

**Nutzung aufgegebenener Tagesschächte des Steinkohlenbergbaus für die  
Gewinnung von Erdwärme - Ergebnisse einer Machbarkeitsstudie für das  
Aachener Revier**

M. Heitfeld, P. Rosner, H. Sahl & K. Schetelig

Glückauf, Heft 10,  
S. 432 - 438, 7 Abb.; Essen (2006)

# Nutzung aufgegebenener Tagesschächte des Steinkohlenbergbaus für die Gewinnung von Erdwärme - Ergebnisse einer Machbarkeitsstudie für das Aachener Revier

von Dr.-Ing. Michael Heitfeld<sup>1)</sup>, Dipl.-Geol. Peter Rosner<sup>1)</sup>, Dipl.-Ing. Heinz Sahl<sup>2)</sup>, Univ.-Prof. Dr. Kurt Schetelig<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Ingenieurbüro Heitfeld-Schetelig GmbH, Aachen

<sup>2)</sup>EBV GmbH - Bereich Bergbaufolgearbeiten-Umwelt, Hückelhoven

Aufgegebene Tagesschächte erlauben eine kostengünstige Erschließung großräumiger Wasservorkommen in aufgelassenen und gefluteten Bergwerken für die Gewinnung von Erdwärme. Entsprechende Nutzungsmöglichkeiten sollten daher schon im Rahmen der Stilllegungsplanung berücksichtigt werden. Die grundsätzlichen Randbedingungen einer wirtschaftlichen Nutzung der Erdwärme aus gefluteten Bergwerken wurden für das Aachener Steinkohlenrevier im Rahmen einer Machbarkeitsstudie untersucht; über die Untersuchungsergebnisse wird berichtet.

## Ausgangssituation

Bei der Stilllegung von Tagesschächten des Steinkohlenbergbaus stehen bisher die Sicherung der Schachtröhre und die Wiederherstellung der Tagesoberfläche für eine Folgenutzung im Vordergrund. Aufgegebene Tagesschächte können jedoch darüber hinaus dauerhaft ein weiträumiges Wasserreservoir in stillgelegten und gefluteten Bergwerken erschließen.

Aufgelassene und geflutete Bergwerke stellen besonders geeignete Standorte für die Gewinnung von Erdwärme aus mittleren Tiefen (ca. 100 bis 1.500 m) dar. Das gebrochene Gebirge ermöglicht einen intensiven Wärmeaustausch zwischen Gestein und Grubenwasser; durch die vorhandenen Schächte und Rohrleitungen ist eine wirtschaftliche Nutzung der Erdwärme möglich. Im Vergleich zu natürlichen Grundwasserleitern weisen Steinkohlenbergwerke insbesondere die folgenden Vorteile auf:

- großes Volumen an Gestein und Grubenwasser bei ausreichender Gebirgsdurchlässigkeit
- günstiges Porenvolumen im nachgebrochenen Karbon
- gut bekannte bergtechnische, geologische und hydrogeologische Bedingungen
- Temperatur des Grubenwassers im Allgemeinen über 20 °C
- vorhandene Schächte für Warmwassergewinnung und/oder Infiltration nutzbar

Die Nutzung aufgegebenener Tagesschächte für eine Erdwärmegewinnung kann gerade in den vom Strukturwandel betroffenen Stilllegungsbereichen einen wertvollen Beitrag für eine zukunftsweisende Nachnutzung ehemaliger Betriebsflächen und deren Umfeld darstellen. Dazu sind bereits im Rahmen

der vorbereitenden Stilllegungsmaßnahmen entsprechende technische Vorkehrungen zu treffen, um einen dauerhaften Anschluss an das Grubengebäude zu ermöglichen.

Grundsätzliche Erfahrungen über die Nutzung verlassener Grubengebäude für die Gewinnung von Erdwärme liegen z.B. aus Projekten in Ehrenfriedersdorf (Sachsen) und Springhill (Kanada) vor.

Für das Aachener Steinkohlenrevier wurde zur Klärung von Grundsatzfragen einer Erdwärmegewinnung aus stillgelegten Bergwerken eine Machbarkeitsstudie bearbeitet. Zur Zeit wird die Ausführung eines Pilotprojektes vorbereitet.

## Grundlagen der Erdwärmegewinnung in stillgelegten Bergwerken

Zur Gewinnung der Erdwärme aus stillgelegten und gefluteten Bergwerken stehen im Wesentlichen zwei technische Varianten - die Einzelsonde und das Dublettensystem - zur Verfügung (Abb. 1). Bei der Einzelsonde wird die Wärme dem umgebenden Gebirge durch ein Wärmeträgermedium in einem in sich geschlossenen Rohrsystem (Erdsondensystem) entzogen. Beim Dublettenbetrieb wird gezielt ein ausgedehnter Wärmestrom zwischen einer Entnahmestelle und einem oder mehreren Schächten bzw. Brunnen erzeugt, in denen das abgekühlte Wasser wieder infiltriert wird.

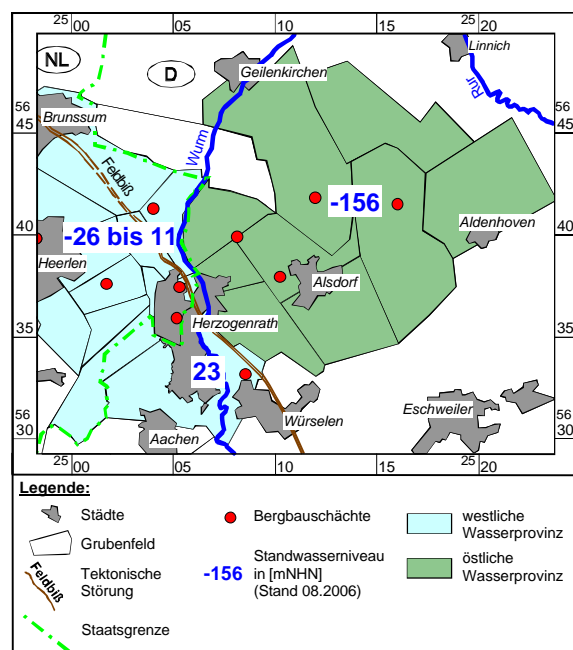


Abb. 1: Schematisches Bergwerk mit Förderschacht- und Infiltrationsbrunnen, Wärme-/Wasserkreislauf

Eine Einzelsonde kann ohne besondere Schwierigkeiten in noch offene Schächte eingebaut werden, nutzt aber dabei nur die Wärme in der unmittelbaren Umgebung der Rohrleitung; die Wärmezufuhr aus dem weiteren Gebirgsraum bleibt gering. Das aufwändigere Dubletten-System bietet eine größere kontinuierliche Energiemenge. Allerdings erfordert es in der Regel Leitungen übertage zu den Punkten

der Wiedereinleitung. Auch muss sichergestellt sein, dass sich kein hydraulischer Kurzschluss zwischen Förderstelle und Re-Infiltrationsstelle ergibt. Für die langfristige Nutzung der Erdwärme stellt diese Technik aber nach dem derzeitigen Kenntnisstand die wirtschaftlich sinnvollere Variante dar. Über aufgegebene Tagesschächte besteht in der Regel ein optimaler hydraulischer Anschluss an das Grubengebäude. Das Fündigkeitsrisiko, das bei einer Neuerschließung der Grubenbaue durch Bohrungen besteht, entfällt. Die im Rahmen von Stilllegungsmaßnahmen ohnehin einzubauenden Kontrollleitungen (z.B. Pegelleitung, Entgasungsleitung) können für die Gewinnung von Erdwärme genutzt werden.

Damit stellt die Nutzung aufgegebener Tagesschächte insbesondere für den Tiefbergbaubereich mit großer Deckgebirgsüberlagerung eine wichtige Voraussetzung für die kostengünstige Erschließung der Erdwärme dar.

Bei einer frühzeitigen Berücksichtigung der Anforderungen einer Erdwärmegewinnung, schon in der Stilllegungsphase eines Bergwerks, können gegebenenfalls auch die hydraulischen Verbindungen zum Schacht bereits so eingerichtet werden, dass sowohl die Entnahme des Grubenwassers als auch die Re-Infiltration des abgekühlten Wassers über einen Schacht erfolgen; hierdurch können weitere Kosten eingespart und die Erdwärmegewinnungsanlage wirtschaftlicher betrieben werden.

Eine weiterer wichtiger Aspekt bei der Nutzung von Erdwärme aus stillgelegten Bergwerken ist die geringe Entfernung der potenziellen Abnehmer zur Gewinnungsstelle. Ehemalige übertägige Betriebsflächen im Schachtumfeld, die im Rahmen der Stilllegung für eine Folgenutzung (Ansiedlung von Wohnbebauung oder Gewerbe) hergerichtet werden, bieten dabei ein entsprechendes Abnehmerpotenzial mit kurzen Versorgungswegen.

### Bergbauliche Randbedingungen im Aachener Steinkohlenrevier

Das Aachener Steinkohlenrevier erstreckt sich über eine Fläche von rd. 250 km<sup>2</sup> im Bereich unmittelbar nördlich von Aachen; in nordwestlicher Richtung schließen sich grenzübergreifend die ehemaligen Grubenfelder des niederländischen Südlimburger Steinkohlenreviers an. Die Bauflächen erreichten im Aachener Revier Teufen bis zu 1.200 m. Im Jahre 1992 wurde der Steinkohlenbergbau hier durch die EBV Aktiengesellschaft (heute EBV GmbH) eingestellt. Die Sicherungsarbeiten für die bis zuletzt betriebenen Schächte des Tiefbergbaus wurden im Jahre 1994 abgeschlossen.

Seit Einstellung der Wasserhaltung in den Jahren 1993/1994 erfolgt auf der Gesamtfläche des Aachener und Südlimburger Steinkohlenreviers der Wiederanstieg des Grubenwassers in zwei hydraulisch voneinander getrennten Wasserprovinzen (Abb. 2).

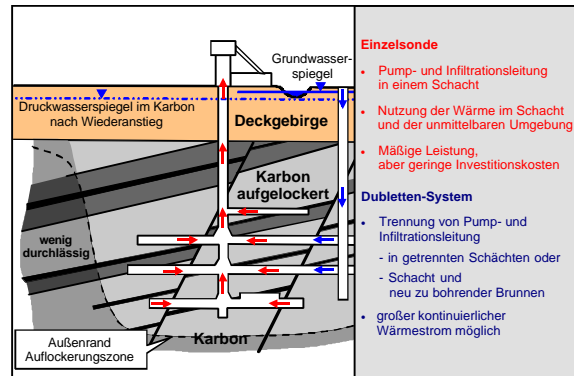


Abb. 2: Wasserprovinzen im Aachener und Südlimburger Steinkohlenrevier

In der östlichen Wasserprovinz, in deren Bereich bis 1992 Abbau betrieben wurde, wurde bis August 2006 ein Standwasserniveau von rd. -156 mNHN, entsprechend rd. 290 m unter dem Geländeniveau, erreicht. Dabei wurde das Steinkohlengebirge in Teilbereichen bereits vollständig geflutet.

In der westlichen Wasserprovinz, westlich der tektonischen Großstörung Feldbiß, wurde der Bergbau sowohl auf deutscher als auch auf niederländischer Seite bereits in den 1970'er Jahren eingestellt. Aufgrund zahlreicher hydraulischer Verbindungen und Annäherungsstellen wurde aber auch hier bis 1994 eine Wasserhaltung zum Schutz der Grubenfelder östlich des Feldbiß betrieben.

Auf deutscher Seite, wo das Steinkohlengebirge im Vorflutniveau zutage tritt, lag das Standwasserniveau im August 2006 bei rd. 23 mNHN, d.h. rd. 100 m unter dem mittleren Vorflutniveau.

In den Stilllegungsbereichen des Aachener Steinkohlenreviers betreibt die EBV GmbH im Zusammenhang mit der Abwicklung und Überwachung des Grubenwasseranstiegs derzeit auf deutscher Seite insgesamt fünf gesicherte Tagesschächte, die über entsprechende Rohrleitungen (Entgasungs-, Pumpen- bzw. Pegelleitungen) an das Grubengebäude angeschlossen sind (Abb. 2). Im Rahmen der Folgenutzung der ehemaligen Betriebsflächen im Umfeld der Schächte werden seitens der EBV GmbH Wohn- und Gewerbeeinheiten angesiedelt. Damit sind potenzielle Abnehmer für die gewonnene Energie unmittelbar an der Gewinnungsstelle vorhanden.

### Genehmigungsrechtliche Randbedingungen

Erdwärme ist gemäß Bundesberggesetz (BBergG § 3) ein bergfreier Bodenschatz. Für die Aufsuchung von Erdwärme ist eine Erlaubnis der Bergbehörde (in NRW: Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 8) gemäß BBergG § 6 erforderlich.

Für das Aachener Steinkohlenrevier wurden der EBV GmbH im Jahre 2005 die Zulassungen für vier Erlaubnisfelder erteilt. Die Abgrenzung der Erlaubnisfelder erfolgte nach eingehender Diskussion mit der Bergbehörde auf der Grundlage der Ausdehnung der an den Schächten angeschlossenen Grubenfelder.

benbaue. Die Einzelfelder umfassen Flächen zwischen 10 und 39 km<sup>2</sup> (s. Abb. 3).

Die Erlaubnis zur Aufsuchung von Erdwärme ist auf 5 Jahre befristet (BBergG § 16 (4)). Die Untersuchungen sind durch Vorlage von Jahresberichten der Bergbehörde nachzuweisen.

Interessenkonflikte können insbesondere dann auftreten, wenn für die geplanten Erdwärmegewinnungsbereiche bereits eine Zulassung zur Gewinnung von Grubengas vorliegt.

Wenn Grubengas in stillgelegten Steinkohlebergwerken in nennenswerten Mengen aus dem unverritzten Gebirge, dem nachgebrochenen Deckgebirge oder über geologische Störungen zufließen kann, sammelt es sich in einer Gasblase über dem ansteigenden Grubenwasser. Das Gas kann über Schächte oder das Deckgebirge in die Atmosphäre entweichen oder gesammelt und zur Energiegewinnung genutzt werden. Dies geschieht heute bereits in beträchtlichem Umfang an der Ruhr und an der Saar. Im Aachener Revier fand bisher nur in Alsdorf am Eduard-Schacht eine zeitweilige Nutzung von Grubengas mit Methangehalten von 50-70% durch die Firma A-TEC, Duisburg, statt.

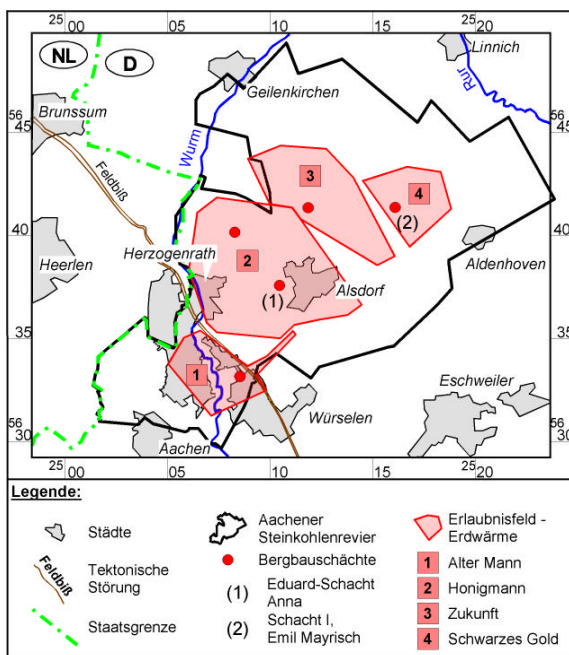


Abb. 3: Erlaubnisfelder für die Aufsuchung von Erdwärme im Aachener Steinkohlenrevier

Die Grubengasnutzung kann durch eine Erdwärmegewinnung gegebenenfalls dann beeinträchtigt werden, wenn das re-infiltrierte, abgekühlte Grubenwasser zu einer weiträumigen Abkühlung des entgasenden Gebirges führt und die Gasproduktion damit einschränkt. Dieser Aspekt ist bei der Planung der Infiltrationsstelle mit zu berücksichtigen. Inwieweit zukünftig nach Flutung der Bergwerke eine weitere, wirtschaftlich nutzbare Grubengasförderung möglich sein wird, kann gegenwärtig nicht sicher beantwortet werden und wird strittig diskutiert. Aus geologischen und physikalischen Gründen erscheint es durchaus möglich, dass die Gru-

bengas-Freisetzung auch nach der Flutung noch in geringem Umfang andauert. Dieses Gas würde dann derzeit im Grubenwasser in Lösung gehen; nach Eintritt der Sättigung sind erneute Grubengasaustritte denkbar. In diese Richtung deuten auch die Befunde von THIELEMANN ET AL. (2004) im Ruhrgebiet, der Hinweise auf eine rezente Methanbildung in aufgelassenen Steinkohlegruben durch Archaeobakterien fand.

Die Problematik der Methangehalte im Grubenwasser ist in jedem Falle auch aus sicherheitlicher Sicht bei der Erdwärmegewinnung zu betrachten

### Konzeption im Aachener Revier

Am Anfang des Projektes stand eine fachlich fundierte, umfassende Klärung der bergbaulichen, geologisch-hydrogeologischen und technischen Randbedingungen für eine wirtschaftliche Nutzung von Erdwärme aus den Stilllegungsbereichen des Aachener Steinkohlenreviers sowie eine Abschätzung des über die noch nutzbaren Tagesschächte verfügbaren Erdwärmepotenzials.

Dazu wurde eine Projektgruppe aus Bergwerkseigentümer, Bergbehörde und kompetenten Fachleuten aller betroffenen Fachrichtungen gebildet. Die Projektgruppe setzt sich wie folgt zusammen:

- EBV GmbH, Hückelhoven
- Bezirksregierung Arnsberg, Abt. 8 - Bergbau und Energie in NRW, Dortmund
- Ingenieurbüro Heitfeld-Schetelig GmbH, Aachen
- Geophysica Beratungsgesellschaft mbH, Stolberg
- Elektro-Physik Aachen EPA, Aachen

Am Beispiel eines Bebauungsplangebietes am Standort einer ehemaligen Schachtanlage wurden im Rahmen einer Machbarkeitsstudie Modellrechnungen zur Abschätzung des Energiepotenzials sowie eine vergleichende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung im Hinblick auf den Einsatz der Erdwärme als Energieträger für Heizung und Brauchwassererwärmung durchgeführt.

Parallel dazu wurden die genehmigungsrechtlichen Voraussetzungen für die Aufsuchung und spätere Gewinnung der Erdwärme geschaffen.

Die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie fließen in die Planung für ein Pilotprojekt ein. Erst in dieser Phase werden konkrete Investitionen zur Errichtung technischer Anlagen getätigt. Durch die umfassenden Voruntersuchungen wird das Investitionsrisiko weitgehend minimiert.

Einige Ergebnisse der Machbarkeitsstudie sind nachfolgend dargestellt.

### Grundlagen der Modellbetrachtungen

Als Grundlage für die Ermittlung des Wärmepotenzials in den Grubengebäuden wurden in den einzelnen Bergbauschächten im Aachener Steinkohlenrevier über die zugänglichen Rohrleitungen Tiefenlogs zur Ermittlung der Wassertemperatur und der

elektrischen Leitfähigkeit durchgeführt. Die Ergebnisse von Tiefenlogs sind beispielhaft für den Eduard-Schacht, Grube Anna, und den Schacht I, Grube Emil Mayrisch, in Abb. 4 und Abb. 5 dargestellt. Der Eduard-Schacht, Grube Anna, wurde 1994 durch Einbau einer Bühne im Niveau der 153 m-Sohle und einer kohäsiven Teilverfüllung des oberhalb gelegenen Schachtabschnittes gesichert (Abb. 4). Zur Entgasung sowie für die Überwachung des Grubenwasseranstiegs wurden eine Entgasungsleitung (DN 400) sowie ein Peilrohr (DN 125) durch die Verfüllung bis an die Tagesoberfläche geführt. Die Deckgebirgsmächtigkeit beträgt am Schacht rd. 74 m. Das Standwasserniveau lag zum Zeitpunkt der Messungen bei rd. -232 mNHN; das Grubengebäude war hier erst teilweise geflutet.

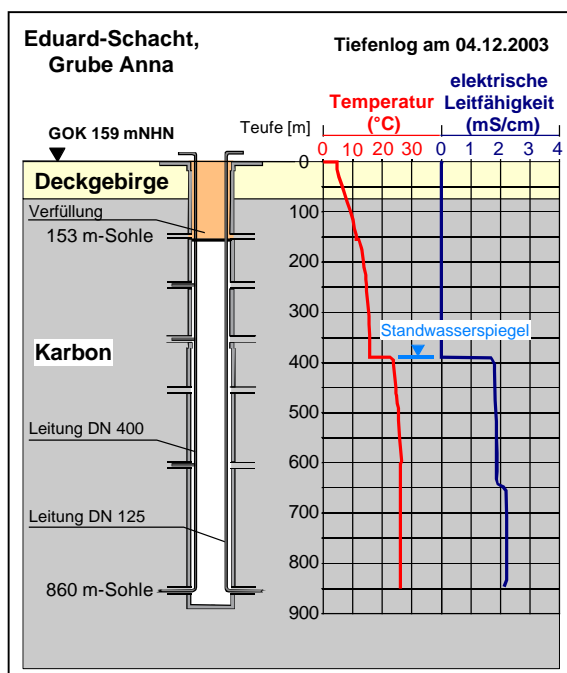


Abb. 4: Tiefenlog Eduard-Schacht, Anna

Im Rahmen des Tiefenlogs wurden in einem Teufenbereich zwischen dem Standwasserspiegel (391 m Teufe) und der 860 m-Sohle Wassertemperaturen zwischen rd. 22 und 26 °C angetroffen. Dabei war die Wassertemperatur unterhalb der 610 m-Sohle weitgehend konstant bei rd. 26 °C. Dies deutet auf stärkere Strömungsvorgänge innerhalb der Schachtsäule hin, die die Ausbildung einer Schichtung unterschiedlich stark mineralisierter Grubenwässer verhindert. Die elektrische Leitfähigkeit des Grubenwassers beträgt im Mittel rd. 2,0 mS/cm.

Der Schacht I, Grube Emil Mayrisch, wurde 1993 durch eine vollständige Verfüllung mit einer kohäsiven Füllsäule gesichert. Im Rahmen der Verfüllung wurden eine Entgasungsleitung (DN 350) sowie ein Peilrohr (DN 150) durch die Verfüllung hindurch bis an die Tagesoberfläche geführt. Die Deckgebirgsmächtigkeit beträgt am Schacht rd. 440 m. Das Standwasserniveau lag zum Zeit-

punkt der Messungen bei rd. -221 mNHN; das Grubengebäude war hier zum Zeitpunkt der Messungen bereits vollständig geflutet.

Das im Schacht I durchgeführte Tiefenlog ergab, dass sich hier bereits eine deutliche hydrochemische Schichtung innerhalb der Wassersäule im Schacht ausgebildet hatte (s. Abb. 5). Im Teufenbereich zwischen dem Standwasserspiegel (340 m Teufe) und der 860 m-Sohle nahmen die Wassertemperaturen sukzessive von rd. 19 °C bis auf 33 °C zu. Auch die elektrische Leitfähigkeit des Grubenwassers nahm zur Teufe sukzessive zu und erreichte im Niveau der 860 m-Sohle Werte von rd. 10 mS/cm. Insgesamt liegen damit hier deutlich höher mineralisierte und höher temperierte Grubenwässer vor.

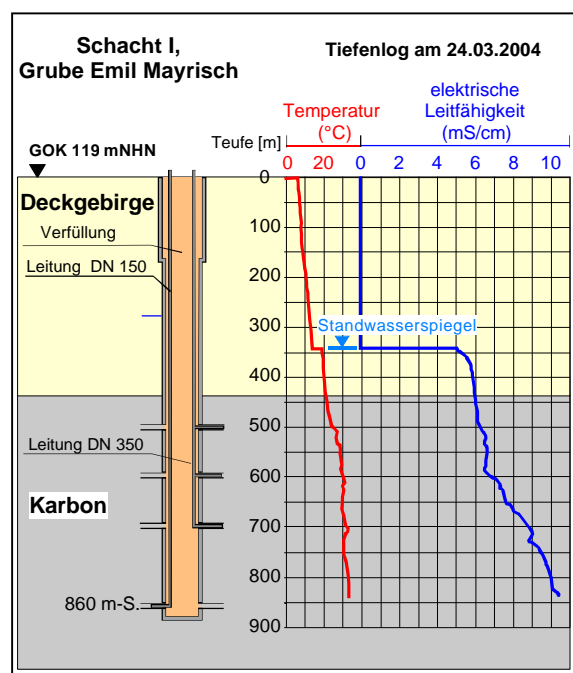


Abb. 5: Tiefenlog Schacht I, Emil Mayrisch

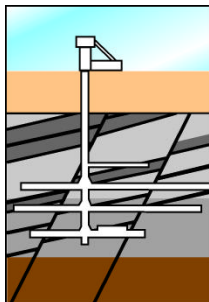
Die Untersuchungsergebnisse belegen, dass in den Schächten ein erhebliches Wärmepotenzial vorhanden ist. Gleichzeitig zeigt sich, dass aufgrund der differenzierten Strömungsverhältnisse im Grubengebäude in den einzelnen Schächten sehr unterschiedliche hydrochemische Randbedingungen vorliegen und auch über die einzelnen Sohlanschlüsse innerhalb eines Schachtes Wasser von sehr unterschiedlicher Qualität zutreten können.

Die Festlegung der für eine Erdwärmegewinnung geeigneten Sohlanschlüsse muss daher auf der Grundlage eingehender hydrochemischer Untersuchungen und einer detaillierten Analyse des Grubenbildes erfolgen.

Zur Ermittlung exemplarischer Werte von Wärmeleitfähigkeit, spezifischer Wärmekapazität, Dichte und Porosität der im Modellbereich anstehenden Gesteine wurden an stichprobenartig ausgewähltem Material des Grund- und Deckgebirges gesteinsphysikalische Laboruntersuchungen durchgeführt. Für die Sandsteine ergab sich eine Wärmeleitfähig-



keit von rd.  $3,7 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; für Tonsteine liegen mit rd.  $2,5 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  deutlich geringere Werte vor. Dies zeigt die Bedeutung einer zuverlässigen Ermittlung des geologischen Aufbaus der für eine Erdwärmegewinnung vorgesehenen Gebirgsbereiche (Abb. 6).



Modellbereich	Permeabilität [m <sup>2</sup> ]	Porosität [-]	Spez. Wärmekapazität [MJ m <sup>-3</sup> K <sup>-1</sup> ]	Wärmeleitfähigkeit [W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]
Deckgebirge		0,05	1,8	2,0
Abbauniveau 2	10 <sup>-13</sup>	0,002	1,8	2,4
Abbauniveau 1	10 <sup>-13</sup>	0,002	1,8	3,5
Ungestörter Gebirgsbereich	10 <sup>-15</sup>	0,001	1,8	4,0

Abb. 6: Gebirgsparameter für die Modellberechnungen

### Ergebnisse der Modellrechnungen zur Abschätzung des Energiepotenzials

Für eine erste Abschätzung des verfügbaren Energiepotenzials wurde ein zylindersymmetrisches Modell bearbeitet. Hierfür wurde das numerische Simulationswerkzeug Schemat (1) eingesetzt. Dem zylindersymmetrischen Finite-Differenzen-Modell wurde eine vereinfachte, vierfach geschichtete Modellstruktur unter Berücksichtigung der generellen geologisch-hydrogeologischen und bergbaulichen Verhältnisse zugrunde gelegt. Abb. 6 gibt einen Überblick über die vertikale Modellstruktur und die zugehörigen Modellparameter. Das Modell wurde hinsichtlich der hydraulischen Randbedingungen anhand des zeitlichen Verlaufs des Grubenwasseranstiegs kalibriert.

Mit den oben beschriebenen Modellparametern wurde die zeitliche Entwicklung der Grubenwassertemperatur am Schachtsumpf und die Ausbildung des Absenkungstrichters für eine kontinuierliche Förderung von Grubenwasser zum Zweck der Erdwärmegewinnung für einen geplanten Wohnpark mit 70 Einfamilienhäusern berechnet. Der Jahresheizenergiebedarf wurde unter Berücksichtigung einer Brauchwassererwärmung mit rd. 450 MWh ermittelt; die Spitzenleistung wurde auf rd. 420 kW ausgelegt. Die Modellrechnungen zeigten unter Ansatz der im Eduard-Schacht angetroffenen Temperaturverteilung, dass für die Betriebsdauer von 30 Jahren eine weitgehend konstante Wärmemenge gefördert werden kann und unter Berücksichtigung der getroffenen Modellvereinfachungen eine Versorgung des Modellwohnparks mit Erdwärme für Heizzwecke aus geophysikalischer Sicht sichergestellt ist.

Darüber hinaus wurde das insgesamt in den Grubengebäuden der östlichen Wasserprovinz zur Verfügung stehende Erdwärmepotenzial unter Ansatz einer Abkühlung des geförderten Wassers um  $10^\circ\text{C}$  mittels Wärmepumpe sowie unter Berücksichtigung der derzeitigen natürlichen Wasserzutritte überschlägig mit 4,6 MW abgeschätzt. Aufgrund der guten hydraulischen Verbindungen der zur Verfü-

gung stehenden Schächte untereinander ist dieses Potenzial über einen Schacht gewinnbar oder kann entsprechend den örtlichen Erfordernissen auf mehrere Schächte aufgeteilt werden. Auch eine Erschließung über Bohrungen im Bereich konkreter Bauprojekte ist denkbar. Diese Flexibilität verbessert die Nutzungsmöglichkeiten.

### Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit einer Erdwärmerversorgung des Modellwohnparks aus einem aufgegebenen Tagesschacht wurde eine vergleichende Betrachtung der Kosten für die Errichtung und den Betrieb der Heizung und Brauchwasserversorgung für die geplante Wohnsiedlung unter Berücksichtigung verschiedener Energieträger (Gas, Strom, Fernwärme, Sonnenkollektoren) durchgeführt.

Dabei zeigte sich, dass bei den vorgegebenen Randbedingungen des konkreten Projektes unter Berücksichtigung der Investitionskosten für die Förderanlage, die Re-Infiltrationsanlage, die Wärmepumpentechnik und die Hausanschlüsse die jährlichen Kosten bei einer Versorgung des Wohnparks mit Erdwärme ohne Fördermittel rd. 25 % über den aktuellen Kosten für herkömmliche Energieträger (Gas, Strom) liegen (s. Abb. 7).

Die deutlichen Mehrkosten sind im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass der Energiebedarf des Modellwohnparks (450 MWh/a) nur einen vergleichsweise geringen Anteil der durch die Erdwärmegewinnungsanlage tatsächlich bereitgestellten Energiemenge abdeckt und die Anlage infolgedessen nicht ausgelastet wird.

Die Wirtschaftlichkeit kann dann erreicht werden, wenn energieintensive Großgebäude als Abnehmer bereitstehen, eine Einspeisung in ein Fernwärmenetz möglich ist oder im Laufe der Zeit weitere bestehende Wohneinheiten im näheren Schachtfeld im Rahmen von Heizungsmodernisierungen angeschlossen werden können.

Darüber hinaus lassen sich die Investitionskosten erheblich reduzieren, wenn der Schacht bereits im Rahmen der Sicherungsmaßnahmen für eine Erdwärmegewinnung hergerichtet werden kann. Auch die Bebauungsplanung im Schachtfeld sollte im Hinblick auf die Gebäudetechnik schon in einer frühen Planungsphase auf die Erdwärmenutzung ausgerichtet werden.

Derzeit sind zur Realisierung solcher Projekte in der Regel - wie bei anderen regenerativen Energieträgern (z.B. Wind- und Solarenergie) auch - Fördermittel erforderlich, die den hohen Investitionskostenanteil abfangen.

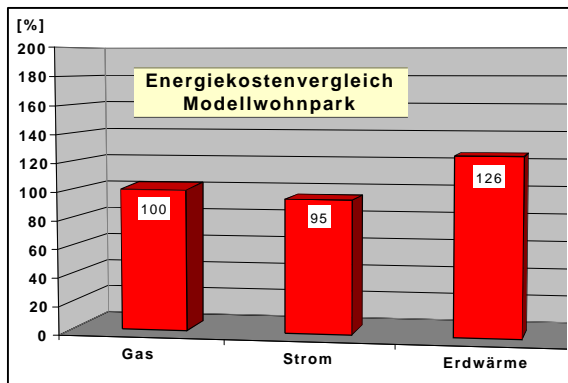


Abb. 7: Kostenvergleich herkömmlicher Energieträger (Gas, Strom) mit Erdwärme aus einem Bergwerk bei der Versorgung eines Modellwohnparks mit 70 Wohneinheiten

Dabei hat die Versorgung mit erneuerbaren Energieträgern schon heute trotz z.T. noch höherer Kosten psychologisch deutliche Vorteile. Betrachtet man die Preisentwicklung auf dem Energiemarkt und die damit verbundene Verunsicherung der Verbraucher, so relativiert sich der aus heutiger Sicht vorgenommene Kostenvergleich.

Die Errichtung von Pilotanlagen an besonders geeigneten Standorten hat Signalcharakter. Es können damit wichtige Keimzellen für eine flächenhafte Erdwärmegewinnung in den Stilllegungsbereichen ehemaliger Bergbauregionen geschaffen werden.

Im Rahmen der Bewältigung des Strukturwandels in den Stilllegungsbereichen können die Umnutzung aufgegebener Tagesschächte und die Gewinnung regenerativer Energien aus Bergwerken, die Jahrzehnte und Jahrhunderte lang das Bild einer Region geprägt haben, wichtige psychologische Faktoren darstellen und technologische Anstöße geben.

## Fazit

Die für das Aachener Steinkohlenrevier erarbeitete Machbarkeitsstudie zeigt, dass in den aufgelassenen ehemaligen Steinkohlenbergwerken ein erhebliches wirtschaftlich nutzbares Erdwärmepotenzial vorliegt. Die Nähe der Gewinnungsschächte zu geplanten Wohn- und Gewerbeflächen ist ein wichtiger Aspekt der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Bei der Realisierung von Einzelprojekten ist jeweils eine Optimierung im Hinblick auf Investitionskosten und Leistung der Anlage vorzunehmen. Insbesondere bei einer frühzeitigen Einrichtung der Schächte für eine spätere Erdwärmegewinnung, möglichst schon im Rahmen der Sicherungsmaßnahmen, besteht ein erhebliches Potenzial zur Reduzierung der Investitionskosten.

Die bisherigen theoretischen Untersuchungsergebnisse sollen kurzfristig im Rahmen eines Pilotprojektes verifiziert werden; die Ergebnisse bilden eine wichtige Grundlage für die Erdwärmennutzung auch in anderen Bergbaugebieten.

## Quellennachweis

- (1) Clauser, C. (Ed.) (2003): Numerical Simulation of Reactive Flow in Hot Aquifers Using SHEMAT/Processing Shemat. Springer Verlag, Heidelberg, Berlin.
- (2) Ingenieurbüro Heitfeld-Schetelig GmbH (14.07./18.12.2003): Erläuterungsbericht zum Antrag auf Erteilung einer Erlaubnis zur Aufsuchung von geothermischer Energie im Bereich des Aachener Steinkohlenreviers - Erlaubnisfeld „Honigmann“, östlich Feldbiß.- unveröffentlichter Bericht im Auftrag der EBV Aktiengesellschaft, Aachen.
- (3) Projektgruppe „Erdwärme in aufgelassenen Bergwerken“ (30.04.2004): Machbarkeitsstudie zur Gewinnung von Erdwärme im Bereich des Aachener Steinkohlenreviers unter besonderer Berücksichtigung einer Erdwärmeversorgung des „Wohnpark Grube Adolf“, Merkstein.- Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der EBV Aktiengesellschaft, Aachen.
- (4) Clauser, C., Heitfeld, M., Rosner, P., Sahl, H. & Schetelig, K. (Juni 2005): Beispiel Aachener Steinkohlenrevier - Nutzung von Erdwärme in aufgelassenen Bergwerken.- in Zeitschrift „Beratende Ingenieure“ des VBI, Heft 06/2005, S. 14-17, 4 Abb.; Berlin.
- (5) Thielemann, T., Cramer, B. & Schippers, A. (2004): Kohleflözgas im Ruhrbecken: fossil oder erneuerbar.- Schriftenreihe der DGG, H. 34, S. 193; Hannover.