

MALEG 4.0 - GeoPilot

MALEG 4.0 – GeoPilot –Geochemiegestützte Regelung geothermischer Kraftwerke

Programm / Ausschreibung	EW 24/26, Energieforschung 2025, Energieforschung 2025 FTI -Fokusinitiativen	Status	laufend
Projektstart	01.09.2026	Projektende	31.08.2029
Zeitraum	2026 - 2029	Projektlaufzeit	36 Monate
Barwert der Projektförderung	€ 237.478		
Keywords	Geochemie, Anlagensteuerung, KI , Geothermie		

Projektbeschreibung

Geothermieranlagen unterliegen häufig geochemischen Prozessen wie Skalierung, Korrosion und Phasenänderungen, wodurch Ausfälle und wirtschaftliche Einbußen drohen; um diese Veränderungen systematisch zu beschreiben, wird im Rahmen von MALEG 4.0 - GeoPilot eine Methodik entwickelt, die zunächst eine geeignete Beprobungsstrategie erfordert, da langsame und schnelle Prozesse gleichermaßen berücksichtigt werden müssen. Zur Datengenerierung und Durchführung von Simulationen, mit denen optimale Betriebsbereiche prognostiziert werden, kommen ein Software-Twin und ein physischer Hardware-Twin zum Einsatz, wobei begleitende geochemische Messungen am Hardware-Twin vorgenommen und entsprechende Anpassungen implementiert werden, um die relevanten Prozesse realitätsnah abzubilden, während der digitale Zwilling kontinuierlich weiterentwickelt wird. Anschließend erfolgt die Implementierung einer bidirektionalen Anbindung an die speicherprogrammierbare Steuerung (SPS), um hochauflösende hydrochemische, thermodynamische und betriebliche Parameter in Echtzeit zu erfassen; so können alle vorhandenen Sensoren des Kraftwerks eingebunden und ergänzend notwendige Sensoren installiert werden. Auf Basis der gesammelten Daten von SPS, Hardware-Twin und Software-Twin werden erklärbare KI-Modelle entwickelt, die kritische Prozesszustände vorhersagen und den Anlagenbetrieb optimieren; nach Validierung dieser evidenzbasierten Empfehlungen werden sie, in automatisierte Regelkreise überführt. Das Gesamtkonzept wird an drei geochemisch heterogenen Pilotanlagen erprobt, um die definierten Optimierungsziele zu validieren und zu evaluieren, sodass langfristig ein MALEG 4.0 - GeoPilot-Tool entsteht, das jede Anlage auf ihr individuelles geochemisches Prozesssetting einstellt. Hardware-Twin und Software-Twin werden hierfür über einen Bypass in die Anlage integriert und dienen ausschließlich der Datengenerierung, während in der Anlage selbst ein kompaktes MALEG 4.0 - GeoPilot -System verbleibt, das nicht größer als ein Industrie-PC ist und dauerhaft eine effizientere sowie stabilere Betriebsführung ermöglicht.

Abstract

Geothermal power plants are vulnerable to geochemical processes—such as scaling, corrosion, and phase transformations—that can cause operational failures and economic losses. The MALEG 4.0 - GeoPilot project therefore begins by developing a methodology to systematically characterize these changes, a task made challenging by the fact that some

processes occur slowly while others proceed very rapidly, necessitating a carefully designed sampling strategy. For data generation and simulation—aimed at predicting optimal operating regimes—both a software twin and a physical hardware twin are deployed: geochemical measurements on the hardware twin guide adjustments to ensure realistic process representation, while the digital twin is continuously refined. Next, a bidirectional interface to the programmable logic controller is implemented to capture high-resolution hydrochemical, thermodynamic, and operational parameters in real time, enabling integration of all existing plant sensors and installation of additional sensors as needed. Leveraging the comprehensive data streams from the PLC, hardware twin, and software twin, explainable AI models are then developed to forecast critical process states and optimize plant performance; once these evidence-based recommendations have been validated, they are, incorporated into automated control loops. The overall concept is tested at three geochemically heterogeneous pilot plants to validate and evaluate the predefined optimization targets. In the long term, MALEG 4.0 - GeoPilot is intended to become a turnkey solution for adapting any geothermal facility to its unique geochemical conditions: the hardware and software twins remain connected via a bypass for continuous data acquisition, while a compact MALEG 4.0 - GeoPilot unit—no larger than an industrial PC—remains on site to deliver sustained efficiency and stability in plant operation.

Projektkoordinator

- Geosaic GmbH

Projektpartner

- Fernwärme Haag am Hausruck GmbH & Co KG
- hydroFilt GmbH