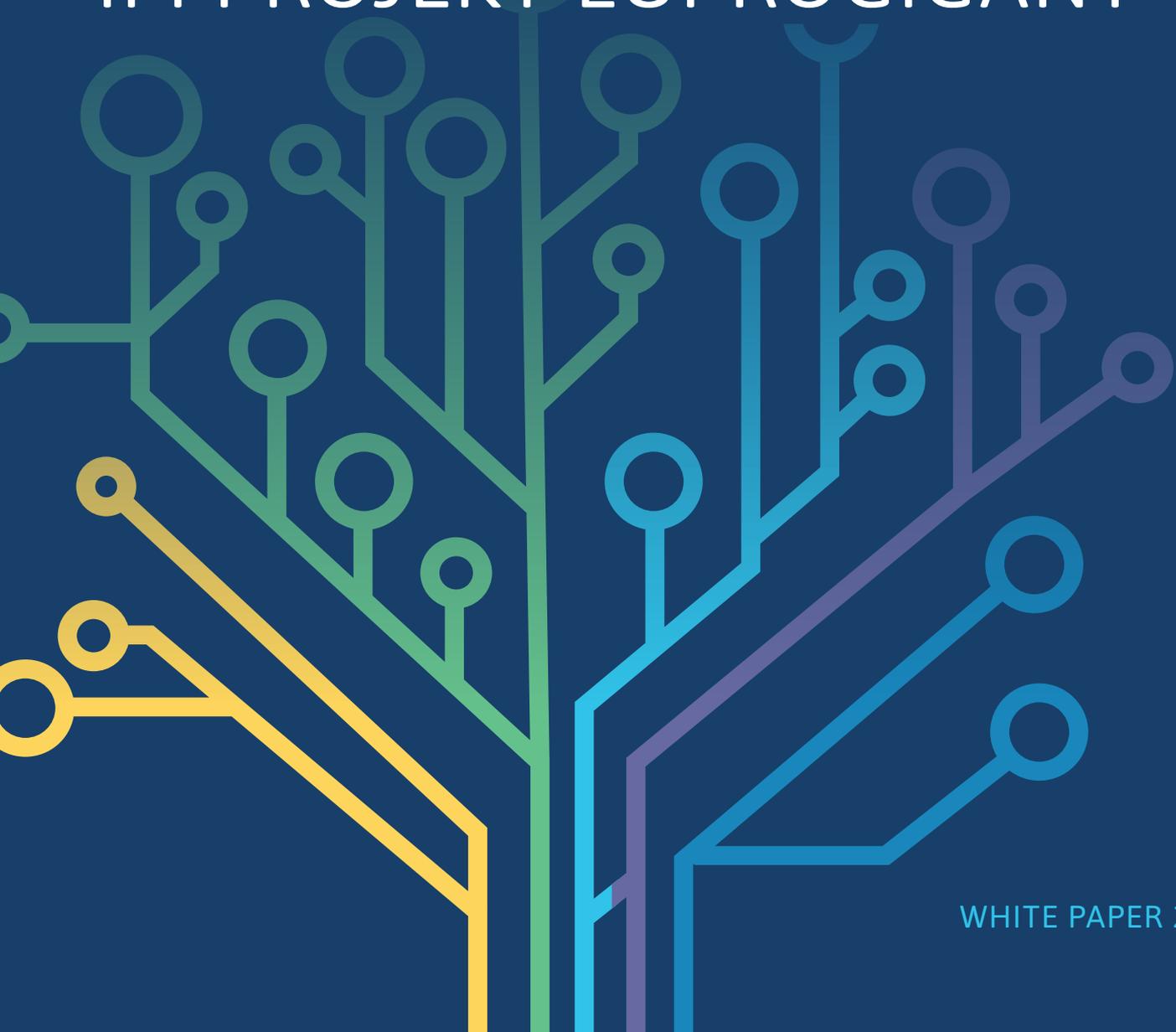
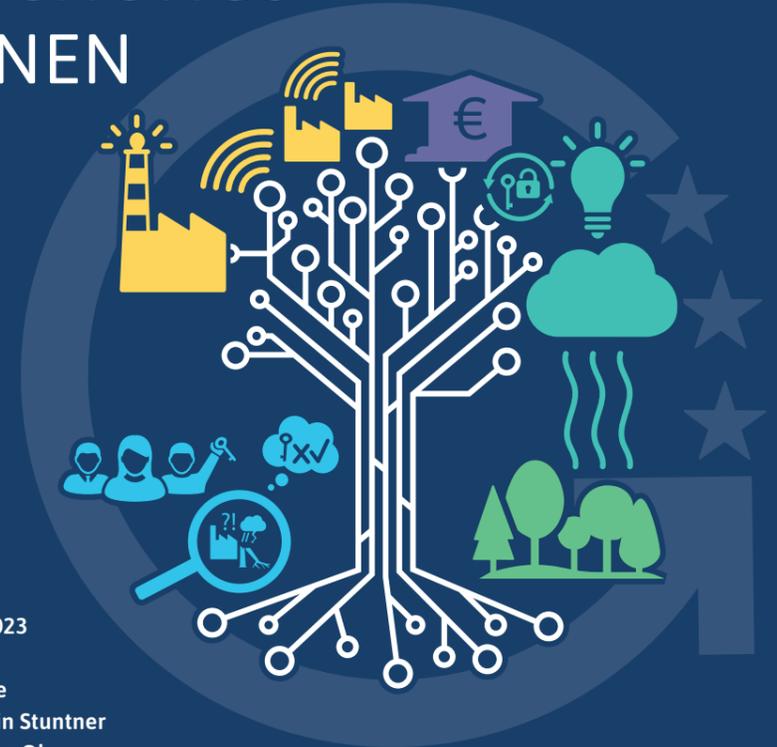


DATENKORRELATION MOBILER BEARBEITUNGSMASCHINEN IM PROJEKT EUPROGIGANT



VERÖFFENTLICHUNGS- INFORMATIONEN



Datum: 21.02.2023
Version: 1.3
Status: Freigabe
Überprüft von: Benjamin Stuntner
Freigegeben und genehmigt von: Wolfgang Obenaus

Copyright© 2023 Track Machines Connected Gesellschaft m.b.H.

Alle Rechte vorbehalten

Track Machines Connected

Der Inhalt dieses Dokuments wird nur zu Informationszwecken bereitgestellt und kann geändert werden. Die Track Machines Connected Gesellschaft m.b.H. gibt keine Zusicherungen oder Garantien hinsichtlich des Inhalts oder der Richtigkeit der hierin enthaltenen Informationen, einschließlich, aber nicht beschränkt auf die Eignung und die Leistungen des Produkts oder dessen beabsichtigte Anwendung.





INHALTSVERZEICHNIS

Veröffentlichungsinformationen	3
Inhaltsverzeichnis	5
Einführung	6
Motivation	7
Use Case – mobile Bearbeitungsmaschine	8
Vision	10
Definition von Synchronisation	11
Synchronisation im Umfeld der mobilen Bearbeitungsmaschine	13
Gaia-X-Anbindung der mobilen Bearbeitungsmaschine	15
Über EuProGigant	18



EINFÜHRUNG



TRACK MACHINES CONNECTED

MOTIVATION

Im Rahmen des österreichisch-deutschen Leitprojekts EuProGigant – Europäisches Produktionsgigant – wird in der produzierenden Industrie eine gemeinsame Dateninfrastruktur nach den Prinzipien von Gaia-X für das Wertschöpfungsökosystem konzipiert und umgesetzt.

Das Ziel des Projekts ist die Demonstration und Skalierung eines standortübergreifenden, digital vernetzten Produktionsökosystems mit resilienten, datengetriebener und nachhaltiger Wertschöpfung zur Stärkung der europäischen Vorreiterrolle in der Industrie. Der Fokus im Projekt liegt auf der Anbindung diverser Maschinen und Anlagen unabhängig von Herstellern und Software- bzw. Firmwareständen der Steuerungskomponenten.

Neben Anforderungen an eine gemeinsame Dateninfrastruktur hinsichtlich IT-Security, Safety, Zuverlässigkeit, Schnittstellenkonfiguration zur Interoperabilität eines funktionierenden Update-Managements sind die Anforderungen zu integrierender digitaler Funktionen (Services) heterogener Herkunft zu nennen, welche in der Gaia-X-Architektur über die Federation Services aus dem Daten-Ökosystem bezogen werden.



USE CASE – MOBILE BEARBEITUNGSMASCHINE

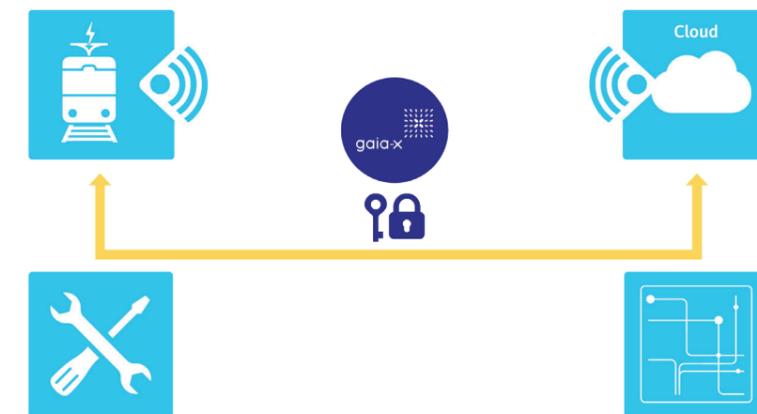


Abbildung 1: Schaubild zum Anwendungsfall der mobilen Bearbeitungsmaschine

Im Kontext des Anwendungsfalls „mobile Bearbeitungsmaschine“ kommen zu all diesen Ansprüchen weitere Herausforderungen hinzu:

Das Werkstück kommt nicht zur Maschine – die Maschine ist mobil und kommt zum „Werkstück“, wobei Werkstück hierbei für die zu bearbeitenden Positionen bzw. Streckenabschnitte der Bahngleis-Infrastruktur steht.

Dies erfordert Lösungen in folgenden Themenbereichen:

- Systemübergreifender sicherer Datenaustausch trotz teilweise unzuverlässiger bzw. nicht verfügbarer Datenverbindungen
- Synchronisation von Daten im Netzwerk aus unterschiedlichsten Systemen und Quellen

Die erfassten Daten aus dem Gleis- und Infrastrukturbereich der Bahnen bieten die Basis für eine Vielzahl an Anwendungsfällen für digitale und datengetriebene Geschäftsmodelle.

Vieles, was früher die lokale Anwesenheit vor Ort nötig gemacht hat, kann nun aufgrund präziser Messergebnisaufzeichnungen und digitaler Abbildungen ins Backoffice verlagert werden.

Dieses digitale Abbild in Form eines „Digital Twin“ entsteht durch die Zusammenführung und Korrelation der Daten aus einer Vielzahl mobiler Bearbeitungsmaschinen unterwegs in einem weltweiten Gleisnetz der Bahninfrastruktur, sowie der davon abgeleiteten Maschinensteuerungsanweisungen bzw. Empfehlungen, welche der Maschinenführer nur mehr bestätigen muss, oder auch davon abweichende Korrekturen einbringen kann.

Das Ergebnis am Ende dieses Datenmess-, Korrelations-, Berechnungs- und Bearbeitungszyklus wird im Zuge einer Nachmessung überprüft und als Qualitätsnachweis („Messschrieb“) festgehalten und dokumentiert.



VISION

Die Vision des Digital Twin besteht darin, eine gemeinsame Datenbasis aller Systeme und Messwertprotokolle der Bereiche Bahninfrastruktur, Bahnbau, Flottenmanagement und Zustandsbewertung zu schaffen und dadurch eine holistische Datenansicht für eine Vielzahl von Geschäftsprozessen zu ermöglichen.

Alle Daten im Digital Twin sind möglichst exakt synchronisiert in Hinsicht auf eine gemeinsame Zeitbasis und eine präzise einheitliche Ortsangabe.

Die Speicherung exakter Ortsangaben ist in diesem Kontext besonders wichtig, da es einerseits die Wiederauffindung von speziellen Punkten, oder auch Gleisabschnitten möglich macht und die Verschneidung von Daten- und Messergebnissen verteilter Systeme und Zeitreihen ermöglicht.

Als Zeitreihe bezeichnet werden die im Zeitverlauf mehrfache Aufzeichnung der gleichen Messdaten von denselben Orten bzw. Streckenabschnitten.

Abbildung 2 (unten) zeigt die grafische Zeitreihen-Darstellung der Messergebnisse einer mobilen Bearbeitungsmaschine. Die X-Achse stellt die Gleiskilometerposition im Streckenabschnitt dar, während auf der Y-Achse jeweils die gemessene Höhenabweichung in mm/m dargestellt wird.

Der Wert einer Digital Twin-Lösung ist also unmittelbar mit der Synchronität von Zeit- und Orts-Information verbunden. Dieses Whitepaper befasst sich daher mit dem grundlegenden Thema der Synchronisation unterschiedlichster Datenquellen in Hinblick auf Zeit und Ort als zentrale Voraussetzung für die Zusammenführung der ermittelten Messdaten.

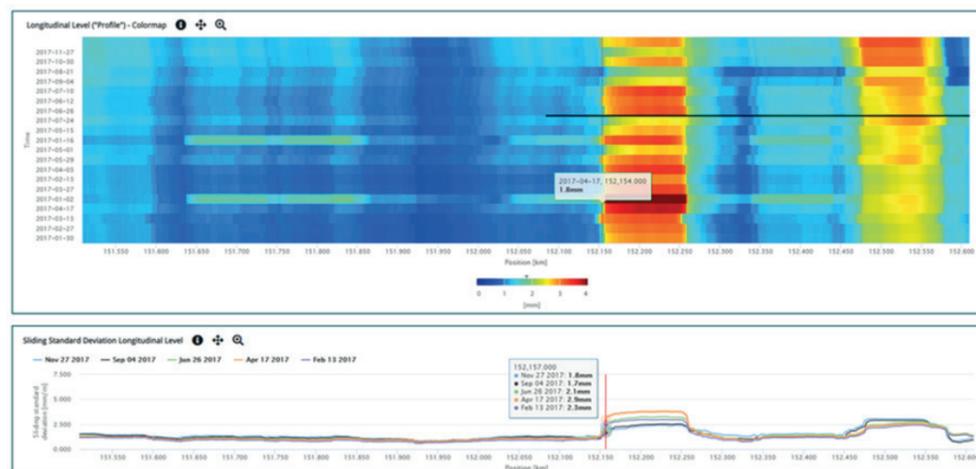


Abbildung 2: Schaubild zum Anwendungsfall der mobilen Bearbeitungsmaschine

DEFINITION VON SYNCHRONISATION

Wichtige Informationen bei der gemeinsamen Betrachtung und Auswertung von Daten dezentraler Sensoren und Messsysteme sind der möglichst exakte Zeitpunkt, zu dem Messwerte erfasst wurden und der präzise Ort, von dem diese Messwerte stammen.

Zeit-Synchronisation

Zeit-Synchronisation bedeutet, sich zu bestimmten Zeitpunkten die Zeitinformation von sogenannten „Zeit-Mastersystemen“ zu holen und die eigene Systemuhr auf diese Zeit einzustellen.

Bekanntere Protokolle in diesem Zusammenhang sind das Network Time Protocol NTP oder auch das Precise Time Protocol PTP.

Worin unterscheiden sich NTP und PTP?

NTP Server ermöglichen Client-Anwendungen, sich die Zeit von einem NTP-Server zu holen (pull). Die Genauigkeit von NTP liegt dabei im Bereich von wenigen Millisekunden. PTP hingegen sendet die Zeit aktiv an die Clients aus (push). Man spricht hierbei auch von Slave Clocks. Die Genauigkeit von PTP liegt dabei im Bereich von circa. 100 ns – 150 µs.

tmSYNC nutzt im Falle von PTP den Co-Prozessor des Edge Device tmMDC, um auf der mobilen Bearbeitungsmaschine autark den Pulse für PTP zu generieren.

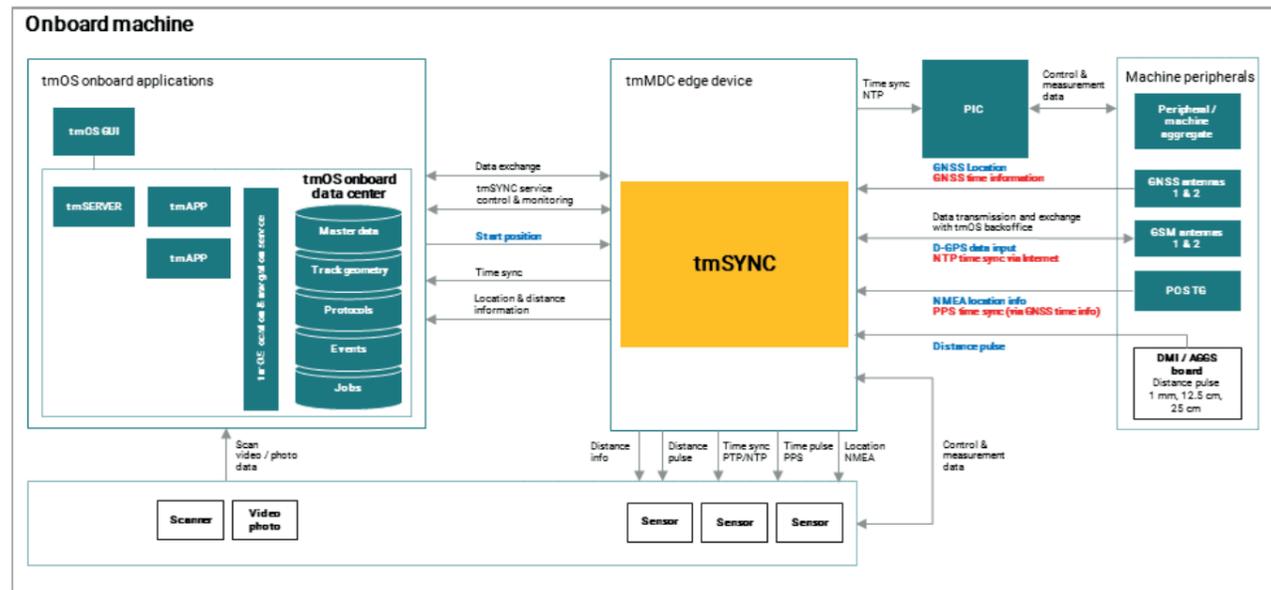


Abbildung 3: tmSYNC Übersicht

tmSYNC nutzt, wie in Abbildung 3 dargestellt, NTP, um sich mit einem Zeitserver im Internet zu synchronisieren und taktet in Folge autonom weiter, um die mit tmSYNC verbundenen Clients zeitsynchron halten zu können.

Eine weitere Funktion, welche tmSYNC bereitstellt, ist die gemeinsame Taktung und Synchronität von Aktivitäten via Pulse Per Second (PPS) Protokoll zu triggern.

Orts-Synchronisation

Eine weitere wichtige Dimension, um Daten für Anwendungsfälle in einem gewählten Kontext aussagekräftig zu strukturieren, ist die präzise Lokation bzw. Ortsangaben-Synchronität.

Die wohl bekannteste Information in diesem Zusammenhang ist die GNSS-Koordinaten-Information. Die Genauigkeit der satellitenbasierten Positionsbestimmung kann durch die Verwendung und Verrechnung von ortsbezogenen Korrekturdaten, sogenannten D-GPS Informationen (Differential Global Positioning System), deutlich gesteigert werden. Somit kann die Genauigkeit der Positionsbestimmung im Idealfall von wenigen Metern auf wenige Zentimeter verbessert werden.

Im Kontext der mobilen Bearbeitungsmaschine ist jedoch nicht nur die Position im Sinne des GNSS-Koordinatensystems erforderlich, sondern vor allem auch die Position in Bezug auf die Gleiskörper und den darauf basierenden Strecken- und Gleiskilometer-Angaben. Deshalb kommen hier folgende weitere Möglichkeiten zur Positionsbestimmung und Streckenmessung hinzu:

Man startet die Messung an einem bekannten Punkt, oft auch durch manuelle Eingabe der Startposition in Form von Linie, Gleis, Gleiskilometer und Distanz und rechnet von dort durch Zählung und Aufsummierung sogenannter Distanz-Pulse weiter. Diese werden von einem Wege-Mess-Rad ausgegeben.

Auch äußere, bekannte Bezugspunkte können zur Positionsbestimmung herangezogen werden. Diese werden hochpräzise vermessen und in Bezug zum Gleiskörper gesetzt, wodurch sich das System automatisch innerhalb des weit verzweigten Gleisnetzwerkes verorten kann. Dies ermöglicht eine präzise Weg- und Distanzbestimmung, selbst wenn das GNSS-Satellitensignal nicht oder nur unzureichend genau zur Verfügung steht.

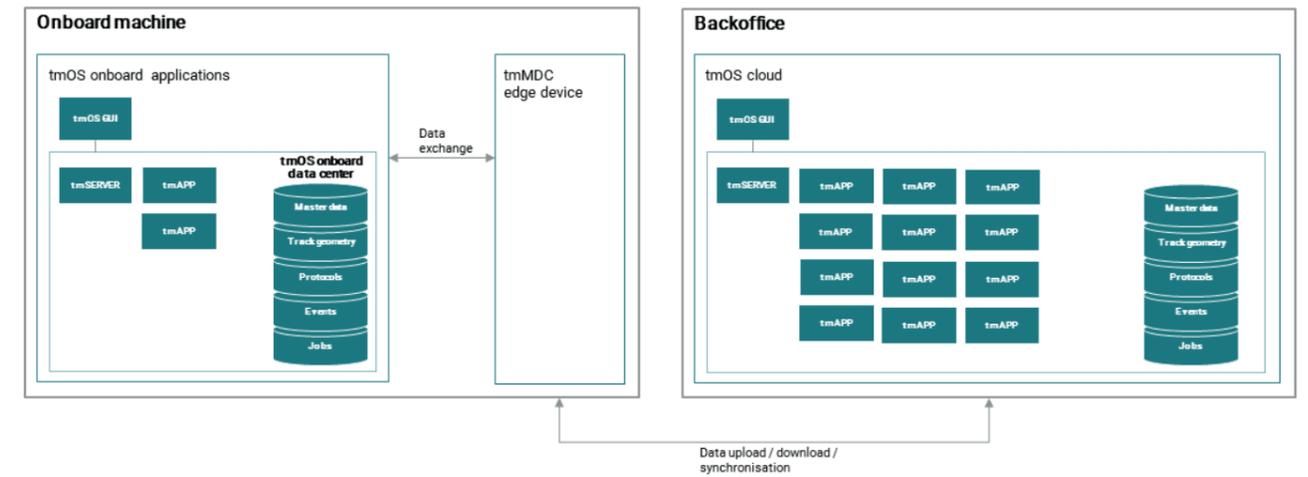


Abbildung 4: Interaktion Onboard machine und Backoffice

SYNCHRONISATION IM UMFELD DER MOBILEN BEARBEITUNGSMASCHINE

Das IT-Umfeld einer mobilen Bearbeitungsmaschine besteht aus einem modularen Baukasten von Maschinen- und Systemsteuerungen, Messsystemen, Sensoren, einem auf der Bearbeitungsmaschine lokalen tmOS-basierten Daten-Center und einem Edge Device, dem sogenannten Machine Data Connector device (tmMDC).

Bei tmOS handelt es sich um eine speziell für Messwagen und mobile Bearbeitungsmaschinen entwickelte Software Plattform „track machine Onboard/Offboard System“. Diese tmOS Plattform kommt sowohl Onboard der mobilen Bearbeitungsmaschine als auch Offboard im Backoffice zum Einsatz und stellt die Basis für die Entwicklung und Integration von Applikationen zur Verfügung.

Um all diese verbauten Komponenten und Datenquellen hinsichtlich Zeit und Ort zu synchronisieren, wurde das Edge Device erweitert und ein zentraler tmSYNC (wie in Abbildung 3 in Gelb dargestellt) Prozess integriert.

Sobald der tmSYNC Prozess gestartet und initialisiert wurde, ist er Onboard der Maschine der zentrale Master für Zeit und Orts-Information

und verteilt diese Informationen bzw. Zeit- und Wegimpulse an alle installierten, Messdaten erfassenden Systeme.

Somit wird gewährleistet, dass die im tmOS Onboard Data Center zusammengeführten Messergebnisse korreliert sind und durch intelligente Algorithmen, z.B. aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz, gemeinsam ausgewertet werden können.

In Abbildung 3 – tmSYNC Übersicht sind die Quellen dargestellt, um die angewandte „Master-Zeit“ zu initialisieren sowie die integrierten Quellen um die „Location Info“ zu erhalten, bzw. zu initialisieren.

Die mobile Bearbeitungsmaschine ist über das Onboard tmMDC Edge Device auch mit dem Backoffice verbunden. Somit können bei aufrechter Datenverbindung jederzeit Up- und Downloads, sowie Datensynchronisationen stattfinden. Ist aufgrund der technischen Möglichkeiten keine Verbindung möglich, dann puffert das System die Daten onboard (siehe Abbildung 4).

Im Backoffice können die Daten der mobilen Bearbeitungsmaschine weiter bearbeitet und analysiert werden.

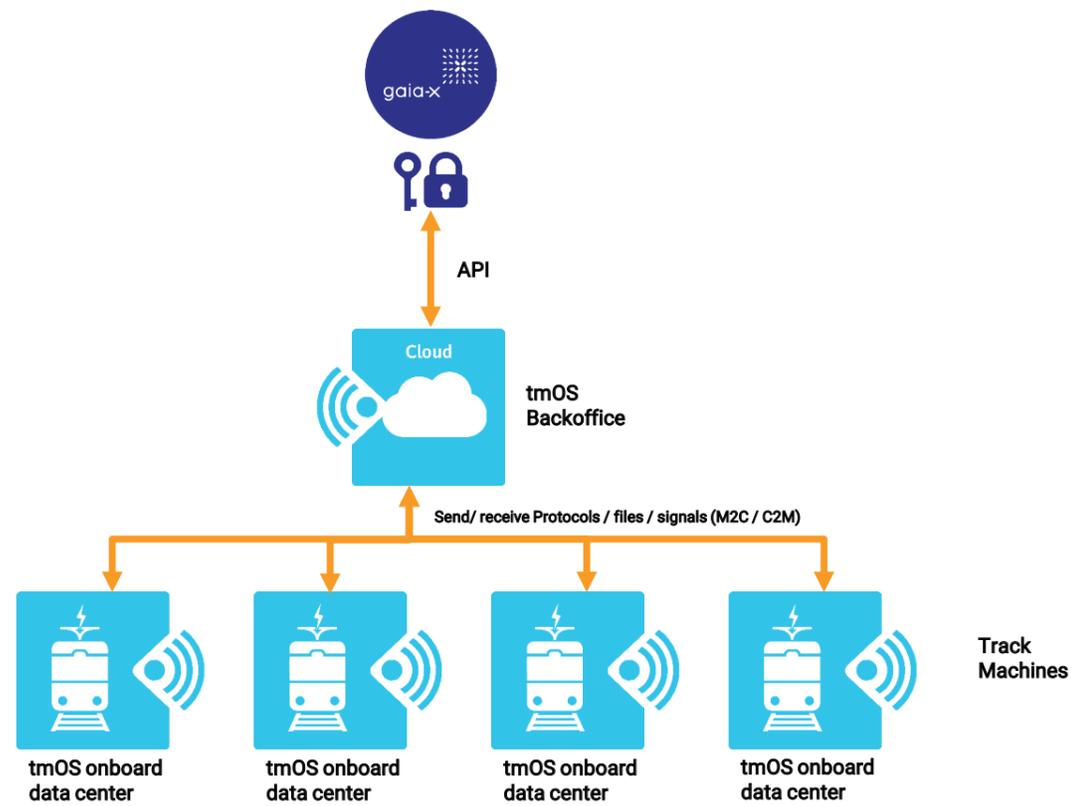


Abbildung 5: tmOS Integration mit Gaia-X

GAIA-X-ANBINDUNG DER MOBILEN BEARBEITUNGSMASCHINE

tmOS Cloud ist die zentrale Datenbasis, in der die Daten der mobilen Bearbeitungsmaschinen zusammengeführt und weiterverarbeitet werden. Somit ist dies auch das Datenökosystem, welches mittels API-Implementierung der Gaia-X Federation Services in EuProGigant integriert werden kann (siehe Abbildung 5).

Während tmOS das Ökosystem für die horizontale Integration von bahnspezifischen Mess-, Infrastruktur- und Flottendaten ist, gibt es auch außerhalb dieses Umfelds eine Menge Hersteller-, Wartungs- und Betriebsdaten, deren Verknüpfung in vertikaler Richtung zusätzliche Vorteile bringen, um den Zustand und die Kosten einer Bahn- und Verkehrsinfrastruktur weiter zu optimieren.

Die von Gaia-X zu erwartende Regelwerks-Standardisierung und API-Implementierung ist ein zukünftiger Weg und möglicher Standard, die vertikale Datenvernetzung im Sinne unserer Kunden voranzutreiben.



ÜBER EUPROGIGANT

EuProGigant steht für „Europäisches Produktionsgigant zur kalamitätsmindernden Selbstorchestrierung von Wertschöpfungs- und Lernökosystemen“. Das binationale Projekt ist das Gaia-X-Leuchtturmprojekt für die Industrie 4.0. Es ist am 1. März 2021 gestartet und läuft vier Jahre. Ziel ist der Aufbau eines standortübergreifenden, digital vernetzten Produktionsökosystems. Den Rahmen bilden das österreichische Programm „FTI Offensive Big Data in der Pro-

duktion“ der Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) im Auftrag des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) sowie das deutsche Programm „Entwicklung digitaler Technologien“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). EuProGigant ist eine eingetragene EU-weite Marke in Wort und Bild von TU Wien und TU Darmstadt.



Technische Universität Wien

Karlsplatz 13, 1040 Wien
Telefon: +43 1 58801 0
ATU37675002

Technische Universität Darmstadt

Karolinenplatz 5, 64289 Darmstadt
Telefon: +49 6151 16 0

 **Bundesministerium**
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

Gefördert durch:
 **Bundesministerium**
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



