

## HARMONY

Hybrid AI and Rule-based Modelling for Optimised Operations in Next-Generation Steel Industry

|                                 |   |                        |            |
|---------------------------------|---|------------------------|------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b> | DST 24/26, DST 24/26, AI Ökosysteme 2025: AI for Tech & AI for Green                    | <b>Status</b>          | laufend    |
| <b>Projektstart</b>             | 01.04.2026  | <b>Projektende</b>     | 31.03.2029 |
| <b>Zeitraum</b>                 | 2026 - 2029   | <b>Projektlaufzeit</b> | 36 Monate  |
| <b>Projektförderung</b>         | € 735.254   |                        |            |
| <b>Keywords</b>                 | Hybrid Modelling; Twin Green and Digital Transformation; Digitalisation; Steel Industry |                        |            |

### Projektbeschreibung

HARMONY (Hybrid AI and Rule-based Modelling for Optimized Operations in Next-Generation Steel Industry) verfolgt das Ziel, interpretierbare, robuste und echtzeitfähige hybride Prozessmodelle für den Vakuumrezirkulationsprozess in der Stahlproduktion zu entwickeln – eine aufkommende Schlüsseltechnologie im Übergang zu einer nachhaltigen und ressourceneffizienten Metallurgie. Durch die Integration von symbolischer (physikbasierter) und subsymbolischer (datengetriebener) KI in einen hybriden Modellierungsansatz ermöglicht das Projekt die Ableitung nicht direkt messbarer Prozessparameter, verbessert das Prozessverständnis und unterstützt die operative Optimierung.

Das Projekt kombiniert domänenspezifisches Wissensmanagement, fortschrittliche Sensorsysteme und Datenvorverarbeitung, um einen einheitlichen, hochwertigen Datenpool zu schaffen. Diese Grundlage unterstützt die Entwicklung hybrider Modelle, die modular, leicht nachtrainierbar und für zukünftige industrielle Regelungsanwendungen von Nutzen sind. Ein besonderer Fokus liegt auf der Robustheit der Modelle, einschließlich ihrer Toleranz gegenüber verrauschten oder unvollständigen Daten sowie ihrer Generalisierbarkeit über verschiedene Betriebsbedingungen hinweg.

Eine methodische Innovation des Projekts ist die Nutzung und Weiterentwicklung wissensgetriebener symbolischer Regression. Durch die Einbindung sogenannter struktureller Bausteine können symbolische Modelle, etwa physikalische Gesetze und domänenspezifische Gleichungen, direkt in den ansonsten subsymbolischen, also datengetriebenen, Modellierungsprozess integriert werden. Dieser Ansatz ermöglicht die Erstellung hybrider Modelle, die nicht nur genau, sondern auch physikalisch konsistent und interpretierbar sind. Das Einbringen von Vorwissen unterstützt nicht nur den Umgang mit verrauschten Daten, sondern soll insbesondere dazu beitragen, ein verbessertes Extrapolationsverhalten der Modelle zu gewährleisten und ihre Anwendbarkeit in bislang unbekannten Prozesszuständen zu steigern.

Das Projekt legt großen Wert auf die Zusammenarbeit zwischen Mensch und KI, um sicherzustellen, dass die Modelle für Nicht-Expert:innen verständlich und nutzbar bleiben sowie an sich verändernde Anlagenbedingungen angepasst werden können. Dies unterstützt die langfristige Nutzbarkeit und eine verantwortungsvolle Einführung von KI in der Industrie.

Validierungsstudien, Nachhaltigkeitsbewertungen und Untersuchungen zur industriellen Anwendbarkeit in kontrollierten Umgebungen werden das Potential der entwickelten Modelle demonstrieren.

HARMONY leistet einen direkten Beitrag zur Erreichung der SDGs 8 (Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum), 9 (Industrie, Innovation und Infrastruktur) und 12 (Nachhaltiger Konsum und Produktion).

## **Abstract**

HARMONY (Hybrid AI and Rule-based Modelling for Optimized Operations in Next-Generation Steel Industry) aims to develop interpretable, robust, and real-time capable hybrid process models for the vacuum recirculation process in steel production—an emerging key technology in the transition toward sustainable and resource-efficient metallurgy. By integrating symbolic (physics-based) and subsymbolic (data-driven) AI into a hybrid modelling approach the project will enable the extraction of non-measurable process parameters, improve process understanding, and support operational optimisation.

The project combines domain-specific knowledge engineering, advanced sensor systems, and data pre-processing to create a unified, high-quality data pool. This foundation supports the development of hybrid models that are modular, easily retrainable, and beneficial for future industrial control applications. A particular focus is placed on model robustness, including tolerance to noisy or incomplete data and generalizability across operating conditions.

A methodological innovation of the project is the use and further advancement of knowledge-driven symbolic regression. By incorporating so-called structural building blocks, symbolic models, such as physical laws and domain-specific equations, can be directly integrated into the otherwise subsymbolic, i.e., data-driven, modelling process. This approach enables the creation of hybrid models that are not only accurate but also physically consistent and interpretable. The incorporation of prior knowledge not only supports handling noisy data more effectively, but is also expected to enhance the extrapolation capabilities of the models, thereby improving their performance in previously unseen scenarios.

The project emphasizes human-AI collaboration, ensuring that models remain comprehensible and usable by non-experts and adaptable to evolving plant conditions, supporting long-term usability and responsible AI adoption in industry. Validation case studies, sustainability assessments, and industrial applicability evaluations in a controlled environment will demonstrate the impact of the developed models.

HARMONY contributes directly to the achievement of SDG 8 (Decent Work and Economic Growth), SDG 9 (Industry, Innovation and Infrastructure) and SDG 12 (Responsible Consumption and Production).

## **Projektkoordinator**

- K1-MET GmbH

## **Projektpartner**

- FH OÖ Forschungs & Entwicklungs GmbH
- voestalpine Stahl GmbH