

## AM4Rail

Multidimensionale Datenpipeline zur Potenzialbewertung der additiven Fertigung von Ersatzteilen bei EVU

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Mobilität der Zukunft, Mobilität der Zukunft, MdZ - 16. Ausschreibung (2020) System Bahn	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.09.2021	<b>Projektende</b>	31.12.2024
<b>Zeitraum</b>	2021 - 2024	<b>Projektlaufzeit</b>	40 Monate
<b>Keywords</b>	additive Fertigung; Ersatzteil; Nachhaltigkeit; Kosteneffizienz; Sharing Economy		

### Projektbeschreibung

Die Nutzung der additiven Fertigung (englisch Additive Manufacturing, AM) bietet in der Logistik im Schienenfahrzeugbereich eine Reihe an Potenzialen: Supply Chains können durch Reduktion von Lagerstufen bzw. durch Make-to-Order-Prozesse vereinfacht werden. Außerdem können Aufwände für Lagerhaltung, Transport und Verpackung reduziert werden. Die AM birgt ein mögliches Verlagerungspotenzial für rund 10-15% der gesamten Ersatzteilartikel im Bahnwesen [Pannett 2019].

Durch die Nutzung von AM-Technologien können folgende Potenziale realisiert werden:

- Reduktion der Ausfalls-/Stillstandszeiten betrachteter Assets durch „Print-on-Demand“ von Ersatzteilen mittels AM um 10%
- Reduktion des Energie- und Ressourcenverbrauchs in Ersatzteilbereitstellung sowie laufendem Betrieb aufgrund reduzierter Teilgewichte bzw. Logistikkosten zwischen 5 und 10%
- Realisierung von Kosteneinsparungen in der Ersatzteilbereitstellung durch Auswahl der effizientesten Strategie um bis zu 30%

Ergebnis von AM4Rail ist eine durchgängige, multidimensionale Datenpipeline.

Diese beinhaltet die Analyse von technischen Zeichnungen mittels Methoden der Bildverarbeitung und Mustererkennung sowie OCR und Text Mining in der Preprocessing-Datenpipeline. Sie verknüpft diese mit weiteren Datenquellen in einem semantischen Data Hub.

Dieser liefert der nachfolgenden wirtschaftlichen, ökologischen und technologischen Lebenszyklusbetrachtung in einem AM-Potenzialbewertungs-Dashboard aufbereitete Informationen, damit valide teilespezifische Aussagen zur technologischen Machbarkeit sowie zur wirtschaftlichen Sinnhaftigkeit der AM getroffen werden können.

Die identifizierten Potenziale werden in einem zweistufigen Sharing-Economy-Konzept zusammengefasst. Zwei Szenarien hinsichtlich Reorganisationsmöglichkeiten in Richtung kollaborativ genutzter AM-Fertigungsinfrastruktur werden abschließend entwickelt und gewährleisten eine Maximierung des Verwertungspotenzials – ausgehend von den Anwendungspartnern im Konsortium („3D-Hub Vienna“) bis zur internationalen Kooperation in der Schienenfahrzeugindustrie.

## **Abstract**

The use of additive manufacturing (AM) offers a range of potentials in rail vehicle logistics: supply chains can be simplified by reducing storage stages or through make-to-order processes. In addition, expenses for warehousing, transport and packaging can be reduced. AM holds a possible relocation potential for around 10-15% of the total spare parts items in the rail sector [Pannett 2019].

By using AM technologies, the following potentials can be realised:

- Reduction of failure/downtime of considered assets by 10% through "print-on-demand" of spare parts using AM.
- Reduction of energy and resource consumption in spare parts provision and ongoing operation due to reduced parts weights and logistics costs by between 5 and 10%.
- Realisation of cost savings in spare parts supply by selecting the most efficient strategy by up to 30%.

The result of AM4Rail is a multidimensional data pipeline. This includes the analysis of technical drawings using methods of image processing and pattern recognition as well as OCR and text mining in the pre-processing data pipeline. It links these with other data sources in a semantic data hub.

This provides the subsequent economic, ecological and technological life cycle assessment with prepared information in an AM potential assessment dashboard, so that valid part-specific statements can be made on the technological feasibility and the economic sense of AM.

The identified potentials are summarised in a two-stage sharing economy concept. Two scenarios regarding reorganisation possibilities in the direction of collaboratively used AM infrastructure are finally developed and ensure maximisation of the exploitation potential - starting from the application partners in the consortium ("3D Hub Vienna") to international cooperation in the rail vehicle industry.

## **Endberichtkurzfassung**

### **ARBEITSPAKET 1**

Alle Zwischen- und Abschlussberichte wurden fristgerecht erstellt und eingereicht. Darüber hinaus fanden regelmäßige Meetings sowie Konsortialtreffen statt, um den Fortschritt des Projekts zu besprechen und abzustimmen. Der Projektplan wurde zu Beginn sorgfältig erstellt und im weiteren Verlauf kontinuierlich aktualisiert, um stets den aktuellen Entwicklungen und Anforderungen gerecht zu werden.

### **ARBEITSPAKET 2**

Im Rahmen des Projekts wurden die relevanten Unternehmensdaten systematisch erhoben und umfassend analysiert. Zudem erfolgte eine Identifikation und Aufnahme der für das Projekt bedeutenden Prozesse, insbesondere der additiven Fertigungsprozesse sowie der Beschaffungsprozesse der ÖBB und der Wiener Linien. Alle erhobenen Daten und deren Quellen wurden transparent dokumentiert, um eine nachvollziehbare Basis für die weitere Projektarbeit zu gewährleisten. Darüber hinaus wurde ein Priorisierungskatalog erstellt, der die für die additive Fertigung relevanten Merkmale zusammenfasst. Ergänzend dazu wurden die Anforderungen der Stakeholder ermittelt und detailliert dokumentiert, um eine zielgerichtete Umsetzung der Projektinhalte sicherzustellen.

### ARBEITSPAKET 3

Getesteter Prototyp einer Preprocessing-Pipeline zur Extraktion von Informationen aus technischen Zeichnungen. Die Pipeline umfasst mehrere Schritte, die systematisch aufeinander aufbauen. Zunächst kommen Segmentierungsnetzwerke zum Einsatz, die spezifisch für verschiedene Elemente wie Schriftköpfe, Ansichten, Pfeilspitzen, Bemaßungszahlen und Symbole entwickelt wurden. Anschließend erfolgt die Dimensionsabschätzung, bei der alle potenziellen Bemaßungen aufgespannt werden. Um die nachfolgenden Schritte zu erleichtern, wird die technische Zeichnung (TZ) zunächst vereinfacht. Danach wird das Objekt in allen zuvor detektierten Ansichten segmentiert. Im nächsten Schritt werden die Bemaßungen gefiltert, um falsch-positive Ergebnisse zu entfernen. Daraufhin wird ein Ansichtenraster erstellt, aus dem die Hauptachsen abgeleitet werden können. Schließlich werden die Bemaßungszahlen mittels OCR (Optical Character Recognition) ausgelesen und durch Validierung mit dem Verhältnis zur Pixelanzahl überprüft.

### ARBEITSPAKET 4

Der Data Hub wurde, basierend auf den ausgewählten semantischen Standards und den definierten Anforderungen, erfolgreich implementiert. Der Data Hub wurde mit über 20 zufällig ausgewählten Zeichnungen getestet, welche mithilfe der Web-Applikation und der Datenverarbeitungspipeline analysiert und eingespielt wurden. 70% der in den Demonstrator eingespielten Fälle wurden ohne manuellen Einsatz korrekt eingearbeitet.

### ARBEITSPAKET 5

Getestetes und validiertes Bewertungsmodell zur Beurteilung der AM-Eignung von Ersatzteilen bei Eisenbahnverkehrsunternehmen. Das Modell beinhaltet eine ökologische und ökonomische Betrachtung. Weiters wurde eine Vorgehensweise zur Vermeidung einer falschen Bewertung aufgrund von fehlenden Daten oder Falschdaten entwickelt, indem ein Similarity Check (Ähnlichkeitsabgleich) der Bauteile im Vergleich zu bereits identifizierten Bauteilen mit AM-Potenzial durchgeführt wird. Das Modell wurde mithilfe von Fallbeispielen der Unternehmen getestet und validiert.

### ARBEITSPAKET 6

Ergebnis ist eine Methodik zur bauteilindividuellen Bewertung des AM-Potenzials auf Basis von technischen Zeichnungen und ERP-Daten. Für die Materialauswahl steht für verschiedene AM-Verfahren eine Substitutionsmatrix zur Verfügung, um die Frage der technischen Machbarkeit eines AM-Einsatzes zu beantworten. Die Kosten und der Product Carbon Footprint für die Prozesskette der additiven Fertigung lassen sich mit Hilfe der erstellten Algorithmen auch ohne CAD-Modelle der Bauteile hinreichend genau abschätzen.

### ARBEITSPAKET 7

Es wurde zwischen den Industriepartnern ein Knowledge Sharing Economy Hub entwickelt, der eine effiziente Verwaltung und Analyse von Bauteilen beinhaltet. Außerdem steigert dieser die Qualitätssicherung und schafft Synergien in Zertifizierungsprozessen.

Demonstrator einer konsortialpartnerübergreifenden Plattform zum Austausch von Informationen.

## ARBEITSPAKET 8

Neben mehreren Vorträgen und Beiträgen in Fachmagazinen wurden in AM4Rail eine mit dem Einzelpreis (Agenda Bahnindustrie Frauen Award) ausgezeichnete Masterarbeit, eine Masterarbeit und eine Diplomarbeit erarbeitet sowie zwei wissenschaftliche Paper veröffentlicht:

Masterarbeit - „Entwicklung eines Verfahrens zur schrittweisen Einführung der additiven Fertigung bei den Wiener Linien“ - Franziska Dietrich

Masterarbeit: „Automated Extraction of Complexity Measures from Engineering Drawings“ - Martin Riegelneegg

Diplomarbeit - „Entwicklung eines Lebenszyklus- und Bewertungsmodells zur nachhaltigen und kosteneffizienten Implementierung der additiven Fertigung in das Ersatzteilmanagement des österreichischen Schienenfahrzeugsektors“ -

Roland Segner

Wissenschaftliche Paper

“Knowledge-Graph Based Approach for Automated Selection of Spare Parts Suitable for Additive Manufacturing: A Railway Use-Case”

“Assessing the potential for additive manufacturable spare parts in the railway industry by a data-driven framework”

## Projektkoordinator

- Fraunhofer Austria Research GmbH

## Projektpartner

- VRVis GmbH
- WIEN ENERGIE GmbH
- WIENER LINIEN GmbH & Co KG
- ÖBB-Technische Services-Gesellschaft mbH
- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.