FurnAIce

Integrating Physical Modeling, AI, and Human Expertise for Energy-Efficient Tunnel Kiln Brick Production

Programm / Ausschreibung	DST 24/26, AI-Ökosysteme, AI Ökosysteme 2024: AI for Tech & AI for Green	**Status**	laufend
Projektstart	01.04.2025	**Projektende**	31.03.2028
Zeitraum	2025 - 2028	**Projektlaufzeit**	36 Monate
Keywords	distributional reinforcement learning; physics-informed learning; transfer learning; brick production; energy optimization		

Projektbeschreibung

Das FurnAIce-Projekt entwickelt die energieintensive Ziegelproduktion durch die Entwicklung eines fortschrittlichen KI-basierten Regelungssystems für Tunnelöfen signifikant weiter, mit einem starken Fokus auf der Verbesserung der Energieeffizienz, der Reduzierung von CO2-Emissionen und der Steigerung der betrieblichen Nachhaltigkeit. Tunnelöfen, die weltweit für die Ziegelherstellung eingesetzt werden, sind komplexe thermische Systeme, die deutlich mehr Energie verbrauchen als theoretisch notwendig, was zu hohen Betriebskosten und Emissionen führt. Aktuelle Regelungsmethoden für Öfen sind oft ineffizient und führen zu suboptimaler Produktqualität und hohen Ausschussraten.

FurnAIce begegnet diesen Herausforderungen, indem es physikalische Prozessmodelle mit datengetriebenen KI-Techniken kombiniert, um hybride Modelle zu erstellen, die den Betrieb der Öfen genau vorhersagen können. Diese Modelle werden genutzt, um den Ofenbetrieb signifikant zu optimieren. Die hybriden Modelle integrieren maschinelles Lernen mit thermodynamischen Prinzipien, um trotz begrenzter Daten effiziente und präzise Modelle parametrieren zu können, Echtzeit-Adaption zu ermöglichen und gleichzeitig die Interpretierbarkeit für menschliche Operators zu gewährleisten. Das Projekt nutzt außerdem modellprädiktive Regelung (MPC) und Reinforcement Learning (RL), um die Ofenleistung und -effizienz zu optimieren, was zu einer potenziellen Reduktion des Energieverbrauchs um 20 % und entsprechenden Emissionsminderungen führt.

Ein zentraler Aspekt von FurnAIce ist der Fokus auf menschliche Operators, für die ein interaktives Schulungsframework entwickelt wird, das realistische Ofenbedingungen simuliert und es den Operators ermöglicht, KI-gestützte Betriebsweisen in einer sicheren, virtuellen Umgebung zu üben. So bleiben die Operators im Entscheidungsprozess zentral involviert, während sie von den fortschrittlichen Fähigkeiten der KI profitieren. Das Projekt legt großen Wert auf klare, intuitive Schnittstellen, um sicherzustellen, dass die Modelle und Funktionen auch für neue Benutzer zugänglich und verständlich sind.

Das Konsortium des Projekts umfasst die TU Wien, die Expertise in den Bereichen KI und Regelungssysteme einbringt, Wienerberger, den weltweit größten Ziegelhersteller, der industrielles Wissen und Einrichtungen für Tests bereitstellt, sowie das Unternehmen DrS3, das sich auf numerische Strömungsmechanik (CFD) spezialisiert hat. Gemeinsam zielt das

Konsortium darauf ab, die Energieeffizienz in der Ziegelproduktion deutlich zu steigern, die Produktqualität zu verbessern und die Umweltbelastung zu reduzieren. Das FurnAIce-System wird als skalierbare Lösung für die schwere Tonindustrie und darüber hinaus positioniert.

Abstract

The FurnAIce project aims to significantly advance the energy-intensive brick production industry by developing a novel AI-based control system for tunnel kilns, with a strong focus on improving energy efficiency, reducing CO2 emissions, and enhancing operational sustainability. Tunnel kilns, widely used for brick manufacturing, are complex thermal systems that consume significantly more energy than their theoretical minimum, leading to high operational costs and emissions. Current kiln control methods remain limited and often inefficient, resulting in suboptimal product quality and high scrap rates.

FurnAIce addresses these challenges by combining physical process models with data-driven AI techniques to create hybrid models that accurately predict kiln dynamics, which are then utilized to optimize kiln operations. The hybrid models integrate machine learning components with thermodynamic principles to enhance model accuracy in the small-data setting, enable real-time adaptability, and maintain interpretability for human operators. The project also leverages model predictive control (MPC) and reinforcement learning (RL) to optimize kiln performance, delivering a potential 20% reduction in energy consumption and corresponding reductions in emissions.

A key aspect of FurnAIce is its focus on the human operator, offering an interactive training framework that simulates realistic kiln conditions, allowing operators to practice using AI-driven recommendations in a safe, virtual environment. This ensures that operators remain central to decision-making while benefiting from AI's advanced capabilities. The project prioritizes clear, intuitive user interfaces, ensuring that the models and functionalities are accessible and interpretable also by non-expert users.

The project’s consortium includes TU Wien, providing expertise in AI and control systems; Wienerberger, the world’s largest brick producer, contributing industrial knowledge and facilities for testing; and the company DrS3, specializing in computational fluid dynamics. Together, the consortium aims to significantly advance energy efficiency in brick production, improve product quality, and reduce environmental impacts, positioning the FurnAIce system as a scalable solution for the heavy clay industry and beyond.

Projektkoordinator

- Technische Universität Wien Institut für Mechanik und Mechatronik

Projektpartner

- DrS3 - Strömungsberechnung und Simulation e.U.
- Technische Universität Wien Institut für Information Systems Engineering
- Wienerberger AG
- Wienerberger Österreich GmbH