

Freitag 16. Oktober 2015

09:00-09:30

Aeroradiometrie mit einer Drohne zur Suche nach Urananreicherungen

Heinz Surbeck¹, Simon Werthmüller², Ricardo Perret³

Nucfilm GmbH, Cordast, Schweiz,² Geologische Beratungen SCHENKER KORNER RICHTER AG, Luzern, Schweiz,³

Birdviewpicture, Bülach, Schweiz

Abstract

High uranium concentrations, up to 400 micro-g/liter have been found in groundwater samples from the Swiss Plateau. To look for the origin of this contamination, we have used a 2" x 2" NaI(Tl) detector as a payload on a octocopter. A one day scan covering some 100'000 m² clearly showed doseerate hotspots. A detailed ground search with the same detector showed where to take soil samples. A uranium rich horizon with up to 200 ppm U at a depth of about 50 cm has been found. A clay layer just below once formed the bottom of a bog. The then anoxic conditions have led to a uranium accumulation. Since the bog has been drained and used for agriculture, redox conditions have changed and the uranium has become mobile. The hydraulic connection between the uranium rich layer and the groundwater has been formed by the trenches made to drain the bog.

Einleitung

Dank der Neugier der Mitarbeiter eines kantonalen Gewässerschutzamtes wurde bei Routineanalysen einiger Oberflächengewässer im Schweizer Mittelland nicht nur nach den üblichen Kontaminanten, sondern auch nach Uran gesucht. In einem Bach und später auch in Proben aus den in diesen Bach mündenden Drainageleitungen wurden ungewöhnlich hohe Urankonzentrationen (bis 400 µg/l) gemessen. Im Rahmen einer Diplomarbeit (Schmidt 2013) konnten diese Resultat bestätigt werden und das betroffene Gebiet auf einige 10 Hektaren eingegrenzt werden (Fig. 1).

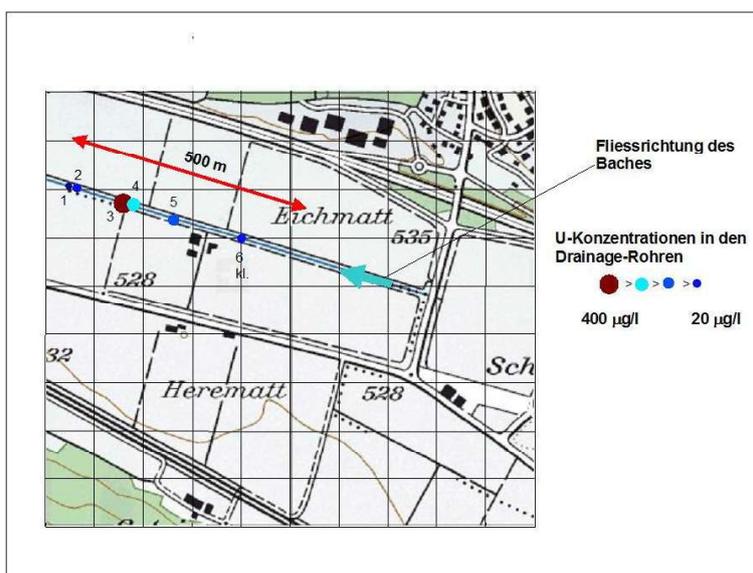


Fig. 1 : Urankonzentrationen in Wasserproben aus den Drainagezuflüssen, Daten aus Schmidt 2013.

Die Herkunft blieb aber nach wie vor unklar. Für eine anthropogene Herkunft, z.B. aus Rückständen der Phosphordünger-Produktion sprach die Nähe zu bekannten, aber kaum untersuchten Deponien. Nach Uran hatte nie jemand in diesen Deponien gesucht. Da das betroffene Gebiet sehr wahrscheinlich Geschiebe aus der Grenzschicht zwischen Unterer Süsswassermolasse (USM) und Oberer Meeresmolasse (OSM) enthält kam auch eine natürliche Ursache in Frage. In der Schweiz ist diese Grenzschicht für uranhaltige bonebeds bekannt (Schott und Wiegand 2003).

Zur Suche nach hot-spots wurde zuerst am Boden ein Gamma-Dosisleistungs-Messgerät eingesetzt (Automess AD6 mit externer Sonde 6150AD). Ohne Erfolg, da eine flächendeckende Messung wegen der landwirtschaftlichen Nutzung unmöglich war. Wir haben dann entschieden, die Suche aus der Luft zu versuchen. Wir starteten mit einer Anfrage bei der Schweizer Nationalen Alarmzentrale, die über ein leistungsfähiges Aeroradiometrie-System verfügt, einem an einem Super-Puma der Armee montierten sehr grossen NaI-Detektor. Der Helikopter hätte für uns allerdings in Bodennähe und nicht wie üblich in 100 m Höhe fliegen müssen um die nötige Empfindlichkeit und Ortsauflösung zu erreichen. Diese Vorgabe und terminliche Probleme waren das Aus für unsere Anfrage. Wir konnten dann aber einen erfahrenen kommerziellen Drohnenpiloten dafür gewinnen, einen unserer Gamma-Detektoren als Nutzlast eines Oktokopters zu fliegen.

Instrumentierung

Die eingesetzte Drohne (Fig. 2) kann eine Nutzlast von max. 6 kg tragen. Wir mussten aber das Gewicht wesentlich darunter halten um mit einem Satz Batterien mindestens einige Minuten fliegen zu können. Um Gewicht zu sparen wurde anstelle des Automess-Detektors ein „Gate Frisker“ von Ludlum eingesetzt. Dieser 2“x2“ NaI(Tl) Detektor brachte schließlich zusammen mit der dafür an Bord nötigen Elektronik und der Li-Batterie noch 3 kg auf die Waage. Die Zusatzelektronik besteht aus einem Diskriminator (ca.50 keV - 2000 keV), 2 Microprozessoren (Arduino mit Real Time Clock) für Zähler und Ansteuerung der Funk-Datenübertragung (1 Datensatz Zeit und Impulse / s, 433 MHz, TRX433, Schmiediger) und Speicherung der Daten an Bord auf einer Micro-SDcard. Der Detektor liefert ca. 1 Impuls/s pro nSv/h. Für die Funk-Datenübertragung wurde das 433 Mhz Band gewählt, um die im GHz Bereich operierende Ansteuerung und Videoübertragung der Drohne nicht zu stören. Am Boden wurden die empfangenen Daten doppelt gespeichert, auf einer SD-card und in einem PC, mit dem die Daten auch gleich an Ort und Stelle ausgewertet werden konnten (Fig.3).



Fig. 2 : Drohne mit Nutzlast.



Fig. 3 : Bodenstation.

Messungen

Am 19. November 2014 wurden ca. 10 ha vermessen. Flughöhe : (2 +/- 1) m, Fluggeschwindigkeit : 1 bis 2 m/s, Abstand der Fluglinien : 10 m. Zwei Zielgebiete nördlich und südlich des Bachs wurden aufgrund der erhöhten Uran-Konzentrationen in den Drainageleitungen festgelegt (Fig. 4).

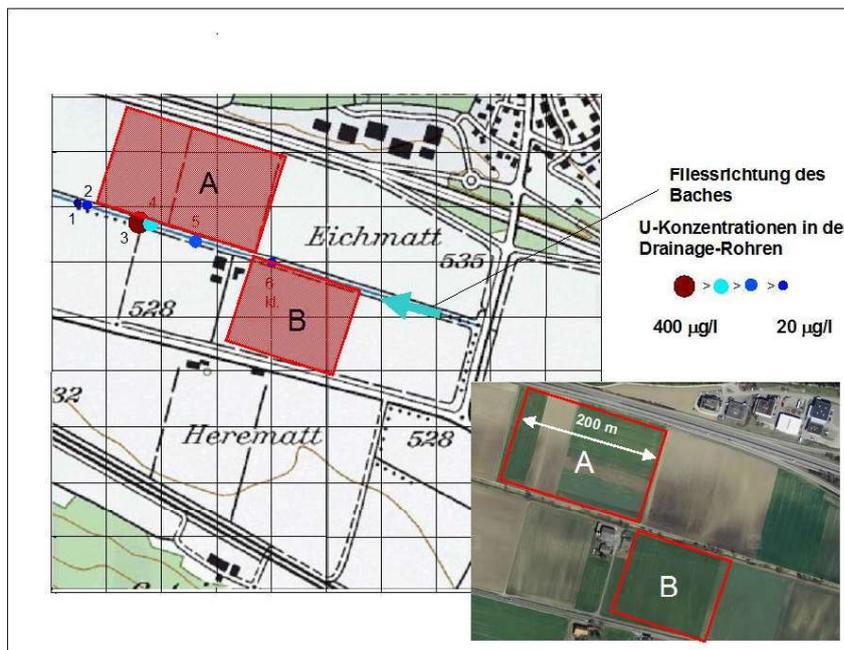


Fig. 4 : Zielgebiete.

Von Hand wurde die aktuelle Fluglinie-Nummer mit der entsprechenden Anfangs- und Endzeit protokolliert. Zusätzlich wurde die räumliche Lage der Drohne mittels GPS erfasst. Das Resultat der Messungen ist in Figur 5 zu sehen. Da ein Teil des Zielgebietes bereits abgeerntet war, konnte dieser Teil mit dem gleichen Detektor noch zu Fuss detailliert kartiert werden, mit einer Ortsauflösung von etwa 2 m (Fig. 6). Aufgrund der Aeroradiometrie-Daten und der Messungen zu Fuss konnten geeignete Orte für Sondierungen festgelegt werden.

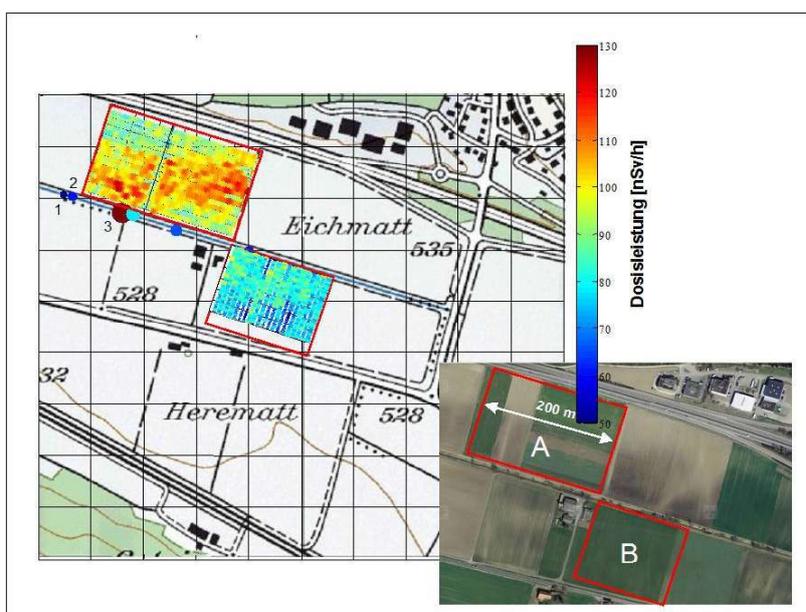


Fig. 5 : Resultate der Messflüge.

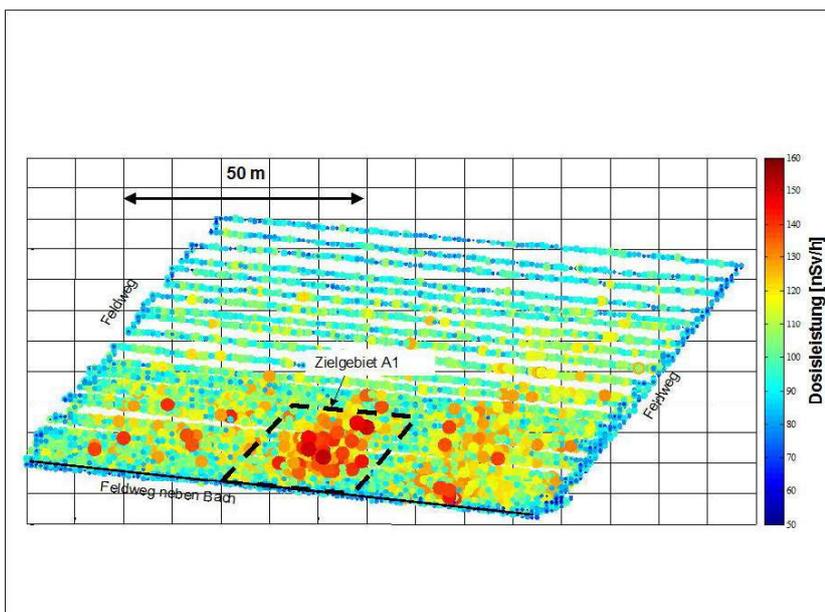


Fig. 6 : Resultate der Messungen am Boden, westlicher Teil von Gebiet A.

Die Bodenproben (Fig. 7) zeigten, dass es sich um eine für das Schweizer Mittelland aussergewöhnlich hohe Urananreicherung in einem ehemaligen Moor handelt (bis 200 mg/kg). Die aktive Schicht liegt in etwa 50 cm Tiefe, direkt über einer undurchlässigen Tonschicht.

Im Ablagerungsbereich herrschten während der Sedimentation reduzierende Bedingungen. Durch die Trockenlegung des Moors und die landwirtschaftliche Nutzung änderten sich die Redox-Verhältnisse. Unter nun sauerstoffreichen Bedingungen wurde das Uran wieder mobil. Die hydraulische Verbindung zwischen den Uranablagerungen und dem Grundwasser wurde durch die Gräben für die Drainageleitungen geschaffen.

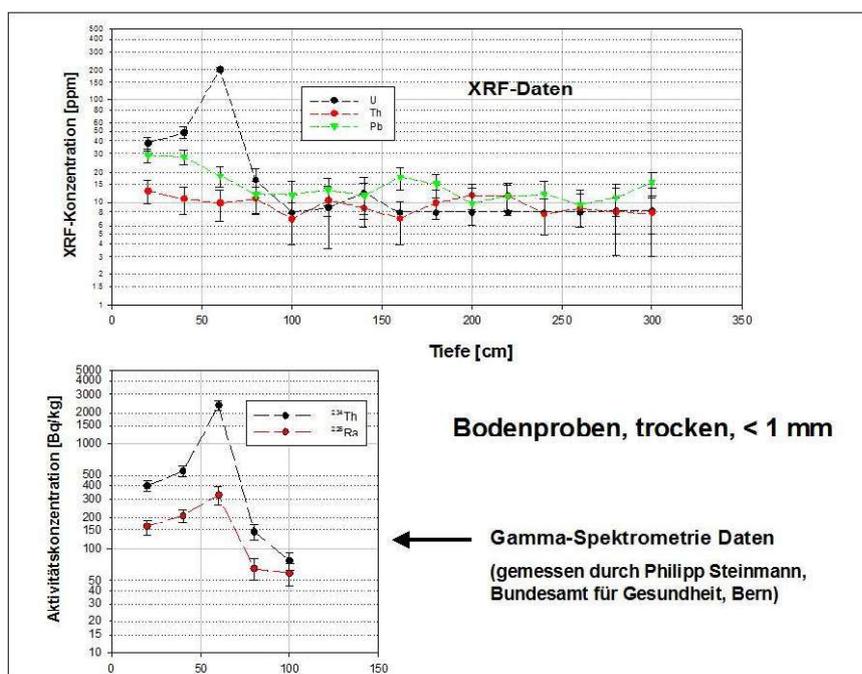


Fig. 7 : Resultate der Analysen eines Bohrkerns aus dem Gebiet A1.

Alter der Urananreicherung

Die Aktivität des ^{226}Ra in Figur 7 liegt bei etwa 14 % der ^{238}U Aktivität. - Gemessen wurde das ^{234}Th , das mit einer Halbwertszeit von 24 Tagen im Gleichgewicht mit dem nicht gammaspektrometrisch bestimmbaren ^{238}U ist -. Aus diesem Verhältnis würde aufgrund des Aufbaus über das ^{230}Th ($T_{1/2} = 75'000$ Jahre) ein Alter der Uranablagerung von 10'000 bis 15'000 Jahren folgen. Das ist sicher zu viel, da sich die Gletscher in diesem Gebiet erst vor etwa 12'000 Jahren zurück gezogen haben. Die ursprüngliche ^{238}U Aktivität war aber früher wesentlich höher. Seit das Gelände entwässert wird, fließen erhebliche Mengen von Uran ab. Aktuell wird mit dem Sickerwasser pro Jahr etwa 0.3 % des Uraninventars in den Bach abgeleitet. Unter den seit der Entwässerung oxidierenden Bedingungen ist Uran mobil, das Radium aber nicht. Das haben auch die Analysen des Grundwassers gezeigt.

Wenn die seit der Entwässerung bereits ausgelaugte Menge an Uran berücksichtigt wird, ergibt sich ein mittleres Alter von etwa 7'000 Jahren.

Ausblick

Vergleichbare Urananreicherungen sind sicher auch in anderen Moorgebieten vorhanden. Es würde sich lohnen, danach zu suchen.

Literatur

Franziska Schmidt (2013), Schwermetalle im Lyssbach – Herkunft und Bedeutung, BSc thesis, Dept. Earth Sciences, ETH-Zurich, 2013

Bernd Schott & Jens Wiegand (2003), Processes of radionuclide enrichment in sediments and ground waters of Mont Vully (Canton Fribourg, Switzerland), *Eclogae geol.Helv.* 96 (2003) 99-107
(<http://retro.seals.ch/digbib/view?pid=egh-001:2003:96::732>)