Karlsruher Institut für Technologie

Machine Learning for Enhancing Geothermal Energy

Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW)
Professur Geothermie und Reservoir-Technologie

MALEG - Maschinelles Lernen zur Verbesserung der Geothermischen Energienutzung

Der Geothermiekongress 2023 – Essen

✉ lars.ystroem@kit.edu

Autoren: Lars Yström[1], Michael Trumpp[1], Valentin Goldberg[1], Florian Eichinger[2], Johannes Amtmann[3], Daniel Winter[4], Joachim Koschikowski[4], Thomas Kohl[1], Fabian Nitschke[1]

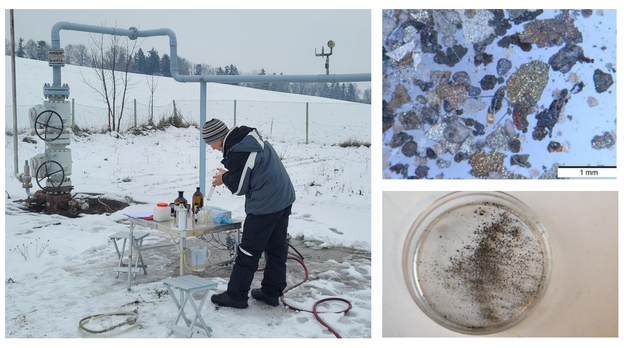
Motivation

Effizienzsteigerung von Geothermiekraftwerken mittels Künstlicher Intelligenz durch die Kombination von standortspezifischen, geochemische Experimenten und deterministischen, thermodynamischen Modellen.

Standortspezifische Probennahme

Initiale Beprobungen der Geothermiekraftwerke zur Quantifizierung der Thermalwasserchemie mittels Fluid- und Feststoffanalyse. Bestimmung des potentiellen Korrosions-, Ausfällungs- und Entgasungspotentials.

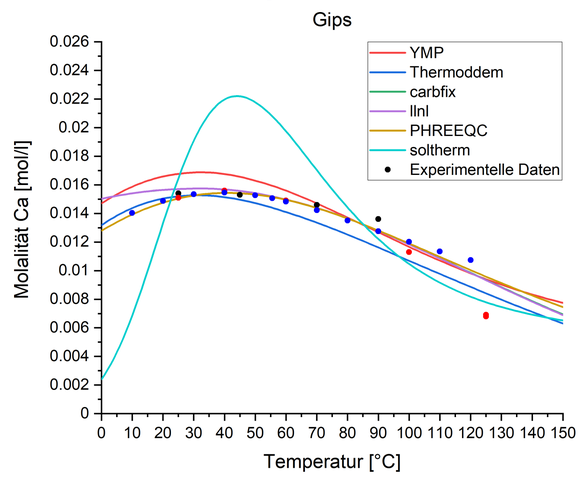
Probennahme und Feststoffanalyse



Thermodynamische Datenbanken

Analyse thermodynamischer Datenbanken mittels experimentell ermittelter Gleichgewichtskonstanten zur Verbesserung deterministischer Modellrechnungen.

Vergleich von Datenbanken und experimentellen Daten



KI-basiertes Vorhersagetool zur Kraftwerks-optimierung. Trainiert mittels experimenteller hydrochemischer Daten des Hardware-Zwillings. Validierung mittels deterministischer Modelle des Digitalen-Zwillings.

Hardware-Zwilling

Demonstrator für vor Ort Experimente

In-situ Feldlabor, das per Bypass mit dem Kraftwerk verbunden wird. Experimentelle Anpassung von Kraftwerksparametern (Temperatur, pH-Wert, Druck) unter ständigem geochemischen Monitoring.

Digitaler-Zwilling

Deterministische Modellrechnungen

```
% For-loops of the several sensitivity analyses calculated via IPhreeqC
for bb = 1:bbb   % numbre of pressure sensitivity steps
for cc = 1:ccc   % number of steamloss/dilution sensitivity steps
for aa = 1:aaa   % number of pH sensitivity steps
    iphreeqc = actxserver('IPhreeqcCOM.Object');
    iphreeqc.LoadDatabase(['C:\Program Files\USGS\IPhreeqcCOM' ...
        ' 3.7.3-15968\database\llnl.dat']); % pathname to IPhreeqcCOM
    iphreeqc.ClearAccumulatedLines;
    iphreeqc.AccumulateLine ('SOLUTION 1');
    iphreeqc.AccumulateLine (['-units ' con]);
    iphreeqc.AccumulateLine (['-temperature ' (num2str(...
        struct.Temperature))]);
    iphreeqc.AccumulateLine (['-pH ' (num2str(struct.pH))]);
```

Deterministische geochemische Modelle auf Grundlage der initialen Fluidcharakterisierung. Modellierung der Korrosions-, Ausfällungs- und Entgasungsprozesse bei Veränderung der Kraftwerksparameter (Temperatur, pH-Wert, Druck und Ionenkonzentration).

[1] Karlsruhe Institut für Technologie (KIT), [2] Hydroisotop GmbH,
[3] Geosaic GmbH, [4] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)