

13IK008A TooliNG – Digitaler Werkzeugzwilling – Teil II – Eingehende Darstellung

Sachbericht zum Verwendungsnachweis

Zuwendungsempfänger: EKS InTec GmbH

Förderkennzeichen: 13IK008A

Vorhabenbezeichnung: Verbundname: Digitaler Zwilling für den KI-unterstützten
Werkzeugentstehungsprozess

Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2022 - 31.12.2024

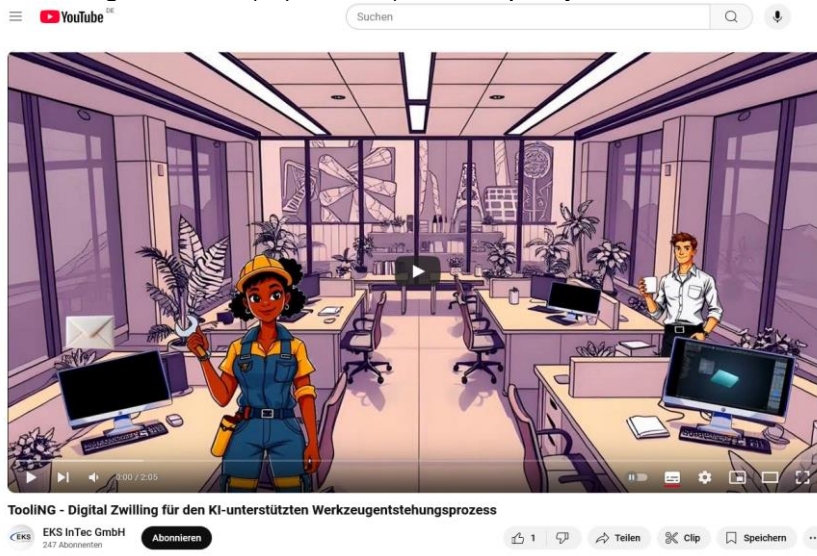
Berichtszeitraum: 01.01.2022 - 31.12.2024

1 Durchgeführte Arbeiten

AP 0

- Vorstellung der Projekt-Zwischen-Ergebnisse in der Fokusgruppe Interoperabilität und kontinuierlicher Austausch mit weiteren kopa35c Projekten, z.B. SDM4FZI
- Organisation Vor-Ort-Termin Gesamtprojekttreffen (Juli 2022) mit Anwesenheit des Projektträgers
- Beitrag zu Datenraum I4.0 (öffentlich): Digitaler Zwilling des Werkzeugsatzes zur Unterstützung des Werkzeugentstehungsprozesses
- Vorbereitung und Teilnahme an diversen Projektstatusmeetings und Projekt-Steuerkreis-Meetings
- Synchronisation der Projekt-Zwischen-Ergebnisse in der Fokusgruppe Interoperabilität und kontinuierlicher Austausch mit weiteren kopa35c Projekten, z.B. SDM4FZI
- Teilnahme am Kopa35c-Netzwerktreffen am 09.11.2023 in Kaiserslautern mit Poster-Publikation
- Vorbereitung und Teilnahme an diversen Projektstatusmeetings und Projekt-Steuerkreis-Meetings, sowie dem M2-Meilensteintreffen
- Treibende Kraft bei der Kooperation mit der Begleitforschung „Transfer-X“ (Awareness-Video)
 - Generierung von Inhalten
 - Abstimmung der Ergebnisse mit den Forschungspartnern
 - Erstellung von Teil-Prototypen zur einfacheren Kommunikation mit den Partnern von Transfer-X
- kont. Austausch mit anderen Projekten (z.B. SDM4FZI)
- Projektmeetings und M3 Meilensteintreffen
- Kooperation mit DAVID
- Publikation IT&Production

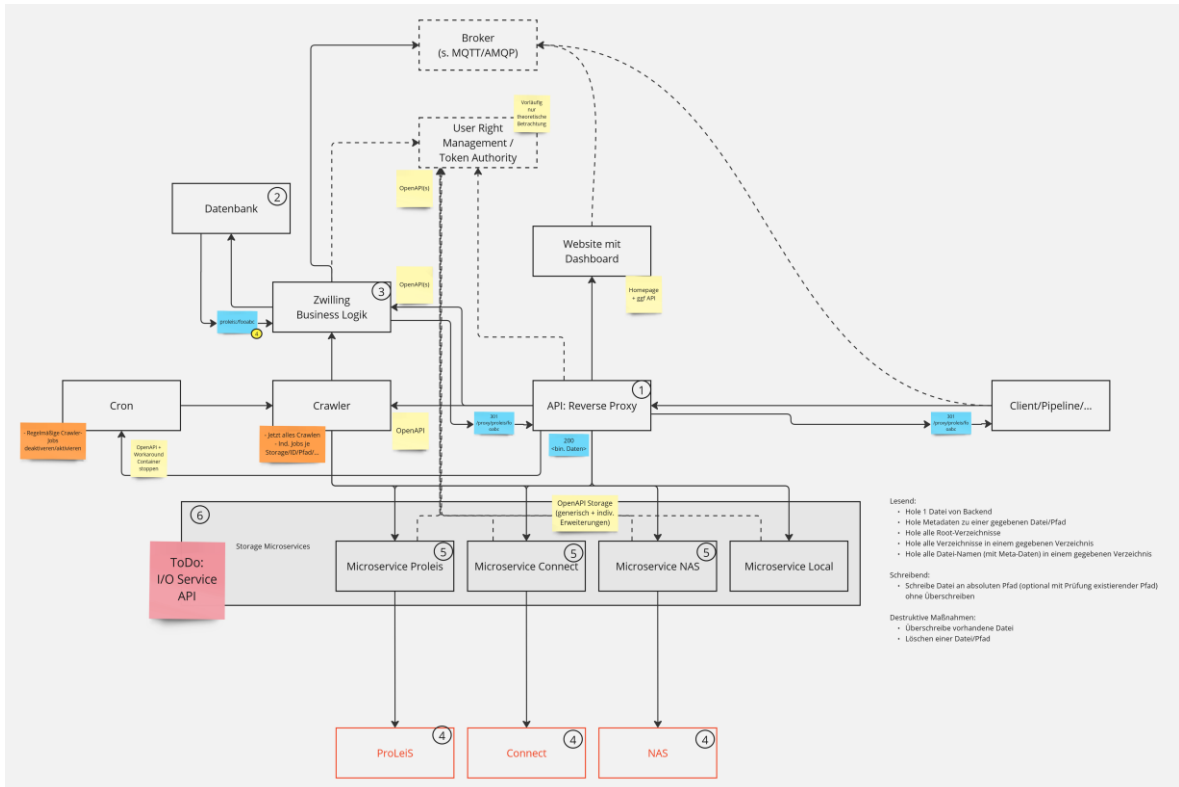
- Erstellung Youtube-(KI)-Video (siehe <https://youtu.be/iNPKfPXBdew>)



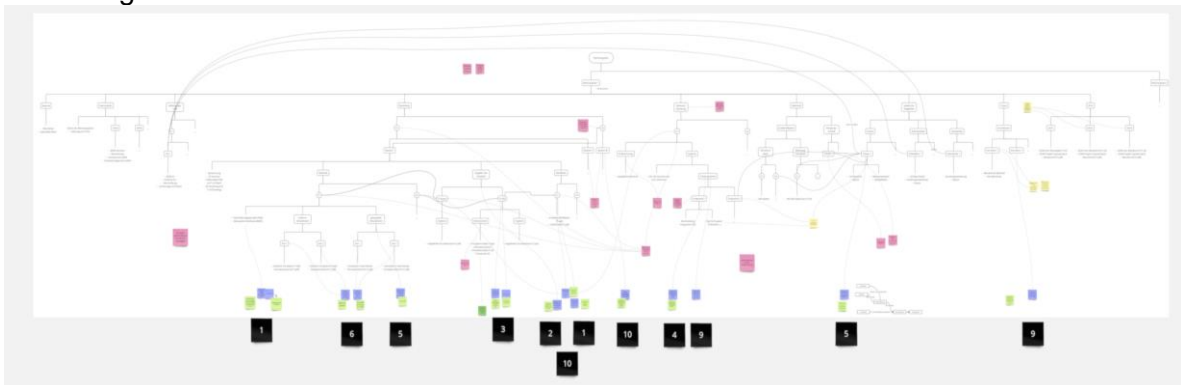
AP 1

- Fragenkatalog zu Herausforderungen im Prozess und zu Prozess/Ablauf/Arbeitsweisen/Tools
- Auswahl Modellierungsformat für Analyse von Prozess/Ablauf/Arbeitsweisen/Tools, z.B. BPMN, Visio, UML, Mindmap, ...
- Markt- und wissenschaftliche Recherche zu Digitaler Zwillling (Begriffsdefinition, nationale/internationale Akteure in der Forschungslandschaft, Inhalt/Differenzierungsmerkmale)
- Sammlung relevanter Aspekte für TooliNG-Digitaler Werkzeug-Zwillling, z.B. Prozessschritte, 3D Geometrie, Materialeigenschaften, ...
- Erste Grobarchitektur TooliNG Zielsystem
- (Er-)Klärung Standardisierungslandschaft allgemein für die Projektpartner im automobilen Kontext – Unterschied Firmenstandards zu internationalen Standards
- Vergleich (standardisierte) Datenformate mit Fokus auf Nutzbarkeit im TooliNG-Projekt und Vorauswahl von AutomationML und AAS
- Auswahl der Standard-Metamodell-Kombination für TooliNG (Produkt-spezifische Informationen in AAS und Ressourcen-spezifischer Informationen in AML)
- Detaillierung der Prozessmodellierung mit dem Ziel der Entwicklung eines prototypischen Digitalen Produktzwillings
- Gemeinsame iterative Erarbeitung einer Mindmap des Informationsmodells (Daten- und Wissensstrukturen) des Werkzeugentstehungsprozesses mit allen Partnern
 - Iteration 1
 - Vorläufiger Zwischenstand inkl. Aufteilung zwischen Produkt- und Ressourcen-spezifischer Informationen
- Teilnahme an Expertenworkshops zu unterschiedlichen Schritten im Werkzeugentstehungsprozess
- Abbildung des Prozessablaufs (basierend auf Expertenworkshops) mit Hilfe von Domain Storytelling inkl. aller anfallenden Informationen/Daten, Lücken im Datenaustauschprozess (z.B. durch PDF-Erstellung) und genutzten Tools
- Erarbeitung der unterschiedlichen Detailebenen der gesammelten Prozessdokumentation und Verknüpfung mit orthogonalen Datenhaltungssichten
- Zusammenführung der gesammelten Prozessdokumentation auf unterschiedlichen Ebenen (mittels BPMN, Domain Storytelling, PPT)
- Analyse bestehender Tool-Infrastruktur bei TooliNG-Projektpartnern
- Erarbeitung von verschiedenen Optionen für Versionierung und Konfigurationsmanagement
- Evaluierung von Datenspeicherkonzepten der SW-Tools (z.B. ProLeis, Connect/KVS)
- Umsetzung der erarbeiteten Wissen- und Datenstrukturen (Informationsmodell) als AAS (asset administration shell) inkl. diverser Teilmodelle
- Implementierung Digitaler Werkzeugzwillling

- Recherche zur Nutzung möglichen Open Source Software Bibliotheken
- Nutzung von Basyx SDK (inkl. vereinfachte FOSS (Free and open source software) Prüfung beim OEM)
- Recherche zu API-Technologien, z.B. REST, gRPC
- Konzept zur Interaktion zwischen Datenpipeline, KI-Assistenten und Digitalem Zwilling auf Basis von REST
- Erster Proof-of-concept zum Datenaustausch zwischen Datenpipeline und Digitalem Zwilling
- Abschluss der Analyse des Ist-Zustands des Werkzeugentstehungsprozesses am Beispiel des Werkzeugbaus eines OEM, inkl. Erstellung Dokumentation
- Definition von Brüchen im Sinne des Projekts und der GHV
- Identifikation von derartigen Brüchen aus dem Ist-Zustand und Erstellung entsprechender Markierungen in der Dokumentation zur gezielten Bearbeitung und Beachtung im Projekt
- Analyse des weiteren Vorgehens im Projekt, insbesondere bzgl. des Trainings eines KI-Assistenten
- Überarbeitung der zuvor erstellten Mindmap zur Wissensmodellierung in Hinblick auf Inkompatibilitäten mit den angestrebten KI-Assistenten in den APs 3, 4 und 5
- Abgleich der gelieferten Daten vom OEM mit dem erstellten Modell des digitalen Zwillings
- Klären offener Punkte aus der Erstellung der Wissensdatenbank mit den Experten im OEM-Werkzeugbau
- Anpassung der Struktur des Zwillings an die reale Datenlage beim OEM, soweit diese vereinheitlicht werden kann
- Überprüfen der Struktur des digitalen Zwillings auf Allgemeingültigkeit
 - Abgleich zwischen gelebtem Prozess beim OEM mit Lehrbuch-Prozess
 - Freigabe der generischen Strukturen mit OEM zur Freigabe von Publikationen
 - Einholen externes Feedback (EBZ, EDAG) zum Wissensmodell
- Einarbeitung der Korrekturen in das Modell basierend auf ext. Feedback und OEM-Fachabteilungen
- Erstellung einer prototypischen IT-Aufteilung zur Implementierung der Projekt-Prototypen in der IT-Umgebung vom OEM bzw. den betroffenen Partnern
- Vertiefung des Prozessverständnisses zur Schließung von Lücken in der Prozessmodellierung in Abstimmung mit den Fachexperten bei den Partnern
- Einbetten in den und Vergleich mit dem Prozess „Digitale Akte“ beim OEM
- Abstimmung mit der OEM-IT bzgl. Sicherheitseinschränkungen und Zugriff auf produktive IT-Systeme beim OEM
- Klassifikation der im Zwilling zu speichernden Daten in strukturell ähnlich zu handhabenden Daten
- Erste Überlegungen zur Erstellung einer internen Microservice-basierten Struktur des digitalen Zwillings



- Ableitung einer gemeinsamen Architektur aus den funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen der APs 3/4/5
- Vergleich möglicher Architekturmuster
- Architektur Entwicklung -> Microservice Architektur
- Analyse möglicher Datenbank-Strukturen (noSQL/Graphen-Datenbank vs. relationale Datenbank)
- Erstellung eines konsolidierten Datenbank-Schemas



- Definition der API zur Kommunikation zwischen den MS
- weitestgehende Koordination der, an der Entwicklung beteiligten, Partner
- Front-End und Back-End Entwicklung
- Koordination und Aufbau einer lokaler Testumgebung (Plugfest)
 - DHCP
 - DNS
 - Netzwerk Hardware
 - Wlan für Zugriff über mobiles Endgerät
 - Lokale Cloud für projektinternen Datenaustausch (ohne Internet, mit Verschlüsselung)
 - Fake-Mailserver
- Aufbau von Testumgebung via Server mit Einbindung der Tebisdatenbank
 - Absicherung des Servers (Hardening)
 - Ausrollen relevanter Dienste:
 - Docker als virtualisierungs Umgebung in Verbindung einer Docker-Registry

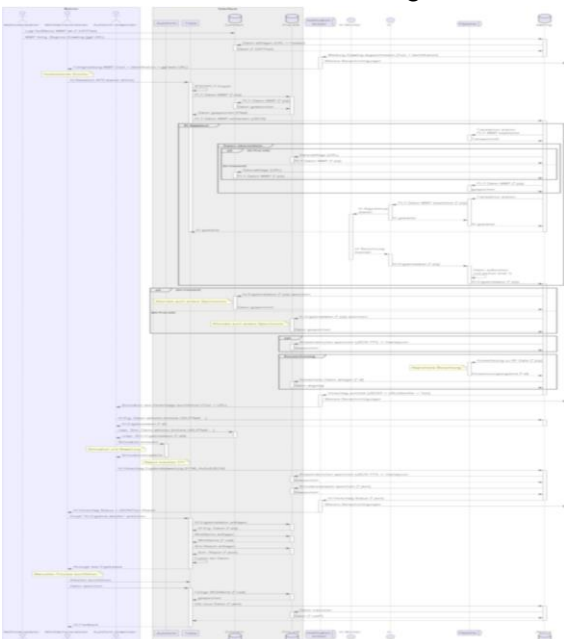
- Reverse Proxy "Traefik"
- Bereitstellen geeigneter Transportverschlüsselung zum abgesicherten Transfer von Daten (https)
- Infrastruktur zur Erstellung eines virtuellen, verteilten Netzwerks (VPN -> Wireguard)
 - Fake-Mailserver
 - Bereitstellung von Infrastruktur für TTZ
- Detailanalyse der bestehenden Datenspeichersysteme
 - Festlegung mit OEM bzgl. geeigneter Datenablageorte und -formate.

AP 2

- Mitwirkung bei der Analyse des Prozesses (inkl. Aufwände) und Einsatzmöglichkeiten der KI-Unterstützung mit ausreichend Einsparungspotenzial
- Soll-Ist-Vergleich für mögliches Einsatzszenario (Angaben der Einarbeit) der KI-Unterstützung (mittels Domain Storytelling Methodik)
- Mit-Diskussion der verschiedenen Konzepte zur Digitalisierung des Expertenwissens
- Unterstützung beim Vergleich von Einsatzszenarien von Verfahren zur perspektivischen Datenaufnahme
- Technische Unterstützung bei der Erstellung eines Klick-Prototyps zur Annotation von Flächen im Shopfloor durch die Experten
- Konzeptionierung eines Prototyps zur Erstellung und Speicherung einer Korrekturkarte aus dem Shopfloor in maschinen- und menschenlesbarer Form zur effektiven Speicherung im digitalen Zwilling
- Implementierung des Prototyps als C#-Python-Vue-basierte Webapp, die in die vorgesehene Infrastruktur des digitalen Zwillings eingebettet werden kann

AP 3 (keine Aufwände beantragt)

- Unterstützung bei der Konzeptionierung des AP3-Assistenten
- Kontinuierliche Betreuung des Entwicklungsprozesses hinsichtlich notwendiger Anpassungen an dem Wissensmodell bzw. digitalen Zwillings.

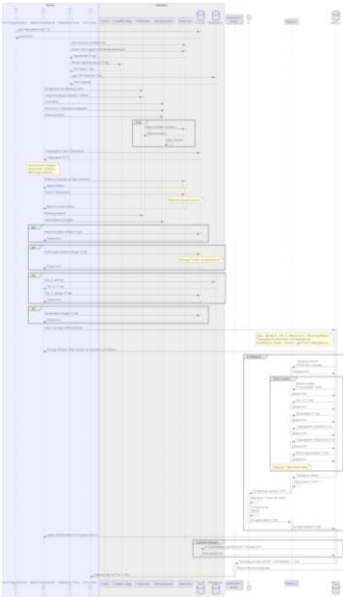


- Einsammeln von funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen nach "ISO/IEC 25010 - Qualität von Software"
- Festlegen und Ausarbeitung geeigneter APIs zur Kommunikation mit den anderen Systemen und Partnern
- Bereitstellen der Funktionalitäten zur Wandlung von Simulationsmodellen für den erfolgreichen Import (Autoform)
- Entwicklung geeignetes Web-Frontend zur Interaktion mit dem (Test-) Nutzer des Systems

- Festlegen geeigneter Daten-Strukturen in der Datenbank zur Ablage der Dateiverweise
- Implementierung des Speicher-Backends zum Lesen und Ablegen von Dateien aus/in den Legacy-Storage-Systemen
- Anpassung/Ergänzung der Architektur des Zwillings an die Bedürfnisse des Use-Cases
- Unterstützung bei der Umsetzung der Ansätze und Integration der Systeme im Test-Umfeld

AP 4

- Mitwirkung bei der Analyse der aktuellen Möglichkeiten zum Einsatz einer KI im Bereich des Neubaus
- Aufgrund der Verzögerung durch die GHV und damit verbundene schlechte Datenlage wurde die Anpassung des Modells und der dazugehörigen Schnittstellen auf das kommende Jahr verschoben, wenn die Strukturen festgelegt sind.



- Festlegen der Wissensstruktur des digitalen Zwillings im Bereich des APs
- Einsammeln von funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen nach "ISO/IEC 25010 - Qualität von Software"
- Festlegen und Ausarbeitung geeigneter APIs zur Kommunikation mit den anderen Systemen und Partnern
- Entwicklung geeignetes Web-Frontend zur Interaktion mit dem (Test-) Nutzer des Systems
- Festlegen geeigneter Daten-Strukturen in der Datenbank zur Ablage der Dateiverweise
- Festlegen der entsprechenden APIs zur Kommunikation mit der prototypischen Umsetzung
- Implementierung des Speicher-Backends zum Lesen und Ablegen von Dateien aus/in den Legacy-Storage-Systemen
- Anpassung/Ergänzung der Architektur des Zwillings an die Bedürfnisse des Use-Cases
- Unterstützung bei der Umsetzung der Ansätze und Integration der Systeme im Test-Umfeld

AP 5

- Mitwirkung bei der Findung geeigneter Ansätze zum Einsatz von KI im Kontext des Tryouts
- Vorbereitung eines Workshops zur Zielfindung des APs 5
- Aufgrund der Verzögerung durch die GHV und damit verbundene schlechte Datenlage wurde die Anpassung des Modells und der dazugehörigen Schnittstellen auf das kommende Jahr verschoben, wenn die Strukturen festgelegt sind.



- Moderation Workshop zur Neuausrichtung des Arbeitspakets (die im Antrag formulierte Aufgabenstellung hat sich als nicht sinnvoll lösbar herausgestellt)



- Festlegen der Wissensstruktur des digitalen Zwillings im Bereich des APs
- Einsammeln von funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen nach "ISO/IEC 25010 - Qualität von Software"
- Festlegen und Ausarbeitung geeigneter APIs zur Kommunikation mit den anderen Systemen und Partnern
- Bereitstellen der Funktionalitäten zur Wandlung von Simulationsmodellen für den erfolgreichen Import (Autoform)
- Entwicklung geeignetes Web-Frontend zur Interaktion mit dem (Test-) Nutzer des Systems
- Festlegen geeigneter Daten-Strukturen in der Datebank zur Ablage der der Dateiverweise
- Festlegen der entsprechenden APIs zur Kommunikation mit der prototypischen Umsetzung
- Implementierung des Speicher-Backends zum Lesen und Ablegen von Dateien aus/in den Legacy-Storage-Systemen
- Anpassung/Ergänzung der Architektur des Zwillings an die Bedürfnisse des Use-Cases
- Unterstützung bei der Umsetzung der Ansätze und Integration der Systeme im Test-Umfeld

AP 6

- Festlegen einer zusätzlichen Struktur in der Verwaltungsschale zur Ablage der Surrogate-Modelle und -Berechnungsergebnisse

- Integration der exemplarischen Surrogate-Daten in entsprechende Submodelle einer Verwaltungsschale

AP 7

- Festlegung der Erprobungsumfänge im OEM-Prozess zusammen mit den Partnern
- Definition der Grobstrukturen für den später geplanten Ablauf und Einsatz der Assistenten im produktiven Umfeld zu Evaluierungszwecken
- Festlegung der zu übermittelnden Daten zur Erprobung unterschiedlicher Reifegrade der Assistenten im Projekt
- Abschätzung der Kosten zur Implementierung im OEM-Umfeld
- Maßnahmen zur sicheren Ausführung von Software im Kontext von OEM, FOSS-Clearing-Prozess und entsprechende Schulung
- Potentieller Nutzungsansatz "Lebenszyklus eines Werkzeug-Satzes": AAS beim Kunden leben lassen
- Integration der Testumgebung im OEM-Werk mit Aufbau der Test-Infrastruktur
- Abschätzen der Aufwände zur Umsetzung unterstützt
- Unterstützung bei der Evaluierung der Ergebnisse durch OEM zur Nutzbarkeit und Industrialisierung

2 Ergänzende Informationen

2.1 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Nachfolgend aufgelistet alle angefallenen Kosten. Die Kosten übersteigen die Gesamtvorkalkulation und werden von EKS InTec GmbH übernommen. Die Differenz zwischen Vorkalkulation und tatsächlich angefallenen Kosten, war für das Erreichen der Ziele notwendig.

Position	Geplant	Ist
Personalkosten (0837)	1.199.240,00 €	1.214.025,40 €
Reisekosten (0838)	9.000,00 €	9.512,79 €
Verwaltungskosten (0860)	35.470,00 €	35.470,00 €

Die detaillierte Kostenaufstellung ist im Profi-Online-Portal eingereicht und liegt als PDF (Verwertungsnachweis vor).

2.2 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Die Arbeiten am TooliNG Projekt waren notwendig und angemessen, um die Grundlagen für den KI-unterstützten Werkzeugentstehungsprozess zu legen. Die Integration der verschiedenen Daten aus den diversen Bereichen und Abteilungen ist ein essentieller Bestandteil und Voraussetzung für die gezielte Implementierung von künstlicher Intelligenz zur Unterstützung bei den bisher manuellen Tätigkeiten. Die erfolgreiche Datenakquise und -konsolidierung stellt damit einen wesentlichen Pfeiler des Projekts dar. Aufgrund der Erfahrungen im Projekt mit den Partnern konnten zusätzliche Herausforderungen identifiziert und entsprechende Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Dies betrifft den Aufbau einer isolierten Test-Umgebung, welche nicht von den Security-Prozessen der Partner betroffen war. Damit konnten Test-Umgebungen geschaffen und die Projektergebnisse überprüft werden. Aufgrund von realistischen Beispieldaten konnte die erstellte Infrastruktur technisch auf Funktion überprüft werden. Durch den Einblick in den Prozess und die Schritte des Werkzeugentstehungsprozesses können weitere mögliche Innovationen identifiziert werden, welche im weiteren Verlauf evaluiert und abgestimmt werden. Auch für die in diesen Kontexten relevanten Fragestellungen waren die im Projekt erlangten Fortschritte wertvoll und rechtfertigen damit die Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeiten.

2.3 Voraussichtlicher Nutzen

- Datentransparenz und weniger Datenbrüche im Werkzeugentstehungsprozess
- Abbildung des kompletten Datenflusses im Werkzeugentstehungsprozess in einem Digitalen Prozess Zwilling als Backbone des Werkzeugentstehungsprozesses

- Schaffung von weiteren Mehrwertdiensten (Services), die auf dem Digitalen Prozesszwilling aufsetzen und Datenquelle und -senke hierfür sind.
- KI-basierte Generierung von Planungsdaten

2.4 Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Es sind keine anderen Stellen bekannt, an denen ähnliche Arbeiten im Kontext des Werkzeugbaus für Presswerkzeuge durchgeführt wurden.

2.5 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

- C. Wolf: Digitaler Zwilling des Werkzeugsatzes zur Unterstützung des Werkzeugentstehungsprozesses, Vortrag und Beitrag zum Sammelband, Datenraum 4.0, 12. Sep. 2022.
- F. Wittmann, C. Wolf: Digitaler Leitfaden, TooliNG-Project, Poster und Diskussion, Kopa35c Netzwerkveranstaltung, 9. Nov 2023.
- 12 AAS-Submodelle bei IDTA eingereicht
- SPS-Messe 12. bis 14. Nov 2024, Vorstellung des Projekts auf EKS-Messestand
- C. Wolf, F. Wittmann: Meta-Modelle für große Datenmengen im digitalen Zwilling, IT&Production Ausgabe vom 06.02.2025, <https://it-production.com/industrie-4-0-i40/die-verwaltungsschale-im-grenzbereich/>, 06.02.2025.
- Lernmodul Transfer-X:
https://ilias.fraunhofer.de/data/fraunhofer/lm_data/lm_64951/scormcontent/index.html/