

GFK – DAS Datenmanagement

Katja Thiemann¹, Jérôme Azzola², Maximilian Hansinger¹, Emmanuel Gaucher², Michael Meinecke¹

¹ Stadtwerke München Services GmbH (SWM), Emmy-Noether-Straße 2, 80992 München

² Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute of Applied Geosciences, Geothermal Energy and Reservoir Technology, Adenauerring 20b, 76131 Karlsruhe

thiemann.katja@swm.de

Keywords: Glasfaserkabel, Distributed Acoustic Sensing, Datenmanagement, Data Analytics.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des Forschungsprojektes INSIDE entwickeln die Geothermiebetreiber Stadtwerke München (SWM) und die Innovative Energie für Pullach GmbH (IEP) gemeinsam mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) einen Workflow zur kontinuierlichen DAS (Distributed Acoustic Sensing) - Datenerfassung und -auswertung. Das Ziel der Untersuchungen ist eine Machbarkeitsstudie zur Eignung der DAS Messtechnik zur passiven seismischen Überwachung und zur Verbesserung des Geschwindigkeitsmodells im Untergrund. Erste vielversprechende DAS Ergebnisse mit einer Anwendung zum seismologischen Monitoring konnten während einer Messkampagne über einen Zeitraum von sechs Monaten an der Geothermie-Anlage Schäftlarnstrasse (München-Sendling) erlangt werden. Die in Python entwickelten und in der durch die SWM verwalteten Data Analytics Umgebung der Cloud implementierten Auswerteverfahren erwiesen sich für den semi-automatisierten Einsatz in der Praxis als geeignet. Bedingt durch die hohen DAS Datenvolumina wurde im Vorfeld des Messbeginns ein technisches Umsetzungskonzept zur Datenanbindung und zum Datenhandling entwickelt.

1. EINLEITUNG

Die Erfassung akustischer Signale und deren Einsatzmöglichkeiten für das Monitoring und Imaging geotechnischer Anlagen und Bauwerke über faseroptische Messsysteme ist seit mehreren Jahrzehnten Teil der Praxis. Relatives Neuland obliegt der Anwendung beim Betrieb von Geothermie-Anlagen im Süddeutschen Molassebecken sowohl in der Installation der Distributed-Acoustic-Sensing (DAS) Technologie in Tiefenbohrungen als auch in den Erfahrungen potentieller Anwendungsbereiche, u.a. zum mikroseismischen Monitoring.

Erste erfolgreiche Untersuchungen mit den in Geothermiebohrungen verbauten faseroptischen Kabeln (ausgelegt mit single-mode Fasern) und darüber hinaus der Nutzung von oberflächennahen „dark fibers“ (wie LWL-Fasern von herkömmlichen Telekommunikationskabeln) berichten u.a. Schölderle et al. (2022) und Krawczyk (2018). Beschränkungen der faseroptischen Technik für ein seismologisches Monitoring in einem urbanen Gebiet sind hauptsächlich auf einen hohen Anteil im Nutz- und Störverhältnis der Daten sowie der hohen Datenvolumina von mehreren TB täglich zurückzuführen. Der zuletzt genannte Grund spielt gerade in der Entwicklung eines geeigneten Monitorings zur Erfassung mikroseismischer Vorgänge eine entscheidende Rolle. Die kontinuierliche und permanente (24/7) Überwachung des geotechnischen Gebiets benötigt de facto eine spezielle Infrastruktur für die Erfassung, Archivierung und Verarbeitung von DAS-Daten, was zur Entwicklung des hier vorgestellten Monitoringkonzepts führt.

Grundlage der im Folgenden vorgestellten Studienergebnisse, ist die in Kooperation mit der Geothermie-Allianz Bayern/TUM (Technische Universität München, Lehrstuhl für Hydrogeologie) in zwei Geothermiebohrungen in München-Sendling installierte Infrastruktur. Aufgrund eines Defektes des lose über Pumpensteigstränge in einer Produktionsbohrung bis Endteufe eingebauten Glasfaserkabels (GFK), erfolgte die INSIDE DAS Studie ausschließlich mit dem in einer Produktionsbohrung im zementierten Ringraum einer Injektionsbohrung bis 696,7 m installierten GFK.

Das entwickelte Datenmanagement wird im Abschnitt 2.1 sowie die erzielten Ergebnisse im Abschnitt 2.2 vorgestellt.

2. KONZEPTENTWICKLUNGEN

2.1 Technisches DAS Datenmanagement Konzept

Das technische Konzept zur DAS Datenanbindung und -speicherung wurde in Zusammenarbeit mit den INSIDE Partnern sowie dem Gerätehersteller FEBUS-Optics Inc. geplant. Bedingt durch die Anforderung einer kontinuierlichen DAS-Datenübertragung und -auswertung in einer möglichst nah zueinander liegenden Umgebung, die Resultate in nahezu Echtzeit zu lassen, wurde von lokalen Datenspeichersystemen abgesehen. Das final entwickelte Konzept für die DAS-Datenanbindung (ohne Verwendung einer lokalen Zwischenspeicher-lösung) über eine Microsoft Azure™ Cloud-basierte Datenplattform zeigt die Abbildung 1. Für die Speicherung der erfassten und bearbeiteten DAS Datensätze wurde der Azure Dienst „Data Lake“ verwendet. Die Verarbeitung der Daten erfolgte innerhalb der Data Analytics Umgebung der Cloud.

Für die Inbetriebnahme der Datenanbindung wurden Kupferkabel (RJ45) physisch verlegt und die LAN-Ports im SWM Intranet freigeschaltet. Die technische Datenanbindung zum SWM „Data Lake“ in der Cloud, erfolgte über das SWM Intranet den Firewall gesicherten Zugang zum Intranet. Über definierte Zugriffsregeln wurden verschiedene Fernzugriffe auf den DAS-Interrogator sowie die unterschiedlichen Container (Ordner) im Data Lake festgelegt.

2.2 Workflow und Ergebnisse DAS Datenauswertung

Die innerhalb der Data Analytics Umgebung der Cloud implementierten Python Skripte zum Post-Processing der DAS-Datenbearbeitung wurden den Partner KIT entwickelt und implementiert, siehe Azzola et al. (2022). Die automatische Datenbearbeitung umfasst drei Module (Strukturierung des Datensatzes, Datenfilterung, Detektionsmodul).

Die Strukturierung des Datensatzes umfasst zunächst die Extraktion des Datensatzes, der entlang der zementierten Faser der Injektionsbohrung Th3 aufgenommen wurde. Um die statische Korrektur zu bestimmen, wurde ein Tap-Test am Bohrlochkopf durchgeführt. Aufgrund der U-förmigen Implementierung des Kabels konnten Wiederholungsmessungen durchgeführt werden. Über das Stacking der Wiederholungsmessungen konnte die räumliche Auflösung der DAS Datensätze erhöht werden.

Ein hohes natürliches Noiselevel wurde in den DAS-Daten aufgrund des urbanen Standortes in München-Sendling und der Bauarbeiten an der Oberfläche festgestellt. Diese Umgebungsbedingungen induzieren auch ein sichtbares optisches Noise in den

übernommenen DAS-Daten. Ein geeigneter Bandpass- und Frequenz-Wellenzahl-Filter wurde deshalb entwickelt, um die Detektionsfähigkeiten und das Signal-Rausch-Verhältnis zu verbessern.

Das Detektionsmodul nutzt einen Netzwerk-Koinzidenz-Trigger, der einem STA/LTA-Algorithmus verwendet.

Im Ergebnis ermöglicht der entwickelte Verarbeitungsworkflow die Detektion von mikroseismischen Ereignissen und die Visualisierung der entsprechenden P- und S-Wellen mit einer hohen räumlichen Kohärenz. Die Abbildung 2 zeigt einen prozessierten DAS Datensatz entlang der Bohrung Th3 mit einem hohen räumlichen Sampling bis 700 m Tiefe.

Die Nachbearbeitung des Datensatzes, nach der Validierung der Detektion, besteht dann aus der Erfassung der Ankunftszeiten der verschiedenen beobachteten Phasen (siehe Abbildung 2).

Die so erhaltenen Ankunftszeiten der P- und S-Wellen ermöglichen weitere Studien, die die Charakterisierung der Quelle (Ereignisortung, Auswertung der Herdmechanismen) oder die Charakterisierung der die Glasfaserkabel umgebenden Medien (u.a. über die Ermittlung der Ausbreitungsgeschwindigkeiten) beinhalten.

Diese Themen sind die aktuellen Arbeitspunkte im Projekt.

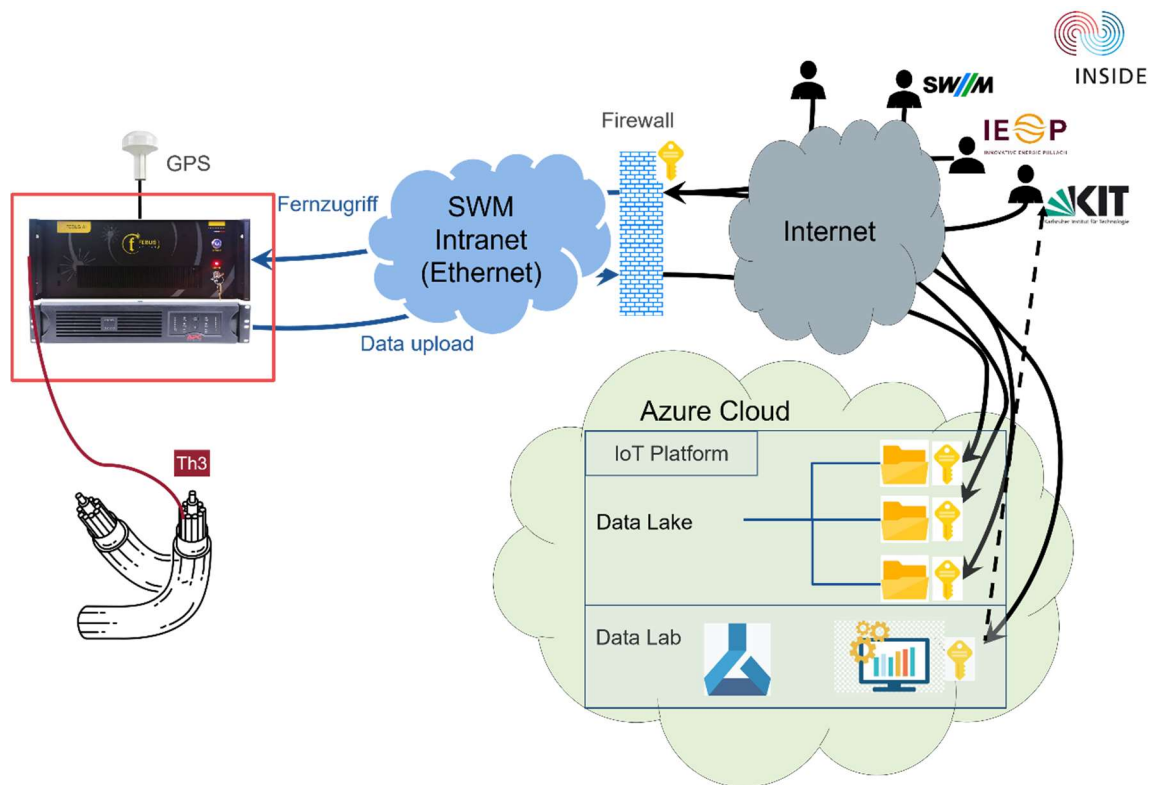


Abbildung 1: INSIDE GFK-DAS Datenmanagement Konzept zur Datenanbindung in die Cloud und zur Datenspeicherung innerhalb des Datensees und der Datenbearbeitung in der Data Analytics Umgebung (umgezeichnet nach Gaucher et al. (2022)).

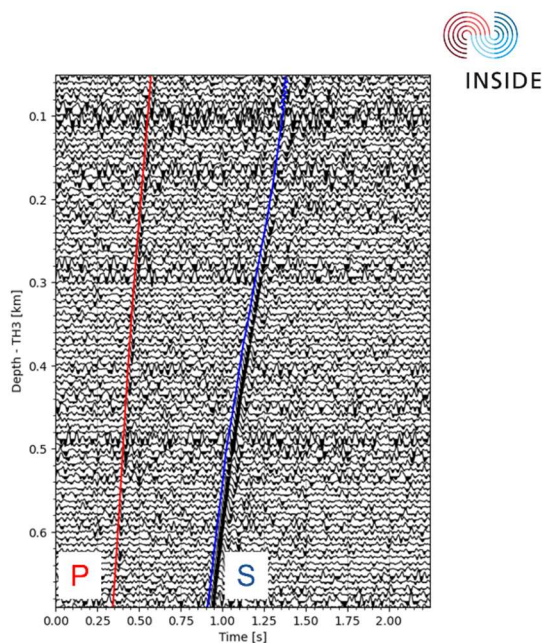


Abbildung 2: Am SWM Energiestandort Süd mit dem in einer Geothermiebohrung installierten Glasfaserkabel erfasste Signale.

3. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Mit der innerhalb des Projektes INSIDE über einen Zeitraum von sechs Monaten durchgeführten DAS-Machbarkeitsstudie zur automatischen Datenerfassung und -auswertung konnten unter Verwendung einer Cloud-basierten Datenplattform, sowohl große Mengen an Messdaten (stündlich ca. 5 GB neu hinzukommende strain-rate DAS Daten) gespeichert, als auch durch die Partner vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) bearbeitet werden. Der faseroptischen Messtechnik und deren breiten potenziellen passiven seismischen Anwendungsbereiche konnte damit ein grundlegender Baustein gelegt werden.

Die Anwendungsbereiche, neben dem mikro-seismischen Monitoring, können zum derzeitigen Stand nicht abgeschätzt werden. Weitere Machbarkeitsstudien zur Untersuchung und Abbildung zeitlich-räumlicher Änderungen in den geothermalen Reservoiren, aber auch dem umliegenden Bauwerk und maschinellen System unter Einsatz der glasfaseroptischen Messtechnik, werden sowohl mit den INSIDE Partnern als auch weiteren Partnern aus Parallelprojekten weiterverfolgt.

QUELLEN

Azzola, J. et al. (2022). In Vorbereitung

Gaucher, E., Hansinger, M. Goblirsch, P., Azzola, J. und Thiemann, K. (2022). Towards a geothermal reservoir management system. *Proceedings of the European Geothermal Congress 2022 (ID335)*

Krawczyk, C. und Jorzik, O. (2018). Mit dem Glasfaserkabel Erdbeben erfassen. *Earth System Knowledge Platform*.
<https://doi.org/10.48440/eskp.068>

Schölderle, F., Lipus, M., Pfrang, D., Reinsch, T., Krawczyk, C. und Zosseder, K. (2022). Faseroptische Bohrlochüberwachung – STS- und DAS-Messungen am Geothermie-Standort Schäftlarnstraße, München. *Geothermische Energie Heft 102*. 18-20

Danksagung

Diese Arbeit wurde im Rahmen des INSIDE Projektes (<https://inside-geothermie.de/>) durchgeführt. Das Vorhaben INSIDE wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, vertreten durch die Projektträger Jülich GmbH unter dem Förderzeichen 03EE4008B gefördert. Einen besonderen Dank gilt Dr. Jérôme Azzola vom KIT für seinen außerordentlichen Forschungseinsatz zur Inwertsetzung der am Energiestandort Süd erfassten DAS-Daten.