

## 4.5 Erfassung von KW-Kontaminationen im Untergrund durch Messungen des Radongehaltes der Bodenluft

H.SCHUBERT

*Geophysik GGD, Bautzner Straße 67, 04347 Leipzig*

K. FREYER, H.-C. TREUTLER, R. DEVANTIER

*UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Sektion Analytik, Permoser Str. 15, 04318 Leipzig*

### **Aufgabe**

In einer ersten Versuchsreihe im Umfeld des Modellstandortes sollte mit Messungen eine den Besonderheiten des Standortes Bitterfeld angepaßte These zu dem Zusammenhang zwischen Radon in der Bodenluft und KW-Kontaminationen des Grundwassers geprüft werden. Auf der Basis dieser Versuchsergebnisse soll entschieden werden, ob das Verfahren einer Bestimmung von KW-Kontaminationen im Boden durch Bestimmung des Radongehaltes der Bodenluft im Rahmen des Projektes SAFIRA oder auf anderem Wege weiter entwickelt werden sollte.

### ***Kennnisstand zum Problem KW-Kontamination und Radongehalt der Bodenluft***

Die im Rahmen der Erkundung von Erdöl-/Erdgas-Lagerstätten durchgeführten Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen radioaktiven Anomalien an der Erdoberfläche und KW-Lagerstätten reichen bis in die Mitte der vierziger Jahre und hatten im Zeitraum zwischen 1960 und 1970 ihren Höhepunkt. Die Historie ist bei ARMSTRONG [1] u.a. umfassend erläutert. Die zur Erdöl-Erdgas-Erkundung in Verbindung mit aerogammaspektrometrischen Untersuchungen am Boden durchgeführten Arbeiten umfaßten neben den klassischen geophysikalischen Methoden und Bohrarbeiten zum Aufschluß von Kohlenwasserstoff-Lagerstätten in der Regel auch Bestimmungen des Radongehaltes der Bodenluft. Dabei wurde durch eine Vielzahl von Beispielen unübersehbar deutlich, daß erhöhte Radon-Konzentrationen in der Bodenluft über den öl- und gashaltigen Antiklinalen auftreten.

Ausgehend von Arbeiten zur Erkundung von KW-Lagerstätten mit Hilfe radio-metrischer Verfahren wurden sehr widersprüchliche Ursachen für den Zusammenhang zwischen Radongehalt der Bodenluft und Kohlenwasserstoffen im Boden diskutiert. Zur Zeit wird aber überwiegend davon ausgegangen, daß die Existenz von Kohlenwasserstoffen die Löslichkeit und damit die Mobilität des im Boden primär enthaltenen Rn-222 deutlich erhöht. Die Kohlenwasserstoffe im Boden wären dabei hinsichtlich ihrer Wirkung mit einem Katalysator für den Diffusionsprozeß des in der Bodenluft enthaltenen Radons vergleichbar [2, 3].

Weitere Erklärungsversuche des „Radon-Phänomens“ konzentrieren sich z.Zt. auf die folgenden Thesen :

1. In Sedimenten gibt es einen signifikanten Zusammenhang zwischen Schwermetallen (z.B. Uran/Radium) und Kohlenwasserstoffen. Uran/Radium wird dabei im Verlaufe von Reduktions-/Oxidationsprozessen ausgefällt und damit die Radonemanation begünstigt.
2. Das sich langsam bewegende Grundwasser transportiert das im Sediment gebildete Radon zur Oberfläche. Falls gasförmige Kohlenwasserstoffe vorhanden sind, nützen sie diese als Transporthilfen. Die wesentlich höhere Löslichkeit des Edelgases Radon in Kohlenwasserstoffen gegenüber der in Wasser führt bei Vorhandensein von Kohlenwasserstoffen zu einer Konzentrationsverminderung des Radons, die durch Zuströmen von Radon aus der KW-freien Umgebung kompensiert wird. Dies könnte zu einer überdurchschnittlichen hohen Konzentration von gelöstem Radon in einer kohlenwasserstoffkontaminierten Umgebung führen.
3. Der erhöhte Dampfdruck über Ansammlungen von Kohlenwasserstoffen im Boden führt auch zu einer höheren Migrationsgeschwindigkeit des Radon. Dadurch gelangt auch Radon aus größeren Tiefen in die Reichweite der Meßgeräte. Ohne diese „Aufstiegshilfe“ auf dem Wege nach oben wäre das Radon zerfallen und hätte somit nie die Oberfläche erreicht.

Wenn davon ausgegangen werden kann, daß der Boden durch Kohlenwasserstoffkontaminationen oberhalb des Grundwasserspiegels verunreinigt ist, dürfte die meßbare Radonkonzentration größer ein „Normalwert“ sein. Falls der oberhalb des GW-Spiegels liegende Raum kontaminationsfrei ist und die Verunreinigungen im Grundwasser von einer entfernten Quelle zugeführt werden, wäre denkbar, daß durch die hohe Löslichkeit des Radons im KW-kontaminierten Grundwasser aus dem oberen Halbraum noch zusätzlich Radon gebunden und folglich eine Verminderung des geogen bedingten Wertes vorgefunden wird. Da der letztgenannte Fall im wesentlichen die Beziehung zwischen Grundwasser und überlagerndes Deckgebirge im Raum Bitterfeld beschreiben dürfte, sollte, im Gegensatz zu dem ursprünglich für dieses Beispiel entwickelten Interpretationsmodell, im Umfeld der KW-belasteten Bohrungen (Meßpunkte 6-9) mit einer Radonverminderung gerechnet werden. Da im Gelände der Chemie AG (Meßpunkt 8) aber sowohl das Grundwasser, als auch die Sedimente oberhalb des GW-Spiegels KW-kontaminiert sind, wäre denkbar, daß der erwartete Effekt teilweise durch Kohlenwasserstoffverunreinigungen mit daran gebundenen Radonkonzentrationen im Deckgebirge kompensiert wird. Daraus könnte folgen, daß das absolute Radon-Minimum entlang des Profils nicht mit der Lage des AOX-Maximums identisch ist.

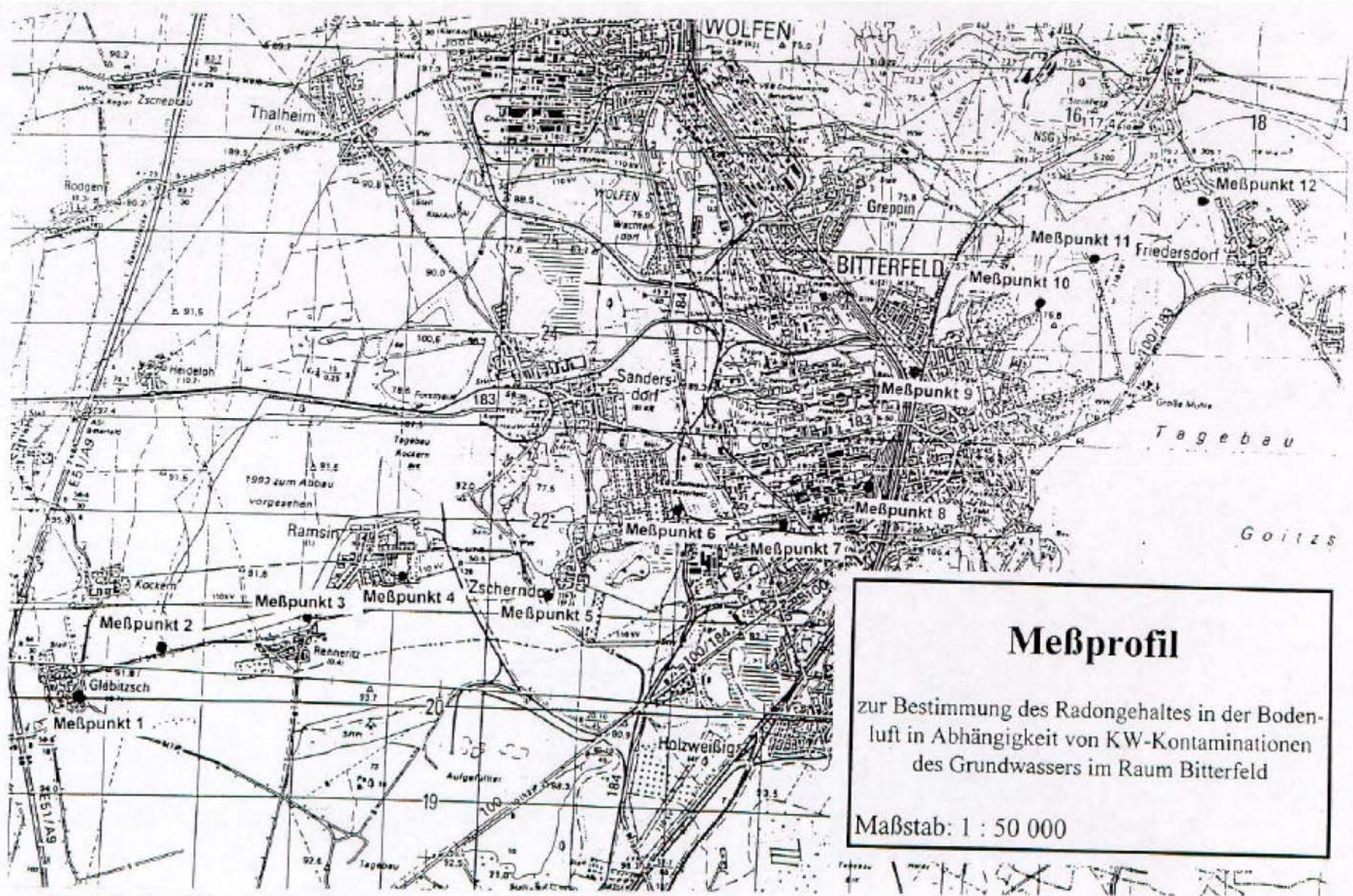


Abb. 1: Meßprofil im Untersuchungsgebiet

### Meßmethodik

Die Messungen wurden entlang des in Abb. 1 dargestellten Profils an insgesamt 12 Punkten je zwei Mal mit einem AlphaGUARD PQ 2000 der Firma GENITRON Instruments durchgeführt.

Tabelle 1: Druck- und Temperaturverlauf während der Meßreihen am 04.09. und am 19.09.97

Datum:	04.09.97		19.09.97	
Pkt.Nummer	Luftdruck in mbar	Temperatur in °C	Luftdruck in mbar	Temperatur in °C
1	1010	21.1	1013	17.2
2	1010	20.9	1013	16.0
3	1010	22.3	1014	15.0
4	1010	23.5	1015	13.9
5	1010	23.9	1016	14.1
6	1010	24.3	1016	15.6
7	1011	24.5	1016	16.4
8	1011	26.5	1017	18.5
9	1011	26.4	1017	21.0
10	1011	27.3	1017	24.7
11	1011	28.6	1015	24.2
12	1011	27.8	1015	26.5

Der AlphaGUARD nutzt das Prinzip der Impulsionskammer (Alpha-spektroskopie) und zeichnet sich durch eine hohe Effektivität für Radon, ein schnelles Ansprechvermögen auf Konzentrationsgradienten und einen wartungsfreien Dauerbetrieb aus. Zusammen mit einer Bodenluftsonde und AlphaPUMP, einer elektronisch gesteuerten Kleinpumpe zur Entnahme von Bodenluftproben, repräsentiert der AlphaGUARD ein leistungsfähiges Meßgerät zur Bestimmung des Radongehaltes der Bodenluft. Die Entnahme der Bodenluft erfolgte mit einer Pumpleistung von 1 l/min aus ca. 70 cm Tiefe. Die Luft wurde an jedem Meßpunkt entweder in drei Meßzyklen á 10 min Dauer (Punkte 1-3) oder über etwa 15 min Dauer mit Meßzyklen von 1 min (Meßpunkte 4-12) analysiert und die in  $\text{kBq/m}^3$  Bodenluft erhaltenen Ergebnisse zusammen mit dem atmosphärischen Druck und der Temperatur der Außenluft gespeichert. Die in Tabelle 2 zusammengestellten Meßwerte repräsentieren dabei das arithmetische Mittel der 13...15 Einzelmessungen von je 1 min Dauer. Der Temperatur- und Druckverlauf während der beiden Meßtage ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Informationen über den Verlauf des Luftdruckes und der Außentemperatur während der Messungen sollen sichern, daß die Ergebnisse nicht durch z.B. unberücksichtigte starke Druckschwankungen verfälscht werden. Die Konstanz des atmosphärischen Druckes während der Messungen beider Tage läßt erwarten, daß den Ergebnissen keine Ursachen dieser Art überlagert sind.

In der Zeit zwischen der ersten und zweiten Messung wurden in unmittelbarer Nähe der Meßpunkte 2 und 4 bis 11 Diffusionskammern des Typs ALTRAC B in Bodenmeßstellen exponiert. Sie waren, von der Außenluft hermetisch abgeschirmt, in ca. 70 cm Tiefe positioniert. Die nach Auswertung der Festkörperspurdetektoren erhaltenen Radonkonzentrationen sind Mittelwerte über den Zeitraum vom 4. bis 19.9.1997. Sie sichern, daß die mit dem AlphaGUARD ermittelten Kurzzeitwerte nicht durch zufällige kurzzeitige Abweichungen verfälscht sind.

### **Ergebnisse**

Die Ergebnisse der am 04.09. und 19.09. durchgeführten Kurzzeitmessungen des Radon-Gehaltes der Bodenluft in  $\text{kBq/m}^3$  sind zusammen mit den Koordinaten der Meßpunkte und den Ergebnissen der über zwei Wochen im Boden verbliebenen ALTRAC-Dosimeter in der folgenden Tabelle und in Abb. 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Radongehalt der Bodenluft in  $\text{kBq/m}^3$  entlang eines ca. 14 km langen, die Stadt Bitterfeld SW-NE querenden Profils

Datum der Messung:			04.09.97	19.09.97	04.-19.09.97
Pkt.Nummer	Rechtswert	Hochwert	1.Messung AlphaGuard	2.Messung AlphaGuard	ALTRAC Dosimeter
1	45 13525	57 17925	30.6	22.2	-
2	45 14350	57 18525	42.2	36.5	9
3	45 16100	57 19025	15.5	19.6	-
4	45 16960	57 19350	21.6	16.2	9.2
5	45 18450	57 19320	39.9	50.5	10.7
6	45 19725	57 20325	19.2	32.3	9.9
7	45 20750	57 20180	3.5	1.9	3.5
8	45 21700	57 20580	8.7	8.1	8.2
9	45 22125	57 21950	24.9	16.1	6.4
10	45 23375	57 22825	27.6	27.4	7.0
11	45 23940	57 23310	52.9	55.5	17.6
12	45 25150	57 24100	31.3	20.9	-

Unter Berücksichtigung des statistischen Charakters einer fünfzehn Minuten dauernden Bestimmung der Radonkonzentration der Bodenluft ist zunächst festzustellen, daß die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse nach einer Zeitspanne von zwei Wochen an den mit etwa  $\pm 2$  m Genauigkeit aufgefundenen Meßpunkten bemerkenswert gut ist. Mit einer Differenz zwischen der Erst- und Zweitmessung von etwa 20 % des jeweils größeren Wertes ist das Ergebnis für radiometrische Feldmessungen sehr stabil.

Mit Bezug auf das Ziel der Messungen wird durch beide Meßreihen die dem Versuch vorangestellte Vermutung bestätigt, daß maximale AOX-Konzentrationen im Grundwasser ein Minimum der Radonkonzentration in der Bodenluft zur Folge haben.

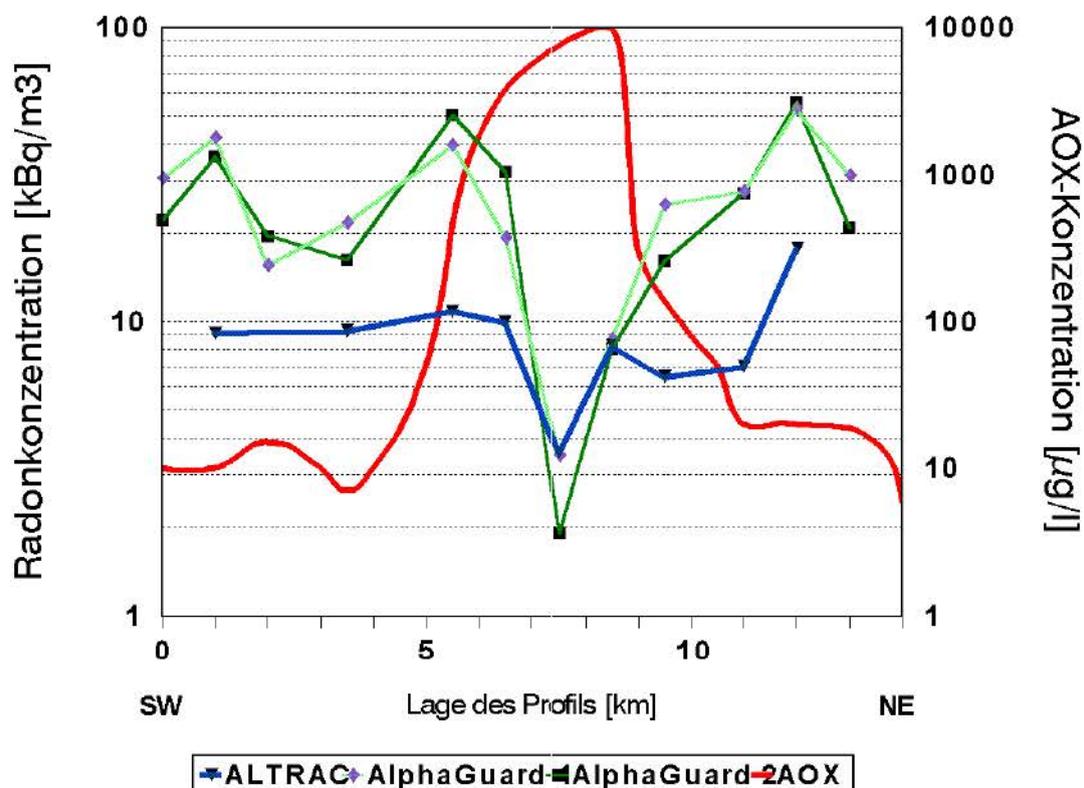


Abb. 2: Möglicher Zusammenhang zwischen Radongehalt der Bodenluft und AOX-Kontamination des Grundwassers entlang eines Profils im Gebiet Bitterfeld

Obwohl die Meßpunktabstände mit ca. 1 km noch recht groß sind, ist der vermutete Zusammenhang zwischen Radonkonzentration in der Bodenluft und AOX-Gehalte im Grundwasser in Abb. 2 doch deutlich zu erkennen. Auffällig ist dabei auch, daß das mit den Punkten 6-9 markierte Radonminimum auf beiden Seiten von besonders hohen Radonkonzentrationen ( $>50$  kBq/m<sup>3</sup> in den Punkten 5 bzw. 11) begrenzt wird.

Die mittels Dosimeter gewonnenen Ergebnisse sind wie bei den ersten Messungen im Stadtgebiet von Bitterfeld wiederum durch kleinere Werte als die Kurzzeitmessungen

gekennzeichnet. Aber auch bei dieser Meßreihe wurden an den Meßpunkten 7, 8 und 9 die geringsten Radonkonzentrationen in der Bodenluft registriert.

### **Zusammenfassung und Schlußfolgerungen**

Mit einer Reihe von Kurz- und Langzeitmessungen zur Bestimmung des Radongehaltes der Bodenluft entlang eines ca. 14 km langen Profils wurde an insgesamt 12 Meßpunkten geprüft, ob im Umfeld des SAFIRA-Standortes ein Zusammenhang zwischen AOX-Kontamination des Grundwassers und Radonkonzentration in der Bodenluft gefunden und darauf ein umfänglicheres Meßprogramm aufgebaut werden kann.

Nach Berücksichtigung der in Bitterfeld geltenden Besonderheit, daß weniger der Boden, sondern vor allem das Grundwasser Träger der KW-Kontamination ist und daher ein Radondefizit in der Bodenluft in Folge der hohen Löslichkeit des Radons in Kohlenwasserstoffen als Abbild einer AOX-Belastung des Grundwassers zu erwarten ist, können die Ergebnisse des Versuches positiv, d.h. den Erwartungen entsprechend bewertet werden.

Es wird daher empfohlen, neben weiterführenden methodischen Untersuchungen, wie z.B. zur Optimierung der Meßzeit bei Kurzzeitmessungen, zur Kombination von Kurzzeitmessung und zeitintegrierender Messung sowie zum Einfluß meteorologischer, bodenphysikalischer und geologischer Daten, das Gebiet der erhöhten AOX-Konzentrationen im Grundwasser mit flächendeckende Messungen des Radongehaltes der Bodenluft zu untersuchen. Es wäre auch zweckmäßig, an möglichst allen Meßpunkten die KW-Konzentration in der Bodenluft bzw. an ausgewählten Bodenproben zu bestimmen.

Als Ergebnis läge eine durch KW-Bestimmungen gestützte Karte des Radongehaltes der Bodenluft vor, die das kontaminierte Gebiet im Bereich Bitterfeld überdeckt und zusammen mit den hydrochemischen Parametern eine gute Grundlage für die geplanten Sanierungsarbeiten darstellen würde.

### **Literatur**

- [1] ARMSTRONG, F. (1973): Radiation halos and hydrocarbon reservoirs: A review U.S. Bureau of Mines Information Circular 8597
- [2] MORSE, R.H. (1982): Radon mapping as indicators of subsurface oil and gas, Oil & Gas Journal pp. 227-246
- [3] PREUSSER, R. (1993): Erkundung von KW-Kontaminationen mittels Radon-Prospektion, Unveröff. Gutachten Arnt. Umweltsch. Dresden

# **Sanierungsforschung in regional kontaminierten Aquiferen (SAFIRA)**

Bericht zur Machbarkeitsstudie für den Modellstandort Bitterfeld

Holger Weiß<sup>1)</sup>, Georg Teutsch<sup>2)</sup>, Birgit Daus<sup>1)</sup> (Hrsg.)

1) UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH  
PB Industrie- und Bergbaufolgelandschaften  
Permoserstraße 15, 04318 Leipzig

2) Eberhard-Karls-Universität  
Geologisches Institut  
Sigwartstraße 10, 72076 Tübingen