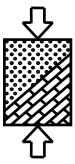


## Kurzfassung

<u>Aktenkennzeichen</u>	01LS05087
<u>Forschungsthema:</u>	Thermische Nutzung von Haldenschwelbränden
<u>Kurztitel:</u>	Haldengeothermie
<u>Forschende Stelle:</u>	Lehrstuhl für Geotechnik im Bauwesen RWTH Aachen University Mies-van-der-Rohe-Straße 1 52074 Aachen  Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe RWTH Aachen University Wüllnerstr. 2 52062 Aachen
<u>Laufzeit:</u>	2008 - 2013
<u>Weitere beteiligte Forschungseinrichtungen:</u>	Fraunhofer Institut UMSICHT Osterfelder Str. 3 46047 Oberhausen  DMT GmbH & Co. KG, Fachstelle für Brandschutz Tremoniastr. 13 44137 Dortmund  aix-o-therm GeoEnergien Porschestr. 8 45700 Marl
<u>Finanzielle Unterstützung:</u>	Bundesministerium für Bildung und Forschung



## Projektbeschreibung und Ergebnisse

In Regionen des Steinkohlenbergbaus gehören Abraumhalden zum bekannten landschaftlichen Erscheinungsbild. Weniger bekannt ist dagegen die Tatsache, dass in vielen Halden Bereiche mit Schwelbränden vorhanden sind. Haldenbrände entstehen überwiegend durch die Oxidation von Restkohle mit Luftsauerstoff. Durch eine schlechte Verdichtung des eingebauten Abraums ist eine Sauerstoffzufuhr möglich, die bei gleichzeitigem Wärmestau zu Selbstentzündungsprozessen im Haldenkörper führen kann. Die infolge der Brände vorhandenen hohen Temperaturen stellen ein bisher nicht beachtetes und nur wenig erforschtes Potential für eine energetische Nutzung dar. In einem vom Lehrstuhl für Geotechnik im Bauwesen in Zusammenarbeit mit dem Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe der RWTH Aachen University, der DMT-Fachstelle für Brandschutz, dem Fraunhofer-Institut UMSICHT sowie der Firma aix-o-therm GeoEnergien bearbeiteten BMBF-Verbundprojekt wurden die Möglichkeiten einer energetischen Nutzung von Haldenschwelbränden an einem Haldenstandort im Ruhrgebiet über einen Zeitraum von fünf Jahren (2008 - 2013) untersucht.

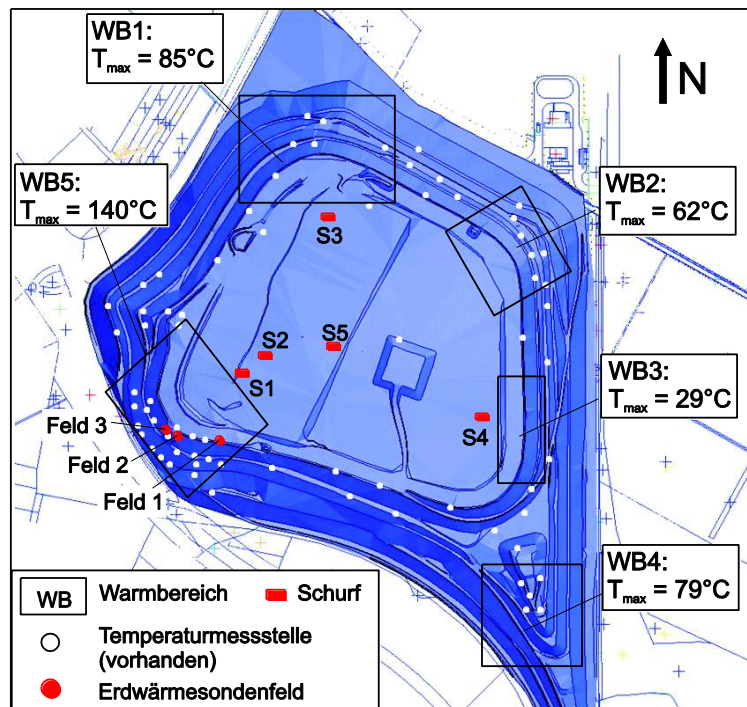


Bild 1: Haldenstandort (Lage der Warmbereiche, Sondenfelder und Schürfe)

Hierfür wurden in einem der bekannten Warmbereiche am Rand des Haldenplateaus drei koaxiale Erdwärmesonden mit Längen von jeweils 25m installiert (vgl. Bild 1 und Bild 2 Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.). Zur Überwachung und Erfassung der Temperaturverläufe im Untergrund wurden um jede Erdwärmesonde fünf Pegelbohrungen halb-kreisförmig angeordnet. Zur Entnahme von Materialproben wurden zusätzlich fünf Schürfgruben mit Maximaltiefen von bis zu 9m hergestellt.

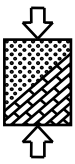


Bild 2: Bohrarbeiten

Die angetroffenen Temperaturen im Untergrund lagen zwischen 70°C und 430°C (vgl. Bild 3) und damit weit über den Erwartungen. Die maximalen Temperaturen wurden dabei in einer Tiefe von ca. 15m angetroffen. Die Temperaturprofile innerhalb der Sondenfelder wurden während des Projektzeitraums mehrfach gemessen, um die Reaktion des Haldenkörpers auf den Wärmeentzug zu kontrollieren.

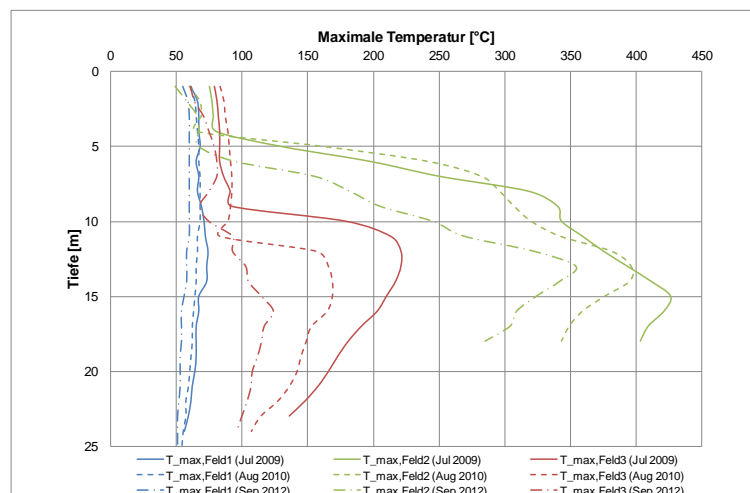
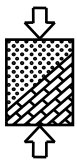


Bild 3: Temperaturen im Untergrund

Die Leistungsfähigkeit der Sonden wurde sowohl mit Kurzzeittests (Thermal Response Tests - TRT) als auch durch Dauerentzugsversuche (Laufzeit ca. 1 Jahr) ermittelt. Die TRTs wurden bei unterschiedlichen Leistungsniveaus durchgeführt, um den optimalen Betriebszustand zu ermitteln. Ein stabiler Betriebszustand konnte für die Sonden 2 und 3 bei 3kW und für die Sonde 1 bei 2kW erreicht werden. Die ermittelten effektiven Wärmeleitfähigkeiten der Sondenfelder lagen zwischen 1,0W/mK (Sonde 3) und 2,1W/mK (Sonde 2).

Das langfristige Verhalten der Sonden wurde durch Dauerwärmeentzugsversuche untersucht. Dazu wurde die Anlage über ca. ein Jahr mit einer Leistung von ca. 8kW betrieben. Mit Ausnahme von Sonde 3 konnte ein konstanter Betriebszustand erreicht werden, was durch den geringen Temperaturabfall in den Sondenfeldern bestätigt wird (vgl. Bild 3). Ein langfristiger Betrieb von



Erdwärmesonden auf schwelenden Halden scheint somit möglich zu sein. Ein potentieller Abnehmer der erzeugten Wärmeenergie könnten die Betriebsgebäude des Haldenbetreibers sein. Im Sondenfeld 3 wurde ein stärkerer Einbruch der Temperaturen verzeichnet (vgl. Bild 3), was mit einem deutlichen Abfall der Wärmeentzugsleistungen einherging. In wie weit dieser Temperaturabfall auf den Wärmeentzug zurückzuführen ist bzw. in wie weit er die natürliche Brandentwicklung beschreibt, konnte im Rahmen des Projekts nicht abschließend geklärt werden. Hierfür sind weitere Grundlagenforschungen zum Verhalten von Schwelbränden in Bergehalden erforderlich.

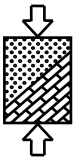
Die in den Feldversuchen erzielten Wärmeentzugsleistungen fallen mit ca. 100W/m im Vergleich zu herkömmlichen oberflächennahen geothermischen Anlagen (im Mittel 50W/m) zwar hoch aus, sind in Relationen zu den angetroffenen Temperaturen von über 400°C jedoch relativ gering. Zur Ursachenermittlung wurden daher verschiedene praktische und theoretische Untersuchungen durchgeführt. Dazu wurde die Wärmeleitfähigkeit des Haldenmaterials im Labor bestimmt. Die im Labor gemessene Wärmeleitfähigkeit des Haldenmaterials lag zwischen 0,4W/mK (trocken) und 1,3W/mK (wassergesättigt). Es zeigt sich somit, dass die Wärmeleitfähigkeit des Haldenkörpers einen limitierenden Faktor bei der thermischen Nutzung von Haldenschwelbränden darstellt, der nur zum Teil von den hohen Temperaturen kompensiert werden kann. Dieser Effekt wird zusätzlich durch die beschränkte Wärmeneubildung (Schwelbrandverhalten) verstärkt.

Aus Sicherheitsgründen wurden die Sondenbohrungen der Pilotanlage mit trockenem Sand verfüllt. Für eine Anlagenoptimierung wurde daher zusätzlich die Verwendung von thermisch verbesserten, hitzebeständigen Verfüllmaterialien erprobt. Dazu wurde die Wärmeleitfähigkeit von alternativen Verfüllbaustoffen ebenfalls im Labor ermittelt und deren Einfluss auf den Wärmeentzug mit Hilfe von numerischen Simulationen untersucht. Es zeigte sich, dass durch die Verwendung eines homogenisierten thermisch verbesserten Materials (z.B. hochtemperaturbeständige Materialien auf Zementbasis) die Leistungsfähigkeit der Anlage deutlich gesteigert werden kann.

Zur Ermittlung der maßgebenden Einflussfaktoren auf den Wärmeentzug wurden numerische Simulationen sowie Parameterstudien auf Basis von analytischen Ansätzen durchgeführt. Hierbei ergab sich, dass neben den Standortbedingungen (Wärmeleitfähigkeit des Materials und Temperatur im Haldenkörper) auch die Betriebsparameter der Anlagen (Volumenstrom im Wärmeaustauschersystem) sowie die Geometrie der Sonden (optimales Verhältnis von Sondeninnen- und Sondenaußenrohrdurchmesser) einen entscheidenden Einfluss auf den Wärmeertrag der Sonden auf schwelenden Bergehalden haben.

Weiterführende und detaillierte Beschreibungen zum Projekt können den Projektberichten sowie folgenden Veröffentlichungen entnommen werden:

Kürten, S., Feinendegen, M., Noel, Y., Gaschnitz, R., Schwerdt, P., Klein, A.: *Geothermal Utilization of Smouldering Mining Dumps as a Substitute for Fossil Fuels*. In: Latest Developments in Coal Fire Research Bridging the Science, Economics, and Politics of a Global Disaster Proceedings of "ICCFR2 I Second International Conference on Coal Fire Research" 19-21 May 2010, dbb forum Berlin, Germany / Compilation: Richard A. Eichler, Freiberg 2010, ISBN: 978-3-86012-397-3



- Kürten, S.: *Geothermische Nutzung von Haldenschwelbränden*. In: 31. Baugrundtagung - Forum für junge Geotechnik-Ingenieure: Beiträge der Spezialsitzung; 3-6 November 2010 in München / Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. , Hildesheim, Wecom, Ges. für Kommunikation, 2010, S. 167-174, ISBN 978-3-9813953-3-4.
- Kürten, S., Feinendegen, M., Schwerdt, P., Noel, Y., Klein, A., Gaschnitz, R.: *Haldengeothermie - Chancen und Risiken bei der thermischen Nutzung von Haldenschwelbränden*. In: Geotechnik 34 (2011), H. 2, S. 127-135, ISSN 1865-7362.
- Kürten, S., Feinendegen, M., Ziegler, M., Noël, Y., Quicker, P.: *Haldengeothermie – Besonderheiten bei der thermischen Nutzung von Haldenschwelbränden*. In: Der Geothermiekongress 2011 : Bochum 15. - 17.November 2011 ; Kongressband / Hrsg.: GtV-Bundesverband Geothermie e.V., Berlin 2011, S. 1-12, ISBN 978-3-932570-66-7
- Kürten, S.; Feinendegen, M.; Noël, Y.: *Einfluss der Standortbedingungen bei der thermischen Nutzung von Haldenschwelbränden*. In: Veröffentlichungen der 19. Tagung für Ingenieurgeologie und des Forums für junge Ingenieurgeologen : München, 13. - 15. März 2013 / Hrsg.: Kurosch Thuro, München, Techn. Univ., 2013, S. 277-283.
- Kürten, S.; Feinendegen, M.; Noël, Y.; Gaschnitz, R.; Klein, A.; Schwerdt, P.: *Thermische Nutzung von Haldenschwelbränden – Erkenntnisse und Erfahrungen aus einem Pilotprojekt*. In: Mining Report 149 (2013), H. 2, S. 116-124, ISSN 2195-6529.
- Kürten, S.; Feinendegen, M.; Noël, Y.: *Geothermal Utilization of Smoldering Mining Dumps*. In: Stracher, G.B., Prakash, A.; Sokol, E.V. (Ed): *Coal and Peat Fires: A Global Perspective – Volume 3: Coal Fires – Case Studies*. In Press.