

Bewertung von Messungen mit Kernspurdosimetern an Düngemitteln hinsichtlich der Verunreinigung mit Uran

Bernd Laquai, 1.6.2013

Wenn Düngemittel mit Uran verunreinigt sind, kann man die Radon-Aktivitätsentwicklung als Nachweismethode für den Urangehalt verwenden. Der große Vorteil ist, dass der Radonnachweis mit Kernspurdosimetern ein standardisiertes Verfahren ist, welches auch vom Bundesamt für Strahlenschutz im Falle von Wohnraumuntersuchungen empfohlen wird (siehe www.bfs.de, Stichwort Radon). Man kann sich also bei der Radon-Aktivitäts-Auswertung auf ein unabhängiges, erfahrenes Labor verlassen, welches die Messdose mit der Auswertung für unter 20Euro anbietet. Für eine Messung gibt man die Messdose für 7 Tage in ein luftdicht verschließbares Konservenglas mit etwa 500ml Inhalt, welches zur Hälfte mit Düngemittelgranulat gefüllt ist.



Abb. 1: Messgefäß mit Düngemittelgranulat und Radondetektor (Kernspurdosimeter)

Im Gegensatz zu den sehr ungenauen Messdosen für ein Kurzzeit-Radon-Screening auf Basis von Aktivkohle, sind Kernspurdosimeter genauer und eher für längere Expositionszeiträume gedacht. Da aber bei mit Uran verunreinigten Düngemitteln in einem kleinen Messgefäß sehr hohe Radon-Konzentrationen zu erwarten sind, ist im jedem Fall eine Messung mit einem Kernspurdosimeter über höchstens 14 Tage, besser jedoch 7 Tage zu empfehlen, da sonst die Kernspurfolie mit einer zu hohen Defektdichte „überbelichtet“ wird.

Bei Expositionsdauern von 7 Tagen sind im Falle von stark verunreinigten Düngemitteln Werte über 50000Bq/m^3 und bei weniger stark verunreinigten Düngemitteln unter 5000Bq/m^3 Radon-Aktivitätskonzentration zu erwarten. Organische bzw. Recycling-Düngemittel, die so gut wie uranfrei sind, zeigen Werte unter der Nachweisgrenze

(<20Bq/m³). Zum Vergleich: für Wohnräume empfiehlt das Bundesamt für Strahlenschutz und die EU, dass Werte unter 200Bq/m³ eingehalten werden um ein gesundheitliches Risiko auszuschließen.

Schickt man nach der Expositionszeit das Kernspurdosimeter an das Labor ein, erhält man nach ein bis zwei Wochen einen Bescheid über das Messergebnis in etwa der folgenden Form:

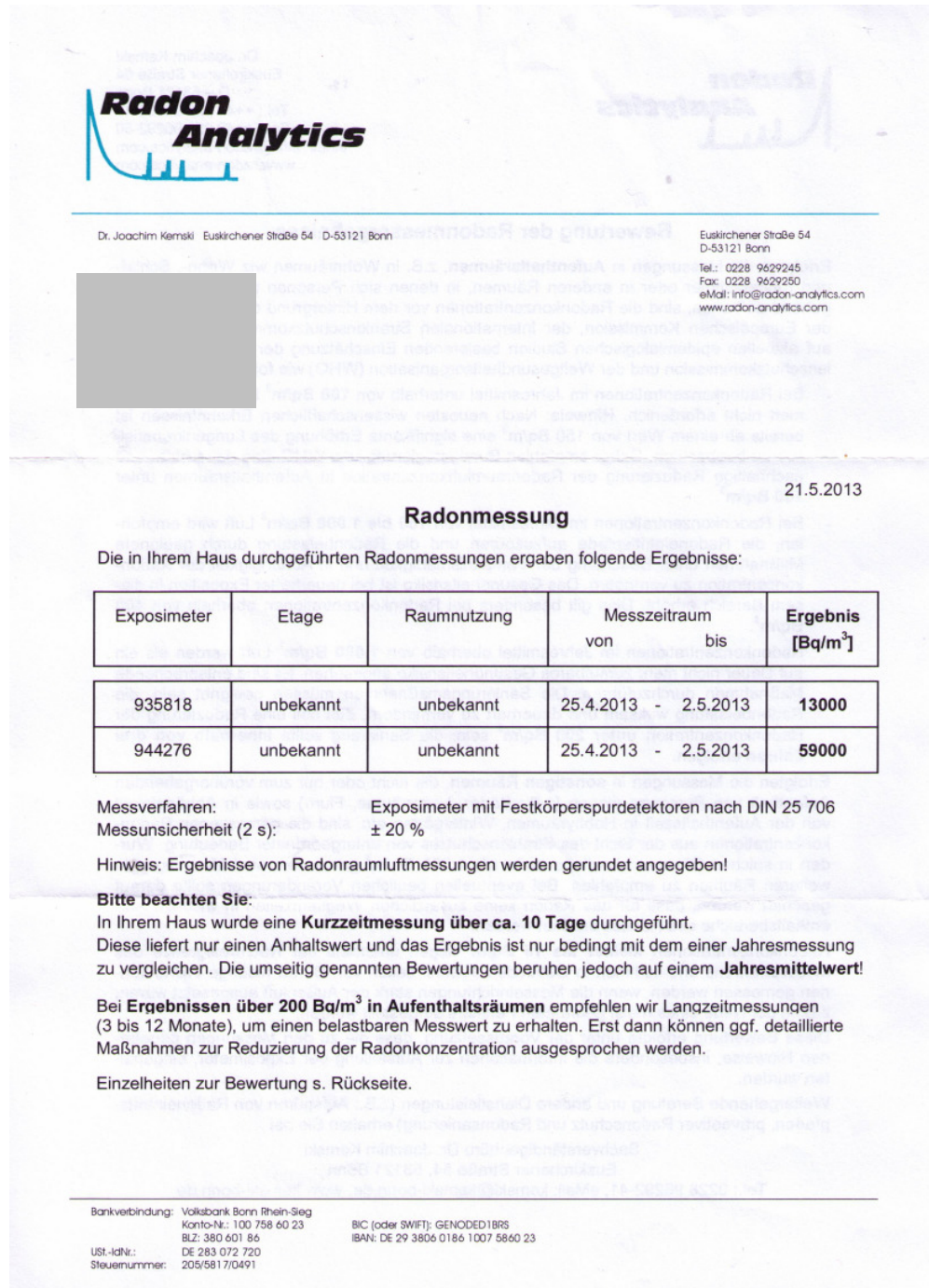


Abb. 2: Bescheid des Labors über das Messergebnis

Es empfiehlt sich allerdings das Labor darauf hinzuweisen, dass es sich nicht um eine Wohnraummessung handelt, da sonst falsche Verdachtsmomente entstehen könnten. Um nun das Ergebnis einigermaßen richtig zu beurteilen muss man sich vor Augen halten was bei

der Messung in dem Messgefäß genau geschieht und worin der Unterschied zu Messungen Wohnräumen besteht.

Bei der Herstellung der Düngemittel wird in aller Regel das radioaktive Gleichgewicht innerhalb der Zerfallskette des Uran gestört. Meist wird ein Großteil des natürlich in der Zerfallskette gebildeten Radiums im Rohphosphat in den als Abfallprodukt entstehenden Phosphorgips abgeschieden. Daher ist die spezifische Uranaktivität normalerweise deutlich höher, als die des Radon, da das Radon durch Zerfall aus Radium entsteht und das Radium mit einer langen Halbwertszeit von 1600 Jahren nicht so schnell nach der Düngemittelherstellung mit dem Uran wieder im Gleichgewicht ist. Man kann aber, solange nichts besseres bekannt ist, davon ausgehen, dass die spez. Uranaktivität nie geringer ist, als die des Radons. D.h. wenn Radon gebildet wird, dann kann auch sicher von einer Verunreinigung ausgegangen werden.

Es muss zudem beachtet werden, dass wenn Radon aus Radium durch Zerfall entsteht, dann baut sich die Radon-Aktivitätskonzentration erst langsam mit der Halbwertszeit des Radon von 3.8 Tagen im Messgefäß auf. In einem Wohnraum dagegen, der auf uranhaltigem Gestein errichtet ist, kann man davon ausgehen, dass bei geringem Luftwechsel die Aktivitätskonzentration im Mittel annähernd konstant ist. Davon geht das Labor aus, wenn es die Defektdichte in der Kernspurfolie auszählt und auf den Expositionszeitraum als Mittelwert verteilt. Das bedeutet, dass das Messergebnis hier kumulativ gesehen werden muss, d.h. es muss mit der Messdauer multipliziert werden. Dann muss eine Radon-Endkonzentration A_0 gesucht werden, die bei negativ exponentiellem Aktivitätsanstieg des Radon die gleiche Fläche unter der Kurve erzeugt.

Nimmt man für den Anstieg der Aktivitätskonzentration an:

$$A(t) = A_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

dann gilt für die Fläche unter der Kurve:

$$F(t) = A_0 \cdot \left(t + \tau e^{-\frac{t}{\tau}} - \tau \right)$$

Wird über eine Expositionszeit T der konstant angenommene Messwert M als Mittelwert erreicht, dann muss für die kumulativen Werte gelten:

$$F(T) = M \cdot T$$

Oder:

$$A_0 = \frac{M \cdot T}{T + \tau e^{-\frac{T}{\tau}} - \tau}$$

Hierin ist τ die Zerfallskonstante des Radon. Setzt man die Zerfallskonstante für Radon und eine Zeit $T=7$ Tage ein, ergibt sich:

$$A_0 = M \cdot 2.3$$

Das heißt der Endwert der Aktivitätskonzentration ist das 2.3-fache des Labor-Ergebnisses nach 7 Tagen.

Diesen Sachverhalt zeigt Abb. 3, in der in Blau der Anstieg der Radon-Aktivitätskonzentration berechnet ist, welche den selben kumulativen Messwert von 135550 Bq/m^3 (!!!) erzeugt, wie die vom Labor unterstellte mittlere Aktivitätskonzentration von 59000 Bq/m^3 (rote Kurve) im Falle eines hier stark mit Uran verunreinigten Superphosphat 18% des Herstellers ICL Fertilizers.

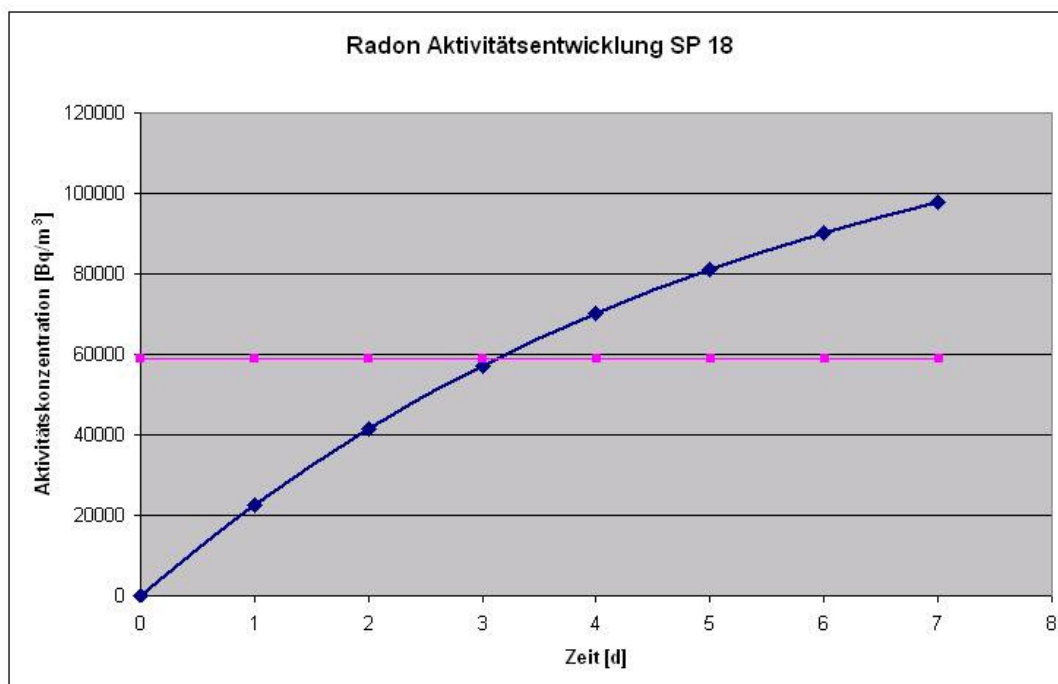


Abb. 3: Theoretischer Anstieg der Radon Aktivitätskonzentration im Vergleich zur konstant angenommenen Aktivitätskonzentration beim Laborergebnis

Zusammenfassend kann man sagen, dass eine Messung mit einem Kernspurdosimeter als Radondetektor eine sehr empfindliche Nachweismethode für eine Uranverunreinigung des Düngemittels darstellt. Ein hoher Endwert A_0 für die Radon-Aktivitätskonzentration zeigt sehr eindeutig und unmissverständlich auch eine hohe Verunreinigung mit Uran an.

Allerdings ist es umgekehrt unter Umständen möglich, dass ein Düngemittel, welches einen geringen Endwert A_0 für die Radon-Aktivitätskonzentration zeigt, eventuell mehr Uran enthalten kann als ein vergleichbares anderes Düngemittel. Dies ist dann der Fall, wenn das Radium als Zwischenzerfallsprodukt bei einem speziellen Herstellungsprozess in stärkerem Umfang entfernt wurde bzw. noch nicht in vergleichbarer Menge nachgebildet wurde als beim Vergleichsprodukt. Daher gibt die Messung mit dem Kernspurdosimeter nur einen ungefähren Anhaltspunkt und kann eine genaue quantitative Bestimmung des Urangehalts mit aufwändigeren Mitteln nicht völlig ersetzen.