

Predictive Maintenance








Dipl.-Ing. Andreas Steiner

Forschungsbereich Produktions- und Instandhaltungsmanagement (PIM)

Vision: Gestaltung automatisierter und nachhaltiger Produktions- und Anlagenmanagementsysteme



Forschungs- und Innovationsthemen

-  **Foundation Models in der Fertigung und industrieller KI**
-  **Integrative Produktions- und Instandhaltungsplanung** inkl. Energie- und Logistikfaktoren
-  **Datengesteuerte Produktivitätsoptimierung** – OEE (Overall Equipment Effectiveness)
-  **Instandhaltung für eine nachhaltige Produktion** und Anlagenverwaltung (Verlängerung der Restnutzungsdauer)
-  **Nachhaltige Instandhaltung**, Ressourcen- und Prozesseffizienz sowie Abfallmanagement
-  **Integration von Nachhaltigkeitsfaktoren in die OEE** hin zu OSEE (OEE x Nachhaltigkeit)
-  **Datengetriebene Logistik und technologiegestützte Anlagenoptimierung**

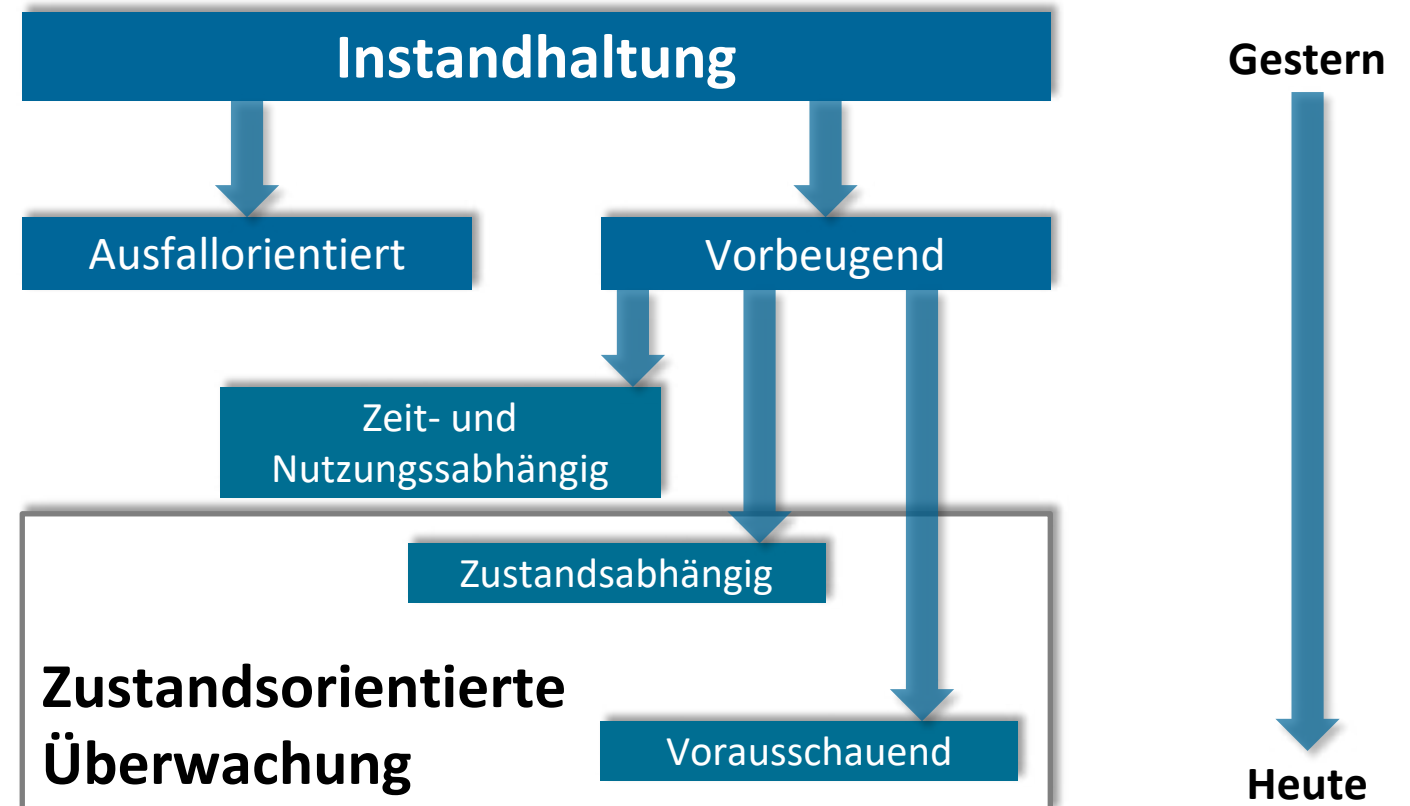
Hauptbranchen: Halbleiterfertigung, Automobilindustrie, Pharmazeutische Industrie, Eisenbahnsektor



<https://www.tuwien.at/en/mwbw/im/ie/pim>

Prädiktive Instandhaltung

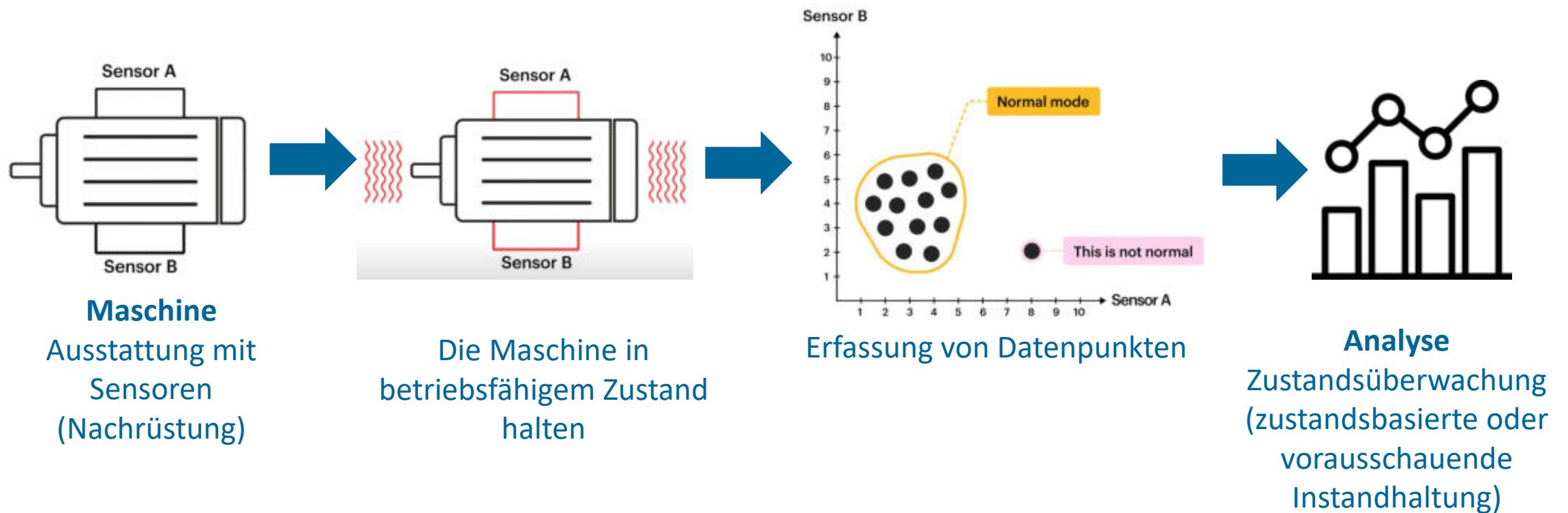
Instandhaltung im Wandel der Zeit



Prädiktive Instandhaltung

Einführung

Die vorausschauende (prädiktive) Instandhaltung nutzt Daten und Sensoren, um vorherzusagen, wann Maschinen ausfallen werden, sodass Reparaturen durchgeführt werden können, bevor es zu Ausfällen kommt.

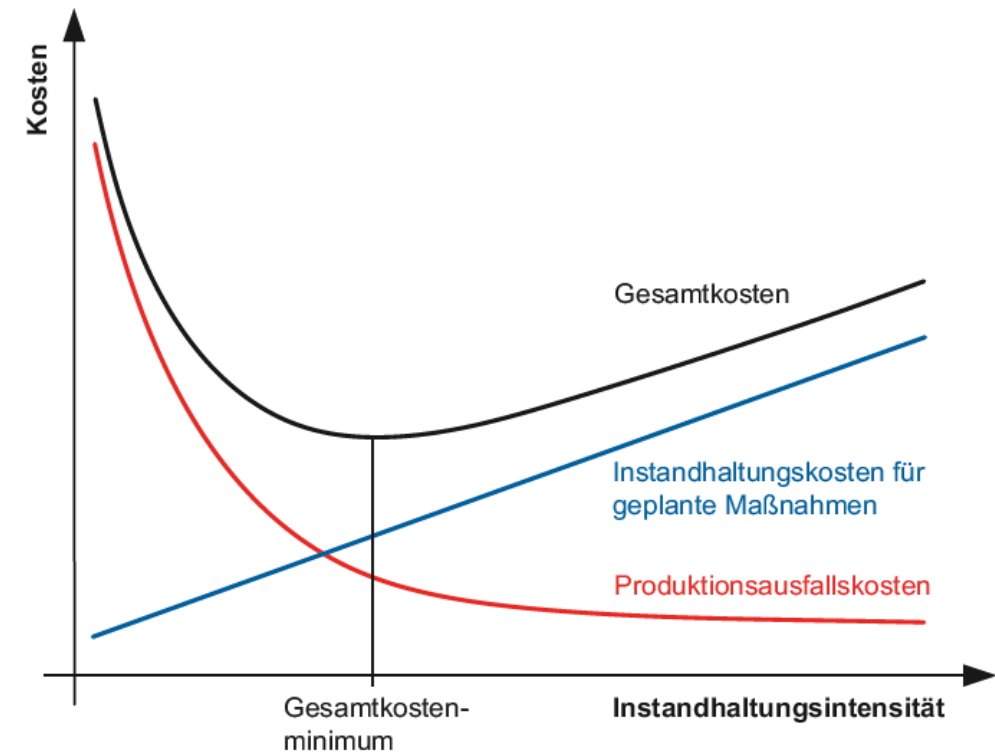


<https://www.youtube.com/watch?v=BApzsgq32mM>

Prädiktive Instandhaltung

Kosten bei einem Ausfall

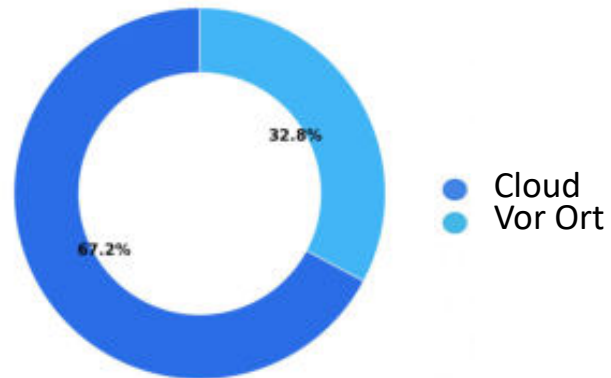
- Welche Kosten entstehen bei einem Ausfall wirklich?
 - Entgangene Deckungsbeiträge (Gewinne) auf dieser Anlage
 - Reduzierte Gesamtausbringung (Gesamtanlageneffizienz)
 - Folgekosten (Vertragsstrafen usw.)
 - Erhöhte Instandsetzungsaufwendungen
- Was sind KEINE Ausfallkosten?
 - Stundensätze der stillstehenden Maschinen



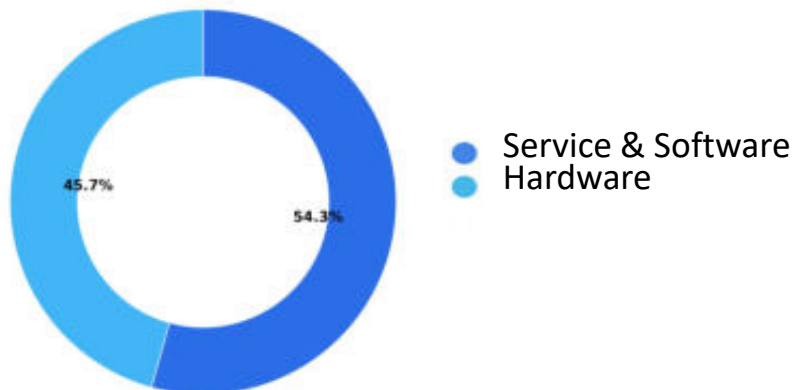
Prädiktive Instandhaltung

Aktuelle Situation

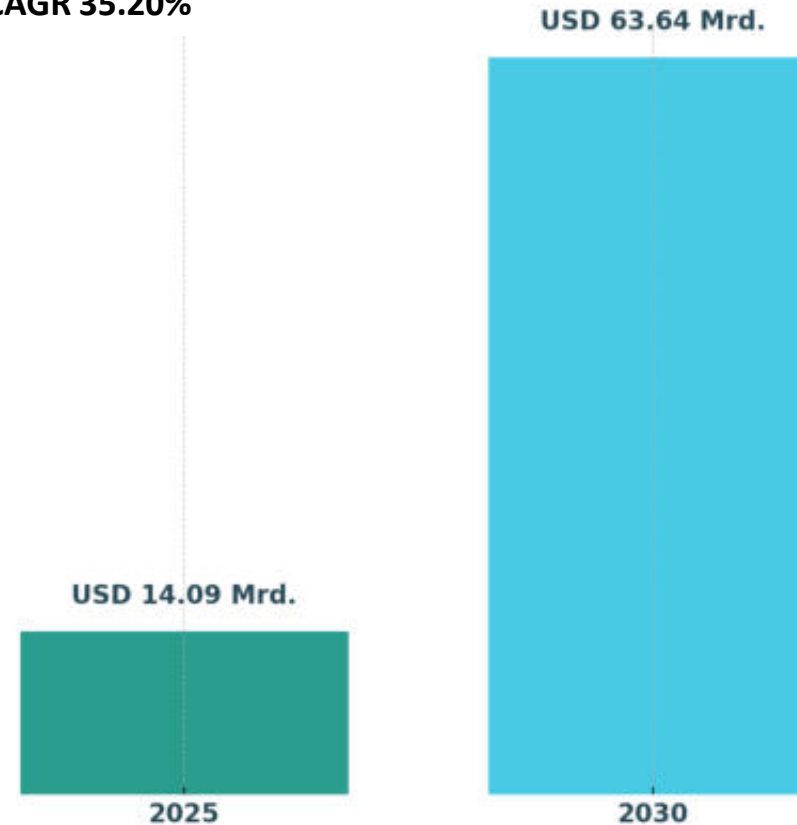
Marktanteil nach Einsatz, 2024



Marktanteil nach Art, 2024



Marktvolumen in Mrd. USD
CAGR 35.20%



Quelle: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/predictive-maintenance-market#:~:text=Der%20Markt%20für%20vorausschauende%20Wartung%20wird%20auf%20USD%20geschätzt,die%20industrielle%20Digitalisierung%20beschleunigen%20gemeinsam%20den%20Einsatz%20in%20vermögensintensiven%20Sektoren.>



Prädiktive Instandhaltung Bahnindustrie



WIN | Wissensbasierte Optimierung des Flotten- und Asset-Managements

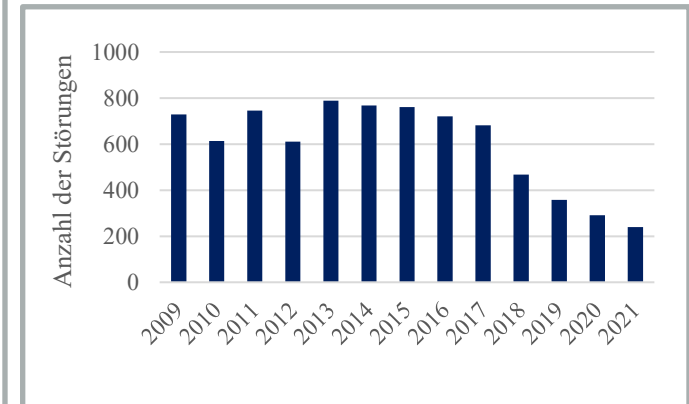
Forschungsziele

- Verbesserung des U-Bahn-Flottenmanagements durch Integration multimodaler Daten für datengetriebene Analysen von Ausfallfaktoren, um die Abhängigkeit von Expertenwissen zu reduzieren und daten- sowie wissensbasierte Wartung zu unterstützen.
- Entwicklung eines dynamischen wissensbasierten Modells zur Abbildung von Fahrzeugdaten, Fehlern, RAMS und LCC.
- Simulation der Flotteneinsätze und Wartungsoptimierungen zur Bewertung ihrer Auswirkungen auf Leistung und Kosten.

Beitrag: Wissensbasierte Wartung, Datenanalyse, CRISP-DM, Predictive Modeling & Machine Learning

Problemstellung

- Begrenzte Möglichkeiten zur weiteren Reduktion von Störungen bereits erreicht
- Spannungsfeld zwischen Sicherheit, Zuverlässigkeit und Kosten
- Unbenutzte Fahrzeugdaten aus neuen Flotten
- Generationenwechsel



**Partner &
Förderung**




Wiener U-Bahn V-Zug



- Erstmalige Inbetriebnahme 2000-2001
- Durchgängiger Zug mit 6-Wagen-Aufbau
- Flottengröße: 61 Gesamtzüge
- Länge eines Zuges: 111 Meter gekoppelt

Druckluftsystem



Systeme	Bedarf
Druckluftsystem	<ul style="list-style-type: none">▪ Höchster Prozentsatz der V-Zug Störungen▪ Sicherheitsrelevant
Antrieb-/Bremssystem	
Spannungsversorgung	
...	
	Funktion
	<ul style="list-style-type: none">▪ 2 Kompressoren pro V-Zug (je Fahrtrichtung)▪ Druckbereich: 6,5 – 8 bar

Basis für die Optimierung in Richtung einer prädiktiven und wissensbasierten Instandhaltung

1. Asset-Information:

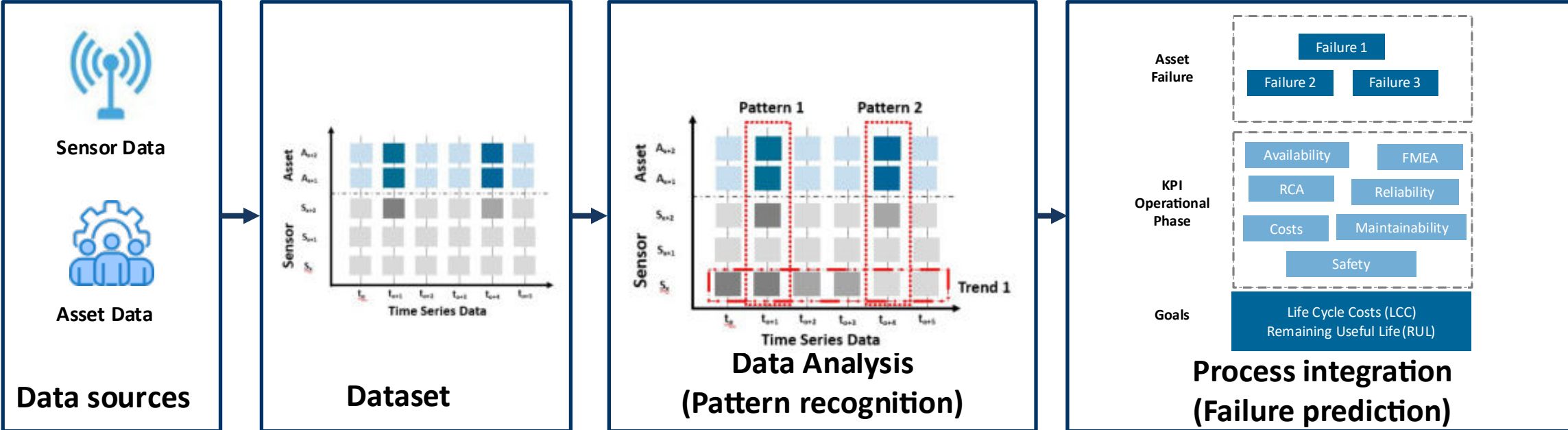
über Funktion, Instandhaltung & historische Eingriffe

2. Sensordaten:

Aufzeichnung von Fahrzeugdaten im Fahrbetrieb: 5 Züge & +2 Jahre

Helmer, M. (2021). Ein V-Zug kurz vor der U2-Station Donaumarina. Abgerufen von <https://bildstrecke.at>.

Actual condition: 152 compressed air malfunctions (entire fleet)

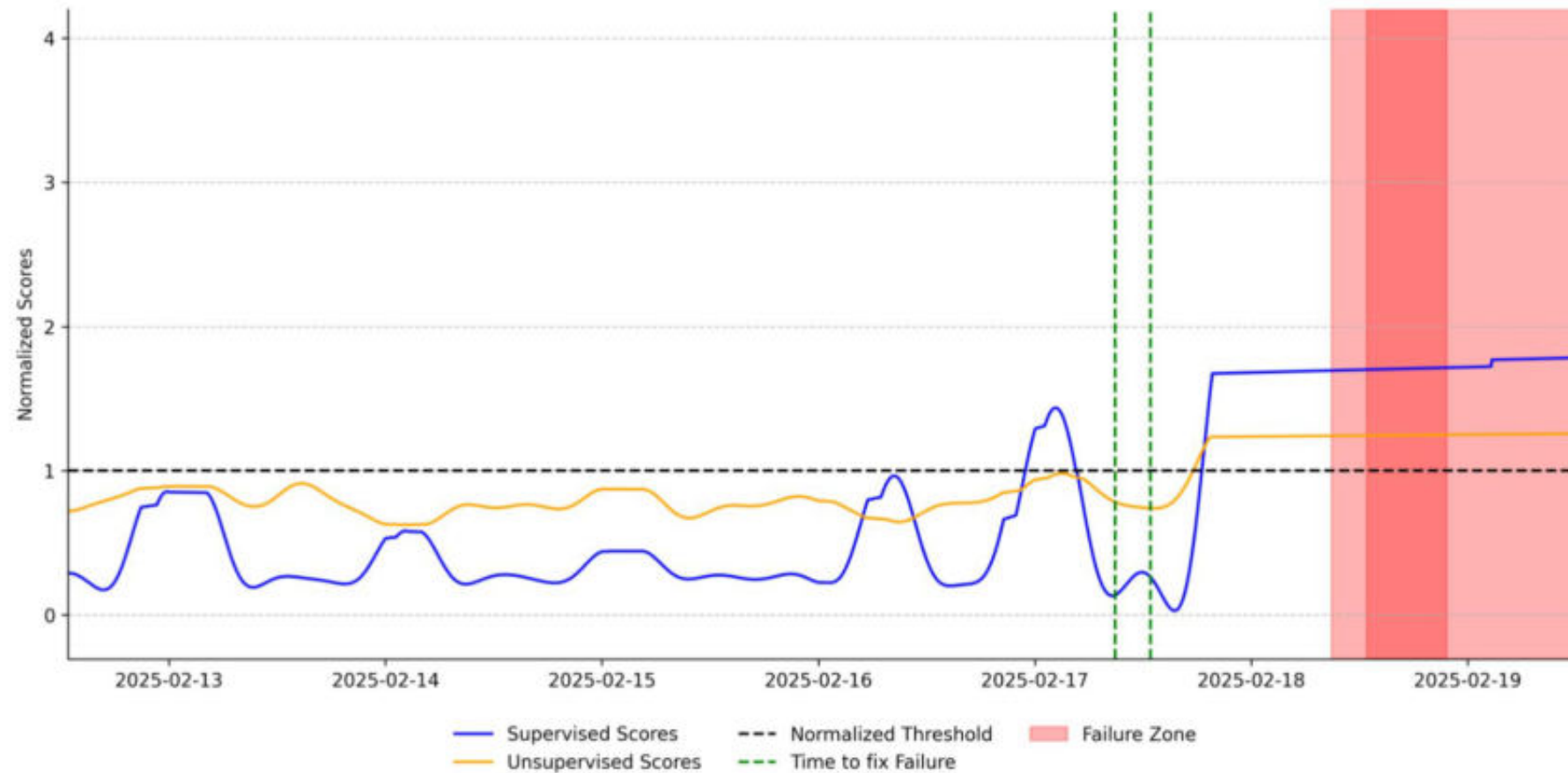


Target condition : 91 compressed air malfunctions (entire fleet)

Steiner, A., Abdelkader, O., Ansari, F., Kollegger, A. (2024). Datengetriebene Instandhaltung von Schienenfahrzeugen im öffentlichen Personennahverkehr: Wissensbasierter Ansatz zur Auswahl und Analyse operativer Sensordaten. In Digital Excellence in der Instandhaltung: Strategien für Ihren Unternehmenserfolg (S. 95–111). Köln: TÜV-Verlag.

Forschungsprojekt WIN (2023-2027)

Ergebnisse



Masterarbeit TU Wien – Stefan Helm



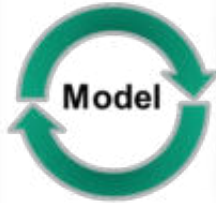
Prädiktive Instandhaltung

Digitaler Zwilling

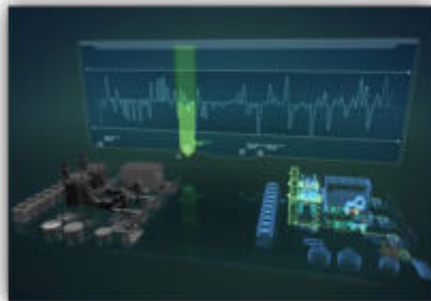
Anwendungsbeispiele für die zukünftige KI-basierte Wartung

Digitaler Zwilling

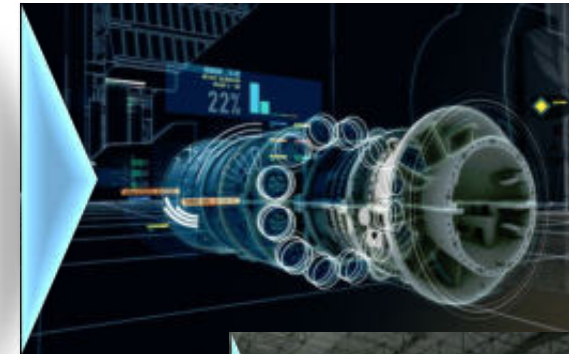
Ein digitaler Zwilling kann dabei helfen, Informationen über Struktur, Kontext und Verhalten von Teilen, Produkten und Systemen zu erhalten



Quelle: General Electric (GE)



- **Simulieren und steuern Sie** den Einfluss von Vorgängen auf die **Restlebensdauer (RUL)** von Komponenten



Teilezwillinge



Produktzwillinge



System
Zwillinge

- **Digitales Modell** = Virtuelle Darstellung eines Systems
- **Digitaler Schatten** = Verwendung von Echtzeitdaten, z. B. für eine Simulation
- **Digitaler Zwilling** = Rückkopplungsschleife zwischen virtuellem und realem System

Digitaler Zwilling in der Instandhaltung

Beispiel: Vorausschauende Wartung

Problem

- Hochkomplexe Maschinen müssen überwacht und gewartet werden, um unerwartete Ausfälle zu vermeiden.

Ziel

- Reduzierung der Wartungskosten und Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit

Lösung

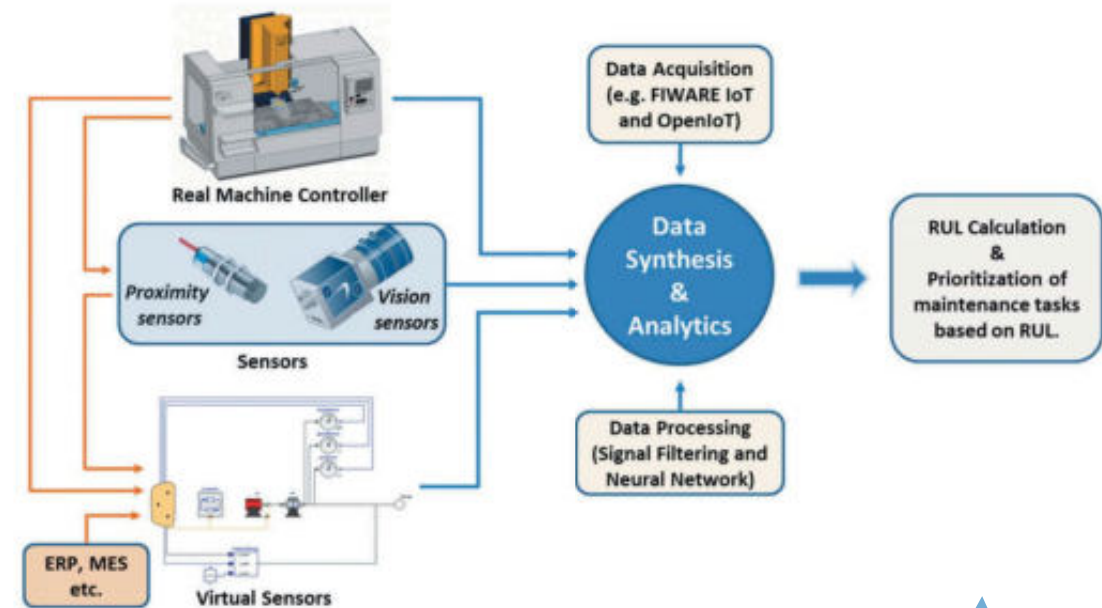
- Proaktive Wartung der Maschinen anstelle von Reparaturen nach Ausfall

Methode

- Verwendung von Digital Twin zur Berechnung der Restlebensdauer (RUL) von Maschinen und Anlagen

Digital Twin

Integriert Daten von Maschinensteuerungen, Sensoren und virtuellen Sensoren der mathematischen Darstellung, um die RUL vorherzusagen (**automatische Berechnung der RUL**)



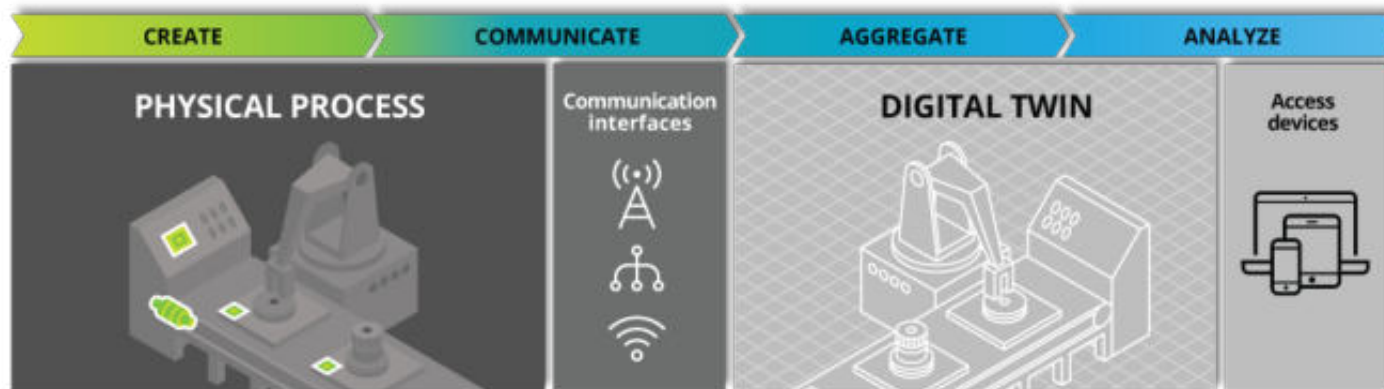
Quelle: P. Aivaliotis, K. Georgoulas & G. Chrysosouris (2019) Der Einsatz von Digital Twin für die vorausschauende Wartung in der Fertigung, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 32:11, 1067-1080

Digital Twin (DT) in Fertigung und Wartung

DT im Lebenszyklsumfeld

Digitaler Zwilling nach der Industrie 4.0-Plattform

„Ein digitaler Zwilling ist die digitale Darstellung eines [...] Produkts [...] innerhalb eines einzelnen Lebenszyklus oder über verschiedene Lebenszyklen hinweg unter Verwendung von Modellen, Informationen und Daten.“



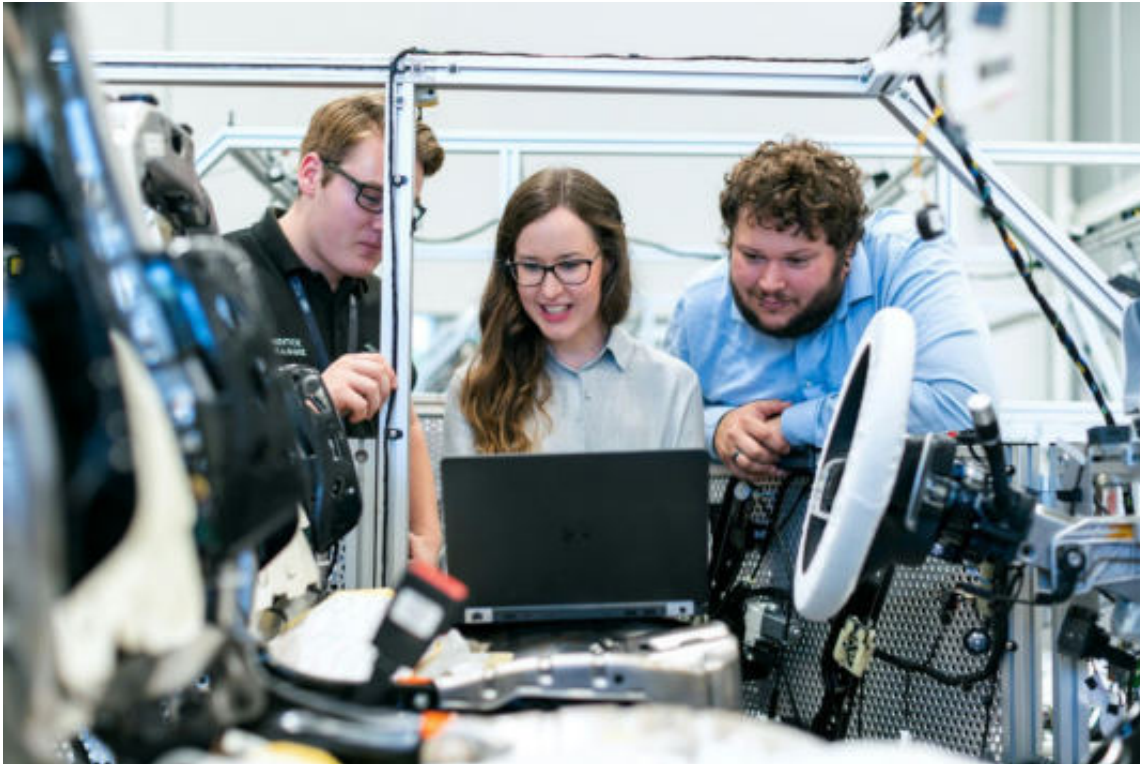
<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html>



<https://omundodausinagem.com.br/digital-twin-e-realidade-aumentada/>




Prädiktive Instandhaltung Automobilindustrie



Wichtige Fakten

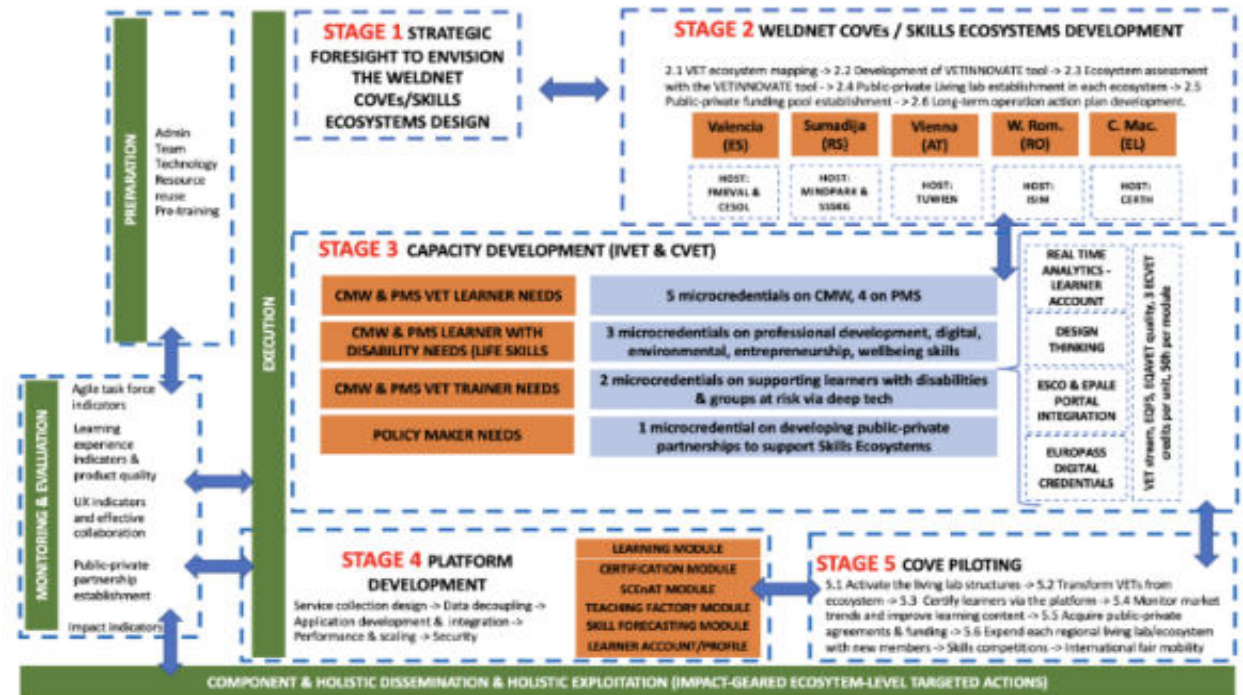
- Aufbau eines Netzwerks von fünf Centres of Vocational Excellence (COVEs) Manufacturing, um den kritischen Fachkräftemangel in den Bereichen zirkuläres Materialschweißen (CMW) und vorbeugende Wartungssysteme (PMS) für die europäische Automobilindustrie zu beheben
- Bereitstellung nachhaltiger Weiterbildungsmechanismen (IVET/CVET), um den regionalen Industriebedarf zu decken und gleichzeitig die Inklusion benachteiligter Bereiche zu fördern

Forschungsprojekt WELDNET

 **WELDNET** | Netzwerk integrativer COVEs für zirkuläres Materialschweißen und vorbeugende Wartung für eine sozial sichere, widerstandsfähige und nachhaltige Automobilfertigung

Forschungsziele

- Einrichtung von 5 Kompetenzökosystemen als regionale VET-Living Labs, die regionale öffentlich-private Partnerschaften unterstützen, die die Zukunft der beruflichen Bildung gestalten
 - Entwicklung einer Zukunftsvision (mittels strategischer Vorausschau) für die fünf COVE
 - Regionale Ökosysteme in Bezug auf die berufliche Bildung durch die Entwicklung eines maßgeschneiderten VETINNOVATE-Tools zu erfassen und zu bewerten
 - Einrichtung öffentlich-privater Living Labs als Basis für jedes COVE
 - Entwicklung von Mehrwertdiensten und Sicherung der langfristigen Nachhaltigkeit



Partner & Förderung



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union





Prädiktive Instandhaltung Luftfahrt



A3R | Augmented Reality and Artificial Intelligence for Enhanced Aircraft Inspection

Research Objectives

- Augmented Reality (AR)-Systeme, wie die Microsoft HoloLens 2, können durch Künstliche Intelligenz (KI) erweitert werden, um intelligente Entscheidungsunterstützungs-Tools zu schaffen.
- Durch die Analyse von Bildern von Metallplatten zusammen mit zugrundeliegenden Textdaten, wie z. B. einer Liste korrekt installierter Teile, können diese Systeme automatisch das Ausmaß und das Auftreten von Schäden bewerten.

AR, unterstützt durch KI, kann als Entscheidungsunterstützungssystem dienen, indem es Probleme identifiziert und potenzielle Lösungen aufzeigt.

Beitrag: Wartungsinspektionen, Augmented Reality, CRISP-DM, Entscheidungsunterstützungssystem und maschinelles Lernen



Inspector wears an AR device and looks at the aircraft engine

AR device recognizes turbine (**context-awareness**)

AR device assigns a task: Check serial number of turbine

Inspector looks at the engine plate and the AR device visually captures and extracts the serial number (OCR)

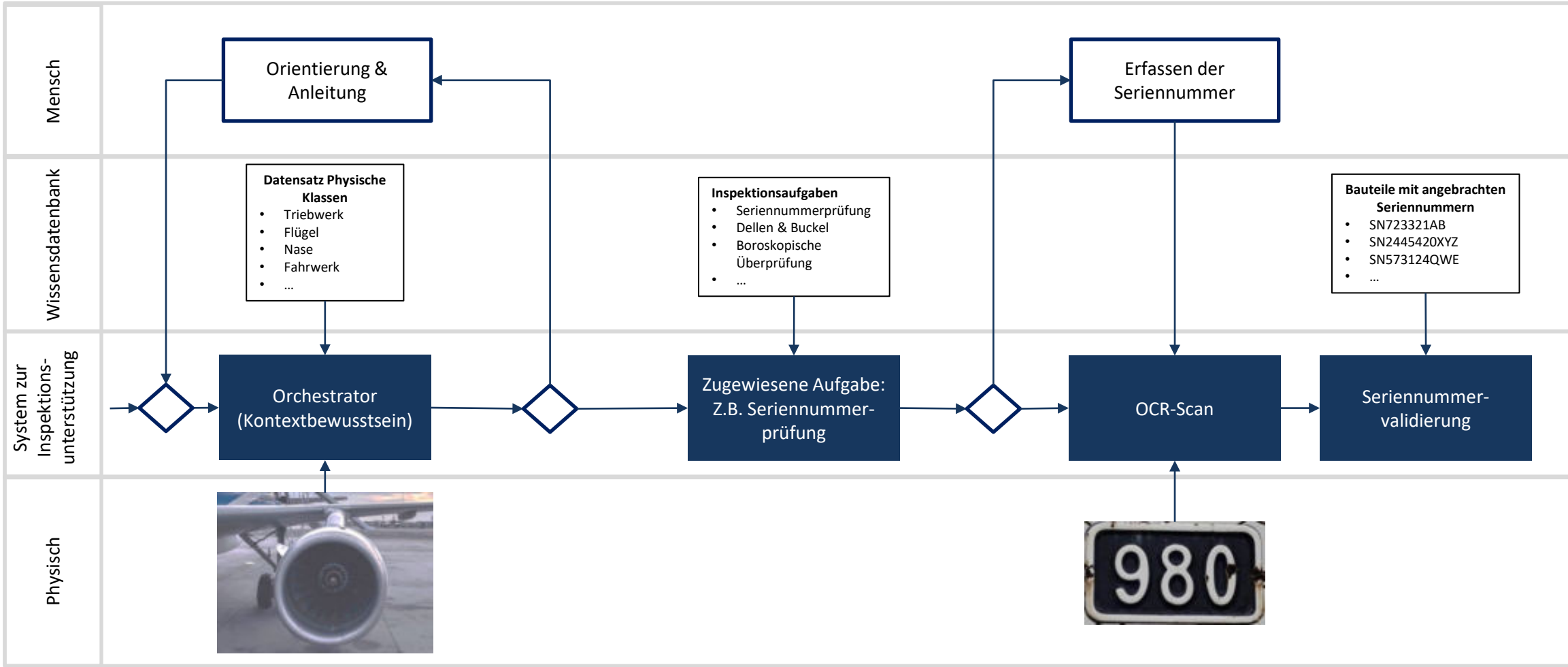
AR evaluates based on meta-data if the correct engine is mounted (**Decision-support system**)

Partner



Forschungsprojekt A3R (2024-2025)

Anwendungsfall - Seriennummerüberprüfung



Forschungsprojekt A3R (2024–2025)

Anwendungsfall – Objekterkennung am Flugzeug



Masterarbeit TU Wien – Florian Gombotz



A3R | Augmented Reality und künstliche Intelligenz für verbesserte Flugzeuginspektionen

Aktueller Prozess



Vor-Ort-Inspektion:

- Anreise zum Standort erforderlich
- Zeitaufwändiges Verfahren
- Hohe CO2-Emissionen



Hohe Wissensanforderungen:

- Gesetze und Vorschriften
- Wartungshandbuch
- Wartungsberichte



Subjektive Inspektionen:

- Kein standardisierter Prozess
- Persönliche Voreingenommenheit
- Fehleranfällig

Zukünftiger Prozess



AR-gestützte Inspektionen:

- Die Mitarbeiter für die Lufttüchtigkeitsprüfungen nehmen digital an der Inspektion teil.
- Inspektionen können schnell und ressourceneffizient durchgeführt werden.



Wissensmanagement:

- Textdaten können für die Entscheidungsfindung herangezogen werden.




Standardisierter Prozess auf Basis multimodaler Daten:

- Bilddaten werden zur Erkennung von Anomalien oder Komponenten verwendet

Unsere Dienstleistungen


Kurse für Data Science




Courses Offer
Digitalization,
Data Science and
AI

TU WIEN im INSTITUTE OF
MANAGEMENT SCIENCE
Research Unit of Production and Maintenance
Management


What We Offer



Crash Course
One-day, hands-on course provides executives and industry professionals with a practical introduction to AI, focusing on interactive discussions, real-world applications, and group exercises.




Deep Dive
Two-day workshop provides a strategic understanding of AI, covering data quality, governance, predictive analytics, and AI-driven decision-making. Executives learn to align AI with business goals and drive measurable impact.




Coaching
Tailored to your needs—whether you need guidance on a specific challenge or cutting-edge insights, we apply our expertise directly to your problem!


Previous Courses



DHK
Workshop on Industrial AI applications for Industrial Executives of Austria.



Porsche
Two day interactive workshop on industrial data science and AI applications for MBA students from Porsche.



Industrial Data Science



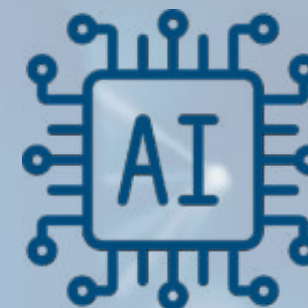
DATENANALYSE



VORAUSSCHAUENDE
INSTANDHALTUNG



CRISP-DM



KÜNSTLICHE INTELLIGENZ



MASCHINELLES
LERNEN



Technik für Menschen.

Technology for People!



Dipl.-Ing. Andreas Steiner

Wissenschaftlicher Mitarbeiter; Doktorand
Produktions- und Instandhaltungsmanagement
Institut für Managementwissenschaften, TU Wien

Data Scientist
Celairion GmbH

E-Mail: andreas.steiner@tuwien.ac.at ; asteiner@celairion.aero
