

opt1mus

Open Process Twin Minding the User 1st

Programm / Ausschreibung	Produktionstechnologien, Produktionstechnologien, Green Production Ausschreibung 2022	Status	laufend
Projektstart	01.03.2023	Projektende	28.02.2026
Zeitraum	2023 - 2026	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	Digital Twin; Aluminium Strangguss; Human-Maschine-Interface; Assistenzsystem; Prädiktive Qualitätssteuerung		

Projektbeschreibung

Aluminium und andere Leichtmetalle, leisten als Bestandteile von leichten und gleichzeitig robusten Fahrzeugbauteilen einen unverzichtbaren Beitrag zur Erreichung der Klimaziele bis 2050. Gleichzeitig ist ihre Herstellung und Verarbeitung mit energieintensiven Prozessen verbunden. Deren Energie-Effizienz kann jedoch durch die Etablierung von Cyber Physischen Systemen (CPS) weit verbessert werden. Bisher bedarf es langjähriger Erfahrung und ressourcenaufwendiger Versuche, um die richtigen Prozessparameter zur Herstellung von hochqualitativen Bauteilen zu finden. Diese Versuche können mittels digitaler Zwillinge von Produktionsanlagen virtuell durchgeführt werden. Das spart Zeit, Energie und vermeidet gefährliche Arbeitsbedingungen beim Testen neuer Legierungen oder der Entwicklung neuer Prozesse. Einen weiteren Vorteil bieten digitale Zwillinge in Verbindung mit Methoden des Maschinellen Lernens: Dabei können durch Vergleiche aus virtuellen Daten und tatsächlichen Messungen während des Betriebs tiefgreifende Zusammenhänge schneller und genauer erfasst werden. Diese künstliche Intelligenz kann live vorausberechnen, wie sich der digitale Zwilling eines Prozesses weiterentwickelt, und den Nutzer*innen Vorschläge machen, wie sie die Parameter optimiert können. Menschen hingegen benötigen viele Jahre um ein vergleichbares Prozesswissen aufbauen zu können.

Diese neuen Methoden zur Digitalisierung treffen heute auf die gesteigerte Notwendigkeit, unsere Produktionsmuster nachhaltiger zu gestalten. Doch trotz der verfügbaren Möglichkeiten zur Erstellung von digitalen Zwillingen, mangelt es in der Leichtmetallindustrie immer noch an ganzheitlichen Systemen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Softwarefirmen den Funktionsumfang ihrer kommerziell verfügbaren Systeme auf etablierte Prozesse mit maximalem Umsatz, wie die Stahlindustrie, abstimmen. Die Notwendigkeit für digitale Assistenzsysteme besteht ebenfalls für Prozesse abseits der Stahlindustrie. Deswegen ist ein flexibles System notwendig, das für innovative Prozesse und neue Legierungen, die den Stand der Technik vorantreiben, angepasst werden kann. Gleichzeitig müssen solche digitalen Assistenzsysteme auf die Bedürfnisse der Bediener*innen abgestimmt sein, um zu einer tatsächlichen Verbesserung der Prozesse zu führen. Dies ist das Ziel des Projekts opt1mus. Das Konsortium lässt alle notwendigen Aspekte in die Entwicklung eines menschengerechten CPS am Beispiel des horizontalen Aluminium-Stranggusses einfließen:

- Durch die speziellen physikalischen Bedingungen bedarf es eigens entwickelter Modelle, um die Materialqualität in Simulationen akkurat vorhersagen zu können. Dies gewährleistet das LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH als außeruniversitäre Forschungseinrichtung mit über 25 Jahren Erfahrung über die gesamte Prozesskette von

Legierungsentwicklung über Gieß- und Umformprozesse inklusive begleitender Simulationen. Ergänzt wird dies durch 20 Jahre Erfahrung im Bau von Stranggussanlagen seitens des Firmenpartners HPI High Performance Industrietechnik GmbH.

- Gleichzeitig benötigt es Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine (Human-Machine-Interface), die den Bediener*innen während des Gießens die notwendige Unterstützung bieten. Dies wird vom Center for Technology Experience des AIT Austrian Institute of Technology GmbH im Zuge eines Nutzer*innen zentrierten Design Prozesses gemeinsam mit Anwender*innen entwickelt.

- Um fundierte Unterstützung für den komplexen Entscheidungsprozess in der täglichen Arbeit von Gießer*innen zu ermöglichen, ist die RISC Software GmbH als Forschungsinstitut zu Big Data, künstlicher Intelligenz und Maschinellem Lernen mit dem Aufbau eines Advisorsystems betraut.

Speziell für den Industriestandort (Ober-)Österreich ist die Entwicklung eines flexiblen Cyber Physischen Systems kritisch, um die Digitalisierung jeglicher Produktionsprozesse der Zuliefererbetriebe zu gewährleisten. Dazu wird das im Projekt opt1mus entwickelte CPS frei für alle als open-source Software zugänglich gemacht und bewusst auf die Möglichkeit zur Adaption für andere Prozesse als den Strangguss geachtet. Dies stellt die Reduktion von Ausschuss und damit verbundenen CO₂-Emissionen sicher, während gleichzeitig eine höhere Resilienz gegenüber Ressourcenknappheit bei höchster Qualität reproduzierbar erreicht wird. Dadurch werden Innovationen Österreichischer Anlagenbauer und Produzenten maßgeblich gestärkt und nachhaltig menschengerechte Arbeit durch digitale Assistenz geschaffen.

Abstract

Aluminium as well as other light metals play a crucial role in achieving the climate targets by 2050 since they are necessary for lightweight yet robust vehicle components. At the same time, their production and processing requires high amounts of energy. However, the energy efficiency of these processes can be greatly improved by establishing cyber physical systems (CPS). Previously, many years of experience and resource-intensive experiments were required to find the right process parameters for the production of high-quality components. Today, these trials can be carried out virtually using digital twins of production plants. This saves time, energy and avoids dangerous working conditions when testing new alloys or developing new processes. Digital twins offer a further advantage in combination with machine learning methods: deep correlations can be detected faster and more accurately by comparing virtual data and actual measurements during operation. This artificial intelligence can predict in real time how the process will develop and make suggestions to users on how they can optimise the parameters. Humans, by contrast, need many years to build up comparable process knowledge. Today, these new methods of digitalisation meet the increased need to transform our production patterns to be more sustainable. However, despite the capabilities available to create digital twins, there is still a lack of holistic systems in the light metals industry. This is due to software companies tailoring the functionality of their commercially available systems to established processes with maximum turnover, such as the steel industry. But the need for digital assistance systems also exists for processes outside the steel industry. Therefore, a flexible system is required which can be adapted for innovative processes and new alloys that push the state of the art. Moreover, digital assistance systems must be designed to meet the needs of the operators in order to lead to an actual improvement of the processes.

This is the goal of the opt1mus project. The consortium is incorporating all the necessary aspects into the development of a human-friendly CPS on the example of horizontal continuous aluminium casting:

- Due to the unique physical conditions, specially developed models are needed to accurately predict the material quality through simulations. This is ensured by the LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH as a non-university research institution with over 25 years of experience across the entire process chain from alloy development to casting and forming processes including accompanying simulations. This is complemented by 20 years of experience in the construction

of continuous casting plants on the part of the company partner HPI High Performance Industrietechnik GmbH.

- At the same time, human-machine interfaces are needed to provide operators with the necessary support during casting. This is developed by the Center for Technology Experience of the AIT Austrian Institute of Technology GmbH in the course of a user-centred design process.

- In order to provide well-founded support for the complex decision-making process of foundry workers, RISC Software GmbH, as a research institute for big data, artificial intelligence and machine learning, has been entrusted with the development of an advisor system.

Especially for the industrial location of (Upper) Austria, the development of a flexible cyber physical system is critical to ensure the digitalisation of all production processes of supplier companies. To this end, the CPS developed in the opt1mus project is made freely available to all as open-source software and deliberate attention is paid to the possibility of adapting it for processes other than continuous casting. This ensures the reduction of scrap and associated CO2 emissions, while at the same time achieving the highest quality in a reproducible manner and increased resilience to resource scarcity. This significantly strengthens the innovations of Austrian plant manufacturers and producers and creates sustainable, people-friendly work through digital assistance.

Endberichtkurzfassung

Digitaler Assistent für die Leichtmetallindustrie: Wie das Projekt opt1mus Stranggussprozesse revolutioniert

Die Herstellung hochwertiger Aluminiumlegierungen ist ein energieintensiver Prozess. Doch genau diese Leichtmetallbauteile bilden eine Grundlage für die ressourcenschonende Mobilität der Zukunft. Beim horizontalen Strangguss – einem Standardverfahren zur Produktion von Halbzeug für die Automobil- und Luftfahrtindustrie – hängt die Qualität des Endprodukts maßgeblich von den Fähigkeiten des Bedienpersonals ab. Nur Gießer:innen mit jahrelanger Erfahrung können das komplexe Zusammenspiel der Prozessparameter so steuern, dass ein stabiler Prozess gewährleistet ist. Beim kontinuierlichen Betrieb mehrerer paralleler Stränge über Wochen hinweg muss der Prozess ständig überwacht und regelmäßig angepasst werden. Falsche Entscheidungen führen zu mangelhafter Qualität oder gar zu Gießabbrüchen. Das Ausschussmaterial muss dann erneut eingeschmolzen werden, was unmittelbar Kosten und zusätzliche CO2-Emissionen zur Folge hat. Um Gießer:innen bei dieser fordernden Arbeit zu unterstützen und so einen Beitrag zur Energieeffizienz und Resilienz österreichischer Industrie zu leisten, wurde das Forschungsprojekt opt1mus initiiert. Gefördert durch die FFG im Rahmen des Programms „Schlüsseltechnologien als Basis für die Produktion der Zukunft“, hat das Konsortium ein digitales Assistenzsystem entwickelt, das erstmals Echtzeitunterstützung für den Aluminiumstrangguss ermöglicht.

Das Kernstück des Projekts ist ein sogenanntes „Advisory System“, das Anlagenbediener:innen kontinuierlich beim Einhalten optimaler Parameter hilft. Es überwacht die Live-Daten der Produktionsanlage und gibt dem Personal Handlungsempfehlungen, um den Prozess stabil zu halten oder gezielt zu optimieren. Die technische Innovation liegt dabei in der hybriden Modellierung: Das System nutzt Neuronale Netze, die mit Ergebnissen aus präzisen physikalischen Simulationen trainiert wurden. Damit ist es möglich, interaktiv verschiedene Szenarien durchzuspielen, die in Sekundenbruchteilen direkt an der Anlage generiert und bewertet werden. So können Gießer:innen fundierte Entscheidungen in Echtzeit treffen, wenn eine Anpassung der Parameter notwendig wird.

Der neuartige Ansatz liegt in der Fähigkeit zur inversen Vorhersage. Konventionelle Methoden berechnen das Ergebnis für vorgegebene Prozessparameter, also die Frage: „Was passiert bei diesen Einstellungen?“ Das opt1mus-System kehrt diese

Logik um und beantwortet stattdessen: „Welche Einstellungen sind nötig, um dieses gewünschte Ergebnis zu erzielen?“ Ein zweiter Meilenstein ist die Vorhersage der Mikrostruktur – also des inneren Gefüges des Metalls, das die mechanischen Eigenschaften bestimmt. Bisher war dies nur durch zerstörende Tests nach dem Guss möglich; das neue System berücksichtigt auch diese Werte live während des Prozesses. Wenn ein Kunde beispielsweise Halbzeug mit einer spezifischen Mikrostruktur benötigt, berechnet das System automatisch ein genau dafür geeignetes Prozessfenster mit passenden Kombinationen aus Gießgeschwindigkeit und Schmelztemperatur. Dies reduziert die Anzahl notwendiger Versuchsläufe und stellt einen entscheidenden Schritt auf dem Weg zu „First-Time-Right“ dar – also dazu, dass bereits der erste Gusslauf höchste Qualitätsstandards erfüllt.

Genauso wichtig wie die technischen Möglichkeiten ist jedoch die Akzeptanz durch die Anwender:innen. Denn nur wenn das Personal ein neues System aktiv annimmt, kann es seinen vollen Nutzen entfalten. Ein zentraler Erfolgsfaktor war daher der user-driven Design-Prozess. Das Konsortium verfolgte einen nutzerzentrierten Ansatz, bei dem die Gießer:innen aktiv in die Entwicklung einbezogen wurden – noch bevor das System für Tests verfügbar war. In Interviews und Workshops wurden deren Bedürfnisse, Arbeitsabläufe und Sicherheitsanforderungen analysiert: Was braucht es, damit die Interaktion zufriedenstellend ist? Wie gestalten sich intuitive Bedienung und nachvollziehbare Empfehlungen? Das Human-Machine Interface (HMI) durchlief fünf Design-Feedback-Schleifen. Gemeinsam wurde ein visuell klar strukturiertes Touchscreen-Design entwickelt, das komplexe Daten klar verständlich darstellt und für Mitarbeiter:innen unterschiedlichen Alters und Geschlechts barrierefrei bedienbar ist. Dieses inklusive Design trägt dazu bei, den Fachkräftemangel zu adressieren und die Arbeitszufriedenheit zu steigern.

Das Projekt opt1mus wurde von einem starken österreichischen Konsortium getragen, dessen Synergieeffekte den Erfolg maßgeblich prägten:

LKR (Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH): Als langjähriger Forschungspartner und Konsortialführer brachte LKR seine Expertise in Legierungsentwicklung und Materialwissenschaft ein. Sie entwickelten die physikalischen Simulationsmodelle, führten die Experimente im Labor-Maßstab durch und übernahmen die Konzeption und das Training der hybriden Machine-Learning-Modelle.

HPI (High Performance Industrietechnik GmbH): Als Hersteller horizontaler Stranggießanlagen lieferte HPI die industrielle Anwendungsumgebung. Sie stellten Mikrostrukturmessungen von der Produktanlage bereit, integrierten das System in die bestehende Steuerungstechnik und lieferten Feedback aus dem echten Betrieb. HPI plant zudem, das „Advisory System“ zukünftig als kommerzielles Upgrade für Kunden anzubieten.

AIT (Austrian Institute of Technology): Das AIT Center for Technology Experience übernahm die Brückenfunktion zwischen Mensch und Maschine. Es gestaltete das nutzerzentrierte HMI, leitete die Co-Design-Prozesse und sicherte die menschengerechte Weiterentwicklung der Technologie unter Berücksichtigung von Diversity-Aspekten.

RISC Software GmbH: Mit ihrer Expertise in Big Data und maschinellem Lernen unterstützte RISC die Entwicklung der Dateninfrastruktur, die kontinuierliche Integration der Softwarekomponenten und die Optimierung der Datenpipelines für die Echtzeitanalyse.

Die Erfolge von opt1mus bilden die Grundlage für weitere Anwendungen. Die entwickelte Architektur ist modular und flexibel

konzipiert, sodass sie auf andere Prozesse übertragen werden kann. Bereits jetzt fließen die Erkenntnisse in laufende Projekte ein, die die Methoden auf den vertikalen Strangguss erweitern. Darüber hinaus ist geplant, das System auch für neuartige Fertigungsverfahren wie die additive Fertigung (3D-Druck) einzusetzen. Die Ansätze wurden zudem als öffentlich zugängliche wissenschaftliche Publikationen der Forschungsgemeinschaft vorgestellt, und Teile des Simulationscodes sind als Open-Source-Lösung verfügbar.

Zusammenfassend markiert das Projekt opt1mus einen bedeutenden Schritt in der digitalen Transformation der österreichischen Leichtmetallindustrie. Es zeigt, dass die Kombination aus physikalischem Fachwissen, Machine Learning und einem menschenzentrierten Entwicklungsansatz komplexe industrielle Herausforderungen lösen kann. Das Ergebnis ist ein robustes, echtzeitfähiges System, das nicht nur Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit der Aluminiumproduktion steigert, sondern auch die Arbeitswelt der Zukunft mitgestaltet.

Projektkoordinator

- LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH

Projektpartner

- HPI "HIGH PERFORMANCE Industrietechnik" GmbH
- AIT Austrian Institute of Technology GmbH
- RISC Software GmbH