Waschmagazine zur Batteriekontrolle geladen. Die zweite Seite besteht aus einer Abgabestelle und einer Aufnahmestelle. Die leeren Batteriemagazine werden dort abgegeben und die vollen Batteriemagazine nach der Prüfung in der Maschine abgeholt. Es gibt also zwei Warenströme. Der erste Warenfluss ist der der geprüften Batterietablets. Die mobilen Manipulatoren holen die leeren Tablets vom Hub ab und setzen sie an der Maschine ab. Auch die vollen Behälter werden von der Maschine abgeholt und zum Hub gebracht, um dort abgesetzt zu werden. Der zweite Warenfluss ist der der Waschmagazine. Sie werden vom Intralogistikzentrum abgeholt und vom mobilen Manipulator an der Maschine abgesetzt und mit den leeren Waschmagazinen zurück zum Zentrum gebracht.

Im Hinblick auf die Ferninteraktion gibt es drei Bedienkonzepte für ein Cockpit mit einem Menschen in der Aufsichtsfunktion:



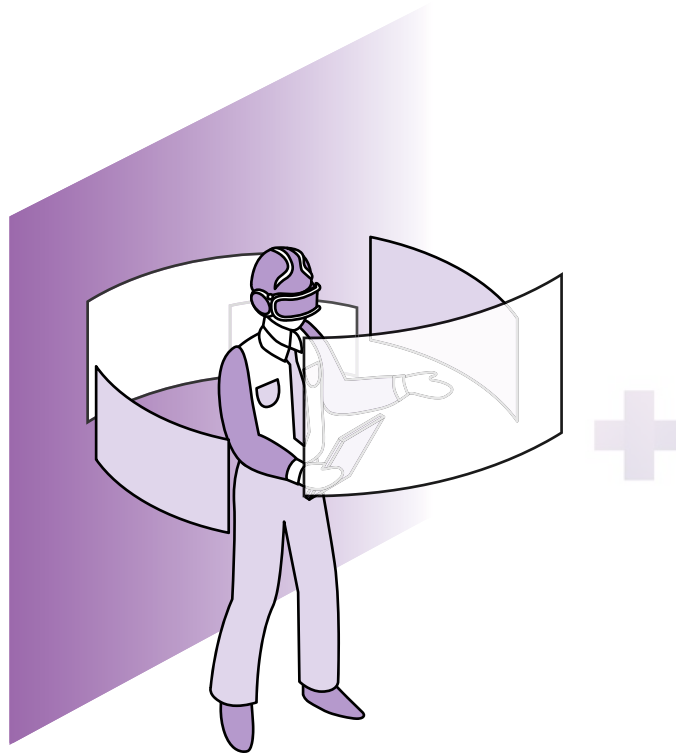
Das Cockpit-Bedienkonzept

Ein:e Mitarbeiter:in befindet sich im Cockpit und bedient und überwacht die Fabrik über die Monitore.



Einsatz von AR in der Produktionshalle

Ein weiteres Bedienkonzept besteht darin, sich mit Mixed-Reality-Brillen in der Produktionshalle aufzuhalten. Diese Mixed-Reality-Brillen werden im AR-Modus betrieben. Das ermöglicht die Steuerung der Roboter über Gestensteuerung oder einen Controller. Außerdem werden Parameter für alle Roboter, Waren und Produktionsprozesse angezeigt.



Einsatz von VR

Das dritte Bedienkonzept sieht den Einsatz von Mixed-Reality-Brillen vor, um die Fabrikhalle ausschließlich in VR zu bedienen. Hierfür wurde ein digitaler Zwilling geschaffen. Dieser erhält über MQTT-Befehle immer die aktuelle Situation der Fabrikhalle und ist somit eine Eins-zu-Eins-Kopie der aktuellen Situation der Fabrikhalle. Damit ist es möglich, die Fabrikhalle von jedem

Ort aus über einen Internetzugang zu steuern. Ein wichtiger Aspekt: Da die Mixed-Reality-Brille nicht so viel Rechenleistung hat wie der im Cockpit installierte PC, werden zwei Versionen des digitalen Zwillings benötigt. Neben dem digitalen Zwilling, der auf dem leistungsfähigen PC im Cockpit läuft, wird eine zweite Version benötigt, die für die Mixed-Reality-Brille geeignet ist.



Um die Menge der benötigten Rechenressourcen zu begrenzen, insbesondere auf Standalone-Plattformen/Headsets, wird ein kontextbasiertes Informationssystemkonzept verwendet. Ausgehend von der Prämisse, dass nicht alle Informationen für alle Nutzenden zu jeder Zeit relevant sind, kann der Bedarf an Rechenressourcen minimiert werden, indem alle

nicht-relevanten Informationen ignoriert werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die kognitive Belastung der Nutzenden verringert werden kann, wenn nur relevante Informationen angezeigt werden.

Im Rahmen der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) werden Nutzendenprofile und -aufgaben als eindeutige Variablen implementiert, um die aktuell relevanten Daten zu bestimmen. Logischerweise ist ein:e Techniker:in an anderen Informationen interessiert als ein:e Manager:in. Darüber hinaus werden die Informationen an bestimmten räumlichen Orten gebündelt, die von einem bestimmten Prozessschritt oder einer Maschine bis hin zu einem bestimmten Überwachungsbereich reichen können. Diese Informationszonen (IZ) können dann individuell nach Bedarf aktiviert und deaktiviert werden, was eine unnötige Datenverarbeitung verhindert. So bestimmt das Contextual Information Display System (CIDS) nach Einstellung des Nutzendenprofils und der -aufgabe anhand der räumlichen Position des/der Nutzenden und der Nähe zur nächstgelegenen Informationszone, welche Zone zu aktivieren ist und welche Daten zu verarbeiten und anzuzeigen sind. Dies kann auch für nicht ortsfeste Maschinen verwendet werden, d.h. die Informationszonen können an einem mobilen Roboter angebracht werden, solange die räumliche Position bekannt ist. Nutzende können also einen Blick auf ein vorbeifahrendes AGV werfen und alle relevanten Informationen erhalten.

Es gibt zwei mögliche Bereiche, in denen sich die menschlichen Bedienenden aufhalten können. Der eine befindet sich im Cockpit, wo der Operator durch projizierte Bildschirme und VR eine unterstützende Rolle bei der Interaktion



einnimmt. Die zweite Interaktion ist lokal, wobei der Mensch als Teil eines hybriden Multi-Agenten-Teams betrachtet wird, das sowohl aus menschlichen Arbeiter:innen als auch aus AGVs in der Fabrikhalle besteht und die Möglichkeit hat, einen Controller und eine AR-Brille zu verwenden.

Für weitere Informationen
besuchen Sie:

flexicell.eu/ergebnisse#hic





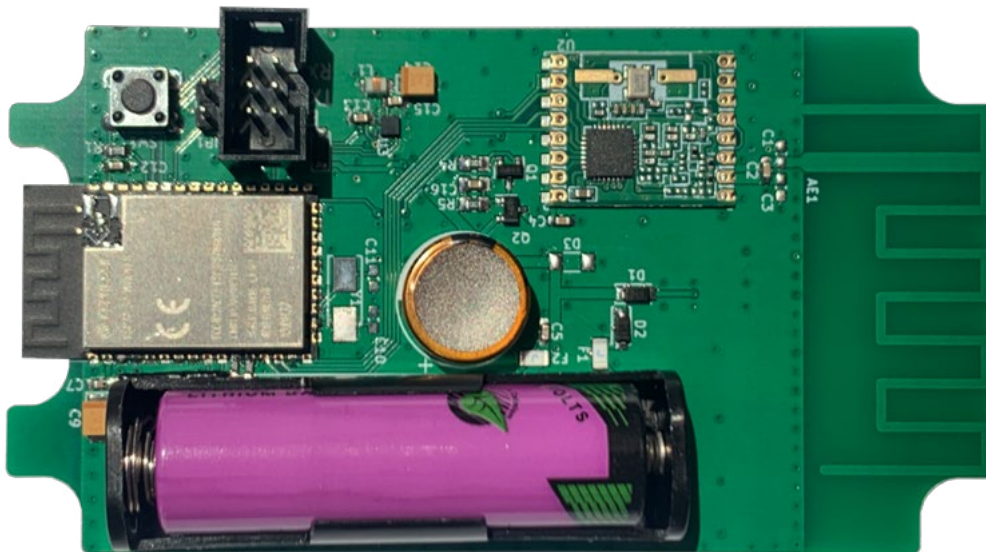
Partners

✚✚✚ Mioty für energieeffiziente Kommunikation

Das Konzept der FlexiCell ermöglicht die flexible Integration von weiteren Technologien neben 5G, damit das Gesamtsystem die Vorteile der einzelnen Systeme nutzen kann. Im Rahmen des Projekts wurde hierzu der Funkstandard „mioty“ integriert. Im Vergleich zu 5G ermöglicht mioty keine Funkanbindung mit hoher Datenrate oder kurzer Latenz. Dafür ermöglicht es jedoch Geräte mit sehr geringer Größe und sehr geringen Kosten, die über viele Jahre ohne Batteriewechsel betrieben werden können. Damit

stellt es für vielen Anwendungen – z.B. Asset Tracking – eine ideale Ergänzung zu 5G dar.

Bei mioty handelt es sich um einen offenen europäischen Kommunikations-Standard nach ETSI TS 103 357. Ziele im Rahmen von 5G FlexiCell++ waren u.a. der Nachweis der Eignung von mioty für industrielle Campusnetze, die Ortung von mioty-Geräten und die Erweiterung der Open-Source-Implementierung von mioty. Alle geplanten Ziele wurden erreicht.



Die von mioty verwendete Modulation ist auf den Empfang mit sehr geringen Empfangspegeln optimiert und ermöglicht daher auch im industriellen Umfeld eine sehr gute Funkabdeckung. Dies gilt insbesondere auch für große Industriegelände. Durch die Nutzung des lizenzfreien Frequenzbereichs um 868 MHz werden zudem bestehende WLAN-Installationen und 5G Campusnetze nicht beeinträchtigt.

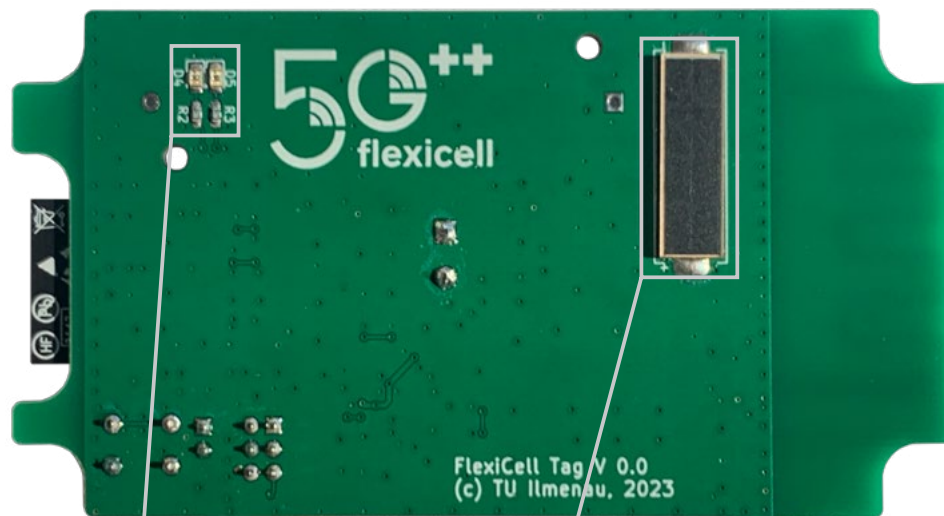
Die Ortungsfunktionalität von mioty konnte ebenfalls erfolgreich umgesetzt werden. Die hohe Lichtgeschwindigkeit und die Optimierung von mioty auf eine robuste Kommunikation führen jedoch zu sehr hohen Anforderungen an die Synchronisation der Basisstationen. Trotzdem konnte im Projekte eine präzise Synchronisation drahtlos – und damit kostengünstig – realisiert werden. Hierzu verwenden die Basis-Stationen sogenannte Signals of Opportunity. Dies sind Signale – wie z.B. das Digitale Radio DAB –, die eigentlich für völlig andere Zwecke ausgesendet wurden. Im Außenbereich wurde damit eine großflächige Ortung mit deutlich weniger als zehn Metern Standardabweichung ermöglicht. Grundsätzlich zeigte sich jedoch auch, dass eine Ortung auf Basis von Ultraschall eine deutlich präzisere Ortung im Innenbereich erlaubt. Da eine großflächige Installation der Ultraschall-Ortung im Vergleich zur mioty-Lokalisierung jedoch wesentlich teurer ist, bietet die Kombination beider Systeme für viele Anwendungsfälle eine vorteilhafte Lösung.

Der im Projekt entwickelte Programm-Quellcode und die zugehörigen Baupläne für die mioty-Knoten wurden zudem auf der Open-Source-Plattform Github veröffentlicht. Dies bietet damit einen idealen Startpunkt für Dritte, ein vergleichbares mioty-System auf Basis des europäischen Standards ETSI TS 103 357 aufzubauen. Besonders hervorzuheben sind dabei das einfache Nutzerinterface und die geringe Komplexität, so dass eine Vielzahl von möglichen Anwendungen unterstützt werden kann.

Für weitere Informationen
besuchen Sie:

[Flexicell.eu/ergebnisse#miotylab](https://flexicell.eu/ergebnisse#miotylab)



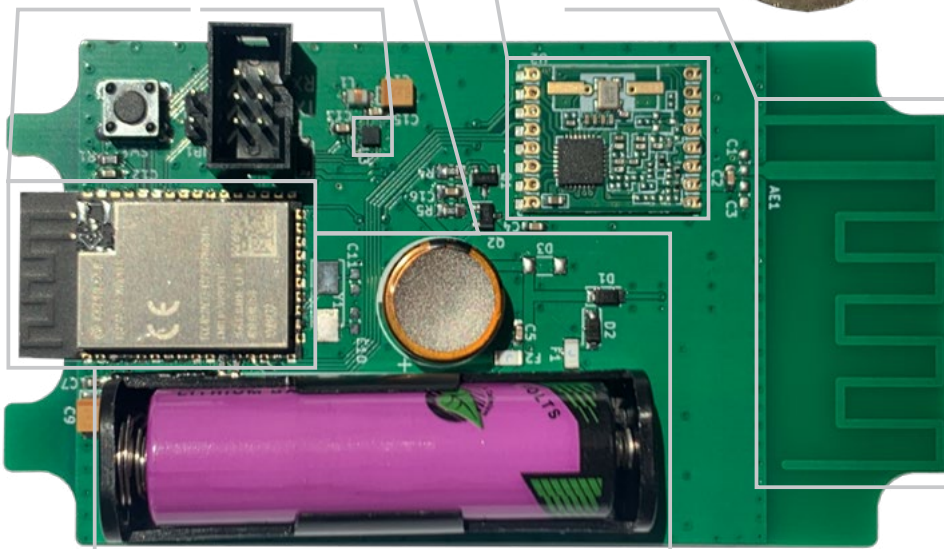


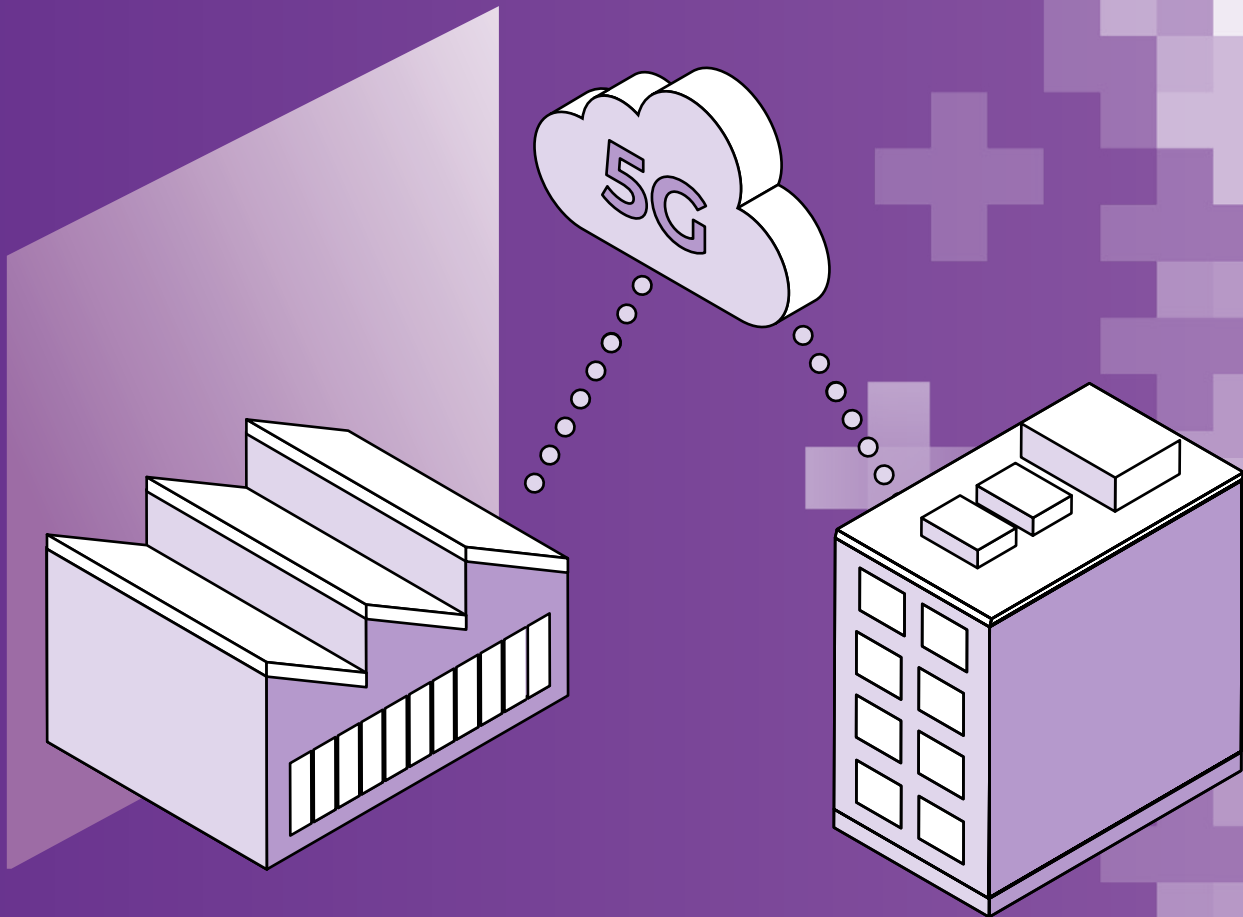
LED

solar panel

RFM69hw
energy solution
ESP32-S2 LIS2DE12

antenna





Partners

blackned 

 TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
ILMENAU

 Hochschule Aalen

 **YUMA**
TECHNOLOGIE


5G++FlexiCell ist ein Satellitenprojekt von CampusOS, dem Leitprojekt mit der Mission für modulare und offene Funktechnologien in Campusnetzen. In eigenen Worten vom Leitprojekt:

„CampusOS aims to support the setup of an ecosystem for 5G campus networks on the basis of open and modular radio technologies and interoperable network components. This enables manufacturer independence and more competition and innovation in order to strengthen the digital sovereignty of companies in Germany.“

Was heißt das genau und was hat das mit unserem Projekt zu tun?

Das Leitprojekt bildet für uns die Unterstützung und Plattform des Austauschs, die wir brauchen, um unser Projekt voranzutreiben und es gut begleiten zu lassen. Im Leitprojekt sind sechs Satellitenprojekte wie unseres vertreten, die verschiedenste Bereiche beleuchten. Der Austausch mit diesen ist von unschätzbarem Wert und die Orchestrierung durch das Leitprojekt bildet eine einzigartige Basis.

Um diesen Austausch und das gemeinsame Schaffen zu gewährleisten, hat das Leitprojekt



eine breite Möglichkeit an Mitarbeit in Arbeitsgruppen geschaffen und in regelmäßigen Terminen dazu eingeladen. Mit 5G++FlexiCell waren wir in allen Gruppen vertreten und konnten wertvolle Beiträge leisten und viel aus den Treffen mitnehmen. Die Gruppen teilten sich wie folgt ein:

AG1 - Technology Building Blocks, Catalogue

„Ein wesentlicher Ansatz von CampusOS ist die Konsolidierung eines Überblicks über die verschiedenen technischen Komponenten, die zur Realisierung von offenen und modularen 5G-Campusnetzen eingesetzt werden. Das Ziel von CampusOS ist es, einen Katalog technischer Bausteine für die Realisierung spezialisierter Campusnetzwerke bereitzustellen und Werkzeuge für die Dimensionierung, Planung, das Netzwerkmanagement und die Optimierung zu entwickeln.“

Wir konnten in dieser Arbeitsgruppe unser Projekt in den Bausteinkatalog mit seinen Bestandteilen verfeinern, aufarbeiten und aufnehmen lassen. Es entstehen Blaupausen, die später von Interessierten genutzt werden können, um eigene Anwendungsfälle leichter mit Beispielen umzusetzen und abgleichen zu können.

AG2 - Test und Demo, Monitoring, Validation und UE

„Es werden technische Implementierungen von Betreibermodellen zusammen mit ausgewählten Lösungsbausteinen für offene 5G-Campusnetze erprobt und bewertet. Die industriellen Anwendungsfälle zur Evaluation kommen von marktführenden Industriepartnern und werden durch Demonstratoren an ausgewählten Standorten im Wirkbetrieb umgesetzt.“

Für uns hieß es in der Gruppe, viele Erfahrungen im Umgang mit der 5G-Technologie auszutauschen und messbar zu machen. Es stellten sich ganz einfache Fragen wie: „Welche Endgeräte kann man wie im 5G-Netz nutzen, und wie machen wir das vergleichbar?“. Auch die angebotenen Plugfest-Aktivitäten konnten wir in Berlin beim Fraunhofer HHI nutzen und eine Vielzahl kleiner Probleme identifizieren und angehen. Was ist z.B. eine Active-Antenna und was braucht sie im Zusammenspiel mit der 5G-Basisstation?



Satellitenworkshop von CampusOS

AG3 - MANO (Management and Orchestration) und Application Layer Topics

Wie ist ein Campus Netz steuerbar und wie können die nötigen Anwendungen optimal genutzt werden? Dies war eine wesentliche Frage in der genannten Arbeitsgruppe. Das Thema hat eine Vielzahl an Möglichkeiten aufgezeigt und ließ uns erkennen, wie tief wir das 5G-Netz steuern und überwachen möchten und wie wir eine gesamtheitliche, über die Technologien hinweg funktionierende Nutzung erreichen können.



AG4 - Industrial Use Cases, Architecture

„Es wird eine Bedarfsanalyse für spezialisierte Campusnetze anhand relevanter Szenarien im Leitprojekt und den Satellitenprojekten sowie aus Verbänden und weiteren Projekten außerhalb des CampusOS-Universums durchgeführt. Aus dieser Analyse werden Anforderungsdefinitionen für spezialisierte Campusnetze abgeleitet und kritische Funktionen identifiziert.“

Die Anwendungsfälle für die Industrie stehen in unserem Projekt-Fokus und haben in dieser Arbeitsgruppe ihren Austausch gefunden. Mit den zwei Testfeldern bei unseren Industriepartnern konnten wir gute Ansätze bereitstellen



Plugfest, Berlin

und auch unsere Architektur der Lösungen immer wieder neu auf die Probe stellen und adaptieren.

AG5 - Gremien, Verbände, Stand. Events, Marketing

Campusnetze und deren Technologie wie auch Anwendungsfälle haben viele Schnittmengen in verschiedensten Industrie- und Technologiebereichen. In diesem Feld gibt es eine große Zahl von Gremien, Verbänden und Veranstaltungen, die diese Themen berühren und beeinflussen. Hier hat das Leitprojekt eine Bündelung der Interessen geschaffen und auch mit unserem Projekt öffentliche Veranstaltungen besucht, wie die Hannover Messe der Industrie.

AG6 - Betreibermodelle, Wertschöpfungsketten

Was kostet ein Campus-Netz und wie rechnet sich ein solches? Eine einfache Frage, die aber in ihrer Beantwortung viele der anderen Arbeitsgruppen als Input braucht und auch nicht mit nur einer Antwort zu klären ist. Das zu erarbeiten und zu erkennen war ein wichtiger Schritt und konnte gemeinsam mit den anderen Satellitenprojekten in gute Diskussionen und Modellbetrachtungen geführt werden.

Für weitere Informationen besuchen Sie:

flexicell.eu/ergebnisse#campusos



UNSERE PARTNER

Asset Management



Hochschule Aalen



conclurer

Intralogistik-Anwendungen



VARTA



YUMA
TECHNOLOGIE

Industrielle Campus-Netzwerke

blackned 

 Broker
Automate your life

Lokalisierung und Netzwerke

telocate



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
ILMENAU

Self-X/Robotics as a service



ROBCO

A W E S O M E
TECHNOLOGIES

Mobile Messzellen und Sensorik



Andere Anwendungspartner



5G++
flexicell