

Ablauf des Vorhabens

Zu Projektbeginn im Jahr 2020 wurde das KI-Reallabor zeitnah als Implementierungsprojekt des Plattform Industrie 4.0 Use Cases CCM platziert. In Diskussion mit dem „Führungskreis Industrie 4.0“ des Verbands der Elektro- und Digitalindustrie (ZVEI e.V.) wurde gemeinsam definiert, dass das KI-Reallabor CCM mittels GAIA-X implementieren sollte. Im ersten Projektjahr konnten vier *Challenges*, bspw. aus den Bereichen *Smart Pneumatics* und Logistik, definiert werden, die in zwei virtuell ausgerichteten *Hackathons* online von der KI-Community bearbeitet wurden. Im Jahr 2021 wurde gemeinsam mit dem Fraunhofer IEM die Implementierung des zweiten Use Cases „Smarte Produktentwicklung durch Kundenfeedback“ gestartet. Als wichtiger Meilenstein konnte die Realproduktion eines nachhaltigen Kunststoffbechers im Oktober 2021 in der SmartFactoryOWL in Betrieb genommen werden. Darüber hinaus wurden drei weitere *Hackathons* mit drei weiteren *Challenges* durchgeführt. Insbesondere diese ersten beiden Projektjahre waren geprägt durch die COVID-Pandemie, die die Durchführung der *Hackathons* als virtuelles Format erforderlich machte, die Reisetätigkeit einschränkte und Beschaffungsprozesse verlangsamte. In 2022 wurden die Implementierungen beider Use Cases abgeschlossen. Die CCM-Implementierung inkl. webbasierter Demonstration wurde auf der ZVEI-Führungskreis Industrie 4.0 Konferenz am 13.12.2022 in Frankfurt am Main präsentiert⁵. Darüber hinaus konnte die aktive KI-Community des KI-Reallabors den ersten *Hackathon* in Präsenz in der SmartFactoryOWL in Lemgo ausrichten. Hierbei stand die Vorhersage des Energieverbrauchs der Realproduktion im Mittelpunkt. Um die Auswirkungen der Pandemie zu adressieren, insbesondere weitere *Hackathons* in Präsenz durchführen zu können und alle Projektziele wie ursprünglich geplant erreichen zu können, wurde das Projekt bis zum 31.12.2023 verlängert. Bis zu diesem Datum wurden zwei weitere *Hackathons* durchgeführt, die Datenqualität durch Hard- und Software-Erweiterungen nachhaltig gesteigert und das Projekt wie geplant abgeschlossen.

Ergebnisse und Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen

Im Rahmen des Use Cases CCM wurden zum Spezifikationsstand GAIA-X konforme Technologien in einer entwickelten webbasierten Demonstration pilotiert und auf der ZVEI-Führungskreis Industrie 4.0 Konferenz am 13.12.2022 in Frankfurt am Main präsentiert⁵. Als Ergebnis der Umsetzung des Use Case „Smarte Produktentwicklung durch Kundenfeedback“ durch das Fraunhofer IEM ist eine Demonstration in der SmartFactoryOWL entstanden, in der via QR-Code auf den in der Realproduktion gefertigten Kunststoffbechern, Kundenfeedback im standardisierten Format der AAS gesammelt und mittels Sentiment-Analyse interpretiert werden konnte. Als wesentliches Ergebnis ist weiterhin die Etablierung der Realproduktion nachhaltiger Kunststoffbecher selbst zu nennen, die auch nach Projektende in der SmartFactoryOWL weiter betrieben wird. Daten rund um die Realproduktion werden erfasst und im Sinne eines Datengenerators in der Datenplattform auf dem Edge-Cluster der SmartFactoryOWL gespeichert und weiterverarbeitet. Die Software-Architektur der Datenplattform wurde im Rahmen des KI-Reallabors konzipiert und als „*Digital Twin Platform for Industrie 4.0*“⁶ in Form eines Buchkapitels publiziert. Ein Datenportal wurde entwickelt und für die Veröffentlichung von Datensätzen aus dem KI-Reallabor verwendet⁷. Im Rahmen der KI-Arena wurde die *AICommunityOWL* gegründet und verstetigt, die weiterhin *Hackathons* in der SmartFactoryOWL ausrichtet. Bereits zur Projektlaufzeit wurden acht *Hackathons* mit insgesamt elf *Challenges* durchgeführt. Im Rahmen des Transfers wurden sieben Vorträge auf externen Events gehalten, drei Informationsveranstaltungen durchgeführt, zweimal als Aussteller bei dem *AI Monday NRW* teilgenommen und vier Umsetzungsprojekte gestartet. Darüber hinaus wurden zahlreiche Lab-Touren durchgeführt und auf Webseiten, in Social Media, Online- & Printmedien sowie im Fernsehen über das KI-Reallabor berichtet. Darüber hinaus hat das KI-Reallabor zur Gestaltung der Vorlesung „Künstliche Intelligenz“, sowie den Blockseminaren Programmiersprachen 1 & 2 an der Technischen Hochschule Ostwestfalen-Lippe beigetragen. Das Projekt war Bestandteil von zwei Abschlussarbeiten. Die Arbeiten rund um CCM werden im Rahmen des BMWK-Projektes *Factory-X* gemeinsam mit weiteren Unternehmen wie u.a. TRUMPF, FESTO, Wittenstein, Schunk und Bosch Rexroth fortgeführt. Die etablierte Realproduktion wird in dem BMUV-Folgeprojekt *Smart-E-Factory* energetisch optimiert und in dem durch das Land NRW geförderten Projekt *CirqualityOWL plus* um Recycling erweitert.

⁵ Pethig, „Pilotierung von Collaborative Condition Monitoring (CCM) im KI Reallabor der SmartFactoryOWL“, Präsentation, ZVEI-Führungskreis Industrie 4.0 Konferenz, 13.12.2022, Frankfurt am Main

⁶ Redeker, Weskamp, Rössl, Pethig: A Digital Twin Platform for Industrie 4.0, Chapter in: Data Spaces: Design, Deployments, and Future Directions, BDVA, Springer, 2022

⁷ Online, Zugriff 10.05.2024: <https://daten.ki-reallabor.de/>

Sachbericht zum Verwendungsnachweis

Sachbericht „KI-Reallabor für die Automation und Produktion - Reallabor für die Anwendung von Künstlicher Intelligenz in Industrie 4.0“ (KI-Reallabor)

Teil II

Eingehende Darstellung

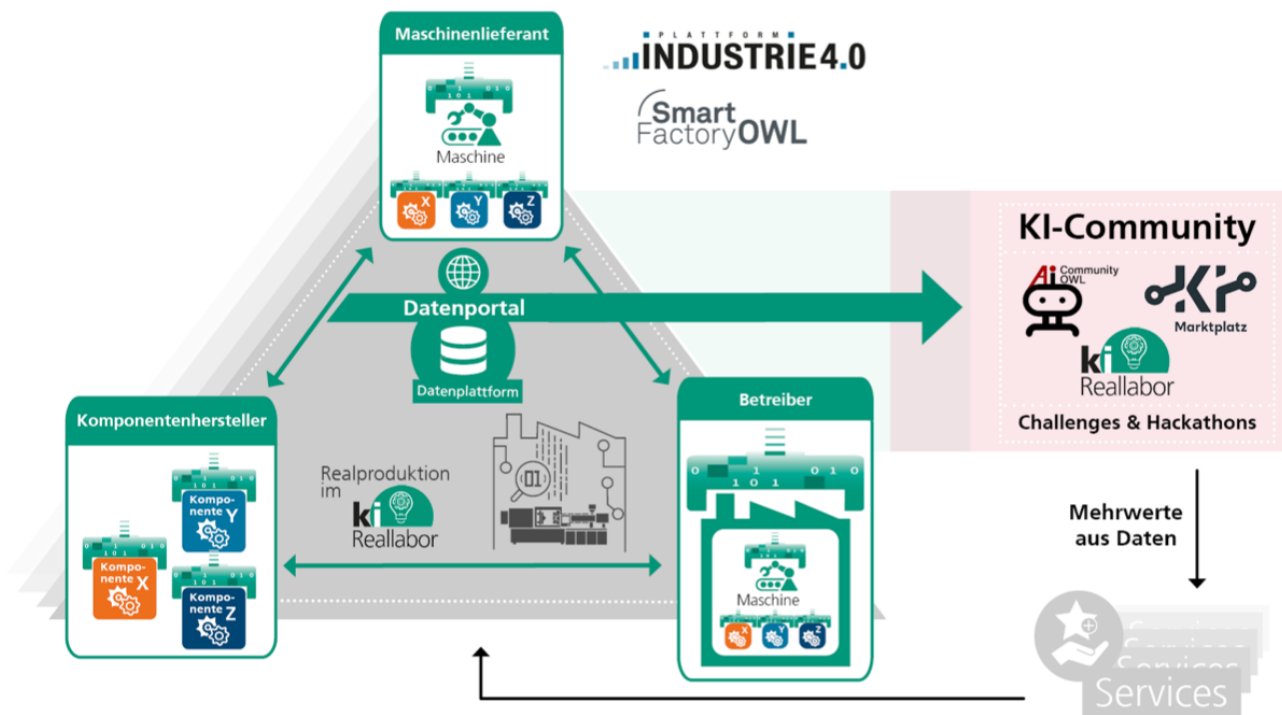
Projektlaufzeit: 01.01.2020 – 31.12.2023
Förderkennzeichen: 13140V004A
Datum: 28.06.2024
Kontakt: florian.pethig@iosb-ina.fraunhofer.de

Inhaltsverzeichnis

<i>Inhaltsverzeichnis</i>	1
<i>Einleitung und Zusammenfassung</i>	2
<i>Durchgeführte Arbeiten</i>	3
AP1 Use Cases aus Plattform I4.0.....	3
AP2 Ausbau Ökosystem KI Reallabor	9
AP3 Datengenerator	12
AP4 Datenportal	14
AP5 KI-Arena	14
AP6 Steuerkreis	17
AP7 Öffentlichkeitsarbeit und Transfer	17
AP8 Projektmanagement.....	18
<i>Wichtigste Positionen</i>	18
<i>Fortlaufende Verwertung</i>	19
Wirtschaftliche Verwertung.....	19
Wissenschaftlich-technische Verwertung	19
Wissens- und Ergebnistransfer	19
<i>Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens</i>	19
<i>Veröffentlichungen</i>	20
<i>Anhang (Literaturverzeichnis)</i>	20

Einleitung und Zusammenfassung

Zum Start des Projektes „KI-Reallabor für die Automation und Produktion“ (KI-Reallabor) im Jahr 2020 stand die Industrie vor der Herausforderung, dass der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) auf der einen Seite ein hohes Nutzenpotential und neue Geschäftsmodelle versprach, auf der anderen Seite jedoch vielen Beschränkungen unterlag. Auf Seiten der Industrie fehlte ein direkter Bezug zu ihren praktischen Problemstellungen und auf Seiten der KI-Lösungsanbieter fehlte der Zugang zu industrieller Infrastruktur, um passgenaue Lösungen entwickeln und an realen Produktionsanlagen evaluieren zu können. In enger Abstimmung mit der Plattform Industrie 4.0 und unter Berücksichtigung ihres Leitbildes 2030 (Interoperabilität, Souveränität, Nachhaltigkeit), sollten Verfahren in dem Reallabor für die Anwendung in unterschiedlichen Industrie 4.0-Anwendungsszenarien erprobt und der industriellen Nutzung zugänglich gemacht werden. Hierzu sollte die bestehende Infrastruktur der SmartFactoryOWL¹ weiter ausgebaut und insbesondere um die im Zentrum der Abbildung 1 dargestellte Realproduktion erweitert werden, die neben Demonstratoren eine realistischere Forschungsumgebung, insbesondere in Bezug auf zu erfassende und zu analysierende Daten, darstellen sollte. Wie der in Abbildung 1 dargestellten Projektstruktur entnommen werden kann, sollten Daten auf einer Datenplattform erfasst und über ein Datenportal verfügbar gemacht werden. Eine im Rahmen des Projekts aufzubauende KI-Community sollte KI-Anbieter einbinden, die offene „Challenges“ in einem „Hackathon“ genannten Veranstaltungsformat adressieren sollten.



Quelle: In Anlehnung an Plattform Industrie 4.0

Abbildung 1: Projektstruktur

Das KI-Reallabor sollte den Stand der Technik, wie bspw. die Industrie 4.0-Verwaltungsschale (Asset Administration Shell, AAS)², die OPC Unified Architecture (OPC UA) und Anwendungsfälle wie „Smarte Produktentwicklung durch Kundenfeedback“ und „Collaborative Condition Monitoring“ (CCM) aus dem Umfeld der Plattform Industrie 4.0 berücksichtigen, implementieren und demonstrieren. Im Hinblick darauf eine europäische Datenökonomie voranzutreiben, starteten zeitgleich weitere Umsetzungsprojekte³, wie bspw. GAIA-X⁴, und die übergreifende Projektgruppe „Collaborative Condition Monitoring“ der Plattform Industrie 4.0.

Zu Projektbeginn im Jahr 2020 wurde das KI-Reallabor zeitnah als Implementierungsprojekt des Plattform Industrie 4.0 Use Cases CCM platziert. In Diskussion mit dem „Führungskreis Industrie

¹ Online, Zugriff 10.05.2024: <https://smartfactory-owl.de/>

² Online, Zugriff 10.05.2024: <https://industrialdigitaltwin.org/content-hub/downloads>

³ Online, Zugriff 10.05.2024: <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/DE/Angebote-Ergebnisse/Umsetzungsprojekte/umsetzungsprojekte.html>

⁴ Online, Zugriff 10.05.2024: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/gaia-x.html>

4.0“ des Verbands der Elektro- und Digitalindustrie (ZVEI e.V.) wurde gemeinsam definiert, dass das KI-Reallabor CCM mittels GAIA-X implementieren sollte. Im ersten Projektjahr konnten vier *Challenges*, bspw. aus den Bereichen *Smart Pneumatics* und Logistik, definiert werden, die in zwei virtuell ausgerichteten *Hackathons* online von der KI-Community bearbeitet wurden. Im Jahr 2021 wurde gemeinsam mit dem Fraunhofer IEM die Implementierung des zweiten Use Cases „Smarte Produktentwicklung durch Kundenfeedback“ gestartet. Als wichtiger Meilenstein, konnte die Realproduktion eines nachhaltigen Kunststoffbechers im Oktober 2021 in der SmartFactoryOWL in Betrieb genommen werden. Darüber hinaus wurden drei weitere *Hackathons* mit drei weiteren *Challenges* durchgeführt. Insbesondere diese ersten beiden Projektjahre waren geprägt durch die COVID-Pandemie, die die Durchführung der *Hackathons* als virtuelles Format erforderlich machte, die Reisetätigkeit einschränkte und Beschaffungsprozesse verlangsamte. In 2022 wurden die Implementierungen beider Use Cases abgeschlossen. Die CCM-Implementierung inkl. webbasierter Demonstration wurde auf der ZVEI-Führungskreis Industrie 4.0 Konferenz am 13.12.2022 in Frankfurt am Main präsentiert [27]. Darüber hinaus konnte die aktive KI-Community des KI-Reallabors den ersten *Hackathon* in Präsenz in der SmartFactoryOWL in Lemgo ausrichten. Hierbei stand die Vorhersage des Energieverbrauchs der Realproduktion im Mittelpunkt. Um die Auswirkungen der Pandemie zu adressieren, insbesondere weitere *Hackathons* in Präsenz durchführen zu können und alle Projektziele wie ursprünglich geplant erreichen zu können, wurde das Projekt bis zum 31.12.2023 verlängert. Bis zu diesem Datum wurden zwei weitere *Hackathons* durchgeführt, die Datenqualität durch Hard- und Software-Erweiterungen nachhaltig gesteigert und das Projekt wie geplant abgeschlossen.

Im Rahmen des Use Cases CCM wurden zum Spezifikationsstand GAIA-X konforme Technologien in einer entwickelten webbasierten Demonstration pilotiert. Als Ergebnis der Umsetzung des Use Case „Smarte Produktentwicklung durch Kundenfeedback“ durch das Fraunhofer IEM, ist eine Demonstration in der SmartFactoryOWL entstanden, in der via QR-Code auf den in der Realproduktion gefertigten Kunststoffbechern, Kundenfeedback im standardisierten Format der AAS gesammelt und mittels Sentiment-Analyse interpretiert werden kann. Als wesentliches Ergebnis ist weiterhin die Etablierung der Realproduktion nachhaltiger Kunststoffbecher selbst zu nennen, die auch nach Projektende in der SmartFactoryOWL weiter betrieben wird. Daten rund um die Realproduktion werden erfasst und im Sinne eines Datengenerators in der Datenplattform auf dem Edge-Cluster der SmartFactoryOWL gespeichert und weiterverarbeitet. Die Software-Architektur der Datenplattform wurde im Rahmen des KI-Reallabors konzipiert und als „*Digital Twin Platform for Industrie 4.0*“ in Form eines Buchkapitels publiziert [20]. Ein Datenportal wurde entwickelt und für die Veröffentlichung von Datensätzen aus dem KI-Reallabor verwendet⁵. Im Rahmen der KI-Arena wurde die *AICommunityOWL* gegründet und verstetigt, die weiterhin *Hackathons* in der SmartFactoryOWL ausrichtet. Bereits zur Projektlaufzeit wurden 8 *Hackathons* mit insgesamt elf *Challenges* durchgeführt. Im Rahmen des Transfers wurden sieben Vorträge auf externen Events gehalten, drei Informationsveranstaltungen durchgeführt, zweimal als Aussteller bei dem *AI Monday NRW* teilgenommen und vier Umsetzungsprojekte gestartet. Darüber hinaus wurden zahlreiche Lab-Touren durchgeführt und auf Webseiten, in Social Media, Online- & Printmedien sowie im Fernsehen über das KI-Reallabor berichtet. Darüber hinaus hat das KI-Reallabor zur Gestaltung der Vorlesung „Künstliche Intelligenz“, sowie den Blockseminaren Programmiersprachen 1 & 2 an der Technischen Hochschule Ostwestfalen-Lippe beigetragen. Das Projekt war Bestandteil von 2 Abschlussarbeiten. Die Arbeiten rund um CCM werden im Rahmen des BMWK-Projektes *Factory-X* gemeinsam mit weiteren Unternehmen wie u.a. TRUMPF, FESTO, Wittenstein, Schunk und Bosch Rexroth fortgeführt. Die etablierte Realproduktion wird in dem BMUV-Folgeprojekt *Smart-E-Factory* energetisch optimiert und in dem durch das Land NRW geförderten Projekt *CirqualityOWL plus* um Aspekte des Recyclings erweitert.

Durchgeführte Arbeiten

AP1 Use Cases aus Plattform I4.0

Das übergeordnete Ziel des ersten Arbeitspaketes (AP) war die Verprobung von Anwendungsszenarien der Plattform Industrie 4.0. Als Ergebnisse sollten Demonstrationen und „Best Practices“ zur Implementierung der Use Cases „Condition Monitoring“ und „Smarte Produktentwicklung und Produktoptimierung durch Kundenfeedback“ entstehen.

⁵ Online, Zugriff 10.05.2024: <https://daten.ki-reallabor.de/>

AP1.1 Planung Use Cases

Zu Projektbeginn im Jahr 2020 wurde der Use Case „Condition Monitoring“ in Diskussion mit der Plattform Industrie 4.0 und dem Führungskreis Industrie 4.0 des Verbands der Elektro- und Digitalindustrie e. V. (ZVEI) zu CCM weiterentwickelt. Im Hinblick darauf eine europäische Datenökonomie voranzutreiben, starteten zeitgleich mit dem KI-Reallabor weitere Umsetzungsprojekte⁶, wie bspw. GAIA-X⁷. In enger Abstimmung mit Plattform Industrie 4.0 und ZVEI konnte das KI-Reallabor als Implementierungsprojekt für „CCM mittels GAIA-X“ platziert werden. Details zu diesem Use Case finden sich in Abschnitt AP1.2.

Der Use Case „Smarte Produktentwicklung“ wurde in monatlichen Abstimmungsterminen gemeinsam mit dem Fraunhofer IEM begleitet und konnte im Jahr 2022 abgeschlossen werden. Details zu diesem Use Case finden sich in Abschnitt AP1.3.

AP1.2 Pilotprojekt: Use Case Condition Monitoring

Grundsätzlich fokussiert der Use Case CCM auf den unternehmensübergreifenden und multilateralen Austausch von Daten für ein kollaboratives Condition Monitoring. Gemäß dem in Abbildung 1 dargestellten sogenannten Dreier-Fraktal als innovatives Wertschöpfungsnetzwerk, soll u.a. ein direkter Informationsaustausch zwischen Komponentenherstellern und Fabrikbetreiber ermöglicht werden. Wie bereits oben geschildert, lag der Fokus des AP 1.2 auf der Pilotierung von CCM mittels GAIA-X „Federation Services“. Leider waren zur Projektlaufzeit keine implementierten GAIA-X „Federation Services“ verfügbar, sodass die Spezifikationspapiere von GAIA-X analysiert und in regelmäßigen Projekttreffen gemeinsam mit der Plattform Industrie 4.0 und dem ZVEI-Führungskreis Industrie 4.0 diskutiert wurden. Für die Implementierung im Rahmen dieses AP 1.2 wurden dem Verständnis des Teams nach GAIA-X-konforme Technologien ausgewählt und verwendet. Die Implementierung wurde in der SmartFactoryOWL anhand des vorhandenen und in Abbildung 2 dargestellten Produktionssystems („Customizable Production System“, CPS) validiert. Die Informationshierarchie dieses CPS wurde mittels Verwaltungsschalen (VWS) abgebildet, d.h. für das CPS („Production System“ in Abbildung 3), die unterlagerten Produktionsmodule („Machines“ in Abbildung 3) und wiederum unterlagerte Komponenten wurden VWS modelliert. Die Abbildung des Produktionssystems mittels VWS ist der erste Schritt in Richtung einer für CCM notwendigen Interoperabilität. Wie in Abbildung 3 dargestellt löste sie jedoch nicht Herausforderungen wie das Auffinden von VWS („Discovery“), den Identitätsnachweis oder den souveränen Datenaustausch. Hierzu werden Services benötigt, die diese in den GAIA-X-Konzepten vorgedachten Punkte adressieren. Gemeinsam mit dem oben genannten Team wurden geeignete Technologien für die Umsetzung dieser Services ausgewählt und prototypisch für eine webbasierte Demonstration implementiert.

Bei den ausgewählten Technologien handelte es sich im GAIA-X-Bereich „Identity & Trust“ um den sogenannten „Trust over IP“ (ToIP) Stack: Eine Blockchain-Instanz auf Basis des „Hyperledger Indy“-Frameworks, Softwarekomponenten, die dezentral Identitäten und andere digitale Zertifikate ausstellen, halten und präsentieren können, sowie der Applikation, die auf Geschäftsebene Mehrwerte mit jenen Identitäten schaffen kann. Führend war dabei stets der Gedanke, durch den Einsatz der VWS auch eine unternehmensübergreifende Interoperabilität zu schaffen. Für den GAIA-X „Federated Catalogue“ wurde die Graphdatenbank neo4j als konforme Technologie ausgewählt. In dieser Datenbank wurden Teile der Core-Ontologie von GAIA-X, sowie des VWS-Metamodells modelliert, um über eine Suche im Katalog Information über vorhandene VWS auffinden zu können. So kann ein Hersteller nach VWS seiner Komponenten suchen und erhält Endpunkte, über die er eine Verbindung für CCM zu diesen Komponenten aufbauen kann. Für den GAIA-X-konformen souveränen Datenaustausch setzte die Pilotierung auf die Software-Komponenten AASXServer der Industrial Digital Twin Association (IDTA) und den Eclipse Dataspace Connector (EDC). Der bis dato auf klassischen X509-Zertifikaten basierende AASXServer, wurde um einen GAIA-X-konformen Austausch von Zugriffstoken via „OpenID Connect“ erweitert. Hierbei wurde das X.509-Zertifikat durch sogenannte „Verifiable Credentials“ (VC) ersetzt, welche Teil des Layer 3 im obengenannten ToIP-Stack sind. Durch die Implementierung konnte nicht nur gezeigt werden, dass eine einfach Adaption möglich ist, sondern auch, dass wesentlich umfangreichere Möglichkeiten durch den Einsatz von Self Sovereign Identities (SSI) entstehen können. Dies liegt insbesondere daran, dass beliebige Attribute dezentral signiert und validiert werden können, um sie anschließend in der

⁶ Online, Zugriff 10.05.2024: <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/DE/Angebote-Ergebnisse/Umsetzungsprojekte/umsetzungsprojekte.html>

⁷ Online, Zugriff 10.05.2024: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/gaia-x.html>

Zugriffskontrolle heranzuziehen. Die Weboberfläche der implementierten Demonstration ist in Abbildung 4 dargestellt.

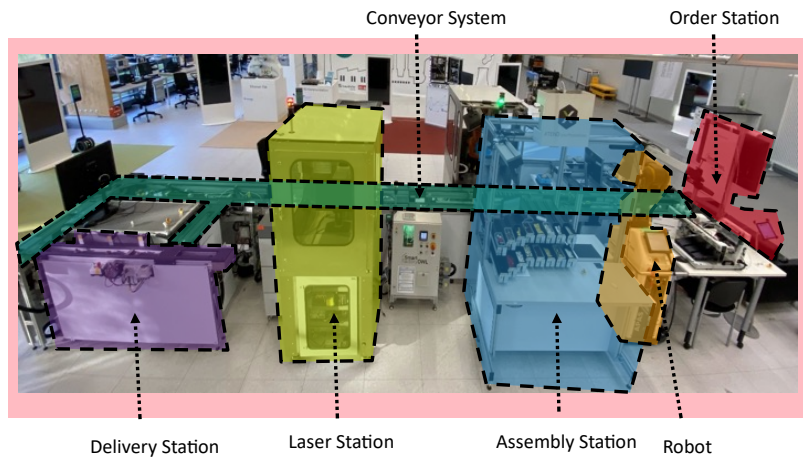


Abbildung 2: Customizable Production System in der SmartFactoryOWL

Heute: Interoperabilität durch die Verwaltungsschale (Asset Administration Shell)

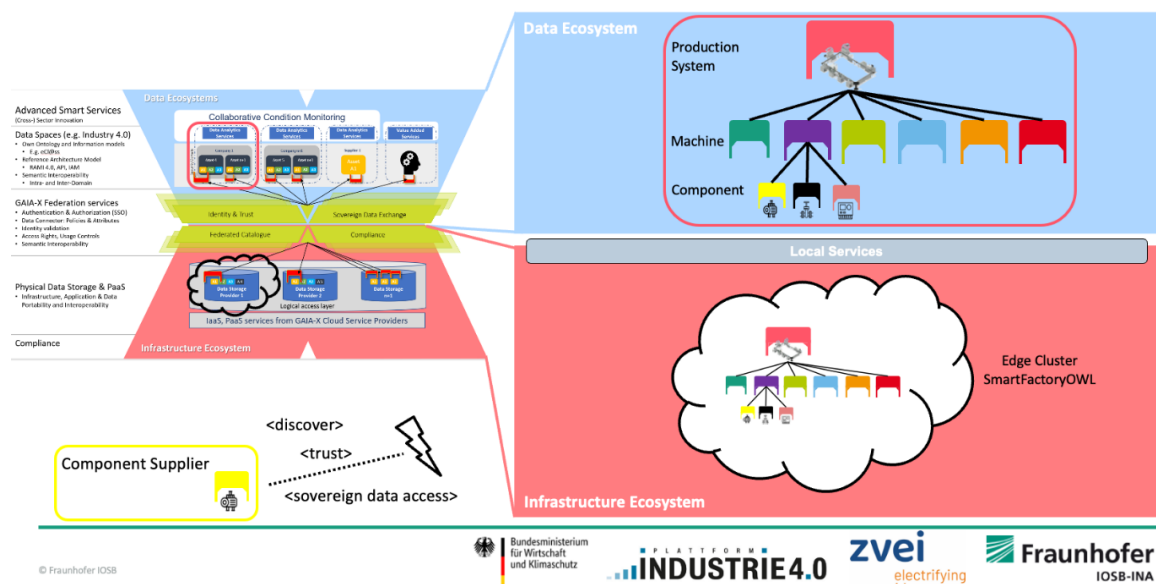


Abbildung 3: Der "Component Supplier" ist ohne GAIA-X kein Teil des Datenraums (Data Ecosystem)

Fabrikbetreiber SmartFactoryOWL

CCM Demo Register Component Browse Catalogue Query Catalogue Browse AASX Server Exchange Data Browse SSI Network

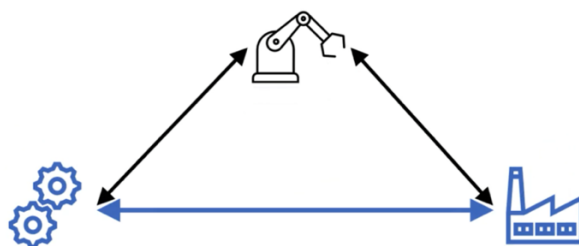


Abbildung 4: Weboberfläche der implementierten Demonstration

AP1.3 Smarte Produktentwicklung und Produktoptimierung durch Kundenfeedback

Der zweite Anwendungsfall zum Thema „Smarte Produktentwicklung und Produktoptimierung durch Kundenfeedback“ wurde durch das Fraunhofer IEM bis Ende 2022 bearbeitet. Ziel war die KI-gestützte Erarbeitung und Rückführung von Kundenfeedback aus unterschiedlichen Lebensphasen in die Produktentwicklung. Erkenntnisse und Erfahrungen aus den verschiedenen Phasen sollen so geschickt verwendet werden, um Produkte zu optimieren und zusätzlich neue Innovationen zu identifizieren. Neben Verbesserungspotentialen für das Produkt lassen sich aus dem generierten Wissen auch Erkenntnisse bzgl. des Produktionssystems ableiten.

Im Rahmen des Anwendungsfalls wurde die Verarbeitung von Kundenfeedback aus dem Betrieb eines Produkts als vielversprechendster Ansatz ausgewählt (Abbildung 5). Nachdem ein Produkt entwickelt und produziert wurde, geht es in den Betrieb. Hier wird es von Kunden benutzt und eingesetzt. Dabei stellen die Kunden fest, ob das Produkt für den vorgesehenen Einsatzzweck geeignet ist, die gewünschten Funktionalitäten bietet und den Anforderungen und Vorstellungen des Kunden entspricht. Die entsprechenden Erkenntnisse stellen eine wichtige Informationsquelle zur Optimierung des Produkts dar, um Kundenwünsche zukünftig besser zu erfüllen. In der Betriebsphase soll Kunden daher die Möglichkeit gegeben werden, Feedback zum Produkt zu abzugeben. Das Feedback soll automatisiert mittels geeigneter KI-Ansätze verarbeitet werden. Die Ergebnisse sollen in der VWS des jeweiligen Produkts dokumentiert und in die Entwicklung zurückgespielt werden. Das Konzept soll grundsätzlich für alle Produkte anwendbar sein. Im Rahmen des KI-Reallabors wurde hierbei die etablierte Realproduktion und der dort hergestellte Mehrwegbecher der Firma CUNA als Anwendungsbeispiel verwendet. In regelmäßigen monatlichen Terminen zwischen dem Fraunhofer IEM, dem Fraunhofer IOSB-INA sowie der Firma CUNA fanden daher Absprachen statt, um den notwendigen Input aus der Praxis zu bekommen. So wurde eine praxistaugliche Lösung ermöglicht.

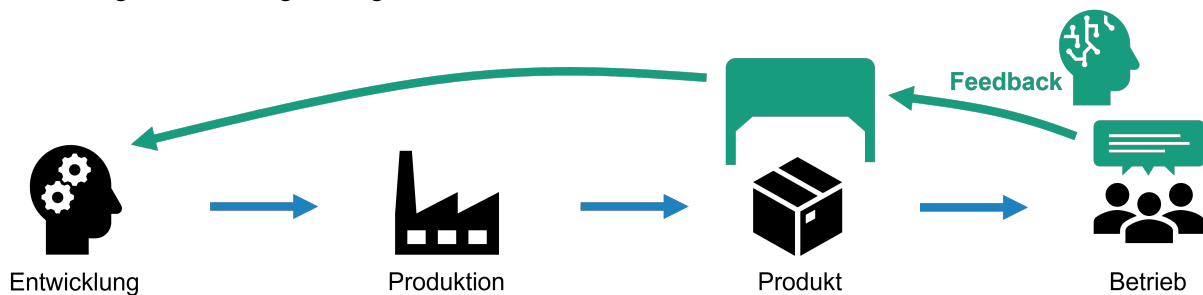


Abbildung 5: Die grundlegende Idee der KI-gestützten Rückführung von Kundenfeedback in die Produktentwicklung.

Zur Dokumentation des Feedbacks in der VWS musste zunächst ein Teilmodell „Feedback“ erarbeitet werden, das als Teil der VWS eines Produkts verwendet werden kann. Es enthält sowohl generelle Aspekte als auch für ein Produkt individuelle Aspekte. Die generellen Aspekte lassen sich für jedes Produkt nutzen. Ausgehend von verschiedenen wissenschaftlichen Arbeiten zu Produktmerkmalen wurden neun generische Produktmerkmale erarbeitet. Dazu zählen bspw. die Gestalt, die Optik oder auch die Funktionalität eines Produkts. Individuelle Aspekte sind am Beispiel des CUNA-Bechers die Häufigkeit des Kaffee-Trinkens, sowie die Angemessenheit des Pfands. Diese Aspekte wurden gemeinsam mit der Firma CUNA erarbeitet.

Für die Dokumentation des Kundenfeedbacks basierend auf dem Teilmodell „Feedback“ wurde das in Abbildung 6 dargestellte Konzept entwickelt. Jedes Produkt bzw. jeder CUNA-Becher hat eine eigene VWS. Diese kann grundsätzliche Teilmodelle, bspw. aus der Produktion, enthalten. Für jedes abgegebene Feedback wird eine Instanz des Teilmodells „Feedback“ erstellt und hinzugefügt. Diese Instanz enthält das konkrete Feedback sowie die Ergebnisse der mittels KI durchgeführten Analyse des Feedbacks. Da der Becher durch das verwendete Pfand-System häufig den Besitzer wechselt, können viele verschiedene Kunden Feedback zu einem konkreten Becher geben. Um das Feedback zusammenzufassen wird das Teilmodell „Feedback-Zusammenfassung“ verwendet. Numerische Bewertungen aus den einzelnen Instanzen werden hier gemittelt dokumentiert und ergeben so übergreifend Auskunft über das Feedback. Für den CUNA-Becher als Produkttyp gibt es zudem eine allgemeine VWS. Hier erfolgen ebenfalls eine Zusammenfassung und Mittelung des Feedbacks. Das Feedback aller Becher wird hier zusammengeführt und übergreifend für den Produkttyp des CUNA-Bechers gespeichert.

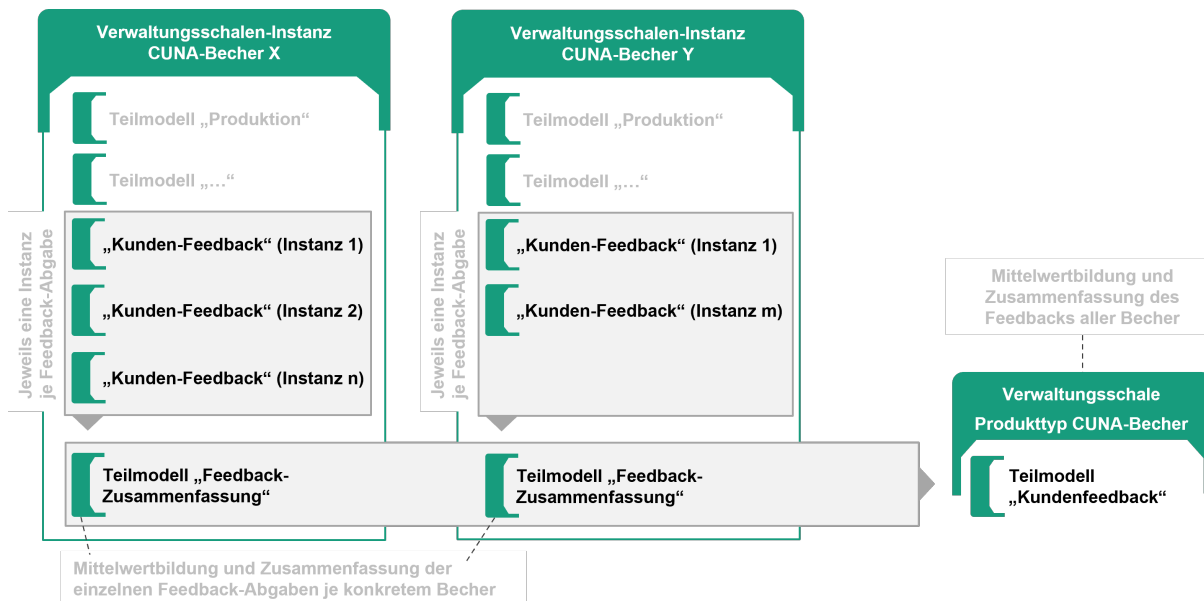


Abbildung 6: Das Konzept des Teilmodells „Feedback“ am Beispiel des CUNA-Bechers.

Im Fokus der KI-basierten Feedback-Analyse steht die Verarbeitung von Freitext-Feedback. Ähnlich zu den bekannten Produktrezensionen sollen Kunden die Möglichkeit bekommen, freies Feedback zum Produkt zu geben. Dieses Feedback soll analysiert und daraus automatisch Schlüsse bzgl. der generischen Produktmerkmale gezogen werden. Wenn ein Kunde bspw. angibt, dass eine Leuchte an einer elektrischen Zahnbürste zu hell leuchtet, entspricht dies einer negativen Bewertung der Interaktion mit dem Produkt.

Dies soll automatisiert erkannt werden. Zunächst wurden verschiedene verfügbare KI- bzw. Machine Learning-Services getestet, analysiert und bewertet. Ein Fokus lag auf Textanalyse-Möglichkeiten. Unter anderem wurden Services von IBM, Amazon und Google untersucht und verglichen. Nach verschiedenen Tests hat sich die Schlagwort-Analyse von IBM Watson als vielversprechender Ansatz zur Analyse von Feedback herausgestellt. Watson kann Texte automatisiert analysieren und liefert als Ergebnis eine Menge an Schlagworten mit einem zugehörigen Sentiment-Wert (deutsch: Stimmungslage). Watson erkennt dabei die wichtigen Schlagworte und analysiert den gesamten Satz und somit den gesamten Kontext. Ein Sentiment-Wert nahe 1 bedeutet eine positive Stimmung, Werte gegen 0 dagegen eine negative Bewertung. So untersucht Watson die einzelnen Sätze eines Freitext-Feedbacks und liefert alle relevanten Schlagworte mit der entsprechenden Bewertung. Dieser Ansatz stellt den Kern der angestrebten Lösung dar (Abbildung 7).

Feedback wird zunächst über eine Benutzerschnittstelle abgegeben. Am Beispiel des CUNA-Bechers wurde eine Web-basierte Feedback-Abgabe realisiert, die von Kunden auch auf mobilen Endgeräten genutzt werden kann. Neben den CUNA-spezifischen Feedback-Möglichkeiten kann Freitext formuliert werden. Der Freitext stellt den Input des KI-Ansatzes dar. Der Text wird an IBM Watson kommuniziert, dann analysiert und als Ergebnis liefert Watson die Schlagworte und zugehörige Sentiment-Werte. Beispielsweise kann das Schlagwort Helligkeit mit 0,95, also sehr positiv, bewertet sein. Diese Information müsste für das Produktmerkmal Funktionalität genutzt werden. Die Größe und Länge dagegen sind bspw. eher negativ bewertet. Beides ist Feedback für das Produktmerkmal Gestalt. Zur weiteren Verwertung der Schlagworte ist entsprechend ein Mapping zu den Produktraspekten in der VWS notwendig. Da die Schlagworte jedoch beliebig sein können, stellt dieses Mapping eine Herausforderung dar. Nach einer ausführlichen Recherche und Tests hat sich gezeigt, dass ein automatisiertes Mapping beliebiger Schlagwörter zu den Produktraspekten nicht möglich bzw. praktikabel ist. Aus diesem Grund wurde der Einsatz eines vordefinierten Mappings bzw. einer vordefinierten Klassifikation der Schlagworte ausgewählt. Über die Klassifikation wird eine feste Menge an Schlagwörtern explizit jeweils einem Produktmerkmal zugeordnet. So können die von Watson identifizierten Schlagwörter mit den klassifizierten Schlagwörtern abgeglichen und entsprechend den Produktmerkmalen zugeordnet werden. Umso größer die Menge an klassifizierten Schlagwörtern ist, umso umfangreicher kann die Analyse erfolgen.

Um viele Schlagwörter zu generieren, wurde das Konzept um die automatische Schlagwortgenerierung erweitert. Dies erfolgt durch die Software-Bibliothek RaKUn und einen Datensatz mit tausenden Kundenrezensionen. RaKUn analysiert die Rezensionen und erstellt eine

Schlagwortliste. Diese wird durch eine im Projekt entwickelte intelligente Analyse vorverarbeitet, die doppelte Schlagwörter und Rechtschreibfehler entfernt und Verben herausfiltert. Die verbleibenden Schlagwörter werden in einer Tabelle aufbereitet. Experten ordnen diese manuell den Produktmerkmalen zu, ähnlich wie bei Watson. So kann beliebiges Feedback automatisch analysiert und Produktmerkmalen zugeordnet werden.

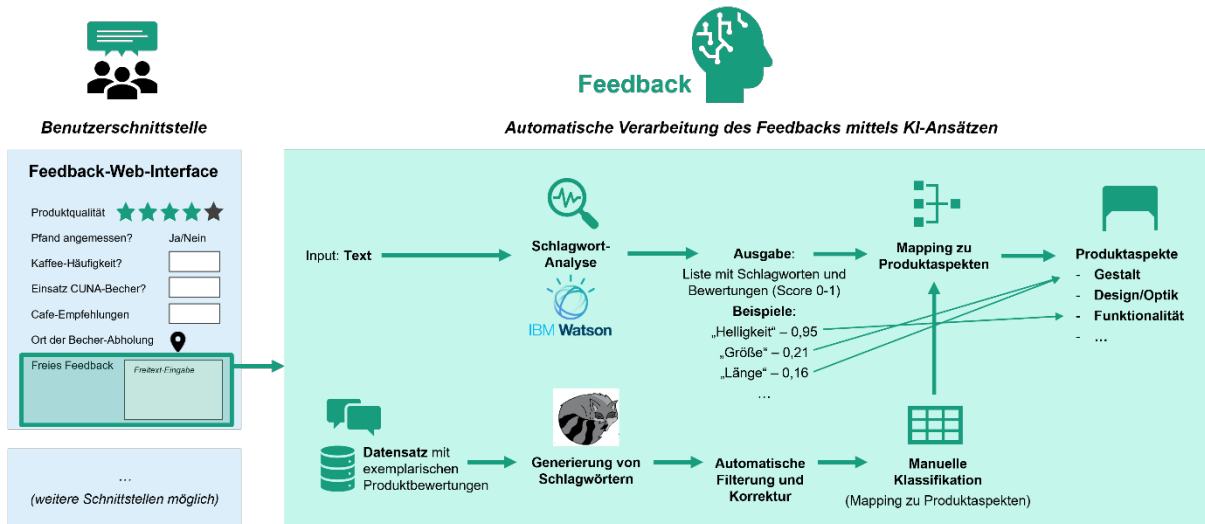


Abbildung 7: Das Konzept der KI-basierten Analyse des Feedbacks. Das Feedback-Web-Interface ist eine beispielhafte Benutzerschnittstelle aus dem Kontext des CUNA-Bechers.

Die technische Struktur der Lösung ist in Abbildung 8 dargestellt. Über verschiedene Benutzerschnittstellen wird Kundenfeedback abgegeben. Im Rahmen des Projekts wurde zunächst ein Web-Interface für den CUNA-Becher realisiert. Die Benutzerschnittstellen kommunizieren mit einer Server-Anwendung, dem Feedback-Web-Service. Er wurde basierend auf node.js und Docker umgesetzt und läuft sowohl beim IEM in Paderborn als auch auf einem Server in der SmartFactoryOWL. Der Web-Service kommuniziert mit den Online verfügbaren Services IBM Watson und RaKUn. Im Web-Service finden zudem die Verarbeitung und Dokumentation des Feedbacks statt. Die Ergebnisse der Feedback-Analyse werden zum einen in einer mongoDB-Datenbank gespeichert. Zudem hat der Web-Service Zugriff auf die VWS und kann entsprechend Teilmodelle erstellen und das Feedback somit in der VWS speichern.

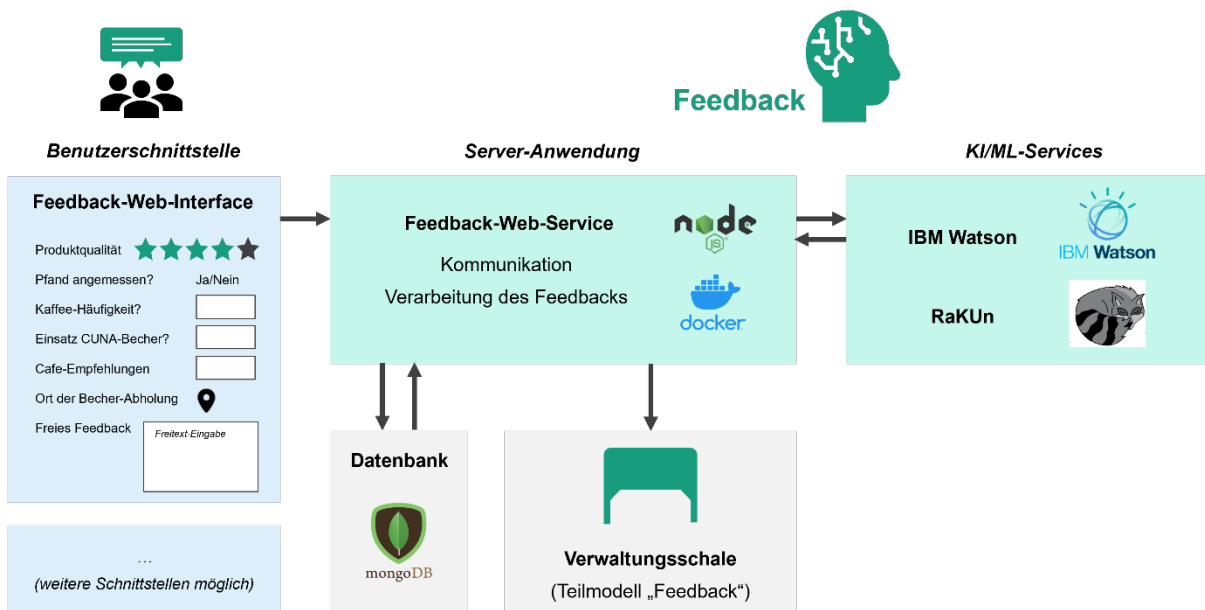


Abbildung 8: Die Struktur der Lösung zur KI-basierten Erarbeitung von Feedback.

Durch die Realisierung als Web-Service ist die Lösung standort-unabhängig erreichbar und einsetzbar. Die in der Realproduktion hergestellten CUNA-Becher gehen in Umlauf und werden in einer Vielzahl an Cafés deutschlandweit eingesetzt. Über einen auf den Becher gedruckten QR-Code kann das Feedback-Web-Interface aufgerufen werden. Über den Code kann jeder Becher zudem eindeutig identifiziert werden. Kunden können von überall Feedback abgegeben. Eine Abfrage des Standorts kann ergänzt werden. Dann kann bei Einwilligung des Kunden der Standort

als Teil des Feedbacks dokumentiert und für weitere Analysen durch CUNA verwendet werden. Das Feedback wird an den Feedback-Web-Service kommuniziert und entsprechend verarbeitet und analysiert. Die Ergebnisse werden weiter an die jeweilige VWS kommuniziert.

AP2 Ausbau Ökosystem KI Reallabor

Ziel des AP 2 war die Weiterentwicklung des Ökosystems SmartFactoryOWL zu einem Reallabor für die optimale Umsetzung der Use Cases der Plattform Industrie 4.0. Zu diesem Zweck wurden in 2020 die Anforderungen aus AP1 analysiert und erste technische Vorkehrungen für die Implementierungen der Use Cases wurden getroffen.

AP2.1 Technische und infrastrukturelle Integration

In einem ersten Schritt wurden drei in der SmartFactoryOWL existierende Demonstrationsanlagen wie das „Customized Production System“ (siehe AP1.1) aufbereitet und die Use Cases bestmöglich in das bestehende Setting integriert. Die generierten Datensätze wurden analysiert und im Rahmen des AP 5.1 für Challenges aufbereitet. Über bestehende Demonstrationsanlagen hinaus sollten die Use Cases aus AP1 an einer in der SmartFactoryOWL aufzubauenden Realproduktion evaluiert werden, die weitaus stärker die Realität der industriellen Produktionsumgebungen und der dortigen Datenstrukturen abbildet. Aufgrund ihres hohen Automatisierungs- und Komplexitätsgrades und der damit verbundenen Datenmenge, wurde eine Spritzgussfertigung im Antrag vorgesehen. Für den Aufbau dieser Realproduktion bildete sich nach internen Abstimmungsgesprächen in 2020 eine Partnerkooperative aus zehn externen und internen Partnern aus dem Bereich Spritzguss für die Entwicklung in der SmartFactoryOWL. Eine intensive Planung in mehreren virtuellen Abstimmungen führte bereits in 2020 zu ersten technischen und infrastrukturellen Anpassungen in der SmartFactoryOWL. Vorbereitende Arbeiten zur Energieversorgung und Wasserkühlung für die Realproduktion wurden initiiert. Für den Aufbau der Realproduktion wurde zunächst eine Fläche von bis zu 100 m² in der SmartFactoryOWL reserviert (siehe Abbildung 9, rechts). In 2021 fand der Aufbau und die Inbetriebnahme der Realproduktion in der SmartFactoryOWL statt. Anfang 2021 stand insbesondere die elektronisch-mechanisch-informatische Konzeption der Produktion im Vordergrund, um die Anforderungen an eine automatisierte, individualisierbare und zugängliche Produktion zu erfüllen. Hierfür wurde die in Abbildung 9 links dargestellte Spritzgussanlage mit einer geschlossenen Roboter- und Laserzelle konzipiert.

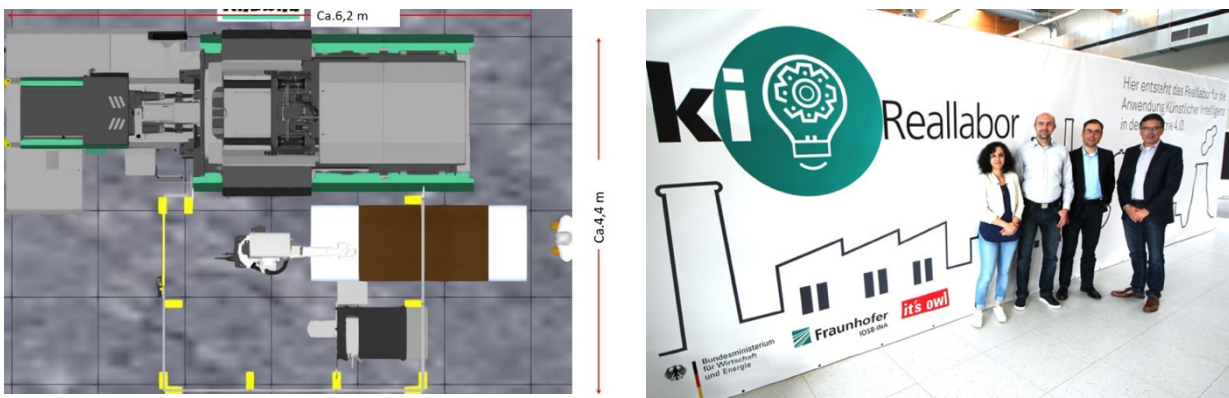


Abbildung 9: Planung und Aufbau der Realproduktion

Diese Produktionsanlage stellt Kaffeebecher aus einem Biopolymer her, die über eine Laserbeschriftung individualisiert werden können. Durch ein Magazin mit vorgefertigten Halbschalen kann eine flexible und jederzeit verfügbare Beschriftung ermöglicht werden, auch ohne den Spritzgussprozess und einen umfassenden Aufheizvorgang zu starten. Über ein Förderband werden die Fertigteile zur Verfügung gestellt. Die Peripherie wird über die Materialzuführung und -vorverarbeitung dargestellt. Diverse vorbereitende und technische Maßnahmen mussten darüber hinaus durchgeführt werden. So wurden elektrische Leitungen verlegt, eine eigene Verteilung für ein optimiertes Energiemonitoring eingebaut, ein Hochregal aufgebaut und der Materialfluss definiert. Die informationstechnische Anbindung erfolgt über ein eigenes Subnetz in der SmartFactoryOWL. Eine Zellensteuerung wurde konzipiert, um die Daten von allen Quellen abzugreifen und in einem interoperablen Datenformat verfügbar zu machen. Im August 2021 wurde die Anlieferung und der Aufbau der Anlagen durchgeführt. Aufgrund einer leicht verzögerten Werkzeuglieferung wurde die Produktion final im Oktober 2021 in Betrieb genommen.



Abbildung 10: Hadi-Plast Mitarbeiter betreibt Anlage der Realproduktion (Oktober 2021)

Nach dem Aufbau und der Inbetriebnahme der Realproduktion in 2021 wurden die notwendigen Arbeiten zur Datenintegration gestartet. Zu diesem Zwecke wurden mehrere OPC-UA Server aus den Systemen an eine zentrale Zellensteuerung angebunden. Zuerst wurden die Peripheriegeräte mit unterschiedlichen Schnittstellen über Adapter oder direkt an die zentrale Zellensteuerung angebunden. Um die Daten zu erfassen wurde eine Zeitseriendatenbank aufgesetzt, die die Daten aus den produzierenden Phasen speichert. Auch die Arburg-Steuerung, bestehend aus einer Gestica-Steuerung mit OPC-UA Server und einer Selogica-Steuerung für die Robotik wurde an die Datenbank angebunden. Im Detail konnten im Berichtszeitraum folgende Komponenten integriert werden: Arburg Spritzgussanlage, KUKA Robotik, REA Faserlaser, Digicolor Granulattrockner, Easytemp Temperiergerät. Darüber hinaus wurden zwei Messkreise installiert, um den Stromverbrauch an der Realproduktion zu erfassen. Der erste Messkreis umfasst die Spritzgussanlage, Robotik und den Laser. Der zweite Messkreis misst den Stromverbrauch der Peripheriegeräte. Außerdem wurde die Integration des Kühlaggregats Ende 2022 begonnen. Daten aus unterschiedlichen Produktionszyklen der Realproduktion werden im Sinne eines Datengenerators in die o.g. Datenbank geschrieben. Einschränkungen, bspw. in Bezug auf die vorhandene OPC-UA Infrastruktur an den Maschinen wurden in der Betriebszeit 2022 und 2023 behoben. Darüber hinaus wurden die Daten ausgewertet und in einem Dashboard aufbereitet, das als „Hadi-Terminal“ dem Betreiber der Realproduktion Hadi-Plast zur Verfügung gestellt wurde. Das „Hadi-Terminal“ ist seit Mitte 2022 auf dem Shopfloor der SmartFactoryOWL in Betrieb und visualisiert Energie- und Prozessdaten. In 2023 wurden weitere Automationskomponenten integriert, um periphere Prozesse wie die Verpackung und Logistik zu automatisieren und weitere Daten zu gewinnen. Die stark automatisierte Produktion dient seither als Referenzmodell für Interoperabilität und eine funktionierende Vernetzung und Datenintegration.

AP2.2 Strukturelle Anpassung des KI Reallabors

Ziel dieses Arbeitspakets war es, die unternehmerische Realität in einer aus mehreren Partnern bestehenden Wertschöpfungskette in einer hieraus resultierenden Datenmenge abzubilden. Über die Realproduktion wurde das in der Plattform Industrie 4.0 konzipierte Dreierfraktal abgebildet, denn im Rahmen der Kooperative, bestehend aus zehn Partnern, wurden die Perspektiven des Betreibers, des Maschinenbauers und der Komponentenlieferanten dargestellt. Die Realproduktion ermöglichte die Abbildung der Use Cases aus AP 1.2 und AP 1.3 sowie eine Generierung von Daten (AP3) für das Datenportal (AP4) und *Challenges* für die KI Arena (AP5). Konzeption, Partnersuche und Planung der Realproduktion konnten in der oben dargestellten Konstellation 2020 abgeschlossen werden. Als besondere Herausforderung stellten sich neben den allgemeinen coronabedingten Einschränkungen im Jahr 2020 und 2021, welche persönliche Treffen und die Aufbauten in der SmartFactoryOWL erschwerten, die Vertragsverhandlungen zur Realproduktion heraus. Die einzigartige Konstellation und gemeinsame Wirkung an einem Forschungsdemonstrator mit realem Wirtschaftscharakter barg eine hohe Komplexität und rechtliche Abhängigkeiten. Die daraus resultierenden Vertragsverhandlungen (Überlassungsvertrag, Mietvertrag, Anlagennutzungsvertrag, Kooperationsvertrag, etc.) nahmen in 2020 und 2021 viel Zeit in Anspruch, bilden jedoch seither eine stabile Grundlage für die Zusammenarbeit in der Kooperative sowie für den Datenaustausch und die Datennutzung in einem kollaborativen Kontext. Aus der Realproduktion wurde offiziell die „CUNA Produktion“, zum einen um die Verbindung zum nachhaltigen Produkt herzustellen, zum anderen um eine höhere Akzeptanz der dargestellten Technologien in der Industrie zu erlangen. So sorgte die Benennung „Realproduktion“ bei Industrieunternehmen doch immer wieder für Verwunderung, denn

in der Industrie ist selbstverständlich jede Produktion real. So wurde die CUNA-Produktion am 26.01.2022 eingeweiht und VertreterInnen aus Industrie, Politik und Wirtschaft demonstriert. Die Veranstaltung wurde aufgrund der noch geltenden Corona-Einschränkungen als hybrides Format durchgeführt. Von ungefähr 100 geladenen Gästen waren über 70 VertreterInnen online zugeschaltet und verfolgten auf diesem Weg die Veranstaltung. Ausgewählte TeilnehmerInnen waren in Präsenz in der SmartFactoryOWL und weihten diese feierlich ein (siehe Abbildung 11).



Abbildung 11: Einweihung der CUNA-Produktion am 26.01.2022

Nach der Inbetriebnahme der CUNA-Produktion im Oktober 2021 wurde der aktuelle Stand der Technik des Aufbaus dokumentiert, um ihn in den technischen AP des Projekts diskutieren und weiterentwickeln zu können (siehe Abbildung 12). In neun unterschiedlichen Technologiefeldern wurden Bewertungen vorgenommen, u. a. in Bezug auf den Stand der Digitalisierung und die Datenqualität. Die Anlage der Realproduktion spiegelte den Stand der Technik auch in dem Sinne wieder, dass die eingesetzten Systemkomponenten unterschiedliche Kommunikationstechnologien und Informationsmodelle beinhalten. In einigen Fällen waren Industrie 4.0-konforme Schnittstellen wie OPC-UA bereits integriert. Daher bestand eine wesentliche Arbeit seit Oktober 2021 darin, hierfür die Anbindungen zu entwickeln und die Daten zu integrieren. In einem Workshop im März 2021 erarbeitete das Fraunhofer IOSB-INA mit den Partnern aus der Realproduktion eine Roadmap für die nächsten Schritte. Ziel war die Erarbeitung eines gemeinsamen Verständnisses für die Realproduktion, in dem die unterschiedlichen Akteure wie Betreiber, Maschinenbauer und Komponentenzulieferer gleichermaßen ihre Anforderungen und Interessen einbringen können und Mehrwerte erarbeiten können. Hierbei wurde auf die unterschiedlichen Interessenlagen geachtet und Stakeholder für die zukünftige Zusammenarbeit wurden definiert. Im Rahmen von Technologiekreisen arbeiteten diese Stakeholder seit 2022 an der technologischen Vertiefung dieses Datenraums, um damit verbundene Mehrwerte voranzubringen.



Abbildung 12: Auszug aus der Dokumentation zur Bewertung des Technologiestatus der Realproduktion

AP2.3 Regulatorischer Rahmen und Standardisierung

Im Rahmen eines Reallabors wird ein Konstrukt geschaffen, das möglichst realen Begebenheiten entsprechen sollte, Forschungsfragen experimentell integriert und umsetzt. Bei dem Aufbau der Realproduktion waren insbesondere die vertraglichen Gegebenheiten komplex, denn eine reale Produktion entspricht nur dann realen Begebenheiten, wenn wirtschaftlich produziert wird, d.h. Ansprüche an Qualität, Zeit, Menge und Kosten bestehen. Auch die Use Cases können nur dann repräsentativ umgesetzt werden, wenn die relevanten Akteure, bspw. im Dreierfraktal der Maschinenbauer, der Komponentenhersteller und der Betreiber, in einer realen Situation miteinander Daten austauschen. Die regulatorische Grundlage für einen kollaborativen Datenraum kennzeichnet sich durch unterschiedliche Interessenlagen der Partner. Aus diesem Grund wurden vertragliche Grundlagen geschaffen, um die Zusammenarbeit und den Datenaustausch im Datenraum der Realproduktion zu ermöglichen. Die Verträge mit den Partnern schaffen die Grundlage, mit der Daten zu Prozessen, Produkten etc. offen für die Datenplattform bereitgestellt, gleichzeitig jedoch sensible Unternehmensdaten geschützt werden können. Die Erfahrung aus dem Projekt hat gezeigt, dass die meisten Unternehmen Vorbehalte bei der Bereitstellung industrieller Datenmengen haben. Diese reichen von einer Unsicherheit in Bezug auf den tatsächlichen Wert der bereitzustellenden Daten, bis zu rechtlichen und Lizenz-technischen Fragestellungen. Zu diesem Themenkomplex haben Abstimmungen mit einem auf Datenschutz und Datenanalyse spezialisierten Rechtsanwalt aus der PI4.0 PG CCM stattgefunden. An Daten bestehen keine Ausschließlichkeitsrechte (z. B. Eigentum oder Urheberrecht), sodass eine Lizenzierung der z. B. im Rahmen des KI Reallabors bereitgestellten Datensätze nicht ohne weiteres möglich erschien. Als Option stand die Etablierung von zu akzeptierenden Nutzungsbedingungen für das Datenportal des KI Reallabors im Raum, was jedoch dem ursprünglichen „Open Data“-Gedanken des Projekts widersprechen würde. Somit wurden im Projekt ausschließlich offene Datensätze bereitgestellt.

AP3 Datengenerator

Übergeordnetes Ziel dieses AP war es Daten aufzunehmen, aufzubereiten und bereitzustellen. Hierzu mussten Daten von Anlagen, wie z. B. der Realproduktion (CUNA-Produktion), Use Cases und Challenges in die Datenplattform des KI-Reallabors integriert werden.

AP3.1 Konzept und Architektur

Im Rahmen des Projekts wurde die in Abbildung 13 dargestellte „Digital Twin Platform for Industrie 4.0“ entwickelt und in einem Buch der europäischen Big Data Value Association (BDVA) als Kapitel veröffentlicht [20]. Die Datenplattform basiert auf dynamisch instanziierten, unabhängigen und lose gekoppelten Microservices, die mittels Kubernetes orchestriert werden und die standardisierte und anforderungsgerechte Datenintegration, -verarbeitung und -speicherung ermöglichen.

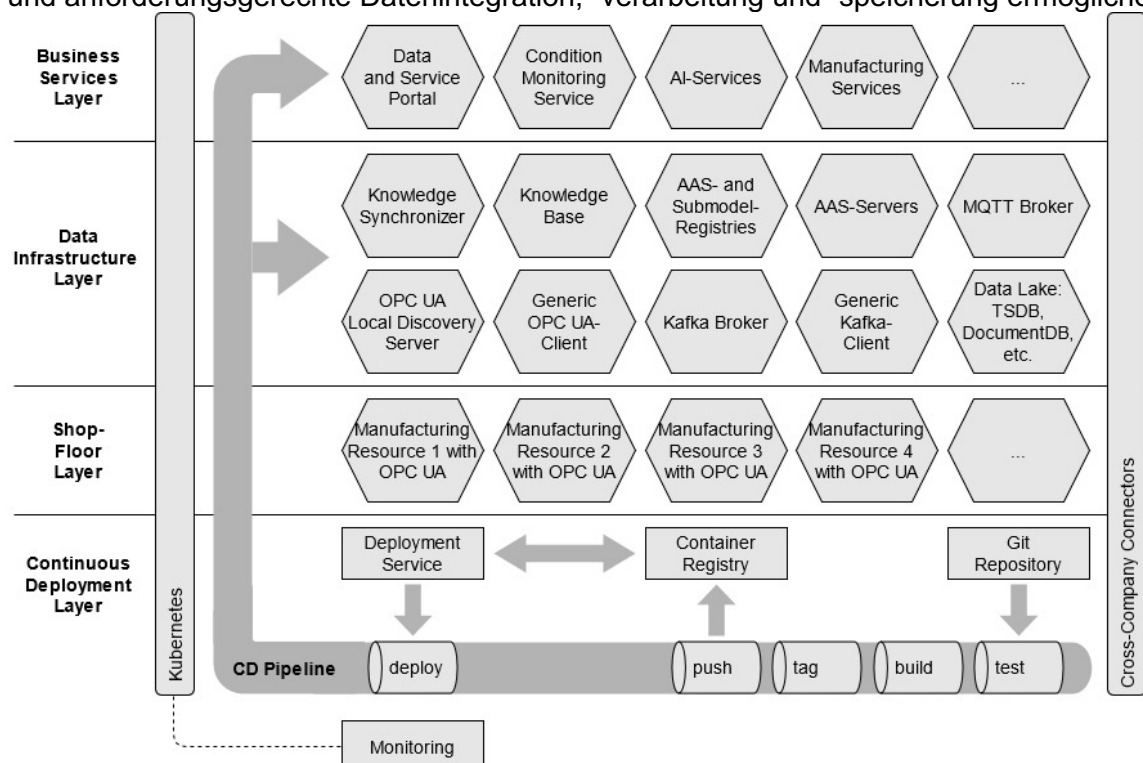


Abbildung 13: Konzeptionelle Architektur der „Digital Twin Platform for Industrie 4.0“

Die Services interagieren je nach Anforderung synchron oder asynchron. Die Plattform besteht aus vier Schichten: Continuous Deployment (CD), Shop-Floor, Data Infrastructure und Business Services Layer. Der CD-Layer unterstützt die effiziente Software-Entwicklung von Microservices: Ein Trigger im Source-Code-Repository stößt automatisierte Tests an. Konnten die Tests erfolgreich durchgeführt werden, wird ebenfalls automatisch ein Docker-Container generiert und auf der Plattform bereitgestellt. So stehen stets aktuelle Service-Versionen zur Verfügung und der Software-Entwicklungsprozess kann beschleunigt werden. Assets vom Shop-Floor werden über entsprechende Konnektoren, z. B. für OPC UA oder MQTT, in den Data Infrastructure Layer eingebunden. Als Mehrwertdienste sind die I4.0-Dienste auf dem Business Services Layer der Plattform angesiedelt und nutzen die Microservices der Dateninfrastruktur auf dem darunter liegenden Layer. Die I4.0-Dienste sind über eine API (Application Programming Interface) zugänglich und interagieren miteinander. Das Datenportal bietet eine web-basierte grafische Benutzeroberfläche (GUI), über die auf die Datenplattform zugegriffen werden kann.

AP3.2 Softwareentwicklung

Die in AP3.1 beschriebene konzeptionelle Architektur wurde im Rahmen dieses AP implementiert und wird auf dem Edge Cluster der SmartFactoryOWL betrieben. Hierbei werden insbesondere Prozess- und Energiedaten der Realproduktion in die Datenplattform integriert. Aufgrund der in Abbildung 14 dargestellten heterogenen Datenquellen, musste hierzu ein OPC UA-Datenlogger entwickelt und für die unterschiedlichen Schnittstellen und Informationsmodelle der Datenquellen konfiguriert und an der CUNA-Produktion in Betrieb genommen werden. Konkret wurden die Arburg Spritzgießmaschine, der Granulattrockner von Digicolor, die Roboterhydraulik und das Temperiergerät über OPC UA an die Datenplattform angebunden. Darüber hinaus wurden Produktdaten des CUNA-Bechers in Form der VWS modelliert. Die VWS enthält Teilmodelle zu allgemeinen Produktdaten, wie dem Produktionszeitpunkt, dem energetischen Fußabdruck (Umsetzungsprojekt FhG IPA), sowie zu dem jeweiligen Becher abgegebenes Kundenfeedback (siehe AP1.2, FhG IEM). Auf die VWS kann über einen QR-Code auf dem CUNA-Becher zugegriffen werden, bspw. um die in der VWS enthaltenen Daten zu visualisieren.

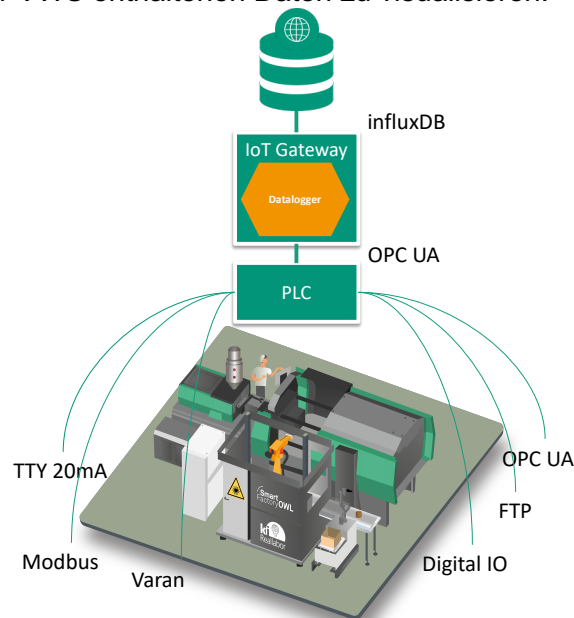


Abbildung 14: Heterogene Datenquellen der Realproduktion

AP3.3 Umsetzungs- und Sicherheitskonzept

Der Standort- und unternehmensübergreifende Informationsaustausch über die rechts in Abbildung 13 enthaltenen „Cross-Company Connectors“, wurde insbesondere im Rahmen der Implementierung des Use Case CCM adressiert. Die oben geschilderte Pilotierung dieses Use Cases in der SmartFactoryOWL basiert ebenfalls auf der Datenplattform aus diesem AP3. Insbesondere die im Rahmen von AP 1.2 erwähnten „Identity & Trust“ Services und der EDC wurden bei der Pilotierung in Form der webbasierten Demonstration verwendet. Ergebnisse aus der Pilotierung, wie bspw. das Zusammenspiel zwischen EDC und VWS, wurden in die Entwicklung im Rahmen von AP3 zurückgespielt.

AP3.4 Entwicklung und Test der Software

Die entwickelte Software wurde wie bereits oben beschrieben auf dem Edge Cluster der SmartFactoryOWL betrieben und validiert. Fehlerbehebungen und Optimierungen der Softwareimplementierung erfolgten iterativ und waren notwendig, um einen reibungslosen Betrieb und letztlich die kontinuierliche Datenerfassung sicherzustellen.

AP4 Datenportal

AP4.1 Anforderungsanalyse

Die Anforderungsanalyse des Datenportals berücksichtigt neben den Anforderungen der AP 1–3 insbesondere auch „User Stories“ der anvisierten Nutzer des Datenportals. Diese wurden gemeinsam mit Stakeholdern aus der KI-Community, wie bspw. „Data Scientists“ und Industrieunternehmen entwickelt.

AP4.2 Entwicklung und Test der Web-Anwendung

Das Datenportal basiert auf der Open Source Datenmanagement-Lösung CKAN. Hierbei handelt es sich um eine webbasierte Datenkatalog-Software, die insbesondere von öffentlichen Einrichtungen weltweit verwendet wird. Diese wurde entsprechend an das KI-Reallabor angepasst, um sowohl Datensätze als auch Live-Daten der Realproduktion zur Verfügung stellen zu können. Das in Abbildung 15 dargestellte Datenportal wurde unter der URL <http://daten.ki-reallabor.de> veröffentlicht und gemeinsam mit Nutzern validiert.

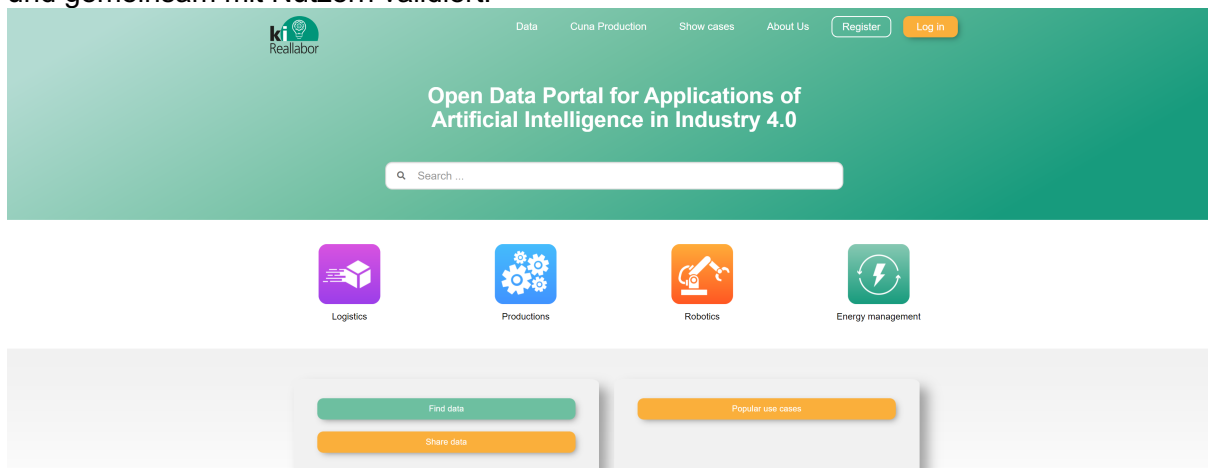


Abbildung 15: "Landing Page" des KI-Reallabor Datenportals

AP4.3 Entwicklung und Test der Business Logic

Das in AP4.2 entwickelte und in Abbildung 15 dargestellte „Frontend“ in Form einer Webseite sollte es Nutzern des Datenportals ermöglichen auf Daten in der Datenplattform (AP 3.1) zuzugreifen. Ermöglicht wird dieser Zugriff über ein NodeJS basiertes „Backend“, das im Rahmen dieses AP entwickelt wurde. Das Backend besteht dabei insbesondere aus einem Gateway-Service, welcher Daten aus der Datenplattform (AP3) mittels Websockets im Datenportal (AP4) verfügbar macht. Im Sinne der IT-Sicherheit erfolgte so kein direkter Zugriff aus dem Internet auf die Datenplattform auf dem Edge Cluster in der SmartFactoryOWL. Die Live-Schaltung des Datenportals erforderte aufgrund von IT-Sicherheitsrichtlinien die Verwendung von https-Zertifikaten, die die Verwendung der zuvor genannten Websockets erschweren. Auch skalierte der Gateway-Service bei der steigenden Zahl von Werten im Dashboard nicht wie gewünscht. Daher wurden als Alternative Prozessdaten-Batches ganzer Produktionstage in das Datenportal geladen und mittels Dashboard visualisiert.

AP4.4 Dokumentation und Tutorials

In diesem Rahmen entstanden sind insbesondere Video-Tutorials / Screencasts zu den Demonstrationen aus AP 1.2 & AP 1.3, sowie zur Nutzung der VWS im Data Science-Umfeld.

AP5 KI-Arena

AP5.1 Challenges

Während der Projektlaufzeit des KI-Reallabors wurden 8 Hackathons mit insgesamt 10 Challenges durchgeführt. Die Challenges sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1: Challenges im KI-Reallabor

Jahr	Challenge	Beschreibung	Datenlieferant
2020	Vorhersage von Parkplatzauslastung	Zukünftige Parkplatzauslastung vorhersagen. Daten: Über 4 Monate erfasste Belegung von 35 Parkplätzen.	Projekt Lemgo Digital
	Optimierung einer Aufzugssteuerung	Bereitstellung eines Aufzugs in entsprechenden Etagen antizipieren. Daten: Über zwei Jahre aufgezeichnete Bewegungsdaten eines Aufzugs.	Phoenix Contact GmbH
	Anomalieerkennung an einem Hochregallager	Anomalien vom Normalverhalten unterscheiden. Daten: Daten eines Hochregallagers mit Anomalien, z.B. hoher Stromverbrauch, gestopptes Förderband, etc.	SmartFactoryOWL
	Smart Pneumatics	Druckluftleckagen erkennen und lokalisieren.	Emerson Aventics
2021	Clustern von bekannten Profilen einer Profilmantelungsanlage	Selbstkonfiguration einer Profilmantelungsmaschine für unbekannte Produkte mittels KI.	düspohl GmbH
	Spektrale Klassifizierung von Altmetall	Echtzeit-Klassifizierung auf der Grundlage eines PGNA-Spektrums (prompte Gamma-Neutronen-Aktivierungsanalyse).	AiNT GmbH, Wieland-Werke AG / Projekt MetalClass
	Prädiktion der Stromaufnahme einer Zargenfertigungslinie	Zukünftigen Stromverbrauch einer Türrahmenproduktion vorhersagen.	Kraft Maschinenbau GmbH
2022	Prediction of the energy consumption of certain production modules at CUNA production	Energieverbrauch bestimmter Produktionsmodule vorhersagen, um die regenerative Energienutzung zu maximieren.	SmartFactoryOWL / CUNA-Produktion
2023	PCB's Prediction	Energieverbrauch eines Ofens vorhersagen. Daten: Industrielle Fertigungsanlage, die Leiterplatten mit Bauteilen bestückt und diese dann in einem Ofen verlötet.	Phoenix Contact Electronics GmbH / Projekt SyDaPro
	ChocoQual	Prozessparameter, wie z.B. die Temperatur, präzise vorhersagen, bspw. um die Implementierung sogenannter Soft-Sensoren zu ermöglichen. Daten: Temperierprozess einer Schokoladen-Produktion.	SOLLICH KG

AP5.2 Hackathons

Die Hackathons im Rahmen des KI-Reallabors wurden gemeinsam mit der AICommunityOWL veranstaltet. Bei den Teilnehmenden handelte es sich um einen gemischten Kreis aus Privatpersonen, Mitarbeitern aus Großunternehmen, Studierenden aus dem IT-Umfeld oder Mitarbeitern von Forschungseinrichtungen. Um möglichst viele, auch internationale, KI-Experten von einer Teilnahme zu überzeugen, wurde die Veranstaltung auf Englisch durchgeführt. Aufgrund der COVID-Pandemie und mit ihr einhergehenden Kontaktbeschränkungen musste bis 2022 auf rein virtuelle Formate ausgewichen werden. 2022 wurde der erste Hackathon in Präsenz in der SmartFactoryOWL veranstaltet. Die Hackathons, sowohl online als auch in Präsenz, wurden durch Mitarbeiter des KI-Reallabors und Mitglieder der AICommunityOWL moderiert und beinhalteten eine Auftaktveranstaltung inklusive „Key Notes“ von renommierten Personen aus dem KI-Umfeld. Nach dieser Einführung wurde eine Gruppeneinteilung vorgenommen und anschließend die Challenges vorgestellt. Die Teams wurden dann in eine durch mehrere Experten und Mentoren betreute Arbeitsphase überführt, die sich über zwei Tage erstreckte. Am letzten Tag stellten die Teams ihre Ergebnisse, bestehend aus Präsentation und Datensätzen, vor. KI-Experten aus dem Organisationsteam evaluierten die Resultate. Bei den Online-Hackathons wurden die Gewinner den darauffolgenden Donnerstag gekürt. Bei den Hackathons in der SmartFactoryOWL konnten die Gewinner noch am selben Tag verkündet werden. Sowohl die Teilnehmenden als auch die Unternehmen bewerteten die mediale Aufmerksamkeit als positiv sowie die Möglichkeit, große KI-Kompetenz innerhalb kürzester Zeit zu bündeln und für eine schnelle Problemlösung einzusetzen. Darüber hinaus erwähnten die Teilnehmende einen hohen Lernerfolg. Zu Beginn des Projekts war geplant, dass die Umsetzungsprojekte es den Gewinnern der Hackathons ermöglichen sollen, ihre Lösungen weiterzuentwickeln und zu erproben. Aufgrund der Teambildung mit zum Teil internationalen Studierenden, war die Vergabe der Umsetzungsprojekte eine Herausforderung. Die

allermeisten Teilnehmer hatten eher Interesse an kleineren Sach- oder Geldpreisen als an Umsetzungsprojekten. Dankenswerterweise konnten auch solche Preise durch die Unterstützung von Unternehmenspartnern bzw. Challengegebern des KI-Reallabors ermöglicht werden.

Tabelle 2 listet die Hackathons auf, die während der Laufzeit des KI-Reallabors veranstaltet wurden.

Tabelle 2: Hackathons im KI-Reallabor

Hackathon	Challengegeber	Teilnehmende / Teams	Datum	Durchführung
AI Challenge Days	Phoenix Contact GmbH & Co. KG	53 Teiln. / 6 Teams	5.-7.06.2020	Online
2nd AI Challenge Days	Emerson Aventics GmbH	35 Teiln. / 3 Teams	27.-29.11.2020	Online
AI DataCOMP	düspohl GmbH	22 Teiln.	19.-21.05.2021	Online
AI Challenge Days 2021	AiNT GmbH, Wieland-Werke AG	23 Teiln.	10.-12.09.2021	Online
AI Christmas Hackathon – the Christmas edition of the AI Challenge Days	Kraft Maschinenbau GmbH	43 Teiln.	10.-12.12.2021	Online
AI Challenge Days – the SmartFactoryOWL Hackathon	SmartFactoryOWL	17 Teiln.	21.-23.10.2022	Präsenz
AI Challenge Days 2023	Phoenix Contact Electronics GmbH	52 Teiln. / 14 Teams	10.-12.02.2023	Online
AI Challenge Days in SmartFactory-OWL	SOLLICH KG	40 Teiln. / 12 Teams	24.-26.11.2023	Präsenz



Abbildung 16: Teilnehmer eines Hackathons in der SmartFactoryOWL

AP5.3 Umsetzungsprojekte

Die Umsetzungsprojekte waren als FE-Fremdleistungen (0823) im Antrag vorgesehen. Zusätzlich wurden Personalmittel durch eine interne Einbeziehung des Fraunhofer IPA für ein Umsetzungsprojekt eingesetzt. Im Rahmen des Projekts wurden die folgenden Umsetzungsprojekte auf den Weg gebracht.

Aufbau eines digitalen Zwillings (IANUS Simulation GmbH): Im Rahmen des Projekts wurde ein simulationsfähiger Digitaler Zwilling der Spritzgussanlage der Realproduktion entwickelt. Konkretes Ziel war es, die Anlaufphase in Bezug auf Schmelzqualität und Wiederholgenauigkeit zu optimieren. Mittels 3D-Strömungssimulation und KI konnte die Anlaufphase von eingangs 8 auf durchschnittlich 3 Iterationen verkürzt werden. Das Projekt verdeutlicht das Potenzial Digitaler Zwillinge & KI in der Spritzgießproduktion und ermöglichte so den effizienteren Betrieb und die Generierung sinnvoller Datensätze aus der Realproduktion.

Computer Vision ML (masernet GmbH): Konzeptioniert und umgesetzt wurde ein Computer-Vision-Modell, das Klemmbausteine automatisch auf einem Tisch erkennen kann. Das Projekt lieferte insbesondere Daten und eine auf ihnen basierende Modellbasis, die Unternehmen für die Implementierung spezifischer Use Cases gemeinsam mit dem Fraunhofer IOSB-INA nachtrainieren können.

Energetischer Fußabdruck (Fraunhofer IPA): Ergebnis ist die datenbasierte Bestimmung des

produktspezifischen Energieverbrauchs in der Realproduktion. Somit kann der Gesamtenergieverbrauch auf die in der CUNA-Produktion gefertigten Mehrwegbecher heruntergebrochen werden. Fraunhofer IPA analysierte hierzu historische Daten der CUNA-Produktion und entwickelte einen Algorithmus für die Ermittlung des energetischen Fußabdrucks.

Optische Anomalieerkennung an einem Roboterarm (Phoenix Contact GmbH): Ergebnis dieses Projekts war eine automatische Erkennung von anomalem Verhalten eines Roboters innerhalb der CUNA-Produktion. Anomalien werden dem Anlagenbediener signalisiert und der entsprechende Bildbereich, in dem Anomalien erkannt wurden, für die einfache Fehlersuche markiert. Erkannte Anomalien waren bspw. herunterfallende Becher oder ungewöhnliche Bewegungen des Roboters. Neben der Erweiterung des Funktionsumfangs der CUNA-Produktion, lieferte das Projekt Daten und erweiterte das Kompetenzprofil des IOSB-INA im Bereich der optischen Anomalieerkennung.

AP5.4 Vernetzung (siehe AP 7.1)

Mit den Akteuren des KI-Marktplatzes wurden zu Projektstart Synergien und Ergänzungen identifiziert und ein Konzept erstellt, wie die gemeinsame Kommunikation und Zusammenarbeit aufgebaut werden können. Aufgrund der thematischen Ergänzung von Produktentstehung (KI-Marktplatz) und Produktion (KI-Reallabor) erschienen gemeinsame Veranstaltungen und Angebote sinnvoll. Durch diese Kooperation entstand beispielsweise der gemeinsame Hackathon AI DataCOMP (siehe AP 5.2).

AP6 Steuerkreis

Zur Etablierung des Steuerkreises hat am 23.06.2021 ein Treffen mit dem BMWi und der Plattform Industrie 4.0 stattgefunden. In diesem Treffen wurde vereinbart, dass kein gesonderter Steuerkreis für das KI-Reallabor etabliert werden soll.

AP7 Öffentlichkeitsarbeit und Transfer

AP7.1 Vernetzung

In der Projektlaufzeit wurden verstärkt Netzwerke zur Ansprache von KI-Anwendern und KI-Entwicklern aktiviert. Hier wurde das KI-Reallabor von regionalen, NRW- und bundesweit vorhandenen Netzwerken unterstützt. Regional angesprochene Netzwerke wie it's OWL, OWL Maschinenbau e.V., Kunststoffe OWL, IHK Lernendes Netzwerk und das Centrum Industrial IT (CIIT) e.V. haben die Kommunikation aufgegriffen und die Bewerbung unterstützt. In NRW-weiten Netzwerken hat sich das KI-Reallabor mit dem Mittelstand Digital Zentrum Ruhr-OWL und KI.NRW vernetzt. Bundesweit ist das KI-Reallabor in Austausch mit der Industrial Digital Twin Association (IDTA), der Plattform Industrie 4.0, dem VDMA, dem ZVEI, TRIO und Bitkom gewesen. Um weitere KI-Entwickler, insbesondere KI-Startups, zu aktivieren, wurde Kontakt zur Garage33, dem KI-Innovationspark in Heilbronn und der FoundersFoundation GmbH aufgenommen, um Synergien zu identifizieren. Für eine starke und langfristige Vernetzung innerhalb der KI-Szene hat das Fraunhofer IOSB-INA die AICommunityOWL gemeinsam mit dem Unternehmen Phoenix Contact, der Technischen Hochschule Ostwestfalen-Lippe, dem Institut für industrielle Informationstechnik und dem Centrum Industrial IT e.V. gegründet. Mit der Gründung der AICommunityOWL konnte sich das KI-Reallabor ein starkes Netzwerk schaffen. Durch Eventformate, wie beispielsweise die Hackathons oder Stammtischen zu KI-Themen, konnte eine beständige Community etabliert werden.

AP7.2 Marketing

In den sozialen Medien wie LinkedIn, Twitter, Facebook & Co. wurde regelmäßig über das KI-Reallabor sowie dessen Hackathons und die CUNA-Produktion berichtet. Diese Inhalte und die Veranstaltungen wurden zudem über die Accounts des Fraunhofer IOSB-INA, AICommunityOWL, Technische Hochschule OWL und Centrum Industrial IT e.V. veröffentlicht. Zusätzlich wurden Inhalte des KI-Reallabors sowie dessen Hackathons in Newslettern von dem Innovation Campus Lemgo und CIIT beworben. Des Weiteren war das KI-Reallabor auch auf Messen wie zum Beispiel der Hannover Messe 2021 in digitaler Form und der KUTENO Kunststofftechnik Nord gemeinsam mit dem Startup CUNA Products GmbH mit einem Stand vertreten. In 2022 fand die Veranstaltungsreihe "AI Monday NRW" in Präsenz in den Städten Hürth und Lemgo statt. Das KI-Reallabor war mit einem Ausstellungsstand dabei und konnte sich mit den ExpertInnen und Interessenten vor Ort über die Chancen und Herausforderungen moderner KI-Technologien austauschen und Kontakte knüpfen. Ebenso wurden Pressemitteilungen veröffentlicht. Dies hatte zur Folge, dass regionale Zeitungen wie die Lippische Landeszeitung, RP Online und B4B Wirtschaftsleben Schwaben Artikel über das Projekt und der dazugehörigen Realproduktion veröffentlichten. Zusätzlich wurde das KI-

Reallabor und die CUNA-Realproduktion in weiteren überregionalen Medien wie z.B. WEKA, MaschinenMarkt, VDI Nachrichten u.v.m. (online) thematisiert (siehe Kapitel Fortlaufende Verwertung, Veröffentlichungen).

AP7.3 Transfer

Das KI-Reallabor sowie die CUNA-Produktion wurde von 2020 - 2023 in zahlreichen Vorträgen und Webinaren vorgestellt. Im Folgenden sind einige Vorträge und Webinare aufgeführt, die einen Überblick darüber geben, bei welchen Arten von Veranstaltungen das KI-Reallabor präsentiert wurde:

- "KI Reallabor" bei ZVEI Workshop Reallabore, Veranstalter: ZVEI, 07.05.2021
- "KI Reallabor Showcase CCM" bei Gaia-X: Nutzen für den Mittelstand, Veranstalter: Gaia-X Hub Germany, 06.09.2021
- "CUNA-Produktion des KI Reallabors" bei "Der bunte Blumenstrauß der Industrie 4.0", Veranstalter: Centrum Industrial IT e.V., 23.03.2022
- "How digitization foster's sustainability – Predicting power usage of injection molding machines in CUNA Production" bei AI Monday NRW, Veranstalter KI.NRW & AICommunityOWL, 19.09.2022
- "Forschungsprojekt präsentiert die vernetzte und nachhaltige Kunststoffproduktion von morgen" bei digital networking days zum Thema Nachhaltigkeit, Veranstalter: WEKA BUSINESS MEDIEN, 28.09.2022
- "KI-Reallabor und CCM" bei Datenraum Industrie 4.0, Plattform Industrie 4.0, 12.09.2022
- "Nachhaltigkeit im Mittelstand – Strategien, Technologie & Potenziale" bei dem Vortragsprogramm "Unternehmen der Zukunft" auf der Fachmesse für Maschinenbau (FMB), Veranstalter: Mittelstand-Digital Zentrum Ruhr-OWL & it's OWL, 14.10.2022

AP8 Projektmanagement

In einem wöchentlichen Jour Fixe wurden Projektfortschritt und Herausforderungen diskutiert und gemeinsam nächste Schritte definiert. Es fanden regelmäßige Abstimmungen mit dem Projektträger VDI.TZ und BMWK (vormals zu Projektbeginn BMWi) statt, deren Feedback im weiteren Projektverlauf entsprechend berücksichtigt wurde.

Wichtigste Positionen

Reisekosten

Wie eingangs beschrieben waren insbesondere die ersten beiden Projektjahre geprägt durch die COVID-Pandemie und mit ihr einhergehende Kontaktbeschränkungen. Somit konnten die ursprünglich im Antrag vorgesehenen Mittel für Reisen nicht vollständig verausgabt werden. Reisen wurden insbesondere im Sinne des Transfers zur Hannover Messe Industrie, sowie zu Veranstaltungen im Rahmen der Initiativen KI.NRW und it's OWL unternommen.

Vorhabenspezifische Abschreibungen

Lorenscheit Automatisierungstechnik hat einen mobilen Roboter entwickelt, der für die Intralogistik an der Realproduktion eingesetzt wird und Daten zum Verpackungsprozess liefert. Die Arburg GmbH + Co KG hat insbesondere die Hardware-Seite (Mechanik, Elektrik, Spritzgießprozess, etc.) der Realproduktion entwickelt, implementiert und in Lemgo in Betrieb genommen. Darüber hinaus mussten Anpassungen im Bereich der elektrischen Versorgung der SmartFactoryOWL vorgenommen werden, um die Realproduktion in Betrieb nehmen zu können. Diese wurden durch das Unternehmen SCHLAU Elektrotechnik GmbH durchgeführt. Für den Aufbau und die Erstellung einer zentralen Zellensteuerung mussten IT-Komponenten, wie bspw. Switches, angeschafft werden. Die Zellensteuerung ermöglicht die Erfassung, Vorverarbeitung und Persistierung aller Daten der Realproduktion in der im Rahmen von AP3 entwickelten Datenplattform.

Sonstige unmittelbare Vorhabenkosten

Sonstige Kosten für die Ausrichtung der Präsenz-Hackathons in der SmartFactoryOWL fielen aufgrund der COVID-Pandemie ebenfalls geringer aus als ursprünglich im Antrag veranschlagt.

FE-Fremdleistungen

Auch die Vergabe der FE-Fremdleistungen stand vor den in AP 5.2 beschriebenen Herausforderungen in Bezug auf die Vergabe der Umsetzungsprojekte und viel dementsprechend geringer aus.

Fortlaufende Verwertung

Wirtschaftliche Verwertung

Am Fraunhofer IEM haben die Projektergebnisse des zweiten Use Cases zum Aufbau von Expertise in der Verarbeitung von Texten, speziell Kundenfeedback, geführt. So konnten das Leistungsangebot erweitert und die Erkenntnisse aus dem Projekt durch verschiedene Transferformate auf weitere Unternehmen angewandt werden. Mittlerweile konnte zudem die Qualität der KI-Lösungen durch Einsatz neuer Technologien wie LLMs stark verbessert werden. Davon profitieren nun Unternehmen als Kunden des IEM. Das KI-Reallabor hat nicht nur das Portfolio des Fraunhofer IOSB-INA erweitert, sondern viel mehr die Weiterentwicklung der SmartFactoryOWL durch die Etablierung einer Realproduktion geprägt. Die nun CUNA-Produktion getaufte Realproduktion wird weiter betrieben und mit beteiligten Unternehmen, wie bspw. dem Betreiber Hadiplast, weiterentwickelt. Sie ist wesentlicher Bestandteil der Folgeprojekte KI-Leuchtturm „Smart-E-Factory“ (BMUV) und „CirqualityOWL plus“ (MWIKE des Landes NRW). Die Pilotierung von CCM kann im Rahmen der Manufacturing-X-Initiative im Projekt Factory-X fortgeführt werden. Hier wird die im KI-Reallabor entstandene Lösung im Rahmen des Use Case „Condition Monitoring led Services“, u.a. gemeinsam mit Unternehmen wie TRUMPF, Festo, Wittenstein, Schunk und den Kollegen vom Fraunhofer ISST, weiterentwickelt. Darüber hinaus fließen die Ergebnisse des Use Case CCM in den Aufbau der neuen Forschungsgruppe „Datenbasierte Wertschöpfung“ am Fraunhofer IOSB-INA ein.

Wissenschaftlich-technische Verwertung

Die im Rahmen des AP3 entstandene Datenplattform wurde im Buchkapitel „Digital Twin Platform for Industrie 4.0“ veröffentlicht [20]. Sie wird weiterhin in der SmartFactoryOWL betrieben und in Forschungsprojekten, Studien und Abschlussarbeiten weiterentwickelt. Ein an der Realproduktion entwickeltes Produktionsplanungsverfahren wurde auf der IEEE-Konferenz INDIN 2023 veröffentlicht [5]. Das Datenportal wurde unter daten.ki-reallabor.de veröffentlicht.

Wissens- und Ergebnistransfer

Wie in AP 1.2 beschrieben, wurde eine webbasierte Demonstration für CCM entwickelt und auf der ZVEI-Führungskreis Industrie 4.0 Konferenz am 13.12.2022 in Frankfurt am Main präsentiert [27]. Die im Rahmen des AP 1.3 an der CUNA-Produktion entstandene Demonstration im Bereich „Kundenfeedback mittels Verwaltungsschale“ wird weiterhin in Touren durch die SmartFactoryOWL präsentiert. Das KI-Reallabor hat Ergebnisse auf einer Vielzahl von Veranstaltungen von Transfernetzwerken, der Plattform Industrie 4.0, ZVEI und des GAIA-X Hub präsentiert (siehe AP 7.3). Die durchgeführten Hackathons führten zu einer wachsenden Community um das KI-Reallabor und letztlich zur Verstetigung der AICommunityOWL. Im Rahmen des KI-Reallabors wurden 2 Abschlussarbeiten am Fraunhofer IOSB-INA in den Bereichen Anomalieerkennung und Produktionsplanung betreut. Am Fraunhofer IEM wurde eine Masterarbeit durchgeführt, mit dem Ziel, die Aufnahme von Kundenfeedback in immersiven 3D-Umgebungen über einen interaktiven Chatbot zu ermöglichen. Darüber hinaus ist das KI-Reallabor über die Vorlesung „Künstliche Intelligenz“ und die Blockseminare Programmiersprachen 1 & 2 in die Lehre an der Technischen Hochschule OWL eingeflossen.

Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens

Wesentlicher Fortschritt wurde während der Projektlaufzeit weltweit im Bereich der Large Language Models (LLM) erzielt. Dieser Fortschritt betrifft im Wesentlichen den im Rahmen des AP 1.3 „Smarte Produktentwicklung und Produktoptimierung durch Kundenfeedback“ bearbeiteten Use Case. Dieser wurde im Sommer 2022 fertiggestellt. Bis dahin waren verschiedene KI-Services für die Analyse und das Verständnis von Sprache bekannt und verfügbar. Aus den verfügbaren Lösungen und Toolkits wurde IBM Watson ausgewählt und für das Projekt verwendet. Im November 2022 wurde mit ChatGPT der erste Chatbot veröffentlicht, der auf einem großen Sprachmodell (LLM) basiert. Zuvor existierten bereits LLMs, diese waren jedoch nicht leicht zugänglich und nicht für den Einsatz im Projekt geeignet. Mit ChatGPT konnten die Möglichkeiten eines LLMs zum ersten Mal von der breiten Öffentlichkeit genutzt werden. Durch die OpenAI GPT-API und vergleichbare Angebote können seitdem LLMs auch in eigene Softwarelösungen eingebunden werden. Für den Use Case „Smarte Produktentwicklung durch Kundenfeedback“ ergeben sich dadurch enorme Möglichkeiten für das Verständnis von Sprache und somit für die Analyse von Kundenfeedback. Die im Projekt entwickelte Lösung nutzt eine Keyword-Analyse, um aussagekräftige Wörter im Feedback zu erkennen und eine positive oder negative Bedeutung zu identifizieren, gefolgt von einer

teilautomatisierten Zuordnung zu Produktaspekten. Durch das sehr viel bessere Sprachverständnis von LLMs wäre die Analyse des Feedbacks zum heutigen Zeitpunkt einfacher zu realisieren und qualitativ besser und zudem die Zuordnung zu Produktaspekten direkt und komplett automatisiert möglich.

Veröffentlichungen

Der folgende Abschnitt bietet einen Überblick über Veröffentlichungen aus dem KI-Reallabor, bspw. auch auf einer Vielzahl von (Online-)Nachrichtenplattformen. Besonders hervorstechend war in diesem Fall der vierseitige Bericht „SmartFactoryOWL entwickelt eine digitale und nachhaltige Kunststoffproduktion der Zukunft. Vorgeschmack auf die Möglichkeiten der KI“ in der Fachzeitschrift *Kunststoffe* (08/2023, S.48-51). Der Artikel gibt einen umfassenden Überblick über die Entwicklung in der SmartFactoryOWL im Hinblick auf die Integration von KI und nachhaltigen Produktionsmethoden im Rahmen des KI-Reallabors. Es werden die Fortschritte der digitalen Kunststoffproduktion (CUNA-Produktion) und deren potenzielle Auswirkungen auf die Industrie erläutert. Des Weiteren wurde das KI-Reallabor sowohl in einem Buchkapitel als auch in einem Konferenzbeitrag thematisiert [5, 20]. In dem Buchkapitel „A Digital Twin Platform for Industrie 4.0“ (Redeker et al. 2022) wird eine Plattform für Digitale Zwillinge im Kontext von Industrie 4.0 beschrieben. Die Autoren diskutieren die Gestaltung, Implementierung und die Einsatzmöglichkeiten von Digitalen Zwillingen in Produktionsumgebungen wie der Realproduktion des KI-Reallabors. Der erwähnte Konferenzbeitrag „Efficient Production Scheduling by Exploiting Repetitive Product Configurations“ wurde auf der IEEE-Konferenz on Industrial Informatics 2023 (INDIN 2023) in Lemgo vorgestellt. Er erläutert innovative Methoden zur effizienten Produktionsplanung, die durch die Nutzung wiederkehrender Produktkonfigurationen möglich werden am Beispiel der CUNA-Produktion des KI-Reallabors. Die Forschungsergebnisse zeigen, wie Produktionsprozesse durch die Anwendung dieser Methoden optimiert und flexibilisiert werden können.

Anhang (Literaturverzeichnis)

Im Folgenden werden Quellen aufgelistet, die über das KI-Reallabor berichtet oder unter anderem unsere Pressemitteilungen aufgegriffen haben. Diese Zusammenstellung ermöglicht es, die Verbreitung und Wirkung unserer Inhalte nachzuvollziehen und bietet Transparenz über die Medienpräsenz des KI-Reallabors.

[1] Brand, T. (2021, 2. September). Mehrwegbecher aus nachhaltigem „Plastik“ kommen nun aus Lemgo. *Lippische Landes-Zeitung*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von https://www.lz.de/lippe/lemgo/23081838_Mehrweg-und-bio-made-in-Lemgo.html

[2] Cendrone, L. (2021, 1. Juli). So möchte KUKA künstliche Intelligenz vorantreiben. *B4B Wirtschaftsleben*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von https://www.b4bschwaben.de/b4b-nachrichten/augsburg_artikel,-so-moechte-kuka-kuenstliche-intelligenz-vorantreiben- arid,264473.html

[3] Ciupek, M. (2021, 22. Juli). Die smarte Produktion nimmt Fahrt auf und geht mit Plug-In-Labor auf Tour. *VDI nachrichten*. <https://www.vdi-nachrichten.com/technik/produktion/die-smarte-produktion-nimmt-fahrt-auf-und-geht-mit-plug-in-labor-auf-tour/>

[4] Genuss ohne Reue. CUNA-Products: Mehrwegbecher aus pflanzlichen Rohstoffen (2022). *Today –Das ARBURG Magazin*, 79, S. 8-9.

[5] Grüttemeier, Niels; Balzereit, Kaja; Soni, Nehal; Bunte, Andreas: Efficient Production Scheduling by Exploiting Repetitive Product Configurations. In: 2023 IEEE 21st International Conference on Industrial Informatics (INDIN), Lemgo, Germany, July 2023.

[6] Datengetriebene Realproduktion. In: *Markt & Wirtschaft Westfalen* (7/2021) S. 23-24.

[7] Digitale und nachhaltige Kunststoffproduktion (2022, 2. Februar). *Kunststoffe*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von <https://www.kunststoffe.de/a/news/digitale-und-nachhaltige-kunststoffprodu-476981>

[8] In diesem Reallabor dreht sich alles um KI und I4.0. (2021, 23. Juli). *Konstruktion & Entwicklung*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von <https://www.konstruktion-entwicklung.de/in-diesem-reallabor-dreht-sich-alles-um-ki-und-i40>

[9] Juschkat, K. (2021, 2. Juli) Reallabor zeigt KI-gestützte Produktion eines nachhaltigen Bechers. *konstruktions praxis*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von <https://www.konstruktionspraxis.vogel.de/reallabor-zeigt-ki-gestuetzte-produktion-eines-nachhaltigen-bechers-a-1035705/>

- [10] Juschkat, K. (2021, 6. Juli). Reallabor zeigt KI-gestützte Produktion eines nachhaltigen Bechers. *elektrotechnik Automatisierung*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von <https://www.maschinenmarkt.vogel.de/reallabor-zeigt-ki-gestuetzte-produktion-eines-nachhaltigen-bechers-a-1035909/>
- [11] Juschkat, K. (2021, 8. Juli). Reallabor zeigt KI-gestützte Produktion eines nachhaltigen Bechers. *BigData Insider*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von <https://www.bigdata-insider.de/reallabor-zeigt-ki-gestuetzte-produktion-eines-nachhaltigen-bechers-a-1036559/>
- [12] Juschkat, K. (2021, 9. Juli). Reallabor zeigt KI-gestützte Produktion eines nachhaltigen Bechers. *Industry of Things Mission Manufacturing*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von <https://www.industry-of-things.de/reallabor-zeigt-ki-gestuetzte-produktion-eines-nachhaltigen-bechers-a-1035613/>
- [13] Kantelberg, K. (2022, 29. Januar). Mehrweg-Biobecher laufen in Lemgo übers Band. *Lippische Landes-Zeitung*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von https://www.lz.de/lippe/lemgo/23182460_Mehrweg-Biobecher-laufen-in-Lemgo-uebers-Band.html
- [14] KI Reallabor: KUKA ebnet den Weg für die Fabrik der Zukunft (2021, 19. Juni). *Deutschland Foodpack Automation*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von <https://foodpackautomation.de/news/42469-ki-reallabor-kuka-ebnet-den-weg-f%C3%BCr-die-fabrik-der-zukunft>
- [15] Laser-Kennzeichnung trifft auf Künstliche Intelligenz (2021, 16. Juli). *K-Zeitung*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von <https://www.k-zeitung.de/laser-kennzeichnung-trifft-auf-kuenstliche-intelligenz>.
- [16] Mehrweg-Biobecher made in Lemgo. In: Lippische Landes-Zeitung (02.09.2021), S.17.
- [17] Nachhaltige Produktion von Kunststoffen aus Lemgo. (2021, 17. Juni). *WEKA Media*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von <https://www.weka.de/einkauf-logistik/nachhaltige-produktion-von-kunststoffen-aus-lemgo/>
- [18] Petermann, K. (2021, 1. Juli). KI Reallabor ebnet den Weg für die Fabrik der Zukunft. *IEN D-A-CH*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von <https://www.ien-dach.de/artikel/ki-reallabor-ebnet-den-weg-fuer-die-fabrik-der-zukunft/>
- [19] Poll, D. (2021, 6. Juli). Kuka & Fraunhofer: So kann die Industrie KI besser nutzen. *Produktion*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von <https://www.produktion.de/technik/kuka-fraunhofer-so-kann-die-industrie-ki-besser-nutzen-126.html>
- [20] Redeker, Weskamp, Rössl, Pethig: A Digital Twin Platform for Industrie 4.0, Chapter in: Data Spaces: Design, Deployments, and Future Directions, BDVA, Springer, 2022.
- [21] Roboter agiert mit Künstlicher Intelligenz (2021, 16. Juli). *K-Zeitung*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von <https://www.k-zeitung.de/robo-ter-agiert-mit-kuenstlicher-intelligenz>.
- [22] Smart Factory in Lemgo liefert Daten für KI-Entwickler (2022, 4. Februar). *Elektrotechnik Automatisierung*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von <https://www.elektrotechnik.vogel.de/smart-factory-in-lemgo-liefert-daten-fuer-ki-entwickler-a-1093046/>
- [23] Smarte und nachhaltige Becherproduktion im KI-Reallabor. (2021, 19. Juli). *IT & Production online*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von <https://www.it-production.com/news/maerkte-und-trends/forschung-an-kuenstlicher-intelligenz/>
- [24] SmartFactoryOWL entwickelt eine digitale und nachhaltige Kunststoffproduktion der Zukunft. Vorgeschmack auf die Möglichkeiten der KI. In: *Kunststoffe* (08/2023) S. 48-51.
- [25] Spritzgießfertigung der Zukunft mit Künstlicher Intelligenz (2021, 14. Juni). *K-Zeitung*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von <https://www.k-zeitung.de/spritzgiessfertigung-der-zukunft-mit-kuenstlicher-intelligenz>.
- [26] Von Dolega, V. (2021, 15. Juni). Fraunhofer-Institut produziert mit Start-up aus Mettmann Bio-Becher. *Rheinische Post*. Abgerufen am 15. Mai 2024, von https://rp-online.de/nrw/staedte/mettmann/bio-becher-aus-mettmann-bekommen-ritterschlag-durch-fraunhofer-institut_aid-59244721.
- [27] Pethig, „Pilotierung von Collaborative Condition Monitoring (CCM) im KI Reallabor der SmartFactoryOWL“, Präsentation, ZVEI-Führungskreis Industrie 4.0 Konferenz, 13.12.2022, Frankfurt am Main