

# Strahlentelex

Unabhängiges Informationsblatt zu Radioaktivität, Strahlung, Radon-Belastungen sowie aktuellen Umweltproblemen

ISSN 2749-8417 (print)  
2748-873X (online)

[www.kirchengemeinde-ronneburg.de](http://www.kirchengemeinde-ronneburg.de)



Ausgabe 01/2024  
Preis: 2,90 €  
Nr. 11  
15.03.2024

GAU-Folgen  
Seite 3-8  
**Cäsiumbe-  
lastung in  
deutschen  
Wäldern**

Radonvorsorge S. 9  
**Radonvorsorgegebiete  
im bundesdeutschen  
Vergleich**  
S. 11 - 15  
**Effektivere Messung  
von Radonbodenluft**

Uranaltlasten in  
Thüringen S. 16  
**Strategien und  
Klageverfahren**  
  
Endlagersuche S. 19  
**Endlagersuche**

Uran in der  
Umwelt S. 20  
**Strahlen-  
der Phos-  
phordün-  
ger?**

Beilage regional:

**Sanierung Uranaltlast  
Halde Gauern sinnvoll?**

Beilage international:

**KKW Fukushima und  
KKW in der Ukraine**

auf Seite 23/24

## Wie lange noch strahlendes Wild im Wald?



In addition to some mushroom species, the wild boar is the only biomedium in Germany that can still show significantly increased caesium activity due to the Chernobyl fallout. The regionally different Cs-137 activity of some areas is responsible for this. The latest research results from the Vienna University of Technology point to a much broader basis in German forests, which are not limited to the meltdown of the Chernobyl nuclear power plant in 1986. In order not to discredit the necessary hunting of the far too abundant wild boar populations, the interpretation of the study results should be precise: an attempt from page 3.

Das Wildschwein ist neben einigen Pilzarten das einzige Biomedium in Deutschland, das durch den Tschernobyl Fallout immer noch deutlich erhöhte Cäsiums-Aktivitäten aufweisen kann. Dafür zeichnet sich die regional unterschiedlich deponierte Cs-137-Aktivität bestimmter Gebiete vor allem in Bayern, aber auch in Meck-Pom., Brandenburg u.a. verantwortlich. Neuste Forschungsergebnisse gehen von einer deutlich breiteren Basis in deutschen Wäldern aus, die nicht auf den GAU des AKW Tschernobyl von 1986 begrenzt ist und Ursache für das anhaltende spezielle Wildschweinproblem sein soll. Um nicht die notwendige Bejagung der viel zu üppigen Wildschweinpopulationen zu diskreditieren, sollte die Interpretation der Studienergebnisse präzise erfolgen: Die fundierte Bewertung ab Seite 3.

# informativ

## Neue Publikation zur Strahlenexposition für Beschäftigte im Uranbergbau

Am 29.10.23 erschien eine neue Publikation [1], die sich mit der Erfassung der Strahlenbelastung im DDR-Uranbergbau realistisch auseinandersetzt. Der Autor Gerd Georg Eigenwillig ergänzt damit vorangegangene kritische Veröffentlichungen zu einer verfehlten Bewertungspraxis. Es wird anschaulich dargestellt, dass sowohl die Arbeitsplatzbewertungen in

Berufskrankheitsverfahren als auch die Forschungsarbeiten zur sogenannten Wismut-Kohorte fälschlicherweise von Individualdosen bzw. Individualdosen gleichgesetzten Durchschnittswerten ausgehen. Es handelt sich um „Kollektivwerte für abgeschätzte Strahlenexpositionen ... - d.h. Artefakten“, was in der Diagnostik lediglich für scheinbare Kausalzusammenhänge steht. Detailliert werden die Schwach- und Fehlstellen der einzig relevant verwendeten Daten des „Musterschachtes“ Objekt 09 (Aue/Sa) offengelegt. Neu einbezogen wurden vom Autor die auch bereits im Strahlentelex (vgl. Nr. 4,

8 und 10) ausführlich beleuchteten Un-sicherheitsanalysen des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS), die G.G. Eigenwillig einer abschließenden Bewertung unterzog: unvollständig und das Problem auf zukünftige Sensitivitätsanalysen verschiebend. Damit erreichte das BfS 2023 lediglich den Kenntnisstand von 2002, wo dies bereits von der Strahlenschutzkommission SSK geschlussfolgert wurde.

Die Quintessenz der neuesten Veröffentlichung beinhaltet u.a.:

„... Die ungelöste Aufgabe besteht darin, zu klären, welche Konsequenzen sich aus der

Verwendung von Artefakten mit ungeklärten Unsicherheiten und ungeklärten Sensitivitäten zur Abschätzung von Strahlenexpositionen für die Anerkennungsverfahren von Berufskrankheiten und die Forschung ergeben. Das ist nicht nur ein naturwissenschaftliches, sondern jeweils auch ein rechtliches, politisches und ethisches Problem.“ [1] S. 35

[1] G.G. Eigenwillig: „Retrospektive Abschätzungen von Strahlenexpositionen für unter Tage Beschäftigte im Uranerz-Bergbau im Erzgebirge – Objekt 90 der Wismut“, Frankfurt am Main 2023, ISBN 978-3-00-074973-5

## Endlagersuche für hochradioaktiven Abfall in Deutschland:

Zum 2. Forum Endlagersuche (13./14.11.23 in Halle) hat Strahlentelex seine Replik auf Seite 19 ausführlicher zusammengefasst. Unter [www.bund.net/endlagersuche](http://www.bund.net/endlagersuche) kann die Ergebnissicht des BUND verfolgt werden; (Verfasser Jan Warode). Die AAO .ausgestrahlt informiert in Ausgabe 60 (Verfasserin Anna Stender).

## In dieser Ausgabe

**Das Hauptthema der Ausgabe 01/2024** widmet sich der Cäsium-Problematik im deutschen Wildbestand, der nach wie vor erhöhte Aktivitätsnachweise im Wildschweinfleisch aufweist und als Langzeitfolge des Katastrophenfalles im Kernkraftwerk Tschernobyl gilt. Neue Studien nahmen nun eine veränderte Bewertung vor (S. 3-8). Auf Seite 9/10 findet der **Vergleich der** Herangehensweise der Bundesländer für die Ausweisung von **Radonvorsorgegebieten** seinen vorläufigen Abschluss. Ab S. 11 stellt Frank Ullrich ein neues Verfahren zur **Messung radonhaltiger Bodenluft** vor, dass sich bereits in der Praxis bestätigt hat und bisherigen Methoden deutlich überlegen ist. Ab Seite 15 steht ein Vergleich der Strategien im Umgang mit den verbliebenen unsanierten **Uranbergbauhinterlassenschaften in Thüringen und den Uranbergbauatlasten in Sachsen** zur Diskussion. Bereits die unterschiedliche Begrifflichkeit weist auf Gegensätze. In Fortführung des Kreislaufwirtschaft-Themas zum Phosphorrecycling erfolgt ab S. 24 eine Wertung des **im Naturphosphor enthaltenen Urananteils**, mit dem die künstliche Phosphorrückgewinnung u.a. protegert wird.

Auf Seite 8 erfolgt eine interessante Kurzinfor zu statistischen **Engpässen der Epidemiologie** und eine Vorabinfo zur nächsten Ausgabe auf Seite 15 streift das Thema **strahlungsintensiver Computertomographie**. Die in der print-Ausgabe enthaltene **Beilage** setzt die Information zur aktuellen Lage der Kernkraftwerke in der Ukraine und die radioaktive Kühlwasserentsorgung in Fukushima fort. **Regionalthema** ist ein Beitrag zur Saniierungsrelevanz der **Uranhalde Gauern**. Die Beilage erscheint online gekürzt in englischer Sprache.

**Impressum:** Herausgeber Kirchlicher Umweltkreis Ronneburg (gegründet 1988); Erscheinungsort: Ronneburg (Deutschland); alle Rechte liegen bei dem jeweiligen Verfasser. Erscheint 4/a zum jeweiligen Druckkostenpreis der kolorierten print-Ausgabe; © Copyright 2024 by Frank Lange.

Die hier und auf unserer Webseite veröffentlichten Inhalte und Werke unterliegen dem deutschen Urheberrecht. Für den Inhalt sind die jeweiligen Autoren verantwortlich.

Druck: Nicolaus & Partner - 04626 Nöbdenitz;

Die online-Ausgabe erscheint s/w und mit englischer Beilage ab 15.03.2024 auf der Internetseite der Kirchengemeinde Ronneburg und vorab im Abo.

**ISSN 2748-873X (online) 2749-8417 (Druckausgabe)**

Diese Ausgabe erscheint mit freundlicher Unterstützung von Herrn Bürgermeister **Stefan Mattis**.

Unser besonderer Dank gilt **Herrn Thomas Dersee**, den Hrsg. des Strahlentelex von 1987-2018, für seine stete Unterstützung unseres Projektes.

**Folgen Tschernobyl-GAU  
Cäsiumbelastung in deutschen  
Wäldern**  
Frank Lange

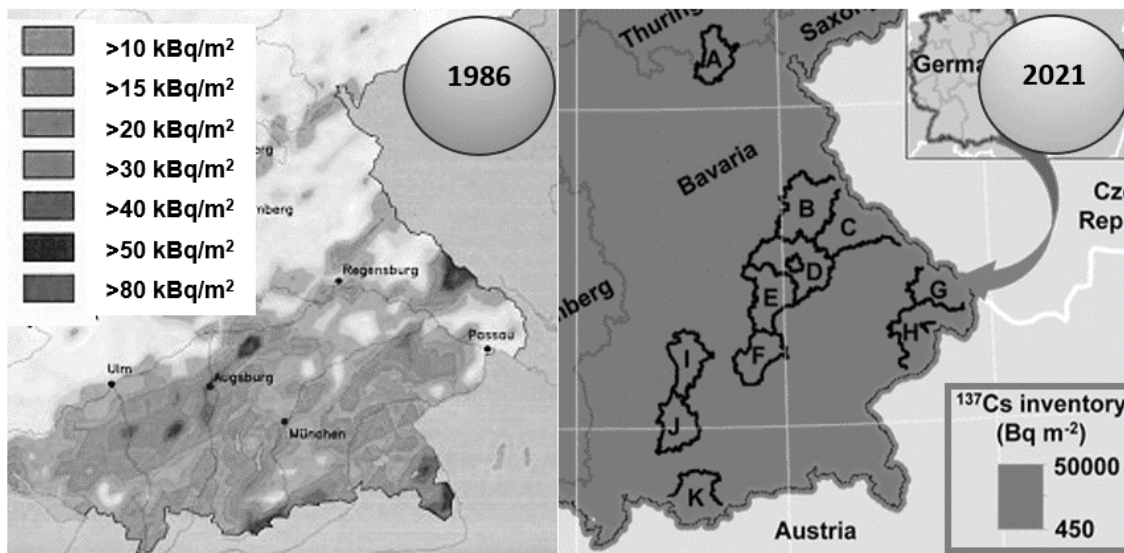
**Geheimnis der anhalten- den Cäsiumbelastung bei Wildschweinen gelöst!** So titelten jüngste Agentur- und Zeitungsmeldungen. Auslöser war eine Studienveröffentlichung der TU Wien/ Uni Hannover [1] zur Ursachenermittlung dieser langanhaltenden Problematik. Trotz der inzwischen eingetretenen Halbierung des Cäsiums

Die Studie meint einen neuen nuklearen Fingerabdruck ausgemacht zu haben: „Sechzig Jahre *altes* <sup>137</sup>Cs aus dem *Fallout* von Kernwaffen trage wesentlich zu den *berüchtigten* Kontaminationsgraden von Wildschweinen in *Mitteleuropa* bei, von denen man bisher annahm, dass sie von Tschernobyl dominiert werden.“ [1]. Wie sich

bei der Kernspaltung. Das künstliche Isotops <sup>137</sup>Cs gelangte in Massen durch oberirdische Kernwaffenversuche und die Reaktorunglücke von Tschernobyl und Fukushima in die Atmosphäre mit weltweiter Dimension. In Abhängigkeit der Windverwehung und der Niederschlagscharakteristik entstanden weitläufige Belastungsgebiete globalen Ausmaßes. Die bei allen bisherigen oberirdischen Kernwaffentests freigesetzte Aktivität verteilte sich über die Stratosphäre „relativ gleichmäßig“. Die Bewertungen

Kernwaffentests wurde durch den Reaktorunfall von 1986 gebietsweise unterschiedlich erhöht. In Regionen einiger Bundesländer wie Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen und vor allem Bayern betrug der „Zuschlag“ 2 bis 50 kBq/m<sup>2</sup>, mit lokalen Spitzen über 100 kBq/m<sup>2</sup>. Abbildung 1 zeigt einen Kartenauszug, der die <sup>137</sup>Cs -Belastung in Bayern nach dem Unfall in Tschernobyl mit der heutigen Situation vergleicht. Entsprechend der Halbwertszeit von 30,05 Jahren

**Abb.1: Auszug aus BGA-Karte 1986 im Vergleich zur berechneten heutigen Situation in Bayern [1]**



erfolgte einfach eine mit 0,46 multiplizierte Korrektur auf das verfallszeitabhängige verringerte Niveau; in der Fläche bis 50 kBq/m<sup>2</sup> (1986 noch bis über 80 kBq/m<sup>2</sup>). Wie wirken die heutigen Cäsiumaktivitäten noch auf Flora und Fauna? Was steckt insbesondere hinter der so-

(Cs) in den durch den GAU des Atomkraftwerkes (AKW) Tschernobyl 1986 ausgelösten radioaktiven Niederschlägen auf große Teile Europas und dem zügigen und breiten Rückgang damaliger Kontaminationen in Nahrungsmitteln und Tierbeständen in den Folgejahren, halten bei Wildschweinpopulationen nach wie vor deutliche Cäsiumakkumulationen an. Im Gegensatz zu den langanhaltenden Pilzbelastungen ist sogar kaum eine Korrelation zur Verfallszeit festzustellen („Wildschweinanomalie“).

die Cäsium-situation in Deutschland darstellt, welche Folgen noch wirken und ob die Studie wirklich einen so aufregend neuen Erkenntnisgewinn darstellt, soll nachfolgend nachgegangen werden.

**Boden-Cäsiumgehalt**

Cäsium als Leichtmetall kommt in verschiedenen Verbindungen auf der Erde natürlich vor; es gehört zu den seltenen Elementen (3 mg/kg in der Erdkruste und 0,3 – 4 µg/l im Meerwasser). Cäsiumisotope entstehen direkt und indirekt

(Schätzungen) der <sup>137</sup>Cs-Ablagerungen, die vor dem Tschernobyl-GAU stattfanden, sind mit noch höheren Unsicherheiten verbunden, als es die Karte des Bundesgesundheitsamtes von 1991 mit Bezug auf 1986 ist. Auf diese nahmen alle nachfolgenden Veröffentlichungen Bezug. Vor der Katastrophe in Tschernobyl wurden eigentlich keine detaillierten Abschätzungen des globalen atomaren Niederschlags durchgeführt. Eine bis dato also unbekannt fast flächendeckende Aktivitätsgröße aus den

genannten „Wildschweinanomalie“?

**Wissenschaftsstudien zur Cäsiumlast**

Während Cs-137 sowohl von den oberirdischen Kernwaffenversuchen als auch vom Reaktorunfall des ukrainischen Kernkraftwerkes stammt, rührt Cs-134 ausschließlich vom Reaktorunfall her. Daher bezog man ab 1986 beide Isotope in die Beprobungen mit ein. Das BfS bestimmte anhand des Isotopenverhältnisses Cs-137/Cs-134 für verschiedene Pilzarten die Lage

des Myzels im Waldboden, deren Cäsiumaufnahme-fähigkeit und die Tiefenverteilung. So sollte auch frühzeitig zwischen Tschernobyl-Cäsium und entsprechender Vorbelastung durch die oberirdischen Atombombenzündungen unterschieden werden. Da aber die Halbwertszeit des  $^{134}\text{Cs}$  nur 2,06 Jahre beträgt, endete 2005 diese Parallelbestimmung. Eine 2020 veröffentlichte Forschungsarbeit [2] der Universität Basel griff die Herkunftsunterscheidung wieder auf. Die Ergebnisse beruhen auf 160 Boden-

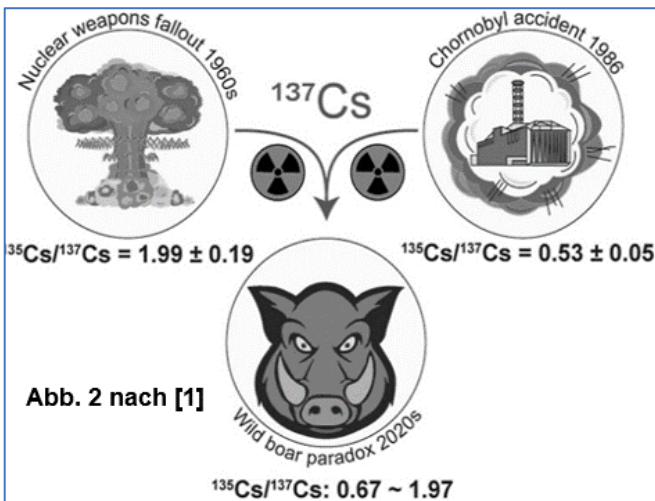
globale Fallout ein deutliches  $^{239+240}\text{Pu}$  zu  $^{137}\text{Cs}$  Aktivitätsverhältnis aufweist, ist es möglich die Quellen von Radiocäsium zu rekonstruieren.“ [2] Beide atomaren Szenarien wurden separat dargestellt (Abb. 3). Den militärischen Atomtests ordnete die Studie auf Cäsium -137 bezogene Aktivitäten von  $0,2\text{--}10\text{ kBq/m}^2$  zu (Median  $1,39\text{ kBq/m}^2$ ). Damit liegen die Aktivitäten deutlich unter den massiv vom Tschernobyl-GAU belasteten Gebieten. Die nunmehrige Studie [1] der Universitäten Wien und Hannover entwi-

Tschernobyl-Niederschlag direkt betroffenen Gebieten auf 80 % [3] bis 90 % [1]. Aus den Karten der Abbildung 3 geht hervor, dass es zu Überlagerungen bei der Belastungen in unterschiedlichen Intensitäten gekommen ist.

### Cäsiumlast in Flora und Fauna

Die unterschiedliche Beschaffenheit von Waldböden und landwirtschaftlich genutzten Böden rief unterschiedliche Belastungen der Pflanzen- und Tierwelt hervor. In betroffenen Wäldern wurden im Vergleich zu landwirtschaftlichen Erzeugnissen höhere Cäsiumaktivitäten festgestellt. Während Cäsium-137 in den oberen organischen Schichten des Waldbodens leicht verfügbar ist, wird es in Ackerböden stark an vorhandene Lehm- und Tonminerale gebunden, so dass es wenig pflanzenverwertbar wirkt. In den Folgejahren kam es entsprechend der Halbwertszeit zum Cäsium-Rückgang. Verfall und Konzentration der betroffenen Flora und futteraufnehmenden Tierbeständen korrelierte zwar damit, aber im Wesentlichen schneller bzw. niedriger als aus der Verfallzeit resultierend theoretisch zu erwarten wäre. Anders im

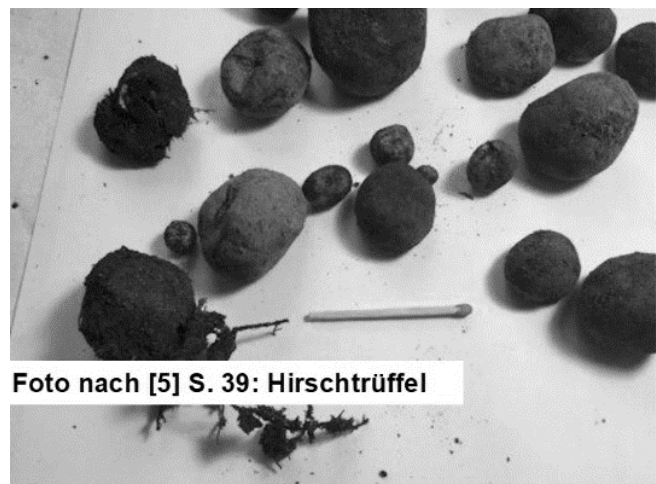
Wald- und Wildbestand betroffener Regionen. Die Komplexität der praktischen Wirkmechanismen rief hier unterschiedliche Entwicklungen bis in die heutige Zeit hervor. Beprobungsergebnisse der letzten drei Jahre zeigten für die Fauna Maximalbeträge bei Hirschen noch im zweistelligen und bei Rehwild im unteren dreistelligen Bereich. Hingegen weisen Wildschweine in regionalen Belastungsherden vierstellige Cäsium 137- Aktivitäten auf. „Die starken Unterschiede zwischen den Wildfleischsorten beruhen im Wesentlichen auf dem Ernährungsverhalten der jeweiligen Tierarten. Da die von Wildschweinen gefressenen, unterirdisch wachsenden Hirschtrüffel außergewöhnlich hoch belastet sind (die Werte liegen hier um mehr als das Zehnfache über den Werten von Speisepilzen), ist Wildschweinfleisch deutlich höher kontaminiert als das Fleisch anderer Wildtierarten.“ [4] Der EU-Grenzwert für Lebensmittel von 600 Becquerel pro Kilogramm (Bq/kg) wird daher in den prädestinierten Gebieten bis zu vierstelligen Größenordnungen immer wieder überschritten; einzelne Maxima beim Wildschweinfleisch



proben von vor 2009. Nicht sehr viele, allerdings handelt es sich um nachweislich seit den 60er Jahren nicht von Erosion und Bodeneinträgen beeinflusste stabile Flächen, was wiederum eine spezifische Reproduktion zuließ. Die daraus abgeleitete Karte umfasst Frankreich, Italien, Deutschland, die Schweiz und Belgien. Sie basiert auf einer Berechnungsmethode, die auf das Cäsium/ Plutonium-Verhältnis zurückgreift. Für Mittel- und Westeuropa kann ein Plutoniumbeitrag aus dem Tschernobyl-GAU fast völlig ausgeschlossen werden. „Aus diesem Grund und weil der

ckelte ebenfalls über ein Isotopenverhältnis eine Verteilungsstruktur der Cäsiumbelastung. Für 6 unterschiedlich belastete bayrische Waldgebiete ermittelte man in den Tierproben das Cäsium  $^{135}/^{137}\text{Cs}$ - Verhältnis. Aus Abb. 2 geht der Streubereich  $^{135}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$  von 0,67 bis 1,97 hervor.

Beide Studien gehen mehr oder weniger davon aus, dass das AKW Tschernobyl im Vergleich zu den Kernwaffenversuchen etwa ein Zehntel der nuklearen Cäsiumverbreitung der Gesamt-Atmosphäre zu verantworten hat. Der Anteil steigt in den vom



liegen sogar darüber. Neuere spezifische Untersuchungen, wie in [5] brachten Werte über 17.000 Bq/kg (17 kBq/kg) zutage.

**Cs-Entwicklung und Cs-Prognosen**

Die frühzeitigen Prognosen zum Strahlungsrückgang der Cäsiumniederschläge von 1986 bestätigten sich weitgehend. Die porösen Deckschichten in belasteten Waldgebieten verursachten erwartungsgemäß in Pilzen und damit im Wildbret deutlich länger anhaltende Aktivitätswerte; in den Folgejahren des GAUs mit abnehmender Tendenz. Abbildung 4 verdeutlicht das stellvertretend anhand von Pilzproben einer belasteten Region [4]. Stichprobenartige Untersuchungen der Eindringtiefen in Böden wiesen ein Vordringen radioaktiven Cäsiums in landwirtschaftliche Flächen kaum und in den poröseren Waldböden begrenzt und sehr langsam in tiefere Schichten nach. Letzteres ist maßgebend für Trüffel und Wildschweine.

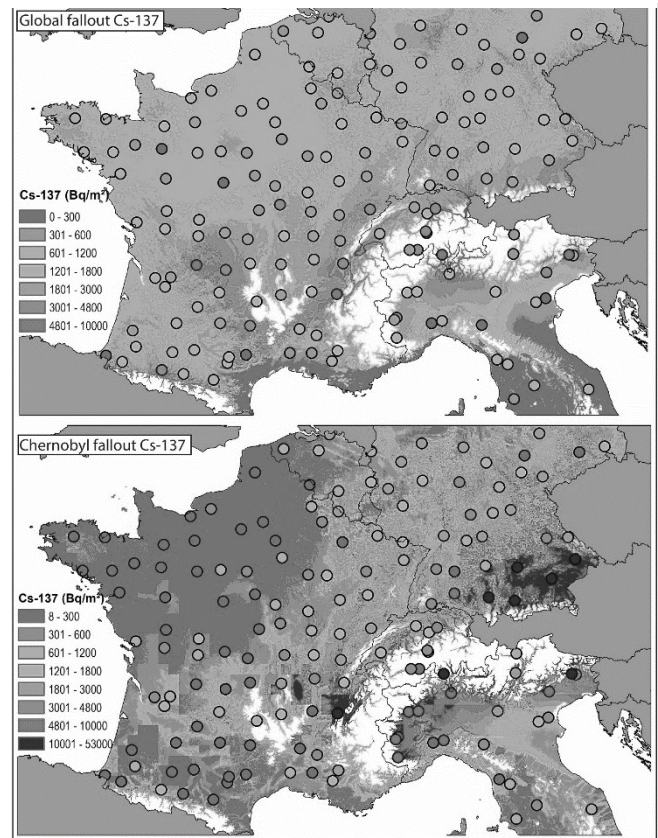
**Die „Wildsau-Spezifik“**

Die anormale Entwicklung der <sup>137</sup>Cs-Kontamination von Wildschweinen wird durch mehrere Einflussfaktoren bestimmt und kann im Jahresverlauf um 3 Größenordnungen entsprechend der aktuellen

Nahrungsaufnahmen variieren. Hirschtrüffel aber auch Maronen sind hierfür ausschlaggebend. Deren <sup>137</sup>Cs-Aktivität variiert innerhalb eines Untersuchungsgebietes deutlich (in [5] z.B. von 0,226 bis 16,9 kBq/kg Frischmasse). Im Verlauf sogenannter Mastzeiten verführerte Eicheln und Bucheckern sind fast Cäsiumfrei (< 0,01 kBq/kg). Abb. 5 gibt in der x-Achse den Medianwert der Trüffel (T<sub>Cs</sub>) der drei Untersuchungsgebiete [5] in kBq/kg Frischfleisch an. Die Spannweite der 451 Messwerte in den drei Gebieten schwankte enorm und reichte von 2 Bq/kg bis 17,3 kBq/kg. Auffällig ist, dass das Gebiet B nicht mit dem Cäsiumgehalt der erlegten Wildschweine korreliert, obwohl es die höchste Trüffelbelastung aufzuweisen hat. Im Gegenteil, dem Median der Trüffel von 5,2 kBq/kg steht ein Median des Wildschweinfleisches von lediglich 0,03 kBq/kg gegenüber. Die Diskrepanz ist in der Variabilität verschiedener Einflussfaktoren begründet. Im Gebiet B stammte die Hälfte aller Messungen aus cäsiumarmen Mastzeiten.

Hinzu kommt, dass im Gebiet A der T<sub>Cs</sub>-Medianwert bei

**Abb. 3: Europaweite Verteilung von radioaktivem Cäsium im Boden aus Kernwaffentests und Tschernobyl [3]**

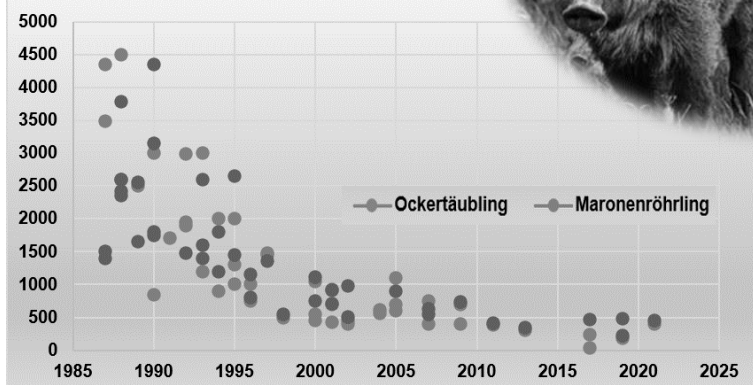


höherer Untersuchungs-dichte durchaus höher zu erwarten ist, da das Gebiet A zu den höchst belasteten deutschen Regionen zählt. Eine detaillierte Profilprobe von 2018 wies enorme 67,5 kBq/m<sup>2</sup> auf und Nachproben bei Hirschtrüffel lagen

Aber gerade der Zeitraum und die Intensität der Nahrungsaufnahme von Hirschtrüffeln bestimmen die Cäsiumaufnahme. „Die <sup>137</sup>Cs-Kontamination von Wildschweinen wird durch mehrere Einflussfaktoren gesteuert. Als Grunddisposition wirkt die Höhe der Bodenkontamination in den Untersuchungsgebieten. Die saisonalen Schwankungen der Messwerte sind wesentlich vom Nahrungsangebot und der Jagdstrategie beeinflusst.“ [5], S. 2.

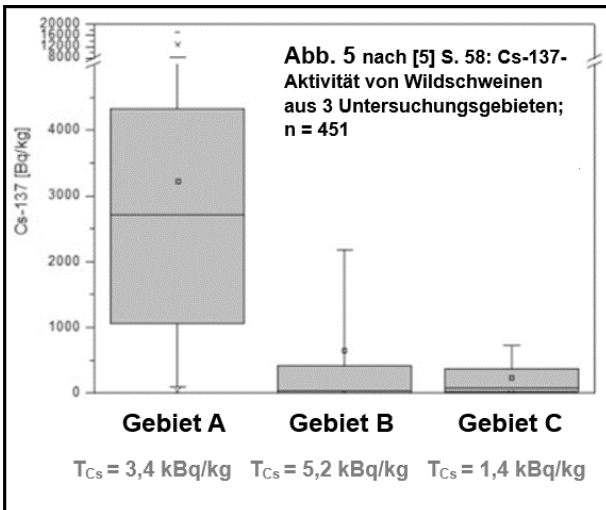


**Abb. 4: Cäsium-137-Aktivität (Bq/kg FM) [4]**



über 20 kBq/kg. Weiterhin harmonisieren die Probenanzahl und die Abschuss-Zeiten und -zahlen der Wildschweine nicht.

Bei dieser Sachlage wird verständlich, dass die Cäsiumüberwachung des Wildbrettes in den bekannten Belastungsregionen Deutschlands bis heute anhält. Aber ist eine Ausweitung dieser Überwachung auf Grund der



Vorbelastung durch die oberirdischen Kernwaffentests sinnvoll?

**Überraschende neue Erkenntnisse?**

Die 2023 veröffentlichten Studienergebnisse [1] sehen dafür neue Gesichtspunkte: „Das überraschende Ergebnis: Das radioaktive Cäsium in den Wildschweinen stammt nicht nur vom Atomunfall in Tschernobyl, sondern geht zu einem großen Teil auf

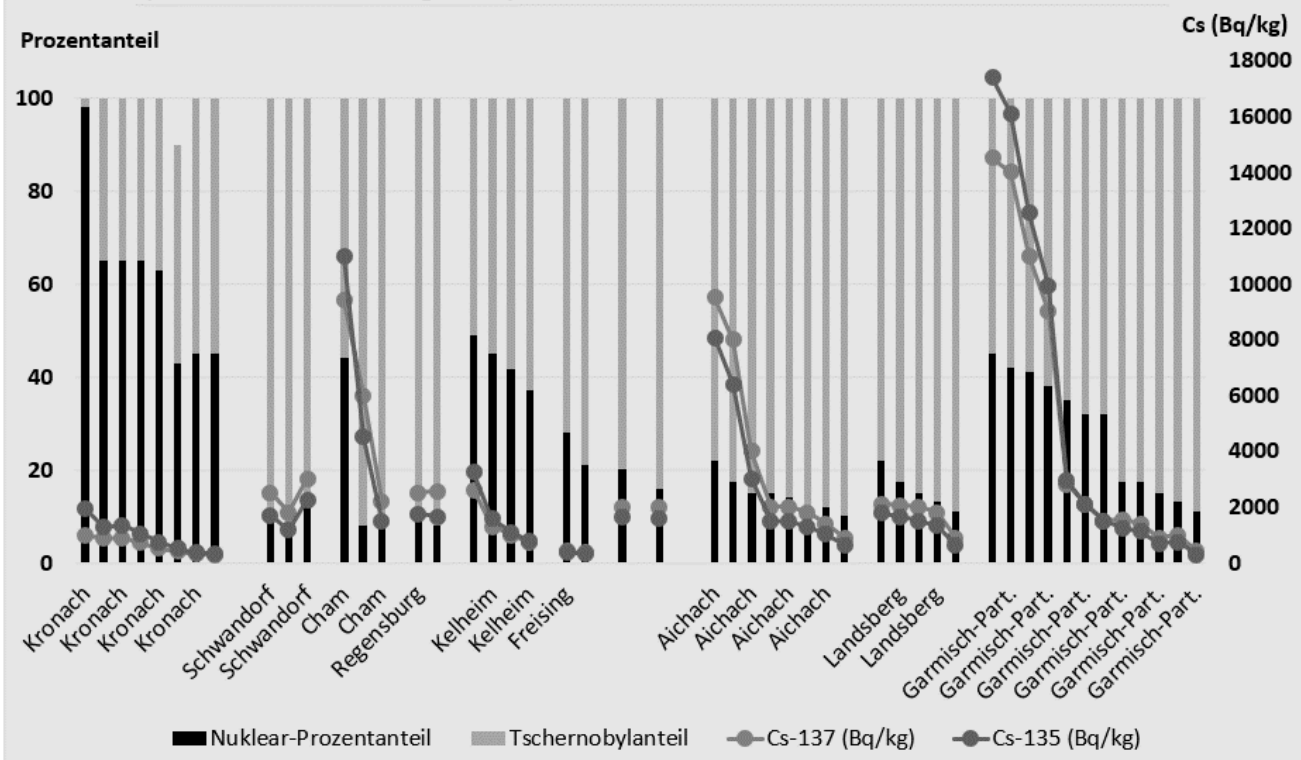
den Fallout der Atombombentests in den 1950er und 1960er Jahren zurück. In einigen Proben lag der Anteil des Kernwaffen-Fallouts bei immerhin 68 Prozent.“ Die Studie sieht keine Korrelation zwischen der Höhe der Cäsium-Bodenbelastung und dem Herkunftsanteil. Es wird davon ausgegangen, dass in „tieferen“ Bodenschichten sozusagen das ältere Cäsium aus den Kernwaffenversuchen speziell von

den Trüffeln aufgenommen wird, die bekanntlich eine Hauptnahrungsquelle der Wildschweine bilden. Die Schlussfolgerung lautet: „Diese gemischte Quelle ist der Hauptlieferant für Wildschweine in der Wintersaison und damit der Hauptgrund für die anhaltende <sup>137</sup>Cs-Kontamination bei bayerischen Wildschweinen. Nach mehreren Single-Source-Studien ist dies das erste Mal, dass <sup>135</sup>Cs/<sup>137</sup>Cs verwendet wurde, um die Anhäufung von Radiocäsium-Hinterlassenschaften aus verschiedenen Kernsektoren in Ökosystemarten nachzuweisen und zu zeigen, dass die Auswirkungen solcher "überlagerten" radioaktiven Kontaminationen bei der Übertragung durch die Nahrungskette biologischer Gemeinschaften und schließlich auf menschliche Verbraucher von Wildfleisch erfasst wurden. Die Anerkennung dieser schädlichen

Umweltauswirkungen liefert somit neue Erkenntnisse für die radioökologische Forschungsgemeinschaft wie für politischen Entscheidungsträger, dass möglicherweise eine Vielzahl von <sup>137</sup>Cs zum Gesamtinventar in einem Ökosystem beitragen und sie alle für eine ganzheitliche Risikobewertung zu berücksichtigen sind.“ [1] S.13608 (engl.)

Eine tiefere Analyse der Originalstudie ergibt für die in [1] betrachteten Untersuchungsgebiete der Tschernobyl-Belastung die detaillierte Anteilsverteilung entsprechend Abbildung 6. Daraus ist eine Relativierung des veröffentlichten Erkenntnisgewinns abzuleiten. Nicht nur bis zu den zitierten 68% errechnete sich der nukleare Falloutanteil aus den Kernwaffentests. Die Spitze lag bei 98 %. Allerdings sagt dieser Wert nichts über den Belastungsgrad aus. 98% von wenig ist auch fast

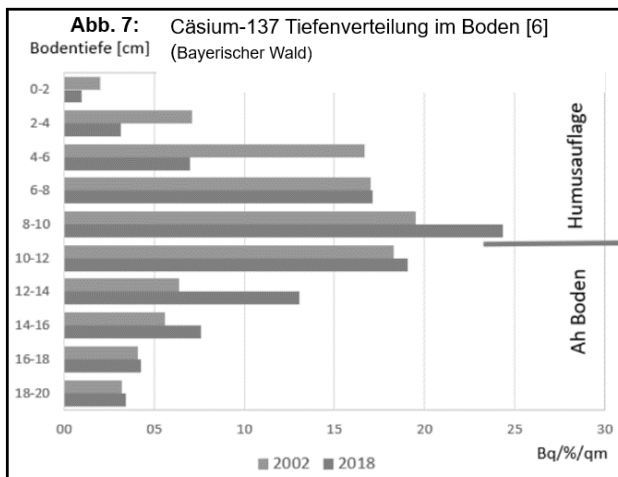
**Abb. 6: prozentuale Cäsiumverteilung in ausgewählten bayrischen Gebieten (Herkunft und Belastungshöhe)**



**Gesundheitsgefahr?**

Aus strahlenbiologischer Sicht ist Cs-137 das bedeutendste Cs-Isotop. Das Nuklid wird überwiegend mit der Nahrung aufgenommen und verteilt sich im Organismus hauptsächlich im Muskelfleisch, der Einbau in Knochengewebe ist gering. Durch die Stoffwechsellaktivität wird Cäsium-137 im menschlichen Körper mit einer biologischen Zerfallszeit von 110 Tagen ausgeschieden. Beim Wildschwein nach 20 Tagen. Die Aufnahme von 80.000 Becquerel Cäsium-137 mit der Nahrung entspricht einer Strahlendosis von etwa 1 Millisievert (mSv) bei Erwachsenen. Bei 10 Portionen pro Jahr zu 250 g Wildschweiffleisch mit z.B. zulässigen 470 Bq/kg (Grenzwert 600 Bq/kg) käme es so zu einer Aufnahme von 0,15 mSv/a, was wiederum der halben üblichen Jahresaufnahme über die normale Nahrung entspräche. Der Verzehr von 200 g Pilzen mit 2.000 Bq/kg Cs-137 hat eine Strahlendosis von 0,005 mSv zur Folge. Einer bewussten Nahrungsaufnahme aus deutschen Wäldern steht grundsätzlich nichts entgegen. Die Kontrollen sind nicht der geringen gesundheitlichen Relevanz des Cäsium geschuldet, sondern dem nicht gemessenen radioaktiven Begleitspektrum der Tschernobyl-Niedererschläge des GAUs von 1986.

nichts. Aus Abb. 6 ergibt sich sehr wohl ein Zusammenhang zur Belastungshöhe in den Böden. Mit dem Anstieg der absoluten Cäsiumaktivität verringert sich der Anteil der Atombombenversuche. Angaben von globalen Belastungsanteilen über 20%



bei hohen Cäsiumgehalten sind in Frage zu stellen, da die Globalbelastung entsprechend den Erkenntnissen der Studie [3] deutlich geringere absolute Werte ausweist. Die labortechnische Bestimmung von <sup>135</sup>Cs ist nicht trivial und sollte im Vergleich der Studie [1] mit [3] nicht überbewertet werden. Demzufolge ist von einem aufsummierenden globalen Cs-Anteil durchaus auszugehen; allerdings ist sein Beitrag in den tatsächlich noch hohen bzw. relevanten Tschernobyl- Belastungsregionen als gering einzuschätzen. Aufklärung könnte eine umfassendere Ermittlung von Falloutanteilen speziell für Wildschweine bringen, die seit 1960 bis 1986 und dann bis heute erlegt wurden [7]. Ein Vorschlag zur Vorgehensweise enthält nebenstehendes Infofenster. Die Studie [1] geht von einer extrem langsamen und begrenzt stattfindenden Verlagerung der Cäsiumisotopen in den Boden aus (Abb. 7) und leitet daraus ab, dass in Tiefen ab etwa 12 cm die verbliebene Strahlungsaktivität überwiegend dem nuklearen Bombentests zuzuordnen wäre, Da sich dort auch der bevorzugte Verbreitungsbereich oben

genannter Hirschtrüffel befindet, schreibt die Studie dem Falloutanteil eine prioritäre Bedeutung der heutigen Cäsiumlast im Wildschweiffleisch zu. Daraus würde sich eine enorme Verbreitung für Mitteleuropa entsprechend Abb.3-oben ergeben. Gegen diese hypothetische Nachweisführung spricht, dass die relativ gleichmäßig globale Cäsiumverteilung nach [3] selbst unter Zugrundelegung diverser Hotspots vergleichsweise geringe Absolut-Belastungen darstellen. Aus den Überwachungs- und Kontrollmessungen des Jagdwildes sind auch keine von den Tschernobyl-Hotspots abweichenden Gebiete mit hoher Cäsium-Wildschwein-Belastung bekannt.

**Fazit**

Bei aller Notwendigkeit über die Folgen nuklearer Katastrophen und Langzeitbelastungen zu forschen und entsprechende Forschungsgelder begründet generieren zu müssen, um die Thematik weiter verfolgen zu können, ist die Interpretation aus der neuen Studie der Universitäten Wien und Hannover [1] bei genauerer Betrachtung

**Ein Untersuchungsvorschlag [7]**

Erlegte Wildschweine werden wegen der Cs-Problematik zumindest in Deutschland weiterhin umfassender beprobt. Wahrscheinlich ist Cs nur in den wässrigen Komponenten (Weichteile, interstitielles Lumen) nennenswert vorhanden, da es ähnlich mobil wie Kalium ist und vergleichbar verstoffwechselt wird, also nur eine relativ kurze biologische Halbwertszeit aufweist. An sich würde man an den knöchernen Trophäen von Wildschweinen also keine verwertbaren Cs-Spuren erwarten. Ich vermute allerdings, dass das nicht für die Pulpa in den Hauern gilt. Die Substanzmenge ist gering, und die Präparatoren werden sich wahrscheinlich nicht die Mühe machen, die Pulpa zu entfernen. Somit ist der dem Cs-Gehalt in Muskelfleisch entsprechende Anteil in den Hauern wahrscheinlich weiterhin enthalten, denn Cs bleibt bei der Austrocknung bzw. Dekomposition zurück und verflüchtigt sich nicht. Damit kann man im Prinzip zwei Eichkurven aufstellen: Zusätzlich zu den standardmäßigen Muskelfleischproben wird auch noch Cs-137 in Hauern erlegter Wildschweine gemessen - das sollte nicht sonderlich teuer und aufwendig sein. Beide Werte sollten hochkorreliert sein. Weiterhin werden zur Kontrolle Hauer aus Trophäen erlegter Wildschweine gemessen, von denen die Cs-Messwerte vom Fleisch noch bekannt sind - auch hier sollte eine entsprechende Korrelation gefunden werden. Mit diesen Eichdaten kann man dann aus den Cs-Messwerten von älteren Trophäen auf die damalige Belastung des Wildschweifleisches rückschließen.

**Ralf Kusmierz**

durchaus kritisch zu sehen. In Verbindung mit den vorangegangenen Erkenntnissen

[3] - [5] sollte eine Überbewertung der globalen radioaktiven Belastung vor 1986 vermieden werden. Selbstredend waren die atomaren Freisetzungen unverantwortlich. Der Anteil an der Gesamtbelastung ist unter dem Aspekt der Langzeitfolgen auch beachtenswert, rechtfertigt aber nicht weitere Einschränkungen in der Jagdwirtschaft.

[1] "Disproportionately High Contributions of 60Year Old Weapons-137Cs Explain the Persistence of Radioactive Contamination in Bavarian Wild Boars", Stager, Zok, Schiller, Feng, Steinhauser; Environ. Sci. Technol. 2023, 57,36, 13601–13611

[2] BGA-Karte von 1991 für Cäsium-137-Belastung Deutschlands; BfS

[3] "Plutonium aided reconstruction of caesium atmospheric fallout in European topsoils", K. Meusburger, O. Evrard, C. Alewell, P. Borrelli, G. Cinelli, M. Ketterer, L. Mabit, P. Panagos, K. van Oost & C. Ballabio; Scientific Reports | (2020) 10:11858

[4] BfS - Strahlenbelastung von Pilzen und Wildbret - Radioaktive Belastung von Pilzen und Wildbret; Beitrag vom 23.08.23 „Radioaktive Belastung von Pilzen und Wildbrett“

[5] „Erfassung der aktuellen Kontaminationssituation bei Wildschweinen in Deutschland“ Vorhaben 3617S52531, BfS August 2021

[6] umweltanalysen.com: „Bodenbelastung mit Cäsium-137 in Deutschland u. Österreich. Karte + vertikale Migration in Bodenprofilen“, Tiefenverteilung von Cs-137 in einem Bodenprofil aus dem Nationalpark Bayerischer Wald, Fläche NP3, Oktober 2002 und 09/2018. Quelle: BMU, 2002 (2018 eigene Daten).

[7] Mitteilung Ralf Kusmierz vom 21.11.23

## Epidemiologie

### Deutliche Grenzen der Todesstatistik für die Epidemiologie

Der wissenschaftliche Anspruch epidemiologischer Untersuchungen beruht bekanntlich enorm hoch auf Kausalität. In der langjährigen Diskussion von Ursache und Wirkung bei deutschen und internationalen Studien zu den Folgen der Strahlenbelastung im Uranbergbau (Kohortenstudie(n)) in den letzten Jahrzehnten hat der wissenschaftliche Grad gelitten, massiv vermindert infolge der Ungenauigkeiten der Ausgangsdaten. Zu diesen gehören neben unzulänglich nachgewiesenen Strahlungsdosen auch Todesursachenermittlungen, die das zum Tode führende Grundleiden nicht dokumentierten. Ein Problem, dass heute immer noch existent ist, wobei die Ursachen veränderter Natur sind. Eine spezifische Untersuchung des Uni-Klinikums Essen von 2023 [1] unterzog Datenbanken des Statistischen Bundesamtes zu den Sterbefällen in Deutschland für die Jahre 2005-2019 einer detaillierteren Auswertung. Ziel sollte die Feststellung und der Entwicklungsstand der Datenqualitäten sein, die in den einzelnen Bundesländern mit zeitversetzter Einführung einer speziellen Erfassungssoftware (Kodierssoftware IRIS/Muse) vonstattenging. Für sogenannte nichtinformative Todesarten wurde ein statistischer Anteil um 15% und weiteren 25%

ausgewiesen. D.h., in Deutschland kann man aus fast der Hälfte aller Todesfälle nicht auf die tatsächlich zum Tode geführten Ursachen schließen! Diese „*Bewertung der Qualität der Todesursachenstatistik bedeutet keine Bewertung der Richtigkeit von Todesursachen. Das ist nur durch regelmäßige Obduktion repräsentativer Sterbefälle möglich,*“ [1]

Aus der Feststellung von Todesarten wie den plötzlichen Herzstillstand, akutes Nierenversagen, Pneumonie u.a.m. folgern nicht die verursachenden Vor- oder Langzeiterkrankungen, die somit auch nicht in der Statistik auftauchen. Zu diesen etwa 15% ausmachenden Todesfällen kommen noch etwa 25% Todesfälle hinzu, die durch Versagen im Gefäßsystem ausgelöst werden. Auch hierbei kann die Ursachenauslösung bestenfalls in Sammelbegriffe (Rauchen, Alter, Bluthochdruck, Diabetes u.a.m.) gefasst werden. Diese Statistik ist somit den gezielten epidemiologischen Betrachtungen entzogen: „*Nichtinformative Todesursachen erschweren eine gezielte Prävention, da das zu Tod führende Grundleiden unbekannt bleibt.*“ [1] Da allerdings der 25%-Anteil der kardiovaskulären Todesfälle etwa 50% aller deutschen Sterbefälle ausmachen, ist davon auszugehen, dass bei mindestens der Hälfte der Fälle aus der Eintragung in den Todesschein dennoch eine ursächliche Zuordnung erfolgt. Insofern widerspricht sich die Auswertung der Mortalitätsdaten der Auto-

mit der weitergehenden IRIS/Muse-Erfassung, die in den letzten Jahren

zudem erst in 7 Bundesländern eingeführt wurde, konnte eine leichte prozentuale Minderung dieser Kategorie erreicht werden. Allerdings steht einer festgestellten 2–3-prozentigen Verringerung ein viel größerer Prozentunterschied bei den nicht-informativen Todesursachen im Ländervergleich gegenüber (z.B. 2019 in Sachsen 9% und in NRW 17%). Dem eigentlichen Problem einer unzureichenden zentralen Datenerfassung in Deutschland setzen die Verfasser Ärzte-Schulung und Mehraktivität der Gesundheitsämter entgegen. Sicher nicht falsch, aber nicht problemlösend. Die Untersuchung ist ein weiterer Beleg für die hohe Fehlerquote epidemiologischer Studien und Aussagen, die letztlich alle auf die statistischen Krankheits- und Todesdatenerfassungen zurückgreifen müssen.

F. L.

[1] S. Stolpe, B. Kowall, A. Stang „Qualität der Todesursachenstatistik bei Verwendung der Kodiersoftware IRIS/Muse“ Deutsches Ärzteblatt vom 17.11.23

## Vorab-Info

Der Deutsch-Schweizerische Fachverband für Strahlenschutz (FS) plant im Jahr 2025 unter der Federführung seines Arbeitskreises „Natürliche Radioaktivität“ in Chemnitz seine Jahrestagung abzuhalten. Die Vorbereitungen werden 2024 beginnen. U.a. sollen „Hinterlassenschaften“ des ehemaligen Uranerzbergbaus Expeditionensziele sein.



**Radonvorsorge****Die Radonvorsorgegebiete (RVG) der Bundesrepublik im Vergleich – Fortsetzung**

Einige Bundesländer reduzierten die Betrachtung auf bebaute und bebaubare Siedlungsflächen oder ordneten zumindest die geologisch relevanten Gemeindegebiete präzise zu, ohne starre Übertragung von RP, die eine Differenzierung von Radonbelastungen zuließ. Man war um die Eindeutigkeit der Festsetzung bemüht und sich gleichzeitig der Unsicherheit vor allem in Richtung weiterer Belastungsgebiete bewusst. Neufestlegungen von RVG nach dem Stichtag 31.12.20 gehen aus dem StrSchG nicht hervor. Dennoch schlossen fast alle Länder diese nicht aus, sondern arbeiten in Übereinstimmung mit dem Radonmaßnahmenplan des BfS [4] an neuen Messprogrammen zur Bestätigung und Erweiterung der Radonvorsorge.

Wie berechtigt die Herangehensweise ist, dokumentiert eine Bewertung der Autoren der BfS-Methodik selbst [5]. Sie schätzen die Radongefährdung > 300 Bq/m<sup>3</sup> auf etwa 345.000 Wohngebäude in Deutschland, was 1,9% entsprechen soll; bisher ging man übrigens von 3% aus. In den RP-Rastern > 44 der BfS-Kartierung befinden sich ca. 137.000 (0,8%) Wohnhäuser, davon 16% mit einem modellierten Anteil > 300 Bq/m<sup>3</sup> (22.000 Wohngebäude). Das wären lediglich 6,3% von den 345.000 zu erwartenden Belastungs-

objekten über dem Referenzwert. 323.000 liegen außerhalb errechneter RVG (RP > 44), über 50% sogar in geologisch gering gefährdeten Gebieten (RP < 22).

Die aus Modellrechnungen stammenden Zahlen werden sich, übrigens im Gegensatz zu Trend-Annahmen des BfS, mit zunehmender Datendichte eher deutlich erhöhen als bestätigen bzw. verringern. Es zeichnet sich aus Messprogrammen eine starke Inhomogenität im Altbaubereich ab. Das BfS formuliert hierfür: „... oder Ablagerungen bewusst nicht berücksichtigt.“ [5] S. 10 3.4 Letztlich erfordert dies eine aufwendige kleinteilige Bewertung jeder einzelnen Gemeinde und deren Teilgebiete.

**Präzisierung durch Datenzuordnung und Datenerweiterung**

Die bisher 3x3 km-Rasterung der Radonbodenluft, als Grundlage der RP-Vorhersage des BfS, erfuhr mit Veröffentlichung einer Radonbodenluftkarte 1x1 km am 25.01.22 eine Ergänzung mit nun fast 6.300 Messpunkten [3], zuvor etwa 3.000.

Weitere Präzisierungen seitens des BfS soll die Einführung eines Radon-Gefährdungsindex [5]

bringen, der allerdings lediglich auf Änderungen im Berechnungsverfahren beruht (mit „besserer räumlicher Kreuzvalidierter Leistung“) und noch keine anthropogenen Einflussfaktoren berücksichtigt.

Genau diese verursachen aber „die Abweichungen der Schätzungen in der Realität“.

Wichtiger ist folgende Präzisierung: *„Die mittlere Überschreitungswahrscheinlichkeit wird nur unter Berücksichtigung der bebauten Fläche innerhalb der Verwaltungsgrenzen der jeweiligen Gemeinde berechnet. Bei diesem Ansatz werden Vorhersagen für unbewohntes Land, Oberflächengewässer*

*oder Ablagerungen bewusst nicht berücksichtigt.“* [5] S. 10 3.4

**Kleinteiliger Bewertungsmaßstab**

Wenn man so will, wären Sachsen und Thüringen mit ihrer kleinteiligen Bewertung einer solchen Erhöhung der Prognosegenauigkeit vorausgeeilt. Während Sachsen mit 697 eigenen Messpunkten die 373 BfS-Bodenluftmessungen ergänzte (insgesamt 981 Daten zuzüglich fast 500 aus Vergleichsmessungen) verwendete Thüringen lediglich die 361 BfS-Messwerte und diese zu geometrischen Durchschnitten geogener RP.

Interessanter ist die unterschiedliche methodische Datenverwendung. Sachsen blieb auf Grund eines

vermeintlich geringen Anteils bindiger Böden bei der Komponente der Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Bodenluft und erstellte analog der BfS-Methodik eine Karte der Erwartungswerte im 1x1 km-Raster. *„Es wurde zunächst über die Fläche des Freistaates Sachsen ein regelmäßiges Raster mit einer Rastergröße von 1 x 1 km generiert und die 981 Messwerte der Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Bodenluft flächenhaft abstandsgewichtet auf die erzeugten 18.427 Rasterelemente interpoliert. Dafür wurde jedem Rasterelement eine geologische Einheit zugewiesen und die Messwerte zwischen den drei am nächsten gelegenen Messorten innerhalb einer geologischen Einheit auf Basis des Rasters invers abstandsgewichtet interpoliert. Bei einem Ort, ohne Messpunkte wurde der Wert durch ein gewichtetes Mittel der benachbarten gemessenen Werte geschätzt“* [6] S.22 Es erfolgte im Zusammenhang mit den jeweiligen Medianwerten und dem ermittelten Quantilsrang QR bei 40 kBq/m<sup>3</sup> Bodenluft eine Klassifizierung in „Unauffällige“ (QR 40 > 30%), „Auffällige“ (20-30%) und „Erhöhte“ (< 20%) geologische Einheiten. Aus einem Datenpool von über 8.000 Innenraum-Radonmessungen seit 1991 wurden 690 speziell selektiert (Wohnbebauung, Erdgeschoss, unterkellert) und analog dem BfS-Modell angepasst. *„In der Veröffentlichung des Bundesamtes für Strahlenschutz zur Prognose des geogenen Radonpotentials in Deutschland wird deshalb ein Aufenthaltsraum im Erdgeschoss eines voll-*

**Kleinteilige Betrachtung notwendig – ausreichende Stichproben erforderlich**

unterkellerten Massivhaus als Referenzsituation betrachtet (BOSEW, 2018).“ [6] S.30 „Während die Referenzwertüberschreitungshäufigkeit in Räumen, die den geologischen Einheiten in der Kategorie "Unauffällig" zugeordnet sind, weniger als 10 % beträgt, steigt die Häufigkeit in den der Kategorie "Auffällig" zugeordneten Räumen auf > 10 %. In den Räumen, die den geologischen Einheiten der Kategorie "Erhöht" zugeordnet sind, findet sich dagegen eine Überschreitungshäufigkeit des Referenzwertes von > 25 %.“ [6] S.34. Bayern konnte eine solche „Stabilität“ bei ähnlicher Klassifizierung nicht nachweisen (statt 690 Vergleichsdaten standen aber nur 102 zur Verfügung). Zurück zu Sachsen: „Die Flächenanteile der zu den Kategorien "Unauffällig", "Auffällig" und "Erhöht" zusammengefassten geologischen Einheiten innerhalb der einzelnen sächsischen Gemeinden wurden addiert. Nach dem § 153 Absatz 2 der StrSchV sind Radonvorsorgegebiete auszuweisen, wenn auf 75 % der Fläche einer Verwaltungseinheit aufgrund der Prognosen in mindestens 10 % der Gebäude der Referenzwert überschritten wird. **Liegt der Flächenanteil der Klassen "Auffällig" oder "Erhöht" innerhalb einer Gemeinde bei mehr als 75 %, ist diese Gemeinde als Radonvorsorgegebiet auszuweisen.**“ [6] S.41

Die Bewertung der Gemeinden erfolgte aber nicht starr nach dem beschriebenen Verfahren, sondern dem Anteil „Auffällig“ in bebauten Gebieten wurde besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Ebenfalls wenn trotz

hohen Anteilen „Unauffällig“ bekannt war, dass die Radon-Innenraumkonzentrationen stark zu Referenzwertüberschreitungen neigen. Dann wurde der Ausweisung zum RVG der Vorzug gegeben (und umgekehrt!).

Thüringen nahm auch eine kleinteilige Bewertung vor, aber auf begrenzter Datenbasis und ohne die geschilderte direkte Einbeziehung vorliegender Innenraummessungen. Nur das Entscheidungskriterium  $RP > 44$  war ausschlaggebend, wobei eine spezifizierte Neuberechnung der Potentiale vorgenommen wurde, die von der interpolierenden Methodik des BfS [1] nichts mehr an sich hatte (siehe oben). Insbesondere bei geologischen Formationen mit dünner Datendecke verringert sich nicht nur der Wahrscheinlichkeitsgrad, sondern die Prognose erfährt eine falsche Auslegung. Thüringen gibt eine Datendichte für die Summe ausgewiesener Vorsorgegebiete von 0,05 Bodenluftwerten pro Quadratkilometer an. Dieser Wert beträgt in Sachsen mit etwa 0,35 das Siebenfache, wobei vorzugsweise in erwarteten Schwerpunktgebieten nachgebessert wurde. Im Vergleich zu Sachsen muss die Prognosegenauigkeit Thüringens als unzureichend bewertet werden. Insbesondere dadurch, dass in Ostthüringen ohne einen rechtskräftigen Messwert eine Ausweisung allein auf Verdacht des ehemaligen Uranbergbaus hin erfolgte. Uranerzbestände in großen Tiefen werden alternativ zur Begründung angegeben und damit fehlende Bodenluftmessungen in 1 m Tiefe ersetzt; örtlich geringe ODL-

und Uranbodengehalte negiert.

#### **Ausblick**

Künftig werden kleinteilige Betrachtungen in den Gemeinden mit Orts- und Stadtteilen im Fokus einer belastungsorientierenden Radonvorsorge stehen. Das bisherige System der geogenen Radon-Prioritätsgebiete ist auf den ersten Blick zwar kosteneffizient, da der Ressourcenaufwand zur Ermittlung von Überschreitungen des gesetzlichen 10%-Anteils belasteter Objekte geringer erscheint, als etwa aufwendige Einzelobjektmes-

**Praktikable Lösungen sind gefragt**

sungen. Allerdings liegt die Mehrzahl der Radon-Innenraumüberschreitungen außerhalb der geogen identifizierten Schwerpunkte. Eine wirksame Verringerung des radonbedingten Lungenkrebses erfordert die Einbeziehung von Gebieten, deren geologische Radonbelastung unter einem  $RP$  von 44 liegt. Inwieweit Korrelationen zur Innenraumbelastung sinnvoll verwendet werden können, ist nach wie vor ungeklärt.

#### **Ein Vorschlag zur Güte**

Die seit 1990 mit Unterbrechungen andauernden Untersuchungen des Kirchlichen Umweltkreises, die auch fortlaufend im Strahlentelex auszugsweise dokumentiert werden, lassen eine andere Sichtweise erwarten. Der Grad der anthropogenen **Einflussparameter im Altbaubereich ist so hoch, dass das 10%-Kriterium keinerlei stabile geogene Einordnung zulassen wird**, außer vielleicht bei sehr niedrigen Radonpotentialen.

Die Festsetzung von Vorsorgegebieten sollte daher auf eine **andere Art von Referenzobjekten** als bisher (Gebäude mit vollunterkellertem Erdgeschoss) bezogen werden. Maßstab wären Neubauten mit normierten Feuchteschutz und normierter Bodenplattenaufbauentsprechung „Stand der Technik“ sowie energetischer Dämmung nach Energieeinsparverordnung bzw. Gebäudeenergiegesetz (reduzierte Luftaustauschrate). Nur geogene Untergründe, die diese „Hürde knacken“ wären prädestiniert, ein juristisch relevantes Radonvorsorgegebiet mit den baulichen Auflagen zur

Radonminderung zu sein. Der Arbeitsplatz- und Altbauproblematik ist eine staatlich geförderte Aufmerksamkeit in Form „Radonnachsorge“ mit akzeptabler finanzieller Beteiligung der Haus- und Grundstückbesitzer zu schenken. Dafür lassen sich verschiedene Szenarien der Umsetzung und Priorisierung entwickeln sobald eine einheitliche Linie vereinbar wäre.

#### **F. Lange**

[1] P. Bossew, B. Hoffmann: Die Prognose des geogenen Radonpotenzials in Deutschland und die Ableitung eines Schwellenwertes zur Ausweisung von Radonvorsorgegebieten“, BfS 2018

[2] Radonhandbuch, BfS nur online: [www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/ion/radon-handbuch.html](http://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/ion/radon-handbuch.html) 2019

[3] Radon-Kartierung BfS im [www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/luft-boden/geoportal/geoportal\\_node.html](http://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/luft-boden/geoportal/geoportal_node.html)

[4] Radonmaßnahmenplan, BMU Referat SII2, März 2019

[5] E. Petermann, P. Bossew: „Mapping indoor radon hazard in Germany: The

geogenic component“ („Kartierung der Radongefahr in Innenräumen in Deutschland –

Die geogene Komponente“, Science of the Total Environment 780 (2021) 146601

[6] Schriftenreihe des LfULG, Heft 17/2020

## Radonvorsorge

### Die Ausweisung von Radonvorsorgegebieten in Thüringen – wissenschaftlich fundierte Methode oder Scheinwissenschaft – Teil 4: realitätsnahe passive Messung der Radon-222-Bodenluft-Aktivitätskonzentration (Rn-BLK)

von Frank Ullrich, Gera

In den bisherigen Teilen dieser Reihe wurde die fachliche Basis der Ausweisung von RVG sowohl in Thüringen, aber auch auf Bundesebene (BfS) bereits dargelegt und kritisch hinterfragt. Es zeigt sich, dass die seit vielen Jahren geübte berechnete Kritik an der Grundphilosophie (Nutzung von Bodenluft- statt Innenraum-Radondaten) zum einen und die Verwendung fehlerhafter und ungeeigneter Probenahme- und Messmethoden sowohl von den Bundesbehörden (BMU, BfS) als auch den zuständigen Landesbehörden konsequent ignoriert wird und die darauf aufgebauten RVG-Ausweisungen eher politischen Wünschen, denn wissenschaftlich und fachlich belastbaren Fakten folgen. Die in Europa fast singuläre Entscheidung des BfS und BMU, Kurzzeit-Bodenluftmessdaten als Entscheidungskriterium für die RVG-Ausweisung zu benutzen, führt zu großen, methodisch vermeidbaren Unsicherheiten und letztendlich zur Gefährdung der Gesundheit von Millionen von Bürgern, die sich beim Radonenschutz, mangels eigener Einschätzungsmöglichkeiten, auf die (nicht gegebene) Seriosität der behördlichen Entscheidungsträger verlassen müssen.

Neben dem Grundproblem, dass Bodenluftmessungen grundsätzlich die unsicherste und damit schlechteste Bewertungsbasis darstellen, werden die Zweifel an der Seriosität der bisherigen Vorgehensweise durch die beratungsresistente An- und Weiterverwendung von ungeeigneten und fehlerhaften Kurzzeitverfahren durch das BfS und Landesbehörden noch verstärkt. Dies ist vollkommen unnötig, da es schon seit vielen Jahren, mit passiven integrierenden Radon-Bodenluft-Messverfahren, bessere Alternativen gibt.

Inzwischen existiert ein praxistaugliches, praxiserprobtes und patentiertes, passives Rn-BLK-Messsystem, welches wesentliche Unzulänglichkeiten und Verzerrungen der realen Messbedingungen der aktiven Rn-BLK-Spotmessungen verhindert. Es kann weitgehend realistische, mit Ganzjahres-Innenraum-Radonmesswerten vergleichbare, unter Realbedingungen erzeugte Langzeit-Rn-BLK-Messwerte liefern. Das System ist dem BfS seit spätestens 2020 bekannt, wird aber, offenbar aus Angst, die bisherige, unnötigerweise extrem teure und fachlich fragwürdige Vorgehensweise des BfS

in Frage stellen zu können, konsequent ignoriert. Neben diesem Messsystem für die Größe Rn-BLK wurde inzwischen ebenfalls ein universell einsetzbares Messsystem zur realitätsnahen Kurzzeitbestimmung der Gasdurchlässigkeit des Bodens (Gaspermeabilität-GP) entwickelt, welches die bereits erläuterten Unzulänglichkeiten und Fehler der bisher benutzten gängigen GP-Messsysteme ausschließt und somit für realistische Kurzzeit-GP Werte liefert. Die Vorteile und Einsatzgrenzen des Radon-Messsystems wird nachfolgend in diesem, die des GP-Systems im nächsten Fachbeitrag (Teil 05) vorgestellt und beleuchtet.

#### Passives Radon-Bodenluft-Langzeit-Messsystem:

Das System wurde durch die Firma B.P.S. Engineering GmbH unter Bereitstellung einer angepassten Detektorgeometrie des bewährten Detektormaterials CR-39 der Firma Altrac entwickelt.

Es beseitigt bzw. reduziert Mängel und Nachteile bisheriger passiver Rn-Bodenluft-Messverfahren und bietet eine fachlich fundiertere und preiswertere Alternative zu den bisher allgemein üblichen aktiven Kurzzeitmessungen mittels elektronischer

Messgeräte oder Messkammern in der Bodenluft. Es ermöglicht, kostengünstig und schnell Radon-Bodenluft-Messpunkte zu installieren und integrierende, qualitätsgesicherte Langzeitmessungen (bis zu ca. 1 Jahr

Messzeit bei einer mittleren Rn-BLK von bis zu 200 kBq/m<sup>3</sup>) durchzuführen.

Wesentliche Schwerpunkte der Entwicklung wurden gelegt auf:

- Minimale Bodenveränderungen (geringer Schutzrohrdurchmesser von 10 mm)
- Einfachste Installation (Vorbohren 8 mm, Einbringen Schutzrohr 10 mm, Ausdrücken der „verlorenen Spitze“)
- Lange Expositionszeit (bis zu 1 a bei ca. 200 kBq/m<sup>3</sup>)
- Weitgehend gegen Bodenwasser geschützt
- einfacher und beliebiger Detektorwechsel ohne Veränderungen der Messbedingungen
- geringe Systemkosten
- Unterbindung Th-Einfluss
- Durch Detektoranbieter (anerkannte Messstelle) abgesicherte Qualitätssicherung

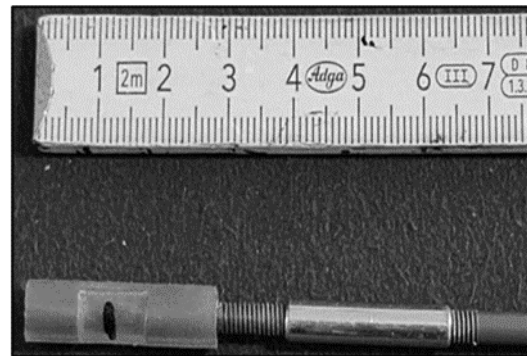
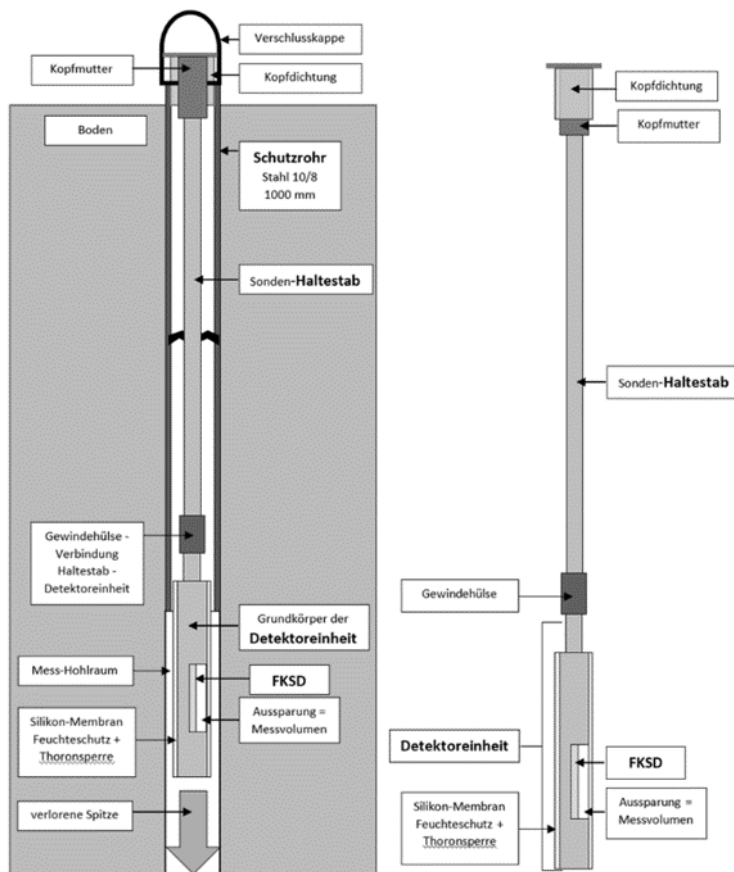
Aufbau und Einsatzbereiche der messbaren Rn-BLK bei maximaler Rn-222-Exposition sind in der nachfolgenden Grafik Abb.1 und Tabelle 1 aufgeführt. Das System besteht aus den folgenden Komponenten:

1. Detektoreinheit mit Altrac-FKSD
2. Äußeres Schutzrohr mit „verlorener Spitze“
3. Detektor-Haltesystem mit Schutzrohrverschluss
4. Schutzkappe

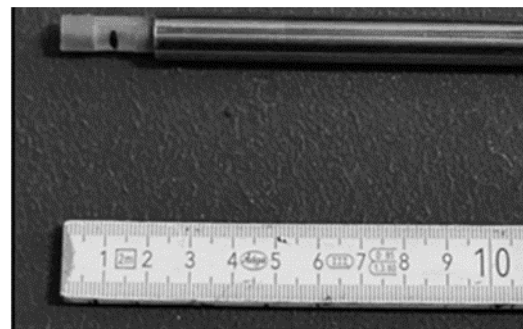
#### Benötigte Technik

- (Akku) Bohrerhammer ca. ≥ 2,1 Joule
- Hammerbohrer d = 8 mm L = 100 cm
- Einschlaghilfe (Griffstück)
- Hammer

**Bild 1: Schema Sondaufbau**



**Bild 2: Detektoreinheit mit Altrac-FKSD am Haltestab**



**Bild 3: Detektoreinheit im Schutzrohr**



**Bild 4: Kopfdichtung mit Verschlusskappe**

**Tabelle 1: Einsatzbereich des Rn-BLK-**

Expos.	1.700.000 kBq*h/m³		= Exposition-Max.		
	Rn-Konz. [kBq/m³]	h	Tage	Wochen	Monate
10	170.000	7.083	1.012	233	für RP=44 bei GP=1E-11
44	38.636	1.610	230	53	
100	17.000	708	101	23	
194	8.760	365	52	12	
220	7.727	322	46	11	für RP=44 bei GP=1E-15

**Optional:**  
 - Bohrhilfe  
 - Rohrdurchführung  
 - Ziehgerät

Die Einbautiefe von Bodenoberfläche bis Mitte Detektor beträgt aktuell ca. 97,5 cm. Wird die verlorene Spitze statt der 5 cm um 10 cm aus dem Halterohr nach unten in den Boden gedrückt, entsteht ein Messvolumen im Bereich von ca. 106 – 96 cm und eine mittlere Messzylindertiefe von 101 cm. Der zusätzliche Hohlraum unterhalb des Detektors bildet

gleichzeitig ein „Reservolumen“ für sich ggf. temporär ansammelndes Wasser und schützt (bis zu einem gewissen Grad), zusätzlich zur wasserdichten Diffusionsmembran, den Bereich der Detektoreinheit vor dauerhaft stehendem Wasser. Messungen in unterschiedlichen Messtiefen sind durch Kürzung/Verlängerung von Schutzrohr und Detektor-Haltesystem sehr einfach realisierbar. Als Schutzrohr eignen sich Stahlrohre mit einem Innendurchmesser von 8 mm, Außendurchmessern

von 10 – 12 mm und einer Länge von 100 cm. Als Standard hat sich ein Stahlrohr 8/10 mm/ 100 cm bewährt.

**Ablauf - Installation eines Messpunktes:**

1. Vorbohrung d = 8 mm, L = 100 cm (z.B. Akkubohrhammer ca. 2 Joule + Betonbohrer 1 m)
2. Eindrücken bzw. vorsichtiges Einschlagen des Halterohres mit zuvor eingesetzter verlorener Spitze (Überstand über Boden. ca. 4 cm zum Ziehen des Halterohres bei Bedarf.)

3. Ausdrücken /Ausschlagen der verlorenen Spitze
4. Entnehmen der komplett gelieferten Detektoreinheit aus der Lieferverpackung
5. Anschrauben der Detektoreinheit an die Haltestab-Gewindehülse am unteren Stabende
6. Einschieben des Haltestabes in das Schutzrohr
7. Eindrücken Kopfdichtung ins Halterohr
8. Aufsetzen der Verschlusskappe

Abschluss der Ersteinrichtung eines Rn-Bodenluft-Messpunktes, Gesamtdauer ca. 5 - 10 min.

**Ablauf – Detektorwechsel:**

1. Abnehmen der Schutzkappe
2. Ziehen Haltestab
3. Abschrauben der alten Detektoreinheit und luftdichte Verpackung derselben
4. Einschrauben der neuen Detektoreinheit
5. Einsetzen Haltestab
6. Andrücken der Kopfdichtung
7. Aufsetzen der Verschlusskappe

Der Zeitaufwand bewegt sich hierfür üblicherweise im Bereich von ca. 3 min. Das Halterohr dichtet sich für die im Normalfall geringen auftretenden natürlichen Druckdifferenzen (i.d.R. < 10 Pa) großflächig im Boden selbst ausreichend ab.

**Vergleich passives Langzeit- und aktives Kurzzeit-Messsystem**

Im Unterschied zu den gängigen aktiven Kurzzeit-Probenahmeverfahren, bei denen mit Unterdrücken bis in Bereich von 30 kPa und mehr die Luft aus dem Boden herausgesaugt wird, arbeitet ein passives System immer unter den Bedingungen, die sich im realen Boden selbständig einstellen. Die, je nach Bodenbeschaffenheit und eingesetzter Vakuumpumpe, bei aktiven Probenahmen im Boden

künstlich erzwungenen Unterdrücken verzerren die realen Druckgradienten und damit die Bodenluftverhältnisse in der Umgebung der aktiven Messsonde, können zu unkalkulierbaren Veränderungen in der Bodenstruktur und damit zu von der Realität völlig abweichenden Messergebnissen für die Rn-BLK führen. Je nach konkretem Bodenaufbau besteht hierbei zusätzlich die Gefahr, dass nicht kalkulierbare Außenluftanteile in die Bodenmessluft im Bereich des Packers über den Boden am Packer vorbei angesaugt werden und nicht erkennbar, zu geringen Rn-BLK-Messergebnissen führen (Bild 5). Dieser Effekt ist nicht durch die seit einiger Zeit bei jeder aktiven Bodenluftmessung mitzumessenden CO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub>-Konzentration erkennbar, da sich hierbei die entsprechenden Konzentrationen in der Messluft gemäß einer einfachen Mischungsregel ausbilden, die konkreten, wahren Messwerte für Rn, CO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> für den jeweiligen Probenahmepunkt unbekannt sind und die Größen Rn- und CO<sub>2</sub>-Konzentration im Boden natürlicherweise sehr stark variieren können (z.B. CO<sub>2</sub>: 0,3 – 5 %) und sich die O<sub>2</sub>-Konzentration zwischen Boden und Außenluft nur

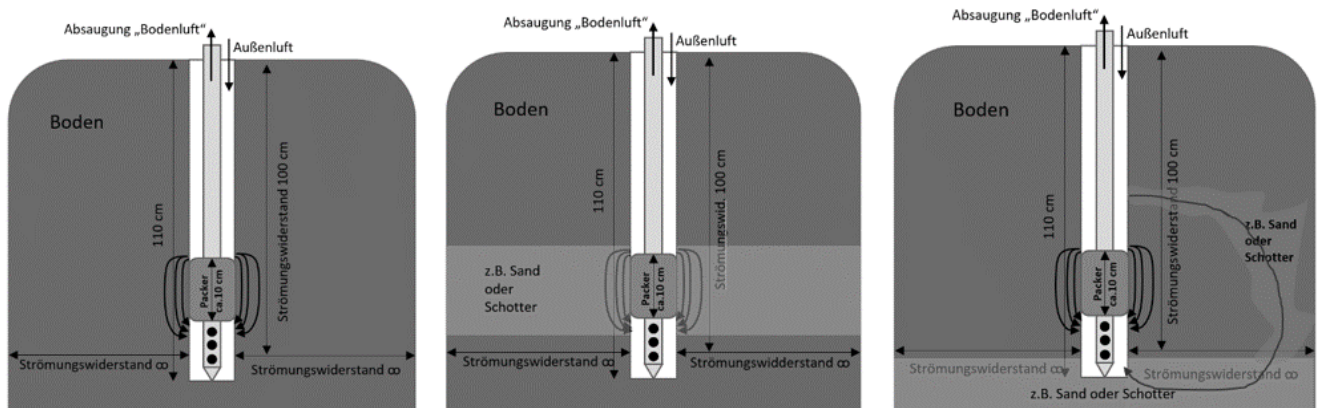
geringfügig unterscheiden (20,6 % im Boden zu 20,9 % in der Außenluft). Mit der aktuell üblichen, zusätzlichen Verfolgung der Messgrößen CO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> sind deshalb lediglich deutliche Veränderungen der Messbedingungen während der Messung (z.B. undicht werdende Packermanschette, plötzliche Öffnung oder Verschluss von zusätzlichen Bodenluftwegsamkeiten, u.ä.) erkennbar. Diese, beim aktiven Anlegen eines „künstlichen“ Unterdruckes nicht erkennbare Fehlereinflüsse, werden bei passiven Messungen auf ein Mindestmaß reduziert oder im günstigsten Fall komplett ausgeschlossen. Beim hier dargestellten passiven Messsystem können selbst bei deutlich erhöhten mittlere Rn-BLK-Werten Messzeiten bis zu einem Jahr und damit Rn-Langzeitmittelwerte, die mit den für die Referenzwertkontrolle in Innenräumen zu benutzenden Radon-Jahresmessungen vergleichbar sind, realisiert werden. Soll eine Zeitfolge von Rn-BLK-Mittelwerten für kürzer Messzeiträume aufgenommen werden, so ist mit diesem System (konstruktionsbedingt) jederzeit ein Detektorwechsel (Dauer ca. 1 min) möglich, ohne

dass dabei, wie bei bisherigen passiven Systemen üblich, Veränderungen am im Boden eingebauten Messsystem vorgenommen werden müssen. Mit einer unteren Nachweisgrenze von ca. 10 kBq/m<sup>3</sup> nach einen Tag Messzeit sollten alle sinnvollen Bodenluft-Messbedürfnisse abdeckbar sein. Da die Messung mit seit vielen Jahren bewährten und allseits eingeführten Festkörperspur-Detektoren einer anerkannten Radonmessstelle erfolgt, erübrigen sich Aufwendungen für Kalibrierungen und sonstige Maßnahmen der Qualitätssicherung, die für aktive Messsysteme zwingend und zyklisch erforderlich sind. Die Sicherstellung der Qualitätsstandards der passiven Detektoren liegt vollständig in der Hand des Anbieters, der Altrac GmbH. Das Haltesystem ist mehrfach wiederverwendbar.

**Plausibilität beider Verfahren**

Oft wird bei passiven Messsystemen der Vorwurf erhoben, durch das Fehlen aktiver Luftansaugung würde Radon nur durch Diffusion zum passiven Detektor gelangen und damit nur ein kleiner Bodenbereich um den

**Bild 5: Variantenauswahl der Luftwegsamkeiten bei aktiver Unterdruck-Probenahme (schematisch)**



Detektor bei der Messung erfasst werden. Als Diffusionsradius werden hierbei je nach Bodenart einige cm bis wenige Meter genannt [1]. Wogegen aktive Probenahmen sowohl Diffusion als auch eine aufgezwungene Konvention bewirken und Radon aus einem größeren Bodenbereich erfassen würden. Dazu ist anzumerken:

**1. Die DIN EN ISO 11665-11 [2] führt hierzu Widersprüchliches aus:**

• „Die Extraktion von Bodenluft während der Probenahme reduziert den Druck im Porenraum und beeinflusst dadurch die Phasen- und Lösungsgleichgewichte. Um diese Einflüsse insbesondere bei Kurzzeit-Probenahmen zu begrenzen, werden Volumina < 1 Liter und Durchflussraten von maximal 2 Liter/min empfohlen. Bei Böden, die eine geringe Gaspermeabilität und ein geringes Luftporenvolumen besitzen, sollten noch geringere Durchflussraten

verwendet werden siehe ISO 10381-7“, S.12

• „Tabelle A. 1 — Radius r eines kugelförmigen Bereichs homogenen Erdbodens, der das entnehmbare Volumen Vs der Bodenluft beinhaltet: 0,07 – 0,62 m.

ANMERKUNG: Es ist nahezu unmöglich, in Böden mit geringer Permeabilität eine großvolumige Bodenluftprobe zuzunehmen.“, S. 16

• D.2 Packer-Sonden „... Nachdem zur Vermeidung einer Kontamination mit Luft aus der Atmosphäre 10 bis 15 Liter Bodenluft aus dem Bohrloch abgepumpt wurden, werden 100 ml bis 2 Liter (abhängig von der Größe des Probenbehälters) für die Radonmessung entnommen...“, S. 25

**2, Die Ausweisung** von RVG erfolgt im Bundesmodell mittels 3471 Radonpotentialmessungen, welche eine Fläche von 357595 km<sup>2</sup> der BRD repräsentieren sollen. Damit steht ein RP-Messort (Mittelwerte

von3 Einzelmesspunkten im Abstand von 5 m gemittelt) für eine mittlere Fläche von ca. 103 km<sup>2</sup> [3]

**3. Für Sachsen**, als das am besten „vermessen“ Bundesland, sieht diese Rechnung wie folgt aus: Aus 570 Werten des RP und einer Landesfläche 89416 km<sup>2</sup> folgen ca. 32 km<sup>2</sup>/Messpunkt bzw. ohne Berücksichtigung der GP (nur Rn-BLK-Messwerte) mit 981 Messorten folgen ca. 19 km<sup>2</sup>/ Messort. [4]

Wie man leicht sehen kann, ist es praktisch vollkommen unerheblich, ob ein Einzugsbereich von 50 cm oder nur 20 cm um den Probenahmepunkt als repräsentativ für eine einige 10 km<sup>2</sup>-große Fläche angesehen werden. Jedem seriösen Fachkundigen (z.B. das BfS als auch die BfS-Bodenluft-Gutachter), der sich schon einmal mit der praktischen Messung der Parameter Rn-BLK und GP befasst hat, ist bekannt, dass sich beide Größen, auf einer ansonsten „scheinbar

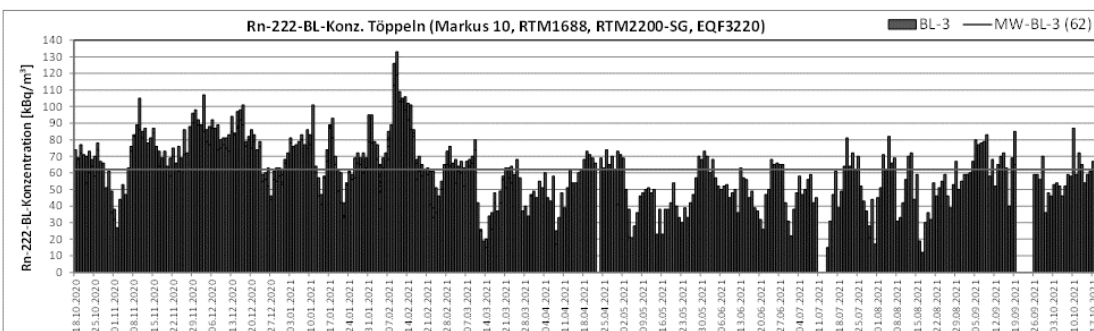
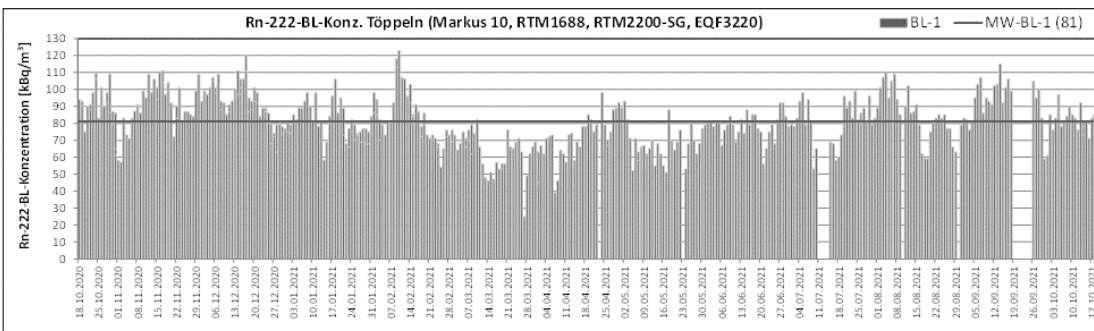
homogenen“ Fläche, über geringe Entfernungen von wenigen Metern (z.T. auch nur Dezimetern) signifikant ändern können!

Die nachfolgenden Grafiken (Bild 6 und Bild 7) zeigen für zwei Messpunkte (Messpunktabstand BL-1-BL-3: ca. 2 m) den Jahresverlauf der Rn-BLK im Zeitraum 18.10.2020 - 18.10.2021 (jeweils mindestens 1 x täglich gemessen) an in einem westlich von Gera gelegenen Vorort (kein RVG!).

Die arithmetischen Jahresmittelwerte betragen: BL1/BL3 = 81/62 kBq/m<sup>3</sup>. Die Einzel-(Tages-) Messwerte schwanken im Jahresverlauf zwischen ca. 6 kBq/m<sup>3</sup> und 133 kBq/m<sup>3</sup> (Faktor 22). Die Jahresmittelwert unterscheiden sich zwar ebenfalls deutlich (81/62=1,31) aber wesentlich geringer als die Tages-Einzelwerte im Jahresverlauf.

An Hand derartiger Messungen, welche ebenfalls durch aktive Langezeitmessreihen anderer Fachkollegen bestätigt werden, stellt sich die Frage nach der Repräsentativität aktiver

**Bild 6: Jahresverlauf der Rn-BLK am Messpunkt BL-1 und Bild 7: Jahresverlauf der Rn-BLK am Messpunkt BL-3**



Einzelmessungen und damit nach der Sinnfälligkeit und wissenschaftlichen Belastbarkeit der den Radongebieteausweisungen zu Grunde liegenden aktiven Spot-Messungen.

Integrierende passive Messungen, können demgegenüber augenfällig deutlich repräsentativere Mittelwerte der Rn-BLK liefern.

Auch sind passive Messungen selbst für sehr dichte Böden, bei denen eine aktive Bodenluftprobenahme nicht oder kaum möglich ist (siehe [2], S. 16), in der Lage, reale Langzeitmittelwerte der Rn-BLK bestimmen.

Ob hierzu zwingend Ganzjahresmessungen erforderlich sind, oder für akzeptable Unsicherheiten des Jahresmittelwertes auch kürzere, passive Messzeiträume (z.B. 1 Monat, 1 Halbjahr o.ä.) möglich sein sollten, könnte (wenn gewollt) Gegenstand noch zu führender fachlicher Diskussionen sein.

Abschließend sollte darauf hingewiesen werden, dass natürlich auch die hier aufgeführten passiven Langzeitmessungen die grundsätzlichen physikalischen Schwächen, die aus der Verwendung der Messgröße „Rn-Bodenluft“ resultieren, nicht vollständig beseitigen können. Zusätzliche Fehlereinflüsse der aktiven Messungen können aber mit dem passiven System soweit wie möglich minimiert werden.

So zum Beispiel besteht mit länger werdender Messdauer manchmal ein ansteigendes Risiko, dass am Detektor zeitweise anstehendes Bodenwasser den Rn-BLK-Langzeitwerte verfälschen kann. Bei den bisher (unter Realbedingungen) durchgeführten ca. 100 passiven Langzeitmessungen waren Nässeinflüsse in ca. 5 % der Messungen zu beobachten.

Ebenfalls kann auch eine passive BL-Messung keine Repräsentativität für eine große Fläche

gewährleisten. Für die bisher praktizierten Messung der Rn-BLK an von Wohngebäuden weit entfernten Messorten bleibt selbstverständlich die Zulässigkeit der administrativen Zuordnung dieser BL-Messwerte zu Langzeit-Innenraum-Messwerten nach wie vor fraglich.

Dennoch wird durch das vorgestellte passive Radon-BL-Messsystem soweit irgend möglich, die Aussagekraft und Zuverlässigkeit der Rn-BLK-Messung bei gleichzeitig deutlicher Kostensenkung und Effizienzsteigerung erhöht. Der momentan favorisierte Irrweg über die Erfassung von immer mehr zusätzlichen Messparametern und die Versuche, der Korrektur der aktiv gewonnenen Messergebnisse durch KI-Vielparameter-Modellierung, werden hiermit fachlich obsolet.

**Unser Autor Frank Ullrich ist Dipl.-Physiker und über drei Jahrzehnte im Strahlenschutz und im radiologischen Messdienst tätig.**

[1] BfS -RESFOR-63/12-Bd.1

[2] DIN EN ISO 11665-11

[3] BfS - „Die Prognose des geogene Radonpotentials in Deutschland und die Ableitung eines Schwellenwertes zur Ausweisung von Radonvorsorgegebieten“ - BfS-SW-27/18

[4] LfULG - „Ausweisung von Radonvorsorgegebieten in Sachsen“-Schriftenreihe, Heft 17/2020

[5] Radon Analytics – Bonner Sonde – Gerätebeschreibung – Juni 2011

## Vorschau

### Strahlenbelastung im Gesundheitswesen

Kernthema der nächsten Strahlentelex-Ausgabe bilden Strahlenbelastungen im medizinischen Bereich. Um 130 Millionen Mal werden jährlich in Deutschland Röntgenaufnahmen realisiert; am häufigsten beim Zahnarzt. Der Anteil der **strahlungsintensiven Computertomographie (CT)** beträgt in etwa 10 %, dabei hat sie fast zwei Drittel der medizinisch verabreichten Strahlungsdosen zu verantworten.

Der Hauptbeitrag von Frau Prof. Inge Schmitz-Feuerhake im kommenden Strahlentelex, Ausgabe 02/2024, gibt unter Einbeziehung der internationalen Studienlage einen Überblick zu Auswirkungen der Röntgen-Diagnostik auf die Dosisbelastung von Patienten und stellt den Zusammenhang zur schleichenden Ignorierung der LNT-Betrachtung und der gesamten Niedrigstrahlungs-Problematik heraus. LNT steht für die Bewertung der Strahlenbelastung ohne eine Schwellenwertbindung. LNT vermeidet, dass erst ab bestimmten, vermeintlich epidemiologisch ermittelten Strahlendosen von schädigenden Wirkungen im Organismus ausgegangen wird. Der Beitrag weist auf den offensichtlichen Zusammenhang hin, dass mittels Behauptung unschädlicher Strahlendosisbereiche unterhalb eines Schwellenwertes die Unbedenklichkeit gegenüber der radiologischen medizinischen Anwendung, aber auch gegenüber der Atomstromerzeugung/-nutzung begründet werden soll. Die

Befeuerung des gegenwärtigen Diskussionsprozesses, die Atomkraft zur klimaneutralen Alternative zu erklären, schreckt vor einer Verniedlichung nicht nur des Gefahrenpotentials zurück. Auch sämtliche Studien, die die Wirkungen der Niedrigstrahlung im biologischen Kontext belegen, werden negiert. Die Auswirkungen strahlungsintensiver Computertomographie auf Leukämieerkrankungen im Jugendalter ist nur ein Beispiel nachgewiesener Schädigung im sogenannten Niedrigstrahlungsbereich. Die Autorin stellt frühere und neue Ergebnisse zum somatischen (körperbezogenen) und genetischen Strahlenrisiko vor, die einen „Schwellenwert“ ad absurdum führen. So ein Wert mit gegenwärtig anvisierten 100 mSv soll für jede Applikation, ob akut oder chronisch oder gesplittet, unabhängig temporärer Wirkbereiche gelten. Generell gibt es für medizinische Anwendungen keine Grenzwerte, die einen Schwellenwert rechtfertigen würden.

Weitere Beiträge der kommenden Strahlentelex-Ausgabe zeigen Belastungsbereiche medizinischer Untersuchungen auf und belegen am konkreten Praxisbeispiel die Differenziertheit der Problematik. Aktuellste Veröffentlichungen des vergangenen Jahres zur Thematik sollen allgemeinverständlich zusammengefasst dargestellt werden.

## Klageverfahren gegen den Bund

### Für und Wider der Uranaltlastsanieierung in Thüringen

„Altlastenklagen“ der Länder Sachsen und Thüringen gegen den Bund wurden am 15.11.23 vom Bundesverfassungsgericht (BVerfG) abgelehnt. Da Thüringen die nicht in Rechtsträgerschaft der Wismut GmbH stehenden Uranbergbau-Altlasten voreilig als nichtsanierungswürdige „Hinterlassenschaften“ behandelt, wäre die Klageeinreichung ohnehin unvollständig bzw. für die Zukunft dieser Standorte unnütz. Für die 82 Uranaltlastobjekte des Landes sehen die „Landesjuristen“ keinen Sanierungsbedarf. Wenn „wider Erwarten“ einzelne Probleme auftauchen (die mit zunehmendem Alter und selbstredend bei jeder Nutzungsänderung eintreten!), gedenkt die Landesbehörde Sanierungsanordnungen zu erlassen: „Bei Feststellung einer Überschreitung des gesetzlichen Referenzwertes liegt dann eine radioaktive Altlast vor. Im Sinne des Gesetzes ist in der Folge ein Verantwortlicher heranzuziehen, an den eine entsprechende Sanierungsanordnung zu richten ist, gegebenenfalls muss eine Ersatzvornahme erfolgen.“ [1] Was hat dann das Problem noch mit der „Altlastklage“ gegen den Bund zu tun? Die jahrzehntelange Vernachlässigung

der Uranaltlastflächen wurde jedenfalls stets mit dem Hinweis auf den nicht ausreichend finanzierten Altlast-Ablösevertrag mit dem Bund begründet.

#### Altlastablöseverträge

Als erstes Bundesland verließ Thüringen 1999 das im Zuge der deutschen Einheit geschlossene Verwaltungsabkommen Bund-Länder für vor dem 1. Juli 1990 verursachte Umweltschäden, sogenannte „vereinigungsbedingte ökologische Altlasten“. Für die Finanzierung dieser Schäden zur Haftungsfreistellung der aktuellen Eigentümer sah das Abkommen eine Kostenteilung vor, i.d.R. 60% Bund und 40% Land (bei Großprojekten 25%). Wegen ungenannter „praktischer Probleme“ bei der Umsetzung wurde ein einmaliger Ablösebetrag von 1,3 Mrd. DM im Rahmen eines Generalvertrages vereinbart, der einen Verantwortungsübergang beinhaltete und die zuständige Bundesagentur altlastfrei stellte. Der nicht öffentliche Vertrag finanzierte in der Folge vorwiegend Sanierungen im aktiven Kalibergbau Thüringens. „Für den Fall, dass die Kosten tatsächlich höher ausfielen als angenommen, sollte unter bestimmten Voraussetzungen über die Mehrkostenverteilung verhandelt werden. Nach Berechnungen Sachsens und Thüringens wird mehr Geld für die Altlastensanierung benötigt als angenommen. Der Bund war nicht zu Verhandlungen bereit.“ [2]

#### Generalvertrag Thüringen

Inhaltlich war und ist der Vertrag nie öffentlich zugänglich, ebenso die Nachweise der verwendeten Mittel. Das galt jahrelang (bis dato?) selbst für die zuständigen Fachbehörden des Landes. Aus dem Beschluss des Bundesverfassungsgerichtes [3] geht zumindest hervor: „Im Generalvertrag mit dem Antragsteller zu II. gingen die Vertragsparteien von einem Gesamtsanierungsaufwand von etwa 1,3 Milliarden Deutsche Mark aus, wobei über die Hälfte der geschätzten Kosten auf das Großprojekt „Kali“ entfiel. Sollte nach Ablauf von zehn Jahren nach Wirksamwerden des Generalvertrags aus dem Jahr 1999 feststehen, dass dem Land bis dahin aufgrund des Vertrages Mehrausgaben von über 20 % der dem Vertrag zugrunde gelegten Gesamtkosten entstanden sind, wollten die Parteien in Verhandlungen über die Kostenteilung hinsichtlich der Mehrkosten treten. Im Jahr 2009 zeichnete sich ab, dass die Kosten für die beiden Großprojekte „Rositz“ und „Kali“ wesentlich höher ausfielen, als zunächst in der Kostenschätzung des und die Kostengrenze in den überschritten würde. Nach Berechnungen des Antragstellers zu II. wurde die Kostengrenze tatsächlich im Jahr 2017 überschritten. Nach diversen Schriftwechseln forderte der Antragsteller zu II. mit Schreiben vom 2. Dezember 2020 die Antragsgegnerin sowie die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben

unter Fristsetzung bis zum 21. Dezember 2020 und Klageandrohung abschließend auf, die Ansprüche des Antragstellers auf Nachverhandlungen zur erneuten Kostenbeteiligung anzuerkennen und hierzu in Verhandlungen mit dem Antragsteller einzutreten. Eine Reaktion auf diese Schreiben erfolgte nicht.“ [3] S. 8

#### Folgen für Thüringische Uranaltlasten

Aus dem für Nichtjuristen schwer zu verstehenden Ablehnungsbeschluss des BVerfG, der einer Nichtklagezulassung gleichkommt, folgt, dass neben versäumten Antragszeiten für Verhandlungen von Zuschlägen auch die Abrechnung der Aufwendungen für nicht nachvollziehbar zu halten ist. Es ist davon auszugehen, dass Thüringen keinerlei Gelder für die Uranaltlastbewältigung eingesetzt hat, obwohl auch hierfür der Generalvertrag vorgesehen war. So wird die Weigerung erklärbar, hierfür ein separates Verwaltungsabkommen analog Sachsen mit dem Bund abzuschließen, denn mit dieser Argumentation reagierten die Landesbehörden bis 2017 offiziell auf Anfragen [9]. Die erst ab 2011 auf Initiative des Kirchlichen Umweltkreises gestartete Bewertung entsprechend dem Altlastenkataster mündete lediglich in Neu- und Umbewertungen der 82 thüringischen Uranaltlasten. Die Zielstellung ignorierte weitgehend das zwischen 1993 und 2001 erstellte Altlastenkataster des Uranbergbaus und bestand darin, möglichst alle



Objekte von Sanierungsauflagen entsprechend dem neuen StrlSchG von 2017 freizusprechen. In Übereinstimmung mit der Strahlungsdosisbegrenzung von 1 mSv/a nach StrlSchG, die allein als Bewertungsgröße herangezogen wurde, wäre das auch für mindestens 90% aller in Thüringen und Sachsen von der Wismut GmbH des Bundes sanierten Objekte der Fall gewesen. Maßgeblich ist bei dieser Bewertung immer der erste urbane Dauernutzbereich (meist Wohnbebauung) im dafür vorhandenen Abstand von der radioaktiven Altlast. Von den selten messtechnisch untersuchten Uranbergbauobjekten (meist nur Ortsdosisleistung auf Althalden) stellte die zuständige Landesanstalt bei der Halde in einer Dorflage (der sogenannten Gauernhalde) nun nach einem viertel Jahrhundert eine entsprechende Überschreitung offiziell fest (2,4 - 4,5 mSv/a) [4].

### Gründe für die flächendeckende „Nichtsanie- rung“ der flächenmäßig in Thüringen enorm vorhandenen Uranaltlasten

Diese sind vor allem:

- Artikel 6 § 1 des Wismutgesetzes [5] beinhaltet, dass seitens des Bundes nur Uranbergbauflächen saniert werden, die per 30.06.1990 dem Sanierungsunternehmen Wismut GmbH übertragen wurden. Alle anderen Flächen, die bis dahin eine andere „sachliche“ Zuordnung erfahren hatten, blieben in Verantwortung der jeweiligen Eigentümer. Erforderliche „Sanierung und

eventuelle Rekultivierung“ sollten vom jeweiligen Rechtsträger wahrgenommen werden. Die Bundesregierung erklärte 1992 die Inkaufnahme, dass diese Rechtsauffassung von den betroffenen Eigentümern nicht geteilt wurde [6]. Allerdings stellte sich der Bund 7 Jahre später mit der Zahlung eines 1,3 Mrd. DM-Betrages an das Land Thüringen (auf Wunsch des Landes) von derartigen Altlastforderungen frei (Altlasten Management Generalvertrag). Das Geld versickerte im Kalibergbau und ist heute Gegenstand fruchtloser Klageverfahren vor dem BVerfG [3].

- Rechtsträger der Uranaltlast-Flächen wurde zum Zeitpunkt des Übergangs 1990 die Bodenverwertungsgesellschaft BVVG oder waren Träger auf Landes- und Kommunalebene, die in Thüringen nicht nur nichts saniert haben, sondern mit einer Reihe von Altlasten verantwortungslos umgingen. Die Flächen sind sich selbst überlassen, z.T. vermüllt oder wurden einfach weiterverkauft. Eigentlich unzulässige Nutzungsänderungen führten in der Vergangenheit zu unzulässigen Freisetzungen radioaktiver Strahlung bzw. Stoffen. [7]

- Das in Bezug auf natürliche Strahlung ohnehin recht restriktive Strahlenschutzgesetz incl. Strahlenschutzverordnung von 2017/18 wird seitens der Thüringer Landesregierung bei dennoch zutage tretenden Problemfällen seitdem für Sanierungsanordnungen genutzt (nach §139 StrlSchG gegenüber Dritten entsprechend §137

StrlSchG, sofern nicht Landesbesitz betroffen ist).

- Tatsächliche Lösungsmöglichkeiten analog der sächsischen Uranaltlast-Sanierung verhinderte bis dato jede thüringische Landesregierung mutwillig, u.a. mit dem Hinweis, „... dass von den Altstandorten keine Gefahr für die öffentliche Ordnung ausgeht.“ [8] Der offizielle Standpunkt: „Gleichwohl es in Sachsen und Thüringen keine Verpflichtung zur Sanierung der Altlasten gibt, besteht seit 2003 ein Verwaltungsabkommen zwischen dem Freistaat Sachsen und dem Bund, welches sich jener Problematik annimmt. In Thüringen wird das Problem der Altlasten bisher jedoch nicht in Angriff genommen.“ Damit werden nicht nur unnötige gesundheitliche Gefahren und tatsächliche Umweltbelastungen (vor allem ins Grundwasser) langzeitmäßig toleriert, sondern z.T. wertvolle Flächen gehen der landwirtschaftlichen oder urbanen Nutzung verloren.

### F. Lange

[1] Drucksache 7/3750 des Thüringer Landtages: Antwort des Thüringer Ministeriums für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN) zu Altlasten Wismut in Thüringen vom 13.07.2021

[2] Pressemitteilung des BVerfG Nr. 113/2023 vom 6. Dezember 2023: „Unzulässige Anträge Sachsens und Thüringens im Bund-Länder-Streit wegen zukünftiger Sanierungskosten für durch DDR-Staatsbetriebe verursachte Umweltschäden“

[3] Beschluss des Zweiten Senats vom 15. November 2023 (2 BvG 1/19 u. 2 BvG 1/21) „Vereinigungsbedingte ökologische Altlasten zur Antragsbefugnis im Bund-Länder-Streit (Art. 93 Abs. 1 Nr. 3 GG, § 13 Nr. 7 BVerfGG).

[4] „Abschließende radiologische Bewertung der Gauernhalde und deren Einfluss auf die Ortschaft Gauern“ TLUBN vom 17.09.2020

[5] WismutAGAbkG Gesetz zu dem Abkommen vom 16. Mai 1991 zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der Regierung der Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken über die Beendigung der Tätigkeit der Sowjetisch-Deutschen Aktiengesellschaft Wismut“ vom 13.12.1991

[6] Drucksache 12/3309 Deutscher Bundestag 12. Wahlperiode „Antwort der Bundesregierung auf die Große Anfrage der Gruppe Bündnis 90/Die Grünen „Auswirkungen aus dem Uranbergbau und Umgebung mit den Altlasten der Wismut in Ostdeutschland“ vom 24.09.92

[7] F. Lange „Vergessene“ radioaktive Bergbauhinterlassenschaften in Ostthüringen“ Strahlentelex 560-561 (2010); „Thüringen erhält sich den Ewigkeitscharakter seiner Uranbergbaualtlasten“ Strahlentelex 702-703 (2016); „Uranbergbaualtlasten – ein Fluch für jede betroffene Kommune im Bundesland Thüringen“ Strahlentelex 708-709 (2016); „Konkretere Bewertungskriterien für Uranbergbaualtlasten – eine zeitgemäße Forderung im Rahmen der EURATOM 2013/59“ Strahlentelex 714-717 (2016)

[8] Drucksache 7/4005 des Thüringer Landtages: Antwort des TMUEN zu Altlasten Wismut in Thüringen“ vom 24.08.2021

[9] Protokoll „Zusammenkunft im Thüringer Landesverwaltungsamt am 19.11.2014 um 10:00 Uhr“ KUK Ronneburg

**Uranbergbau Sachsen und Thüringen mit gleichen Uran-Altlastproblemen aber unterschiedlicher Strategie**

**Die Strategie der Uranaltlastbewertung in Thüringen** ist maximal die buchstabengenaue Umsetzung der aktuellen Strahlenschutzgesetzgebung mit einer rein juristischen Bewertung und Behandlung der Altlasten des Uranbergbaus, die lediglich als „Hinterlassenschaften“ bezeichnet werden. Nach § 64 (1) StrlSchG gilt: „... Maßstab für eine Grundstücksnutzung ohne Einschränkungen ist, dass die Exposition, der Einzelpersonen der Bevölkerung durch die nicht entfernten Rückstände ausgesetzt sind, den Richtwert einer effektiven Dosis von 1 Millisievert im Kalenderjahr nicht überschreitet.“ Die Behörde kann nach § 64 (3) StrlSchG von Sanierungsmaßnahmen gänzlich absehen, „... wenn die vorgesehene Nutzung des Grundstücks oder Schutzmaßnahmen eine Exposition von mehr als 1 Millisievert effektive Dosis im Kalenderjahr für Einzelpersonen der Bevölkerung

auch ohne Entfernung der Kontaminationen verhindern.“ Das ist der Fall, wenn bei der ersten Bebauung mit ständigen Nutzungen keine Überschreitung des Richtwertes von 1 mSv/a festgestellt wird bzw. die Aufenthaltszeiten bei/auf den kontaminierten Grundstücken nicht zu einer solchen führt. Darüber hinaus gilt der genannte Richtwert nur als Grenzwert, wenn es sich nach § 80 (1) Pkt.4. StrlSchG um aktiven Bergbau handelt. Sanierungsmaßstäbe wie die radioaktive Bodenaktivität oder die Ableitung und Versickerung radioaktiver Stoffe, Schwermetalle oder anderweitiger Belastungen von Luft- und Wasserpfaden werden nicht zur Bewertung der objektkonkreten Uranaltlasten herangezogen.

**Die Strategie in Sachsen** ist eine über die aktuelle Strahlenschutzgesetzgebung hinausgehende bzw. ergänzende Bewertung der Uranaltlasten, da die Vorgaben des StrlSchG allein nicht den Bedingungen der natürlichen Radioaktivität als Folge des in

Siedlungsgebieten weltweit größten und folgenreichsten Uranabbaus nicht gerecht werden können. Das gilt auch in Bezug auf das gesundheitliche Gefahrenpotential und für die infrastrukturellen und landschaftlichen enormen Beeinträchtigungen, die über vier Jahrzehnte durch die sowjetisch-deutsche Aktiengesellschaft Wismut hervorgerufen worden waren, kann das StrlSchG

unmittelbare Gefahrenabwehr haben Vorrang.“ [2] Von 2001 bis 2022 wurden 237 Mio. € gemeinsam mit dem Bund zur Altlastreduzierung eingesetzt. Bis 2035 sollen noch 213 Mio. € folgen. Bei der Vielzahl vorhandener Objekte ist langanhaltender Handlungsbedarf einkalkuliert und priorisiert. „Einen danach entstehenden Aufwand trägt Sachsen allein“. [3].

**Tabelle: Ländervergleich Sachsen-Thüringen zu Projekt- und Finanzaufwand für Uranbergbau-Altlastensanierung**

Uran-Altlastensanierung Sachsen		Uran-Altlastensanierung Thüringen
Zeitraum/ Grundlage	Finanzumfang	
2001-2002 Vereinbarung Bund-Land	4,8 Mio. €	Aus einem Generalvertrag zur Altlastenablösung mit dem Bund von 1999 über 1,3 Mrd. DM wurden keinerlei Uranaltlast-Sanierungen vorgenommen.
2003-2013 Erstes Verwaltungsabkommen Bund-Land	78 Mio. €	
2013-2019 Zweites Verwaltungsabkommen Bund-Land	138 Mio. €	
2019-2035 Drittes Verwaltungsabkommen Bund-Land	229 Mio. €	Bei einem einzigen Objekt liefen 2015-2019 behördeninterne Ermittlungen zum Radoneinfluss auf eine Ortschaft
Von 2001 bis 2020 wurden 350 Altlastobjekte in 45 Städten und Gemeinden realisiert davon 68 Sanierungen befanden sich in Umsetzung oder Planung		

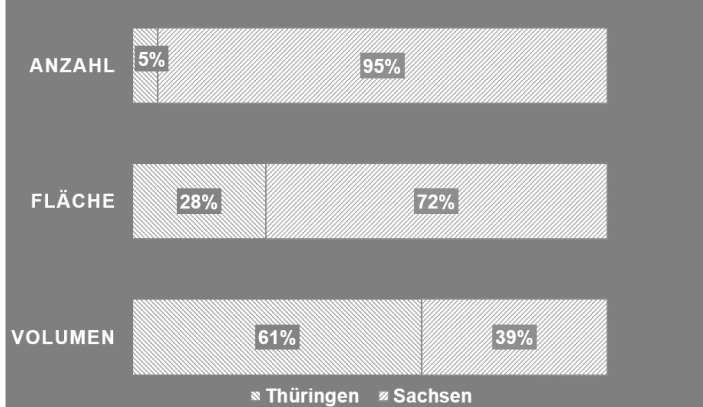
nicht gerecht werden. Ein Auszug der sächsischen Zielstellung soll hier genügen: „Die **Priorität von Sanierungsprojekten ergibt sich aus einer Gesamtbewertung von fachlichen Sanierungszielen mit den damit verbundenen Effekten für die Regionalentwicklung**“ [1] In Zur Vermeidung von Beeinträchtigungen der Sanierungsergebnisse der Wismut GmbH durch angrenzende unsanierte Altstandorte gilt: „...ein Sanierungsverbund mit Flächen nach Wismutgesetz erfordert gleichberechtigte Anwendung strahlenschutzrechtlicher und bergtechnischer Forderungen ... Aufwand und Nutzen müssen ein angemessenes Verhältnis erreichen...“

Thüringen hat vergleichsweise wenige Altlasten, die jedoch entsprechend Ab. 1 flächenintensiv und deutlich größer dimensioniert sind. Obwohl allein dadurch bei den Objekten mit höherer Umweltrelevanz zu rechnen ist, besteht die zuständige Behörde allein auf juristischer Problembehandlung

**F.L.**

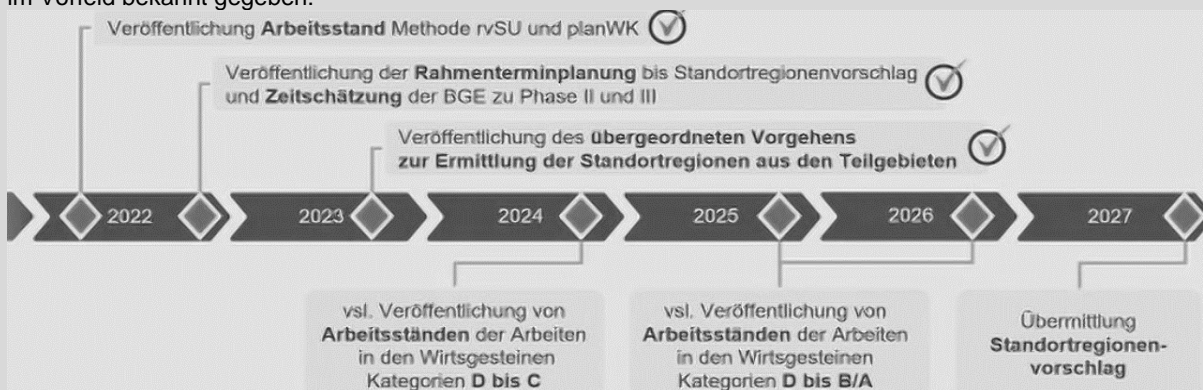
[1] Beschluss des Sanierungsbeirates sächsischer Uranaltlasten vom 15.10.2003 zu Grundsätzen der Prioritätensetzung im Umgang mit den Uranaltlasten [2] „Uranaltlasten in Sachsen und Thüringen – mehr als ein Kosten-Vergleich“, Strahlentelex 738-739 (2017) S. 7-14 [3] Informationsschrift zur Wismut-Bergbausanierung des BMWK, April 2023

**Abb.1: prozentuale Verteilung radiologisch relevanter Uran-Altstandorte nach Anzahl, Fläche und Volumen im Ländervergleich Sachsen-Thüringen**



## Kurze Zusammenfassung des 2. Forums Endlagersuche für hochradioaktiven Abfall in Deutschland

Schwerpunkt des 2- öffentlichen Forums zur Endlagersuche sollten die nächsten Schritte zur Eingrenzung der potenziell in Frage kommenden Gebiete für ein Endlager hochradioaktiver Stoffe sein. Die entsprechende Rahmenterminplanung zur Feststellung des sogenannten Standortregionenvorschlags hatte die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) ja bereits im Vorfeld bekannt gegeben:



Beabsichtigt ist, bis 2027 jährlich im 4. Quartal einen Arbeitsbericht zu veröffentlichen, der aktuelle Arbeitsstände bekannt macht und wohl auch zur Diskussion stellt. Über den Grad der Einflussnahme und auch über die Länge der Zeiträume offenbarte der Tagungsverlauf (erwartungsgemäß) unterschiedliche Ansichten. So sprach sich z.B. die am 17.11. anwesende Bundesumweltministerin Lemke für ein zügigeren Ablauf des langgestreckten Verfahrens aus. Hingegen kamen in den Arbeitsgruppendifkussionen (AG) eher längere Bearbeitungsphasen, auch seitens der BGE, ins Spiel. Dagegen schloss die Ministerin einen finanziell nachteiligen Einfluss durch das am 15.11.23 erlassene Urteil des BVG zur Ungültigkeit des Nachtragshaushaltsgesetzes 2021 aus, was erstaunlicherweise niemand anzweifelte. Die konkrete Standortplanung für das atomare Endlager sollte 2031 beginnen und wurde im bisherigen Verfahrensverlauf auf 2046 verschoben, Schätzungen der BGE gehen mittlerweile gar von 2068 aus. Da ist ein Baubeginn aber noch nicht in Sicht. Der hier offensichtliche Handlungsbedarf, den Anschluss an das internationale Niveau nicht zu verlieren, spielte leider keine Rolle. Die Tagung war wiederum in sachorientierte Arbeitsgruppen (AG) unterteilt. Die AG-Mitarbeit musste vor der Tagung auch für online-Teilnehmer „bindend“ bekannt gegeben werden. Zwar war ein Wechsel vor Beginn möglich, aber im Gegensatz zum 1. Forum konnte nicht im Verlauf in andere AGs gewechselt werden, sozusagen ein „journalistisches Manko“. Im Wesentlichen wandten sich die AGs drei Feldern zu: Öffentlichkeitsbeteiligung, Phasen der Gebieteingrenzung und Spezialthemen. Viel Raum wurde auch Vertretern der PFE-Gruppe der „jungen Generation“ eingeräumt; bei der allgemeinen Überalterung der Teilnehmer sehr berechtigt.

Die Öffentlichkeitsbeteiligung bewegt sich in dem dargestellten Rahmen (Abbildung), wobei über den Grad und die Qualität der Berichte zu den Arbeitsständen kontrovers diskutiert wurde. Zum Beispiel sollten Impulse aus der Zivilgesellschaft und von Bürgerinitiativen ernst genommen und nicht nur wirkungslos verbal nachformuliert werden. Forderungen, kritischere Betrachtungen einzubeziehen, statt auf alleinige Funktionsnachweisführung zu setzen, klangen in allen AGs mehr oder weniger an. Eine zügigere klare Zuordnung der flächenmäßigen Verteilung der Kategorien in den Teilgebieten war ein vielfältiger Wunsch, dem die Ergebnisoffenheit der Bewertungskriterien entgegenstehen soll, was nicht akzeptiert wurde. Auch bei den Spezialthema der zulässigen Grenztemperatur der Lagertanks kam man nicht über den Diskussionsstatus hinaus. Die gesetzlich formulierten 100 °C (an denen gerüttelt wird) und die technisch machbare Garantie ist noch zu unausgegoren, um konkreter zu werden. Geowissenschaftlichen Abwägungskriterien sind bei der Entscheidungsfindung der Kategorie bisheriger Teilgebiete zwingend, die sogenannten planungswissenschaftlichen nicht. Ob also z.B. ein Weltkulturerbe die Endlagerung verhindern kann, wenn darunter ein geeigneter Standort gefunden wird, ist ein offener Punkt. In wie weit die zwingend vorgesehene „strategische Umweltprüfung (SUP)“ hier entschärfen soll, bleibt offen.

Interessante Diskussionen kamen in der „Zwischenlager“-AG auf. Verantwortliche aus den Kommunen, die derzeitige Zwischenlagerungen „beherbergen“, waren mit den Terminstreckungen 2040 plus überhaupt nicht einverstanden. Sie stellten die Sicherheit in den betriebenen Lagern in Frage. Seitens der BGE geht man aber davon aus, dass Genehmigungszeiträume nichts mit Sicherheitszeiträumen zu tun haben. Anregungen, wie die Anzahl der Zwischenlager zwecks Transportminimierung zu reduzieren, sowie ein Zusammenlegen BGE und BGZ (Endlager- und Zwischenlagerbearbeiter-Gremien) wurden rundweg als angeblich realitätsfern abgelehnt. Mehr Fragen als Antworten. Man strebt Verbesserungen von Kooperationen an und will sich dem Problem „betroffene Kommune – benachbarte Kommune“ widmen (finanzielle Angelegenheiten). Bis zur nächsten Forumtagung 2024 hofft man auf zählbare Fortschritte bei der Ausweisung ungeeigneter und wenig geeigneter Gebiete (D und C) aus dem Pool der Teilgebiete.

Insgesamt hatte die Tagung einige interessante Diskussionen gebracht, die wegweisend sein könnten, aber auch einigen Leerlauf und Wiederholungen von bereits oft Gesagtem. Der Spagat zwischen konkreten Fachvorträgen und ausreichend Diskussionsfreiräumen hat sozusagen noch „Luft nach oben“. Sorgfalt vor Eile in einem wissenschaftsbasierten Verfahren zu setzen, ist sicher das richtige Rezept, wird aber durch unverhältnismäßige Verlängerungen zu schwammigen Arbeitsetappen konterkariert. Bisher entsteht mehr der Eindruck von Arbeitsbeschaffung als von Arbeitsaktivität. Allen Beteiligten ist zu wünschen, dass sich das ändert.

**Uran in der Umwelt**  
**Strahlender Phosphor?**  
**Uranbelastung im Phosphordünger**

Weitreichende Umweltschädigungen durch eine unzureichende Kreislaufwirtschaft beim Einsatz von Mineraldünger in der Landwirtschaft spiegeln sich in der Eutrophierung von Oberflächengewässern und der Nitrat-, Phosphat- und Schwermetallanreicherung in Grundwässern wider. Deutschland erhielt per EU-Urteil von 2018 betreffs Stickstoffüberdüngung ein Strafverfahren angehängt. Mit einigen Regelverschärfungen, die in erster Linie die Stickstoffdüngung betreffen, änderte die Bundesregierung kürzlich die aktuelle Düngeverordnung (DüV) von 2020, worauf das EU-Strafverfahren eingestellt wurde. Zur Phosphorausbringung änderte sich dabei nichts. Diverse Bestimmungen der Phosphorbedarfsermittlung in mehrjährigen Abständen in Verbindung mit der jährlichen Einbringung der Ernte („Phosphatabfuhr“) liegen in den Händen der Betreiber und sind eigentlich erst ab Düngemengen über 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha anzugehen. Die DüV nennt hektarbezogene Mengen-Beispiele von 73, 63 und 53 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha für Weizen, Raps und Gemüse. Bei Grünland wird zwischen Mäh- und Weidewiesen unterschieden (69 / 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha). Uran und Cadmium erreichen im Mineraldünger aus Rohphosphat im ökologischen Bewertungsrahmen die höchsten Risikoeffizienten aller Düngemittel. Generell sind sie

betreffs Schadstoffgehalt gegenüber organischem Dünger nicht unbedingt vorteilhafter zu bewerten. Die Schwermetallkonzentrationen sind herkunftsbedingt und auch herstellungsbedingt sogar ausgeprägter als bei der mittlerweile weitgehend eingestellten Düngung mit Klärschlamm (KS). Im Folgenden wird sich auf die Uranthematik in P-Düngern konzentriert.

**Uran im Boden**

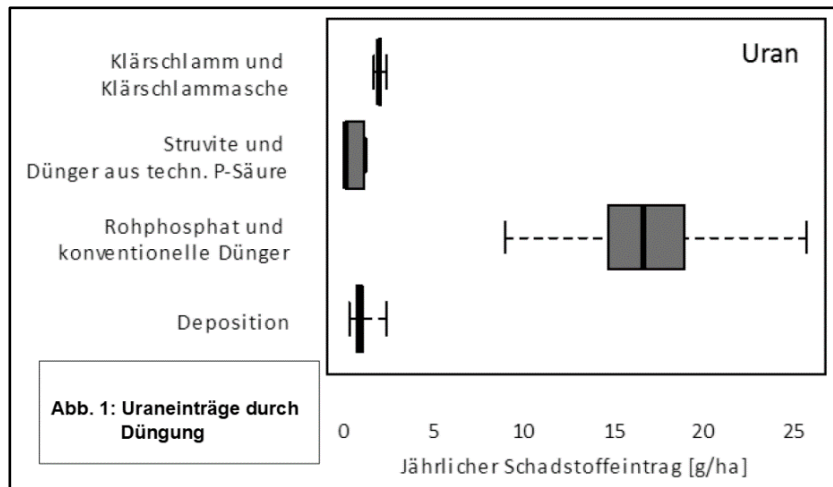
Entscheidend für die Bewertung des Düngers Urans ist die Ausgangsbelastung in den Agrarflächen. Auf Grund einiger Bodenmessungen und Aero-gammabestimmungen aus der Luft liegen diverse Schätzwerte vor, die z.B. eine Medianwertprognose von 2,4 mg/kg U in deutschen Oberböden ausweisen ([1], Tab. 8-5). Zwar lägen 90% der deutschen Böden unter 4,2 mg/kg U, doch muss man von einer enormen Spannweite im wenigstens 15fachen Schwankungsbereich ausgehen. Wahrscheinliche Überschätzungen sind u.a. analytisch begründet. Bayerische Äcker wurden beispielsweise mit Ausgangswerten von 1,2 mg/kg Uran durch das zuständige Amt bewertet.

Über die Mobilität des Urans im Oberboden ist nichts wirklich bekannt. Annahmen gehen von einer geringen Sorptionsfähigkeit aus, ohne aber einen entsprechenden Koeffizienten im Unterschied zu den meisten anderen Schwermetalleinträgen bestimmen zu können. Das heißt, es gibt keine bodenspezifische Verknüpfung. Den meisten Ackerböden ordnet man pH-Werte von 6-6,5 zu und die Ökobilanz [1] geht mit dem Vorbehalt grober Schätzung davon aus, dass *„Das Risiko durch Uran für das Grundwasser kann als eher gering eingestuft werden, ist jedoch am höchsten für eine langjährige Düngung mit ausschließlich Rohphosphat oder konventionellen P-Düngern.“* [1], S. 232. Zusammenge-

diese Betrachtung in der Praxis? Dazu sind analytische Kenntnisse der P-Dünger und möglichst praktische Studienergebnisse erforderlich. Hilfreich sind hierfür interessante Details einer Studie aus Mecklenburg-Vorpommern (MV) [2].

**Uran im P-Dünger**

Eine Begrenzung für Schwermetalle generell im Kunstdünger gibt es nicht. Grenzwerte für Cadmium (Cd), als dem Schwermetall mit dem höchst eingeschätzten Gesundheitsrisiko, werden lediglich diskutiert und Verdünnung oder Cd-Entfernung empfohlen. Für Uran existiert eine UBA-Empfehlung mit maximal 50 mg/kg Uran im Dünger. Vom magmatischen russischen



fasst ist festzuhalten, dass Uran im Oberboden naturgegeben in Spuren vorhanden ist und wenig Neigung zur Anreicherung im Grundwasser zeigt. Die Modellrechnung in der Ökobilanzierung [1] ermittelte eine Wahrscheinlichkeit von 12%, dass es über den Luftpfad (Niederschläge) zu erhöhten Uraneinträgen ins Grundwasser kommen kann, die durch P-Dünger auf 17% ansteigt. Was nützt nun

Rohphosphat, der von Schwermetallarmut betreffs Cd und U gekennzeichnet ist, wollte „Europa sich nicht abhängig machen“. Konzentrationen im P-Dünger aus nordafrikanischen Minen betragen hingegen bei Uran durchschnittlich 90 – 160 mg/kg mit Spitzen bis 316 mg/kg. Die Annahme, dass Uran aus Kunstdünger keine wesentliche Mobilität (im

Unterschied z.B. zum „durchschlagenden“ Cadmium) besitzt, ist in dieser Absolutheit nicht richtig, Im Unterschied zu den meisten Schwermetallen wird Uran mit steigendem pH>7 mobil. „Arsen, Quecksilber und Uran weisen ein sehr komplexes Verhalten bezüglich der Sorption in Böden auf. Während die meisten Schwermetalle mit sinkendem pH-Wert mobiler werden, ist diese Aussage für As und U nicht zutreffend. Vor allem bei pH-Werten > 7 werden beide Stoffe deutlich mobiler.“ [1] S. 360

Das Schwermetall Uran wird zudem über schadstoff-spezifische Pflanzenaufnahme marginal wieder „entfernt“. Dennoch tragen vergleichsweise hohe Einträge von Uran (Abbildung 1) über die aus Rohphosphat hergestellten konventionellen Dünger zu einer Erhöhung des Risikos der Schadstoffanreicherung von Grundwasser bei. Dieses Risiko liegt aber deutlich unter dem der anderen Schwermetalle, „... obwohl Uran in konventionellem P-Dünger und Rohphosphat mit sehr hohen Gehalten vorhanden ist. Das ist auf die vergleichsweise geringe Exposition (Wasserlöslichkeit) von Uran zurückzuführen, welche ausschlaggebend für den PEC ist.“ [1] S. 32. PEC bedeutet hier auf einen 100 Jahre Zeitraum bezogen und unter Risiko wird die Bewertung im Rahmen einer Öko-Bilanz verstanden. Diese Einschätzung beruht allerdings auf relativ wenigen Untersuchungen und nicht vorhandener praktischer Überprüfbarkeit, da es bestenfalls Stichprobenuntersuchungen gibt. Einzig ein Arbeitsbericht eines Landesamtes des Umweltministeriums in

Mecklenburg-Vorpommern aus dem Jahre 2012 tauchte infolge festgestellter vergleichsweise hoher Uran-gehalte in dortigen Grundwässern tiefer in die Praxis ein [2].

**Uraneintrag durch P-Dünger**

Verschiedene Herkunftsquellen des Uraneintrages waren Gegenstand des Praxisberichts [2]. Aufsteigendes Tiefengrundwasser mit eventuell erhöhtem Uran konnte für die oberflächennahen Grundwasserleiter ausgeschlossen werden. Auch der Anteil von Ablagerungen aus der Atmosphäre (vgl. Deposition in Abb. 1) stellte sich als vernachlässigbar für einen Weitertransport in den Boden heraus.

So konzentrierten sich die Untersuchungen auf die Sorption des Urans im Boden selbst und der möglichen Mobilität für den Übertritt aus den Porenwässern in Grundwasserleiter. Bei (nur) etwa 6 % der über 200 Grundwassermessstellen stellte man erhöhte Urankonzentrationen fest, diese allerdings sehr deutlich und die meisten davon mit steigender

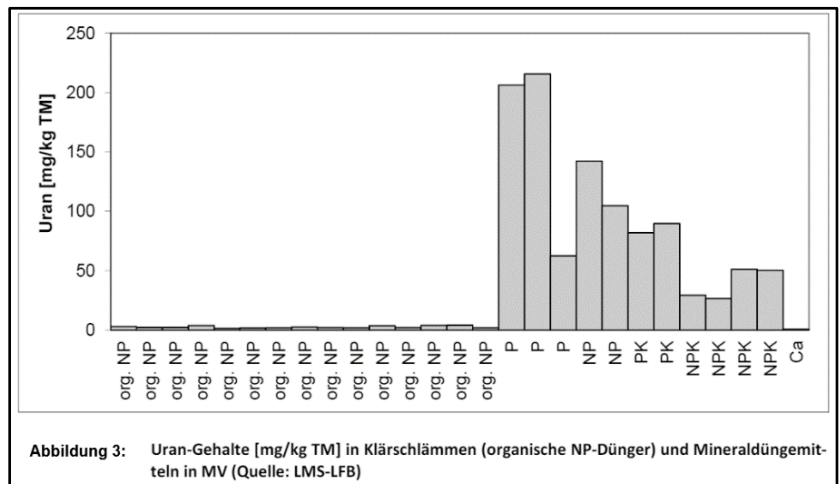
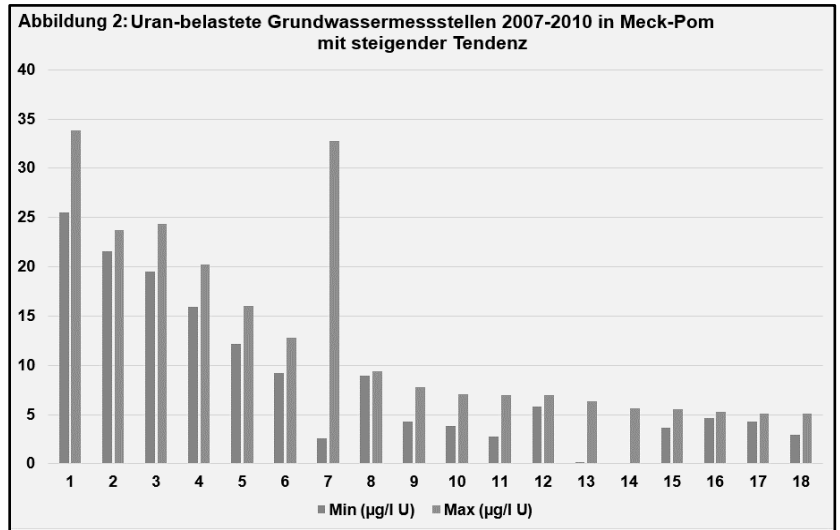


Abbildung 3: Uran-Gehalte [mg/kg TM] in Klärschlamm (organische NP-Dünger) und Mineraldüngemitteln in MV (Quelle: LMS-LFB)

Tendenz (Abb. 2). Geologische Bodenuntersuchungen bis 25 m Tiefe ergaben: „Die Uran-Gesamtgehalte bewegen sich zwischen 0,2 und 1,6 mg/kg im Sediment mit einem mittleren Gehalt von 0,6 mg/kg. Diese Werte liegen im Bereich der geogenen Grundgehalte von Gesteinen (z. B. Sandsteine 0,45 mg/kg Uran, Kalksteine 2,2 mg/kg Uran, tonige Gesteine 3,2 mg/kg Uran). Auch für die weiteren gemessenen Parameter wurden keine auffälligen Befunde festgestellt... Versuche, die vereinzelt auftretenden hohen Uran-Gehalte im Grundwasser auf geologische Anomalien oder regionale Eigenarten im geologischen Aufbau M-Vs zurückzuführen, sind bisher nicht erfolgreich

gewesen. Zur Untermauerung dieser Hypothese fehlen Untersuchungen zur Geochemie der in M-V anstehenden Lockersedimente. Von besonderem Interesse ist hierbei die Zusammensetzung der Tonfraktion der Geschiebemergel, die durch Aufnahme von tertiärem, vermutlich starkem uranhaltigem Tonen lokale Anreicherungen zeigen konnten.“ [2] S. 34. Sorptionen aus den dichten Tonmaterialien sind andererseits kaum zu erwarten. Es ist aber ein wichtiger Hinweis für Radonbelastungen aus oberflächennahen Lockersedimenten. „Die in den phosphathaltigen Düngemitteln gefundenen Uranwerte

bestätigen erneut den großen Streubereich der Uran-Gehalte von 0,9 bis fast 200 mg/kg. Die Löslichkeit des Urans in der

Boden von natürlichen 3...5 mg/kg jährlich lediglich um 0,013 mg/kg im Acker erhöhen. Nach 100 Jahren wären so Boden-

finden. Hersteller diverser Anlagen werben inzwischen damit, dass Recycle Phosphor qualitativ höher einzustufen wäre als geogen abgebauter

Prüfwert in der Altlastsaniierung läge die Freigrenze allerdings lediglich bei 16,1 mg/kg U Düngergehalt. Demnach wäre fast jeder P-Dünger als radioaktiv belastetes Material nach § 161 StrlSchV einzustufen. Zumindest steht eine Bewertung nach § 3 (2) des StrlSchG aus.

#### Fazit

Der Uraneintrag aus P-Dünger in Böden und Grundwasser ist theoretisch marginal. Im Regelfall sind die Urangelte ausgebrachter Dünger aber unbekannt. Praktisch

nachgewiesene Einträge fanden bei Grundwässern mit hohen Neubildungsanteil und im pH-Bereich > 7 statt. Ingetretene Anstiege sind schwer umkehrbar. Da der Monitoring-Aufwand im Feld unverhältnismäßig ist, sollte eine generelle Begrenzung von Uran im Mineraldünger erfolgen.

In den Ökobilanzen hingegen wird der Schwermetallgehalt der Mineraldünger eindeutig überbewertet, auch wenn das einer Forcierung der Kreislaufwirtschaft geschuldet sein sollte.

**Frank Lange**

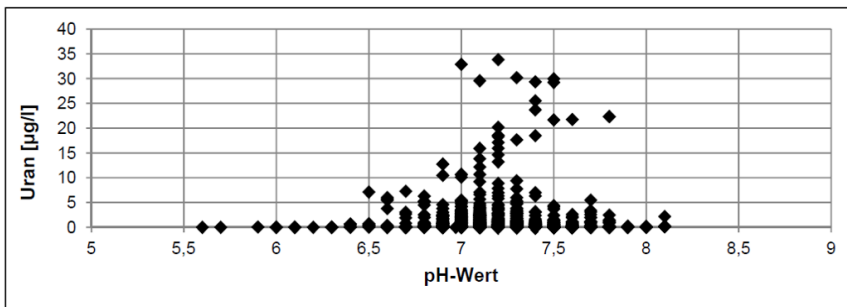


Abbildung 4: Verteilung der Urangelte ( $\mu\text{g/l}$ ) in den Grundwassermessstellen des Landesmessnetzes MV in Abhängigkeit vom pH-Wert nach [2] S. 40

wässrigen

Phase lag meist bei ca. 20 % bis 30 %, betrug im Einzelfall minimal 5 % und maximal mehr als 50 %.“

[2] S. 47. Die oben mehr theoretisch begründete pH-abhängige Uranmobilität wurde hier praktisch nachgewiesen.

Die enorme Schwankungsbreite des Urans in verschiedenen P-Düngern des Marktes erfordern eine eingrenzende Abschätzung mit praxisbezogener Wahrscheinlichkeit. Aus dem Untersuchungsprogramm von 12 P-Düngersorten wurde folgende Abschätzung ermittelt:

„Unterstellt man eine Phosphordüngung in Höhe von 50 kg/ha  $\text{P}_2\text{O}_5$  (= ca. 300 kg/ha/a Düngemittel), so wurden bei ungünstigen Bodenbedingungen (Krumenmächtigkeit nur ca. 20 cm mit mineralischen Phosphordüngern (angenommen 18 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) und 15 bzw. 150 mg Uran/kg Düngemittel) dem Boden 4,5 bzw. s. o. 45 g/(ha\*a) Uran zugeführt. Damit wurde sich die Konzentration im Boden um 1 bis 13  $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{a})$  im Boden erhöhen.“

Selbst hohe Urangelte bestimmter P-Dünger von z.B. 200 mg/kg U würden den Urangelte im

werte von 4,3...6,3 mg/kg Uran erreichbar. „Diese Zahlen lassen bei erster Betrachtung vermuten, dass die Düngung für die Uranbelastung der Grundwasser eine untergeordnete Rolle spielt. Bei dieser Überlegung bleibt jedoch die Fragestellung, in welcher Form das Uran in der Sedimentschicht und im Dünger vorliegt (immobil bzw. mobil), unberücksichtigt. Liegt Uran im Dünger überwiegend in löslicher Spezies vor und wird durch Regen oder Beregnung in tiefere Sedimentschichten bis hin zum Grundwasser ausgewaschen, kann es für die Grundwasserbelastung durchaus relevant sein. Zusätzlich ist zu bedenken, dass Uran, allerdings nur in sehr geringen Mengen, auch von den Pflanzen aufgenommen und somit dem Boden entzogen wird.“ [2] S. 49

„Diese Zahlen lassen bei erster Betrachtung vermuten, dass die Düngung für die Uranbelastung der Grundwasser eine untergeordnete Rolle spielt. Bei dieser Überlegung bleibt jedoch die Fragestellung, in welcher Form das Uran in der Sedimentschicht und im Dünger vorliegt (immobil bzw. mobil), unberücksichtigt. Liegt Uran im Dünger überwiegend in löslicher Spezies vor und wird durch Regen oder Beregnung in tiefere Sedimentschichten bis hin zum Grundwasser ausgewaschen, kann es für die Grundwasserbelastung durchaus relevant sein. Zusätzlich ist zu bedenken, dass Uran, allerdings nur in sehr geringen Mengen, auch von den Pflanzen aufgenommen und somit dem Boden entzogen wird.“ [2] S. 49

„Diese Zahlen lassen bei erster Betrachtung vermuten, dass die Düngung für die Uranbelastung der Grundwasser eine untergeordnete Rolle spielt. Bei dieser Überlegung bleibt jedoch die Fragestellung, in welcher Form das Uran in der Sedimentschicht und im Dünger vorliegt (immobil bzw. mobil), unberücksichtigt. Liegt Uran im Dünger überwiegend in löslicher Spezies vor und wird durch Regen oder Beregnung in tiefere Sedimentschichten bis hin zum Grundwasser ausgewaschen, kann es für die Grundwasserbelastung durchaus relevant sein. Zusätzlich ist zu bedenken, dass Uran, allerdings nur in sehr geringen Mengen, auch von den Pflanzen aufgenommen und somit dem Boden entzogen wird.“ [2] S. 49

„Diese Zahlen lassen bei erster Betrachtung vermuten, dass die Düngung für die Uranbelastung der Grundwasser eine untergeordnete Rolle spielt. Bei dieser Überlegung bleibt jedoch die Fragestellung, in welcher Form das Uran in der Sedimentschicht und im Dünger vorliegt (immobil bzw. mobil), unberücksichtigt. Liegt Uran im Dünger überwiegend in löslicher Spezies vor und wird durch Regen oder Beregnung in tiefere Sedimentschichten bis hin zum Grundwasser ausgewaschen, kann es für die Grundwasserbelastung durchaus relevant sein. Zusätzlich ist zu bedenken, dass Uran, allerdings nur in sehr geringen Mengen, auch von den Pflanzen aufgenommen und somit dem Boden entzogen wird.“ [2] S. 49

„Diese Zahlen lassen bei erster Betrachtung vermuten, dass die Düngung für die Uranbelastung der Grundwasser eine untergeordnete Rolle spielt. Bei dieser Überlegung bleibt jedoch die Fragestellung, in welcher Form das Uran in der Sedimentschicht und im Dünger vorliegt (immobil bzw. mobil), unberücksichtigt. Liegt Uran im Dünger überwiegend in löslicher Spezies vor und wird durch Regen oder Beregnung in tiefere Sedimentschichten bis hin zum Grundwasser ausgewaschen, kann es für die Grundwasserbelastung durchaus relevant sein. Zusätzlich ist zu bedenken, dass Uran, allerdings nur in sehr geringen Mengen, auch von den Pflanzen aufgenommen und somit dem Boden entzogen wird.“ [2] S. 49

„Diese Zahlen lassen bei erster Betrachtung vermuten, dass die Düngung für die Uranbelastung der Grundwasser eine untergeordnete Rolle spielt. Bei dieser Überlegung bleibt jedoch die Fragestellung, in welcher Form das Uran in der Sedimentschicht und im Dünger vorliegt (immobil bzw. mobil), unberücksichtigt. Liegt Uran im Dünger überwiegend in löslicher Spezies vor und wird durch Regen oder Beregnung in tiefere Sedimentschichten bis hin zum Grundwasser ausgewaschen, kann es für die Grundwasserbelastung durchaus relevant sein. Zusätzlich ist zu bedenken, dass Uran, allerdings nur in sehr geringen Mengen, auch von den Pflanzen aufgenommen und somit dem Boden entzogen wird.“ [2] S. 49

#### Uran und Phosphorrecycling

Die Säureaufschlussgranulierung der Asche aus Monoklärschlammverbrennungsanlagen soll aus derzeitiger Sicht künftig das Hauptverfahren der P-Rückgewinnung aus Klärschlamm Anwendung

Rohphosphor, da dessen Aufkommen immer Uran- und Cadmium-lastiger werden und das hochwertige russische magmatische Rohphosphat vom Markt „verschwindet“.

Allerdings ist die Pflanzwirksamkeit von Recyclingphosphor (noch?) zu begrenzt, zumindest Uran in den Ökobilanzen zu hoch bewertet und Cd-Reduzierungen technisch einfacher lösbar als das aufwendige P-Recycling.

Kommt es durch die radioaktive Urankomponente zum **strahlenden Phosphor**?

Ähnlich der Uranverteilung auf dem Acker führt der enorm hohe Verdünnungsgrad des Düngers zu keiner nennenswerten Erhöhung der Bodenaktivität, so dass eine Strahlenbelastung für Boden und Erntegut ausgeschlossen werden kann. Die Zuordnung zu gesetzlichen Vorgaben für die spezifische Aktivität aus der Nuklidkette U-238/Th-232 im Düngemittel selbst weist es als radioaktiv belastet ab ca. 160 mg/kg U aus, wenn Anlage 3 StrlSchV zum Ansatz käme (Freigrenze für Schrott-Recycling). Als

Ähnlich der Uranverteilung auf dem Acker führt der enorm hohe Verdünnungsgrad des Düngers zu keiner nennenswerten Erhöhung der Bodenaktivität, so dass eine Strahlenbelastung für Boden und Erntegut ausgeschlossen werden kann. Die Zuordnung zu gesetzlichen Vorgaben für die spezifische Aktivität aus der Nuklidkette U-238/Th-232 im Düngemittel selbst weist es als radioaktiv belastet ab ca. 160 mg/kg U aus, wenn Anlage 3 StrlSchV zum Ansatz käme (Freigrenze für Schrott-Recycling). Als

Ähnlich der Uranverteilung auf dem Acker führt der enorm hohe Verdünnungsgrad des Düngers zu keiner nennenswerten Erhöhung der Bodenaktivität, so dass eine Strahlenbelastung für Boden und Erntegut ausgeschlossen werden kann. Die Zuordnung zu gesetzlichen Vorgaben für die spezifische Aktivität aus der Nuklidkette U-238/Th-232 im Düngemittel selbst weist es als radioaktiv belastet ab ca. 160 mg/kg U aus, wenn Anlage 3 StrlSchV zum Ansatz käme (Freigrenze für Schrott-Recycling). Als

Ähnlich der Uranverteilung auf dem Acker führt der enorm hohe Verdünnungsgrad des Düngers zu keiner nennenswerten Erhöhung der Bodenaktivität, so dass eine Strahlenbelastung für Boden und Erntegut ausgeschlossen werden kann. Die Zuordnung zu gesetzlichen Vorgaben für die spezifische Aktivität aus der Nuklidkette U-238/Th-232 im Düngemittel selbst weist es als radioaktiv belastet ab ca. 160 mg/kg U aus, wenn Anlage 3 StrlSchV zum Ansatz käme (Freigrenze für Schrott-Recycling). Als

[1] „Ökobilanzieller Vergleich der P-Rückgewinnung aus dem Abwasserstrom mit der Düngemittelproduktion aus Rohphosphaten unter Einbeziehung von Umweltfolgen und deren Vermeidung“ Abschlussbericht 13/2019 Umweltbundesamt 08/18

[2] „Bestandsaufnahme zur Klärung erhöhter Urangelte im Grundwasser in Mecklenburg-Vorpommern“, vom 05.04.2012; Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie

Der Beitrag erscheint nur in der print-Ausgabe



**Uranaltlast**

**Sollte die Halde  
Gauern einer Sa-  
nierung unterzo-  
gen werden?**

Der Beitrag erscheint nur  
in der print-Ausgabe.

**News on GAU consequences  
Fukushima  
Daiichi – Inade-  
quate cooling  
water disposal**

Instead of mixing prepared cooling water from the Fukushima nuclear power plant (NPP) with seawater in a ratio of about 1:7, the actual objective is to reduce the contaminated cooling water below 1/7 of the World Health Organization's (WHO) drinking water limit of 10 kBq/l tritium. Due to translation inaccuracies, the dilution ratio is often given as 1:7. The data published by the operator Tepco of the Fukushima nuclear power plant, which are continuously disclosed during the discharge phases in accordance with Fig. 1, allow conclusions to be drawn about the quality of processing. In particular, the resulting discharge loads demonstrate an insufficient retention of radioactive substances, which is con-

1.5 kBq/l. The operator Tesco is guided by the Japanese drinking water limit value of 1.5 kBq/l (for comparison in Germany the limit is at 0.1 kBq/l). For example, 10 kBq/l of the WHO divided by  $7 \approx$  results in the Japanese limit value of 1.5 kBq/l. The diluted discharge value achieved in practice is around 190 Bq/l tritium, as shown in Fig. 1. Accordingly, the dilution should be 1:315; in fact, according to the published m<sup>3</sup>/h measurement data (Fig.1)  $15100/19 = 795$ , it is actually at a 2.5 times higher level. The tritium effluent values of the treatment are thus 150 kBq/l instead of 60 kBq/l. Due to the drastic reduction of the discharge concentration to approx. 0.2 kBq/l (cf. current value 189 Bq/l in Fig. 1) instead of 1.5 kBq/l, good treatment effects are more likely to be simulated than achieved. The idea of solving problems with massive dilutions is not new. In the case of the Fukushima nuclear power plant, this ultimately means multiple loads of radioactive sub-

the significance of which is secondary in terms of processing quality.

F. L.

**Up-to-date on  
worst-case scenarios  
Nuclear safety of  
NPPs in Ukraine**

In January, the IAEA reported directly to the UN Security Council for the sixth time on the situation of the 5 Ukrainian NPPs. In particular, to the Russian-occupied Zaporizhzhia, where 8 power outages to date have necessitated emergency power supply and the cooling water supply was endangered. The current official statements of the International Atomic Energy Agency (IAEA) from 1/2024 onwards always show the state of affairs and potential dangers. Excerpts: Under pressure from the IAEA, "Ukraine's Zaporizhzhia Nuclear Power Plant (ZNPP) has taken

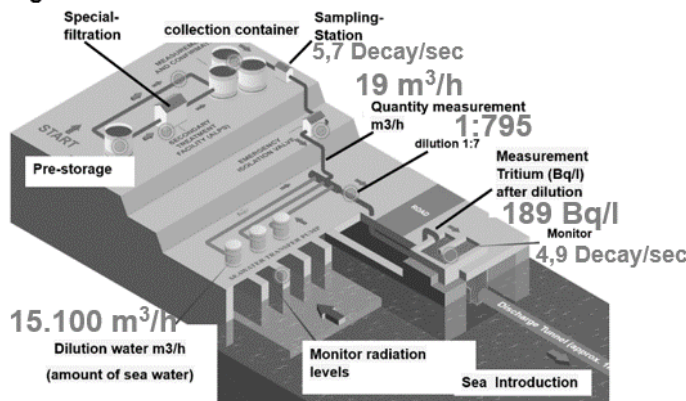
reactor hall in a unit that was in cold shutdown. This is where the reactor core and the spent fuel elements are located. The team will continue to request this access. ... The IAEA teams of experts at the Rivne, Khmelnytsky, southern Ukraine and Chernobyl nuclear power plants continue to report that nuclear security is being maintained despite the widespread missile attacks on Ukraine last week, which forced IAEA experts at the Khmelnytsky nuclear power plant to seek shelter three times. The IAEA experts at the Rivne nuclear power plant were informed that a cruise missile flew near the plant on December 29, and their colleagues at the South Ukraine nuclear power plant were informed that rockets and drones had crossed the region where the power plant is located." In Zaporizhzhia, the described access obstructions continue. In addition, there was now even a temporary failure of the emergency power supply. Frequent air alarms have affected almost all NPPs, including Chernobyl.

**The summary remains up-to-date:**

The IAEA's data illustrate the efforts of the international technical bodies to prevent a nuclear catastrophe of any extent; but clearly reveals that political activity is not keeping pace. The diplomatic effort to contain the war conflict requires unconditional acceleration.

F. L.

**Fig. 1: Published measurement data**



cealed by massive dilution. Based on the targeted effluent values of the ALPS method (cf. Radiation Telex No. 10, p. 19) for tritium of about 60 kBq/l, the subsequent dilution would be about 1:40 in order to achieve the target value of

stances being discharged into the ocean. The radiation values in Fig. 1 (decay units per second) contradict the problem. This is only a matter of small gamma radiation at the conveying units perceived from the outside,