



Abschlussarbeit

Thema: Auswirkung von Wasser in der Produktionsbohrung von CO₂-basierten Geothermie-Systemen
Effect of Water in the Production Well of a CO₂-based geothermal System

Geothermische Kraftwerke stellen grundsätzlich eine Alternative zu konventionellen Kraftwerken dar. Anders als Windkraft und Sonnenenergie steht die Erdwärme das ganze Jahr über ohne Schwankungen zur Verfügung. Eine alternative Technologie auf Basis von überkritischem Kohlendioxid (sCO₂) ist seit einigen Jahren Gegenstand zahlreicher Forschungsarbeiten [1, 2]. Solche Next-Generation Power (NGP)-Systeme bieten beispielsweise durch einen ausgeprägteren Thermosiphon-Effekt mehrere thermophysikalische Vorteile gegenüber konventionellen hydrothermalen Kraftwerken.

In früheren Arbeiten konnten die thermodynamischen Vorteile bestätigt und erste Systemoptimierungen erarbeitet werden. Eine erste Bewertung der Stromgestehungskosten hat die grundsätzliche Wettbewerbsfähigkeit dieser Technologie bestätigt. Darüber hinaus wurde ein mögliches Potenzial für Hybridsysteme mit anderen erneuerbaren Energiequellen festgestellt.

Der thermische Kreislauf hängt stark vom Thermosiphon-Effekt und den Druckverlusten in der sogenannten Produktionsbohrung ab. In diesen wiederum strömt nicht nur reines CO₂, sondern es wird auch mehr oder weniger Wasser mit ausproduziert. Dieses Wasser hat sowohl Einfluss auf die mittlere Dichte in der Bohrung, den Temperaturverlauf des Gemisches beim Aufsteigen und verursacht auch zusätzliche hydraulische Druckverluste (Schleppverluste). Da der Anteil des mitgeführten Wassers stark variieren kann, ist das CO₂/Wasser-Gemisch in der Produktionsbohrung als Zweiphasenströmung zu betrachten. Je nach Wassergehalt können dabei unterschiedliche Strömungsregime wie Film-, Schwall/Churn- oder Blasenströmung auftreten, die sich deutlich in Mischdichte, Schlupfverhältnis, und Reibungsverlusten unterscheiden. Dadurch variieren sowohl hydrostatische als auch frictionale Druckverluste stark. Das Verständnis dieser Regime und ihrer Übergänge ist daher zentral für die Bewertung des Thermosiphon-Effekts und der Gesamtleistung CO₂-basierter Geothermiesysteme.

Gegenstand der Arbeit ist es diese Mechanismen zu verstehen und für unterschiedliche Randbedingungen grob zu quantifizieren. Die Quantifizierung soll zunächst mit analytischen Überlegungen erfolgen und ggf durch Strömungssimulation bestätigt werden.

Arbeitsschritte:

- Literaturstudie und Auswertung vorheriger Arbeiten.
- Quantifizierung der Einzeleffekte mit Hilfe von analytischen Ansätzen. Quantifizierung der Unsicherheiten der analytischen Ansätze
- Bestimmung der Auswirkung dieser Effekte und deren Unsicherheiten auf den Gesamtkreislauf
- Ggf numerische Strömungssimulation des CO₂/Wasser-Gemisches
- Dokumentation der Arbeit.

Die Arbeit ist in enger Zusammenarbeit mit FACTOR2 Energy und dem Lehrstuhl für Strömungsmaschinen der Universität Duisburg-Essen durchzuführen.



Literatur:

[1] Adams et al.: A comparison of electric power output of CO₂ Plume Geothermal (CPG) and brine geothermal systems for varying reservoir conditions, *Applied Energy* 140, 265-377 (2015)

[2] Van Brummen, A. C., Adams, B. M., Wu, R., Ogland-Hand, J. D., & Saar, M. O. (2022). Using CO₂-plume geothermal (CPG) energy technologies to support wind and solar power in renewable-heavy electricity systems. *Renewable and Sustainable Energy Transition*, 2, 100026. <https://doi.org/10.1016/j.rset.2022.100026>

[3] Goebel, C.; Cheng, V.; Jacobsen, H.-A. Profitability of Residential Battery Energy Storage Combined with Solar Photovoltaics. *Energies* 2017, 10, 976. <https://doi.org/10.3390/en10070976>

