Ronneburger

Internetausgabe s/w

Strahlentelex

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

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

www.kirchengemeinde-ronneburg.de

Ausgabe 04/2023
Preis: 2,40 €
Nr. 10
15.12.2023

Krebsforschung
Praxisorientierte Bewertung der Uranbergarbeiter-Kohorten-Studie
Seite 3-5

Radonvorsorge Seite 6- 9: Teil 3 zur
Die Ausweisung von Radonvorsorgegebieten (RVG) – fundierte Methode oder Scheinwissenschaft
Seite 9 – 10:
Die Radonvorsorgegebiete (RVG) der Bundesrepublik im Vergleich

Aktuelle Umweltthemen:
Phosphor und Phosphorrecycling Seite 11

Radioaktive Hotspots nach der Sanierung um Ronneburg Seite 14

Seite 16: Aktuelles, u.a.:
Mülldeponie bestimmt Radonvorsorge in Thüringen

It took the Federal Office for Radiation Protection (BfS) 6 years to announce to the public a (two-part) uncertainty analysis of the officially enormously low but epidemiologically justified cancers in uranium mining. At least if one wants to describe a narrow summary of German translations from the texts deposited in the DORIS-archive only in English as public. The cohort study(s), which have been tax-financed since 1990, and the large number of studies and academic reports derived from them, which have also been financed by taxes, have so far been examined in the radiation telex and many weaknesses have been revealed. The extent to which the official cancer risks stand up to practice is discussed from page 3. DORIS http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2018071915600

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) benötigte 6 Jahre, um eine (zweiteilige) Unsicherheitsanalyse zu den offiziell enorm niedrigen aber epidemiologisch begründeten Krebs im Uranbergbau der Öffentlichkeit bekannt zu geben. Zumindest wenn man eine schmale Zusammenfassung deutscher Übersetzung aus den nur englischsprachig im DORIS[1]-Archiv hinterlegten Texten als öffentlich bezeichnen möchte. Die seit 1990 steuerfinanzierten Kohorten-Studie(n) und die Vielzahl der ebenso steuerfinanzierten daraus abgeleiteten Studien und akademischen Berichte wurden bisher im Strahlentelex untersucht und viele Schwachstellen offengelegt. In wie weit die offiziellen Krebsrisiken der Praxis standhalten, ist das Thema ab Seite 3.

DORIS[1]http://nbn-resoving.de/urn:nbn:de

informativ

Unsere Informativ-Rubrik erscheint auf Grund der Vielzahl aktueller Anlässe in Form einer umfassenderen Beilage ab Seite 16. Die online-Ausgabe des Strahlentelex enthält die Beiträge im „zeitgemäßen“ Englisch.

Das **Hauptthema der Ausgabe 04/2023** ist der abschließenden Bewertung der bundesdeutschen Forschungsergebnisse zu Krebs-Erkrankungen von Wismutangehörigen gewidmet. Betreffs der größten Gesundheitsgefahr des Uranbergbaus, Lungenkrebs (LK) durch Radonfolgeprodukte, sind die tatsächlichen Todesfälle nie erfasst worden. Aus rund 50.000 Gesundheitsakten früherer Beschäftigter filterten die Forschungsstudien 3.000 LK-Tote. Ansonsten beruft man sich auf die anerkannten Berufskrankheiten (BK), wonach bis 1990 in der DDR 5.275 LK registriert waren. Entsprechend der 2019 eingestellten bundesdeutschen Statistik sind für den Zeitraum 1991 bis 2018 weitere 4.200 Fälle (BK 2402, zuvor BK 92) zu entnehmen, wobei über 7.200 Anträge abgelehnt wurden; neben LK-Fällen fast alle Krebsarten infolge realitätsferner Erfassung und Bewertung tatsächlicher Strahlenbelastungen. Die deutlich höher liegende Dunkelziffer ist fehlenden und mitunter falschen Diagnosen geschuldet. Auch eine Zuordnung zu den dreifach höher ausgewiesenen Silikose-Varianten verhinderte die statistische Berücksichtigung häufiger Parallelerkrankungen.

Endlagersuche für hochradioaktiven Abfall in Deutschland:

Am zweiten internationalen Forschungssymposium für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung safeND, 13. – 15.09.23 in Berlin nahmen über 300 Personen aus 15 Ländern teil. Es gelang ein internationaler Austausch über die Sicherheit der nuklearen Entsorgung. In Diskussion standen neue wissenschaftliche Arbeiten im Hinblick auf die Zwischen- und Endlagerung radioaktiver Abfälle.
Sozusagen auf nationaler Ebene fand am 17./18.11.23 in Halle (Saale) das 2. Forum Endlagersuche statt; vorangegangen waren bereits digitale Info-Runden vom 06.-14.11. Das Forum diskutierte den von der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) vorgegebenen Weg zur Eingrenzung der bisherigen großflächigen sogenannten Teilgebiete.

Zu beiden Tagungen wird im Strahlentelex noch informiert, wobei sich um authentische Beiträge kompetenter Teilnehmer bemüht wird. Weiterhin besteht die Möglichkeit, entsprechende offizielle Veröffentlichungen zu verfolgen: *„Das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) verbessert sein Online-Angebot zur Endlagersuche: Die wesentlichen Unterlagen zum Standortauswahlverfahren (StandAV) sind ab sofort unter der neuen URL dokumente-endlagersuche.base.bund.de separat gebündelt und abrufbar.“*

In dieser Ausgabe: Die abschließende Bewertung der langwierigen Studienergebnisse der sogenannten Wismutkohorte betreffs der **Krebshäufigkeit bei Uranbergarbeitern** offenbart ab S. 3 an Hand der praktischen Realitäten, dass keine wissenschaftliche Basis verwendet werden konnte und somit die Studienergebnisse nicht wissenschaftsbasiert sind. Die Prüfung ausreichender Wissenschaftsbasiertheit steht auch im Mittelpunkt des nachfolgenden Beitrages von Frank Ullrich ab S. 6. Es wird detailliert nachgewiesen, dass die **Ausweisung der Radonvorsorgegebiete** mit der praktizierten Messtechnik auf falschen Ermittlungsdaten beruht. Wie die verschiedenen Bundesländer sich dieser Problematik stellten, zeigt ab S. 9 der nachfolgende **Vergleich der gesetzlichen Allgemeinverfügungen.**
Als aktuelles Umweltthema (S. 11) steht Sinn und Unsinn des **Kreislaufwirtschaftsgesetzes** zur Schonung natürlicher Ressourcen zur Diskussion, indem am Beispiel des endlichen Phosphors die aktuelle Recycling-Strategie zusammengefasst wird.
Die Uranbergbausanierung in Thüringen ist weit fortgeschritten. Dr. Karsten Hansky geht ab S. 14 den Spuren **verbliebener Hotspots** nach, die sich eindeutig begründen lassen und dennoch einen Entscheid über Verbleib oder Sanierung erfordern.

In der Beilage (ab S. 16) können sich die Leser der Druckausgabe über die Herangehensweise des verantwortlichen Ministeriums zur Ausweisung von sogenannten **Radonvorsorgegebieten** Thüringens informieren: Eine Mülldeponie gilt dort als repräsentative Radonquelle für ganz Ostthüringen.
Wiederholte Anfragen zum Verständnis der Aktionen im AKW Fukushima (**radioaktive Kühlwassereinleitung**) und zur **Sicherheitslage** ukrainischer AKWs veranlassten, einen zusammenfassende Situationsbeschreibung vorzunehmen.

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 2023 by Frank Lange.
Die hier und auf unserer Webseite veröffentlichen 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 15.12.2023 auf der Internetseite der Kirchengemeinde Ronneburg und vorab im Abo.
ISSN 2748-873X (online) 2749-8417 (Druckausgabe)

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

Radioaktivität im Uranerzbergbau

Die Ergebnisse der bundesdeutschen Krebsforschung im Uranerzbergbau

Teil 3: Praxisorientierte Bewertung der Uranbergarbeiter-Kohorten-Studie(n)

Praktische Realität

Bereits die Dreiteilung der Expositionsbelastung der in Teil 2 erläuterten WLM-Einteilung durchschnittlicher Jahresbelastungen untertage wirft Fragen auf. Setzt man die hohen Expositionen bis 1954 von über 300 WLM als 100 Prozent ins Verhältnis zur Einführung der qualifizierteren technischen Bewetterung ab etwa 1955 und deren Weiterentwicklung nach 1970, so ergebe sich eine Bestrahlungsbilanz für Radon/RFP von zirka 100 zu 10 zu 1. Radonkonzentrationen der Anfangsphase mit vermeintlich natürlicher Bergwerksbelüftung (der Bericht [1], S. 5 geht irrtümlich von künstlicher Belüftung aus) sind unbekannt und nur grob „Experten-geschätzt". Dabei ging man erst von Ø 150 WLM aus, was sich nachträglich durch „Expertenschätzung" bis auf Ø 583 WLM steigerte ([2], Tab.1 S. 12).

Die zu den Expositionseinschätzungen herangezogenen Frischluftmengen beziehen sich auf die Vorgabewerte der Bergbaubetreiber. Anfangs galten 2-3 m^3/min und Bergmann, ab 1965 dann 90 m^3/min /Mann; ein Wert der z.B. im Objekt 09 Aue selbst rechnerisch nie erreicht wurde ([5] 1.4.8.1 S.9). Messungen erfolgten in regelmäßiger „Unregelmäßigkeit" (Tab. 2) und betrafen ausgewählte Kontrollpunkte (damals als Betriebspunkte bezeichnet). Auch bei den Radongasermittlungen gab es keine Kontinuität. Es wurden Schwerpunkte gesetzt. *„Ab 1965 begann die Messung der Radonfolgeprodukt (RFP)-Konzentrationen* ***an allen ständig belegten*** *Arbeitsorten unter Tage. Auf der Grundlage einer Anordnung des Generaldirektors von 1967 wurden für die Bergbaubetriebe 40 MeV/cm³ als abgeleiteter Grenzwert festgelegt."* ([5] 1.4.8.1 S.6) Dieser Wert lag eigentlich 13% über den eigentlichen innerbetrieblichen Grenzwert. Abgeleitet wurde er aus der Spezifik der Rn-222-Folgeprodukte (potentielle Alphaenergie) in Verbindung mit Atemrate und Arbeitszeit. Der Kontrollort und -rythmus richtete sich nach der Einhaltbarkeit von Vorgabewerten, auch unter dem Aspekt der „Planerfüllung" des Uranabbaus. Die Werte selbst wurden „flexibel" gehandhabt, mitunter zeitlich ausgesetzt. Die Messungen unterlagen gewissen Fehlerbetrachtungen, ohne sie grundsätzlich in Frage zu stellen. *„Die RFP-Konzentrationen im Zeitraum 1974 bis 1986 können als „meßtechnische Reduzierung" betrachtet werden. Sie entstanden im Zusammenhang mit dem Einsatz neuer Geräte und zum Teil nicht sachgerechter Handhabung, insbesondere bei der Kalibrierung. Darüber hinaus bedürfen vermutlich alle Werte (der Bergbaubetriebe insgesamt, aber speziell im Abbau) einer Korrektur nach oben (etwa Faktor 1,3). Denn im allgemeinen wurden die Werte im „Normalbetrieb", d.h. bei ununterbrochener Sonderbewetterung registriert. An Abweichungen waren unvermeidbare und vermeidbare Einflüsse zu unterscheiden*." ([5], S. 23)

Foto KUK Rbg: ständig belegter Arbeitsort (Werkstatt) [9]

Dies und der geringe Messumfang der Kontrollmessungen selbst (Tab. 2) konnte den praktischen Bedingungen nie gerecht werden. Zudem wurde sich an „erwartbaren" Szenarien orientiert. Dennoch stellte man nach 1983 trotz enormer technischer Maßnahmen eine Zunahme der gesundheitsrelevanten RFP-Belastung fest. Insbesondere in den ostthüringischen Bergbaubetrieben (BB), wo die Wettermengen durch den starken untertägigen Abbau die damit verbundenen Radonzunahmen nicht kompensieren konnten. Ein internes Eingeständnis belegt folgende Mitteilung im begrenztem Leitungskreis der Generaldirektion der SDAG-Wismut vom 03.10.1983: *„Wir müssen uns darüber im Klaren sein, dass die Situation vor Ort nicht immer so gut ist, wie im Zeitraum der arbeitshygienischen Messungen"*, Gerade diese sind aber für die nachträglichen Expositionsschätzungen in den Kohortenstudien verwendet worden. Wichtig ist, dass der *Zeitraum der arbeitshygienischen Messungen* von der *Situation vor Ort*, also von den Arbeitszeiträumen eindeutig separiert dargestellt wurde.

Von 1981-90 wurden für drei (von 5) BB Ostthüringens 3.518 unzulässige Mängel registriert, die oft zu Sperrungen hätten

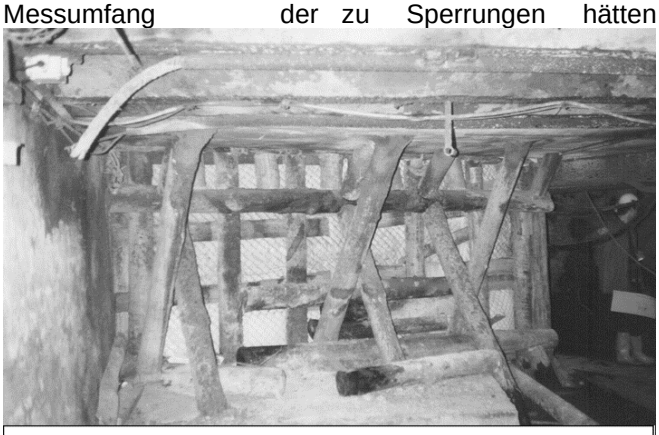


Foto KUK Rbg: Abdichtstelle Stollenabwurf [9]

führen müssen, aber nur selten durchgeführt wurden ([7], S. 102). Die Probleme reichten von defekten oder abgestellten Lüftern bis hin zu fehlenden Abdichtungen unzulässiger (d.h. technisch nicht mehr erforderlicher) Radonquellen; weitere Mängel enthält Tab. 1.8.2-9/1 in [5]. Eine Reihe technischer Probleme, die sich in den offiziellen Messungen nicht widerspiegeln, betrafen speziell die Bewetterung: Defekte Luftleitungen, Fehlanschlüsse, Mitbewetterung ungenutzter oder abgeworfener Grubenräume, Kreisbewetterung, ungenügende oder fehlerhafte Wetterführung. Es ergaben sich deutlich geringere wirksame Wettermengen, als es die messtechnisch an der Einzugsstelle festgestellte Verfügbarkeit vortäuschte. Eine Reihe wichtiger Örtlichkeiten erhielten völlig ungenügende Bewetterung, wie Dammbaubetriebspunkte oder Stollenendbereiche – Arbeitsplätze, die **nicht als ständig belegt** geführt wurden und (wenn überhaupt) mit Stichproben entsprechend Tab. 2 lfd. Nr. 3 in die Arbeitsplatzbewertung eingingen (1 Wert pro Jahr!).

Der Bericht [1] überträgt die Bezeichnung ***„an allen ständig belegten“*** als Positivum und verkennt eindeutig die Einschränkung der Begriffswahl. Aus Tab. 2 geht auch hervor, dass die messtechnische Überwachung als arbeits-hygienischer Kontrollmechanismus extrem begrenzt der Problemerkennung diente, umso mehr dagegen der Dokumentation vermeintlich erfolgreicher Wirkung der ständig „*in Arbeit und Entwicklung befindlichen Bewetterungsmaßnamen*“. Die plankonforme Erfassung angestrebter Idealzustände stand letzt-

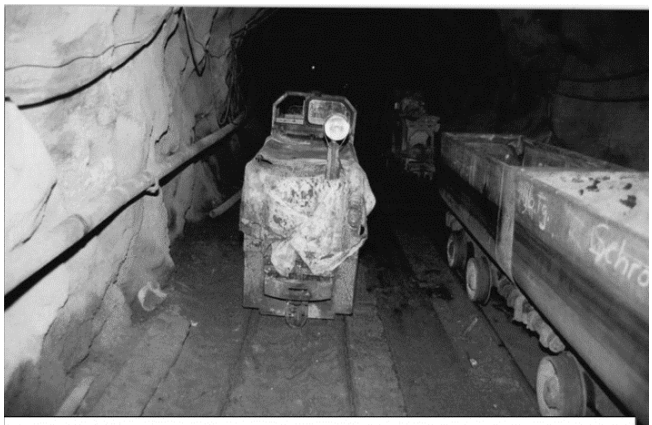


Foto KUK Rbg: nicht-ständig belegter Arbeitsort (Strecke) [9]

lich im Vordergrund, d.h. statistische Auslegungen wurden in diesem Sinn genutzt.

Die Bewetterung bildete nicht nur durch die größer werdenden Grubengebäude eine ständige Herausförderung. Hier steuerte man mit dem Abwerfen „ausgeerzter“ Stollen mit wechselndem Erfolg gegen. Schwieriger waren die schwankenden und ungleich verteilten Wirkungsgrade im Grubengebäude in den Griff zu bekommen. Hier kommt der Messortauswahl eine entscheidende Rolle zu. (Als Vergleich sei auf die heutige Praxis der Feinstaubmessung in deutschen Städten hingewiesen, die statistisch ebenfalls nicht unproblematisch ist.)

Routine- bzw. die *arbeitshygienischen* Messungen der Radonkonzentrationen waren nicht zur Langzeitberücksichtigung der genannten Problemfälle prädestiniert.

Was passierte bei Radon-Überschreitungen, sofern diese festgestellt wurden? „*In der Praxis bedeutete das, dass Betriebspunkte, denen Wetter mit RnFP-Konzentrationen von bis zu 200 MeV/cm³ zugeführt wurden, durch den Einsatz von Radonfolgeproduktfiltern strahlenschutzseitig in den Normbereich verlegt werden konnten. Bedingung war, dass der Filter so weit wie möglich vor Ort stationiert wurde, damit die Zeit zur Wiederaufnahme von Staub und damit RnFP-Konzentrationen bis zum Betriebspunkt gering war. Die Filter selbst waren so ausgerüstet, dass die Taschen gewechselt werden konnten. In den Betrieben des Thüringer Raumes waren teilweise bis zu 5 % der Betriebspunkte mit solchen Filtern ausgerüstet. Die Methode versagte auf Betriebspunkten im durchgehenden Wetterstrom, … sowie bei höheren RnFP-Konzentrationen.*“ ([5] 1.4.8.1 S.8) Die Ausführungen sind ein Beleg für die starken praktischen Abweichungen von angestrebten Normzuständen in den Grubengebäuden.

Weitere Praxisbeispiele sind in [7] dokumentiert. Z.B. traten im Objekt 09 in Aue 1982 über Wochen wenigstens 2,5fache Konzentrationsüberschreitungen statt ohne dass es zu Gegenmaßnahmen kam. Langzeitüberschreitungen der Folgejahre sind dokumentiert. Oder: Kontrollmessungen im Halbjahresvergleich 1983/84 im BB Schmirchau ergaben 86 bzw. 107 Betriebspunkte mit Überschreitungen der Radonkonzentration auf, was zudem fast bei jeder Messkampagne der Fall war.

Es gab **keinerlei Fremdüberwachung**. Die staatliche Überwachungsaufgaben aller BB des Uranbergbaus lagen in der Hand eines einzigen Strahlenschutzbeauftragten, einem exponierten Wismut-Angehörigen der Generaldirektion! Auf die nicht zugangsberechtigte Rolle des Staatlichen Amtes für Atomsicherheit müsste gesondert eingegangen werden. Die zuständige Bergbehörde jedenfalls hätte, selbst wenn sie gewollt hätte, gar keine Kontrollmessungen wegen fehlender technischer und personeller Voraussetzungen realisieren können ([7], S 103 Abb. IV/27). Allein diese Tatsache stellt einen massiven Unsicherheitsfaktor für die Robustheit und notwendige Breitenwirkung der Messdaten dar. Hierzu passt die Eigenbewertung der SDAG-Wismut in [5] 1.8.2 S.17: *„Die Messungen beschränken sich zwar auf das Radon, sie wurden aber damit dem Hauptproblem der Strahlenbelastung - **zumindest nach dem Erkenntnisstand dieser Zeit -** weitgehend gerecht. Diese Messungen, die vermutlich durchaus mit großer Sorgfalt ausgeführt worden sind, können allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, daß für die **Strahlenbelastung des einzelnen Bergarbeiters erhebliche Unsicherheiten** bestehen. Charakteristisch ist in jedem Falle die enorme Streuung der Meßwerte; Überschreitungen der ermittelten Maximalwerte sind daher nicht auszuschließen.“* Diese

vorsichtig kritische Aussage wurde von den Problemen in der Praxis jedoch weit übertroffen

Auch Überprüfungen von Arbeitsplatzbewertungen der Berufsgenossenschaft halten der praktischen Plausibilität zu offenkundig nicht stand. Dabei ist die völlig ungeeignete, weil von den Forschungsergebnissen widerlegte Schwellwerttheorie (Jacobi-Modell) zur BK-Anerkennung noch vergleichsweise nebensächlich, da bereits die „verarbeiteten" Individualexpositionen grundhaft falsch sind. Wie ungeeignet die mit der JEM zu Grunde gelegten Expositionen sind, zeigt die simple Strahlungseinschätzung des Arbeitsplatzes eines Wachmanns [8], der jahrelang unmittelbar an hochradonbelasteten Abwetter-Schächten tätig war. Ihm wurde eine JEM-Dosis zubilanziert, die die Dosis der Normalbevölkerung noch mehrfach unterschritt.

Was folgt?

Die Strahlenbelastung generell (und insbesondere ab 1979 unter Tage mit < 2-3 WLM), abgeleitet vor allem aus dem Objekt 09 ([6] Anlage B Tab 2), ist in der Praxis höher aufgetreten. Es muss mit Bezug auf die Job-Exposure-Matrix (JEM) von bislang praktizierten fehlerhaften arbeitsplatzbezogenen Expositionsbewertungen ausgegangen werden, die zudem für keine individuellen Bewertungen mit juristischer Relevanz heranzuziehen sind. Die Messdaten Rn/RFP an sich sind nicht in Frage zu stellen. Ihre Verallgemeinerung bis hin zur individuellen Exposition allerdings schon. Als Momentaufnahme mit nicht nachvollziehbarer Durchschnittsbildung können sie die stark schwankenden Bedingungen unter Tage nicht ausreichend signifikant abbilden. Die in den Übertragungsmodellen vorausgesetzten stabilen Bedingungen sind kaum vorhanden gewesen. Die Beschaffenheit und Zusammensetzung (Konsistenz) der für die Ausweisung von Durchschnittsbelastungen verwendeten Schätz- und Messdaten mögen für allgemeine Überschlagsbetrachtungen ausreichen, können jedoch keinesfalls individuelle krebsauslösende Personendosen widerspiegeln oder gar ersetzten. Generell wurde bei den mathematisch-statischen Vereinfachungen Milieubedingungen vorausgesetzt, die so nicht gegeben waren.

Die Forschungsergebnisse zum Krebserkrankungsrisiko der sogenannten Wismut-Kohorte und auch die bisherige Unsicherheitsanalyse [1] differieren offenkundig zwischen Theorie und Praxis. Aus diesem Grund wurde in Tabelle 1 im Beitragsteil 2 (Strahlentelex Ausgabe 02/23) eine Vorschlag-Spalte eingefügt, die sich um eine realistischere Unsicherheitsbewertung müht und Ansporn sein sollte, künftig mehr die Ausgangs- und Originaldaten in den Fokus zu stellen, als mit statistischen Validierungen die abgeleiteten Modelle mehr oder weniger bestätigen zu wollen. Allerdings sollen diese Unterlagen „verschollen" sein.

Frank Lange

Tabelle 2: Messumfang RFP untertage nach [5] Tab. 1.8.2-7

Lfd. Nr.	Art der Arbeitsorte, bzw. Meßpunkte, bzw. Messungen	Letzter Meßwert oder zu erwartender Wert der RFP-Konzentration in MeV/cm³	Durchführung der nächsten Überwachung bzw. Festlegung zu deren Häufigkeit sowie besondere Zielstellungen der RFP-Messungen
1	Abbau und Vortrieb	bis 4 5 bis 26 27 bis 40 41 bis 120 (Warnbereich) über 120 (Sperrbereich)	spätestens nach 3 Monaten spätestens nach 1 Monat spätestens nach 2 Wochen bei mangelhafter Ortsbewetterung: am nächsten Arbeitstag bei mangelhafter Hauptbewetterung: spätestens nach 1 Woche bei mangelhafter Ortsbewetterung: am nächsten Arbeitstag bei mangelhafter Hauptbewetterung: vor der Wiederbelegung
2	stationäre Arbeitsorte (z.B. Werkstätten, Kammern)	bis 13 14 bis 40 über 40	spätestens nach 3 Monaten spätestens nach 1 Monat wie lfd. Nr. 1
3	zeitweilig belegte Arbeitsorte (z.B. Dammbau, Bohrung, Grubenunterhaltung)		Vor Aufnahme, spätestens in der 1. Schicht dieser Arbeiten - ausgenommen Arbeitsorte, die im durchgehenden Frischwetterstrom liegen und nach den Ergebnissen gemäß lfd. Nr. 4 bewertet werden können. (Wiederholung gemäß lfd. Nr. 1)
4	Hauptwetterführg. Frischwetter	bis 4 über 4	einmal im Jahr einmal im Quartal
5	Hauptwetterführg. Abwetter		Monatliche Messungen hinter dem letzten abwetterseitig gelegenen Arbeitsort (Messung zur Überprüfung der Wetterprojektrealisierung ; Messungen hinter diesen Meßpunkten nur bei besonderen Erfordernissen und höchstens einmal pro Jahr).
6	Sondermessungen („Meßzüge")		Ermittlung der Effektivität von Hermetisierungs- und Wettertechnischen Maßnahmen bzw. der Wirkung von Veränderungen der Hauptwetterführung; Ermittlung von Radonquellen.

[1] Kukenhoff, Deffner, Aßenmacher, Neppl (Institut für Statistik der LMU München) und Kaiser, Güthlin (Helmholtz Zentrum München): Schlussbericht 2017 „Ermittlung der Unsicherheiten der Strahlenexpositionsabschätzung in der Wismut-Kohorte – Teil1",
[2] Strahlentelex Nr. 04, Ausgabe 02/2022, S. 10-15: „Die Ergebnisse der bundesdeutschen Krebsforschung im Uranerzbergbau" Teil 1
[3] Lehmann F, Hambeck L, Lutze H, Meyer H, Reiber H, Reinisch A, et al. 1998. „Belastung durch ionisierende Strahlung im Uranerzbergbau der ehemaligen DDR: Abschlussbericht zu einem Forschungsvorhaben.", Hauptverband der Gewerblichen Berufsgenossenschaften: Sankt Augustin.
[4] Leitfaden zur Unsicherheitsanalyse in der Expositionsschätzung - Empfehlung der Kommission für Expositionsschätzung und -standardisierung des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) 2014, www.bfr.bund.de
[5] Chronik der Wismut Grubenbewetterung; 1.4.8.1 und 1.8.2
[6] Mitteilung G.G. Eigenwillig vom 29.08.22 mit Nachweis in „Der Uranerzbergbau im Erzgebirge – die dadurch bedingten Strahlenexpositionen und Erkrankungen der Bergleute", Frankfurt /Main 2020: Nachweis auf S. 5 u. 8 im Anlagenteil B (ISBN 978-3-00-0646157)
[7] „Geheime Verschlusssache Wismut" Forschungsprojekt des Kirchlichen Umweltkreises Ronneburg, 2012; S. 102-105
[8] Bescheid über die Ablehnung einer Berufskrankheit; BBG Gera Nr. (infolge Datenschutzes hier k. A.) von 2001
[9] Fotos Kirchlicher Umweltkreis Ronneburg (KUR) 1993, Befahrung Schacht Schmirchau

Radonvorsorge

Die Ausweisung von Radonvorsorgegebieten in Thüringen – wissenschaftlich fundierte Methode oder Scheinwissenschaft – Teil 3: Messung der Gaspermeabilität

von Frank Ullrich, Gera

Im Teil 2 dieser Artikelreihe wurde dargelegt, dass die der Probenahme, sowohl für die Rn-222-Bodenluft-Aktivitätskonzentration (Rn-BL) als auch die Gaspermeabilität des Bodens (GP) dem Modellsystem des BfS und auch bei der RVG-Ausweisung in Thüringen zu Grunde gelegten Messungen auf der Basis der VDI-Richtline 3865, Blatt 2 [1] erfolgten, die Art der Datenverwendung den Vorgaben der VDI-RL jedoch eindeutig widerspricht.

Eine derart eklatante Missachtung geltender Normen und Ignorierung wissenschaftlicher Grundkenntnisse sollte allein für sich schon ausreichend sein, um die wissenschaftliche Basiertheit des allen RVG-Ausweisungen in der BRD zu Grunde gelegten BfS-Modells zu verneinen.

Da dennoch nach wie vor die im Rahmen der Feldmessungen der Rn-BL und GP auf der Basis der VDI-RL erzeugten Daten zur Modellierung durch das BfS herangezogen wurden und werden, soll im Folgen, dieses für diese Messungen in der Vergangenheit und auch heute noch bevorzugte Messsystem, etwas ausführlicher untersucht werden.

Laut Angaben des BfS und des TLUBN wurden die Messwerte, welche zur Berechnung des (geogenen) Radonpotentiales benutzt wurden und werden mit der inzwischen als „Referenzmesssystem“ von vielen Landebehörden eingestuften Gerätekombination Bonner-Bodenluftsonde und Permeameter nach Kemski ermittelt (Bilder 1 – 3). Die Bonner BL-Sonde dient hierbei sowohl zur Entnahme der radonhaltigen Bodenluft als auch als Sondensystem zur Bestimmung der Gaspermeabilität.

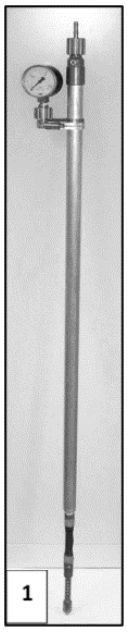
Die BL-Sonde wird in ein vorgebohrtes Loch von 1,10 m Tiefe und optimalerweise 28 mm Durchmesser auf dem Lochboden aufsitzend, eingesetzt. Die im Bild 3 dargestellte schwarze Gummimanschette wird mit Luft soweit aufgepumpt, dass diese das Bohrloch oberhalb des unteren Messingstückes (BL-Ansaugbereich) gegen die direkte Außenluft oberhalb abdichtet. Über die am oberen Sondenende befindliche Schlaucholive wird über einen geeigneten Anschlussschlauch radonhaltige Bodenluft in das Radonmesssystem (hier Szintillationskammern) überführt bzw. zur Bestimmung der GP wird die BL-Sonde hier mittels Verbindungsschlauch mit dem Permeameter verbunden.

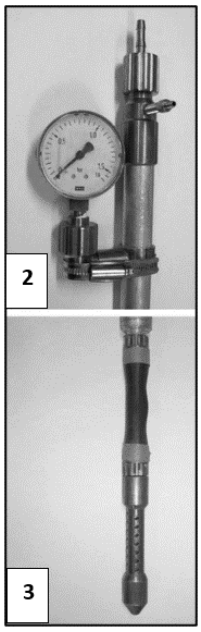
Um für die Rn-BL-Messung noch vorhandene Außenluft aus dem Messsystem zu eliminieren, ist vor der eigentlichen Rn-Probenahme ausreichend (Boden)Luft durch das Sondensystem zu ziehen. Die Angaben in der Literatur variieren hierfür erheblich (5 l, 10 l bzw. 10 -15 l). Die hier aufgeführten Volumina sind allerdings nicht in jedem Fall einfach realisierbar.

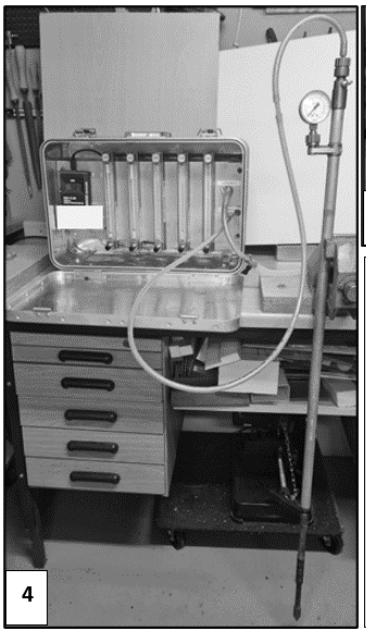
Bei schlecht permeablen Böden (z.B. $1*10^{-13}$ m²) lassen sich bei einem Unterduck von 4.000 Pa, mit dem hier betrachteten System, ca. 0,2 l/min an Bodenluft entnehmen. Dies bedeutet eine „Vorpumpzeit“ für 10 l von ca. 50 min. Dies dürfte für die realen Feld-Messungen eine eher inakzeptable Zeitdauer sein. Eine Erhöhung des anzulegenden Unterdrucks während es Vorpumpens kann zwar zu einer Verkürzung der notwendigen Vorpumpzeiten führen, steht jedoch im Widerspruch zu den Forderungen der DIN ISO 1655-Teil 11 [2]:

„Die Extraktion von Bodenluft während der Probenahme reduziert den Druck im Porenraum und beeinflusst dadurch die Phase- und Lösungsgleichgewichte. Um diese Einflüsse insbesondere bei Kurzzeit-Probenahmen zu begrenzen, werden Volumina < 1 l und Durchflussraten von maximal 2 l/min empfohlen. Bei Böden, die eine geringere Gaspermeabilität und ein geringes Luftporenvolumen besitzen, sollten noch geringere Durchflussraten verwendet werden ISO 10381-7).“

Besonders für die Messungen der Gaspermeabilität mit dem System „Bonner-Sonde + Permeameter nach Kemski“ erscheint, auf Grund der Vielzahl damit durchgeführter Messungen und der großen Bedeutung für Aussagen und Modellierungen zum Radonpotential, eine







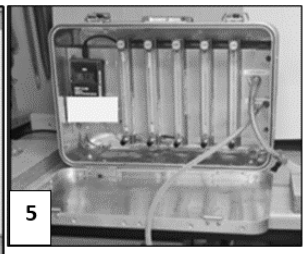


Bild 1 - 3:
Bonner-Bodenluftsonde (original)

Bild 4:
Bodenluftsonde und Permeameter, Gesamt-Messaufbau

Bild 5:
Permeameter nach Kemski

etwas genauere Betrachtung der propagierten und der tatsächlichen Einsatzgrenzen sinnvoll.
Zum Aufbau und den Einsatzgrenzen des Systems wird im BfS-Forschungsbericht „FS 3609S10003, S. 12 -14“ [3] folgendes ausgeführt:
„Das Permeameter besteht aus fünf parallel geschalteten Durchflussrohren unterschiedlicher Kapazität (maximale Durchflussrate: ca. 75.000 cm³/min), an jedem einzelnen kann der Gasdurchfluss durch ein Nadelventil reguliert werden. Pressluft wird über die Durchflussrohre durch die Bodenprobe bzw. in den Boden geleitet; dabei ist darauf zu achten, dass der Betriebsdruck der Durchflussrohre von 1 bar nicht überschritten wird. Die bei einem konstanten Messdruck von 40 mbar an den geöffneten Rohren abgelesenen Skalenteile werden in die Durchflussrate umgerechnet.“
„Es können Gasdurchlässigkeiten zwischen ca. 5 x 10^{-16} m² und ca. 5 x 10^{-11} m² gemessen werden. Diese Spanne überdeckt die normalerweise in natürlichen Böden auftretenden Gasdurchlässigkeiten. Böden mit einer Gasdurchlässigkeit von > 10^{-12} m² gelten als gut durchlässig, bei Werten zwischen 10^{-12} m² und 10^{-14} m² als mäßig durchlässig und bei einer Permeabilität von < 10^{-14} m² als schlecht durchlässig.“
„Der Berechnung der Gasdurchlässigkeit eines Bodens liegt die allgemeine Form des Darcy-Gesetzes zugrunde.“

$$k = \frac{V \cdot \eta}{F \cdot p} \quad [m^2]$$

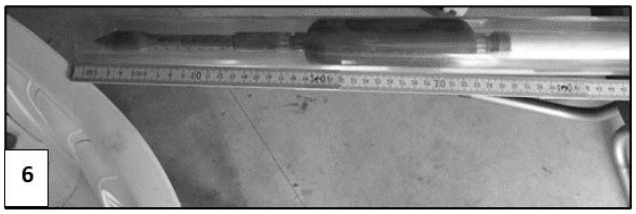
mit
k = GP spezifische Gasdurchlässigkeit [m²]
V Gasdurchflussrate [m³/s]
p Druck des strömenden Gases [Pa] (100 Pa = 1 mbar), hier 4.000 Pa fest vorgegeben
η dynamische Gasviskosität [Pa*s], η Luft (20 °C) = 1,812 x 10^{-5} Pa*s
F Geometriefaktor

$$F = \frac{2 \cdot \pi \cdot l}{\ln\left(\frac{2l}{d} \cdot \sqrt{\frac{4D-l}{4D+l}}\right)} \quad [m]$$

mit
l Länge des „offenen“ Hohlraumes unterhalb des Packers [m]
d Bohrlochdurchmesser [m]
D Bohrlochtiefe [m]

Gemäß oben genanntem BfS-Bericht beträgt der Geometriefaktor F für das System 0,291 m (l = 0,08 m, d = 0,028 m, D = 1,1 m).

Für das reale System ist allerdings zu beachten, dass die Länge L bei einem Wert d = 0,028 m statt der in [3] angegebenen 0,08 m richtigerweise mit ca. 0,205 m anzusetzen ist (Bild 6).


6

Parameter	Bonner Sonde-korr	Bonner Sonde-orig.
l [m]	0,205	0,08
d [m]	0,028	0,028
D [m]	1,10	1,10
F [m]	**0,488**	**0,291**

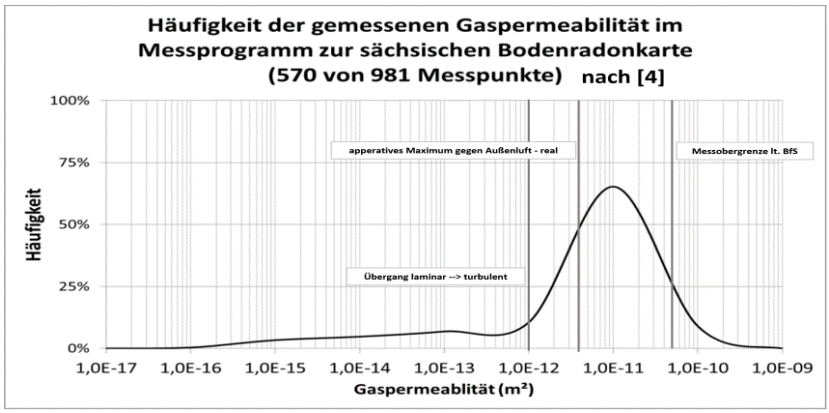
Mit den genannten Parametern lassen sich die angegeben Einsatzgrenzen bewerten.
1. Geometriefaktor F mit: l = 0,21 m, d = 0,028 m und D = 1,1 m folgt: **F= 0,49 m**
2. Die für eine GP von 5*10^{-11} m² (lt. BfS und TLUBN der obere GP-Messbereichsendwert) benötigte Gasdurchflussrate durch die Bodensonde und das Permeameter beträgt:

$$V = \frac{k*F*p}{\eta} = \frac{5*10^{-11}*0{,}49*4000}{1{,}812*10^{-5}} * \frac{m^2*m*Pa}{Pa*s} = 5{,}4 * 10^{-3}\ m^3/s = \underline{\mathbf{324{,}5\ l/min}}$$

Für die angegebene, maximal messbare GP müssten demnach ca. 324,5 l/min an Gasdurchflussrate erreichbar sein.
Das eingesetzte Permeameter kann jedoch, wie in [3] angegeben, nur maximal 75 l/min messen! Führt man einen Praxistest mit den Originalgeräten (Bonner Sonde + Permeameter) sowie einem ca. 2,5 m langen, zur Sonden-Anschlussolive passenden Verbindungsschlauch zwischen Permeameterausgang und Bodendsondeneingang gegen Außenluft durch (siehe Bild 4), so stellt man fest, dass in diesem „günstigstem“ Extremfall nur maximal ca. 21 l/min an Gasdurchflussrate erreichbar sind.
Dies entspricht einer GP von ca. 3,1 *10^{-12} m² statt 5*10^{-11} m² wie angegeben.
Hierbei ist zu beachten, dass bei diesem Messaufbau der gesamte angelegte Messdruck von 4.000 Pa ausschließlich über das Messsystem verbraucht wird und für eine Messung der Boden-GP kein Druck mehr zur Verfügung stünde.
GP-Wert größer als 3,1*10^{-12} m² sind demnach strömungsphysikalisch mit den verwendeten Standardmesssystem nicht messbar. Es sei denn, es liegen fehlerhafte Messbedingungen vor!
Berücksichtigt man zusätzlich, dass die zur Berechnung der GP benutzte Form der Darcy-Gleichung nur für den Fall laminarer Strömungsverhältnisse im Gesamtmesssystem (Messapparatur + Boden) gültig ist, und im Boden nie bekannt ist, welche Strömungsformen vorliegen, sollte man für eine fachlich korrekte und wissenschaftlich saubere Messung, als entscheidende Grundlage der späteren Modellauswertungen, zumindest die Forderung nach laminaren Strömungsverhältnissen im Messsystem erfüllen.
Berechnet man die Strömungseigenschaften für jedes einzelne Bauteil des Messsystems mit den vorgegebenen Parametern, so zeigt sich, dass bereits ab ca. 7 l/min Luftdurchflussrate das Messsystem vom laminaren in den turbulenten Zustand übergeht.
Hierbei ist die rechnerisch kaum bewertbare, strömungstechnisch kritische Druckluft-Schnellkupplung zwischen Permeameterausgang und Verbindungsschlauch noch nicht berücksichtigt!
Ein solches Bauteil hat in einem auf Darcy bzw. Druckabfallmessungen aufbauenden Messystem nichts zu suchen und zeugt von einer bemerkenswerten Unprofessionalität der Entwickler und Nutzer!
Es bleibt zu resümieren, dass das für alle BfS-Bodenluftmessungen und in weiten Teilen auch für GP-Messungen der Landesmessprogramme (z.B. in

Thüringen) benutzte Messystem „Bonner-Sonde + Permeameter nach Kemski“ statt der angegebenen $5*10^{-11}$ m² maximal eine obere Messbereichsgrenze von ca. $1*10^{-12}$ m² (sehr wahrscheinlich noch darunter) erreich kann und damit um ca. einen Faktor 50 unter den offiziellen Angaben liegt.
Hiermit höhere GP-Werte als $1*10^{-12}$ m² anzugeben ist entweder fachlich und wissenschaftlich unseriös oder vollständig falsch.
Die bei der Auswertung der GP-Messdaten z.B. im Thüringer Datensatz zu beobachtende Häufung der GP-Messwerte im Bereich um ca. $1*10^{-11}$ m² resultiert sehr wahrscheinlich aus mehreren Fehlerfaktoren.
Zum einen besteht die Möglichkeit eines falschen, benutzten Geometriefaktors (0,29 statt 0,49). Aber auch Ablesefehler an den nur in Skalenteilen (statt direkt in Durchflusseinheiten) kalibrierten Rotametern, ein versehentlich falsch eingestellter Vordruck (Sollwert: 40 mbar) oder Undichtigkeiten im Messsystem können zu derartigen Fehlangaben führen.
Die tatsächlichen Ursachen solch zweifelhafter Messergebnisse sind leider nicht mehr nachvollziehbar, da für die sowohl im BfS-Modellierungsverfahren als auch in RVG-Ausweisungsverfahren (z.B. in Thüringen) benutzten Messdaten keine Messprotokolle oder sonstige Dokumente, welche über die konkreten, diesbezüglichen Messbedingungen Auskunft geben könnten, vorliegen. Aus Sicht einer wissenschaftlich basierten Vorgehensweise, wie im Strahlenschutzrecht gefordert, erscheinen daher Zweifel bzgl. der Seriosität der RVG-Modellierung und Ausweisungsverfahren mehr als angebracht.

In Veröffentlichungen zu findende Häufigkeitsverteilungen von durchgeführten GP-Messkampagnen, in der nachfolgenden dargestellten Form, erscheinen sowohl mit dem hier ausführlicher betrachteten Standardsystem, als auch mit den üblichen, bisher kommerziell verfügbaren GP-Messsystemen nicht plausibel.



Einzig das System „Radon-Jok“ (betrieben mit einem Gewicht und einer 10 / 12 mm Einschlagsonde mit verlorener Spitze) ist in der Lage, GP-Werte bis maximal ca. $1*10^{-11}$ m² fachlich einigermaßen seriös zu messen.

Wendet man die Kriterien seriöser fachlicher und wissenschaftlicher Basiert der RVG-Ausweisung auf der Basis des RP (also unter Mitbenutzung der GP-Messwerte) auf den Thüringer Datensatz an, so ergibt sich folgendes:

- Der für Thüringen zur Ausweisung von RVG zu Grunde liegende Datensatz (Teilmenge des bundesweiten des BfS-Datensatzes) umfasst insgesamt 362 Datensätze (aus dem Zeitraum 1993 – 2003)
- Davon sind nicht nutzbar: 96 Datensätze – da nur Messtiefe 50 – 90 cm; 5 Datensätze – da Messtiefe 120 - 200 cm
- Es verbleiben 261 Datensätze mit einer Messtiefe 100 cm
- Davon sind nicht nutzbar sind 42 Datensätze, da hierfür keine GP-Werte vorhanden sind.
- Es verbleiben 219 Datensätze mit Messtiefe 100 cm und C_{Rn-BL} + GP-Messwert für die Berechnung des Radonpotentiales
- Von diesen 219 Datensätzen sind nicht nutzbar: 131 Datensätze, da die GP > $3,1*10^{-12}$ m² und damit angeblich mit einem Luftdurchsatz gemessen, der größer als der maximale, gegen Außenluft durchsetzbare Volumenstrom des Systems ist. Es verbleiben 88 Datensätze.
- Da bei ca. einem Luftdurchsatz von ca. 7 l/min, das entspricht einer GP von $1*10^{-12}$ m², im Messsystem „Permeameter nach Kemski + Bonner Packersonde“ bereits Turbulenzströmungen auftreten und dies von der benutzten Darcy-Gleichung nicht fachlich gedeckt ist, müssen alle GP-Messwerte größer $1*10^{-12}$ m² als fachlich fragwürdig oder fachlich falsch betrachtet werden und dürfen, wenn wie in der StrlSchVO gefordert, eine wissenschaftlich korrekte Arbeitsweise als Grundlage dienen soll, nicht benutzt werden.
Dies betrifft weitere 40 Datensätze.
- Es verbleiben somit von den ursprünglichen 362 Datensätzen noch 48 verwertbare Datensätze für Thüringen.
- Von diesen 48, potentiell verwendbaren Datensätzen ist bei 22 Datensätzen als Probenahme-/ Mess-Datum 1996/97 angegeben. Dies trifft insgesamt für insgesamt 117 aller 362-Originaldatensätze zu! Mindestens hier sind also weder Probenahmedatum noch Messbedingungen bekannt. Damit ist die Herkunft dieser Daten nicht verifizierbar.
- Somit verbleiben letztendlich noch maximal 48-22=26 (als fachlich seriös zu bewertende) Datensätze (Tabelle 1), die zur Ausweisung der RVG aus dem BfS-Datensatz für Thüringen herangezogen werden können. Eine

Tabelle 1

geologische Formation	Anzahl seriöser Datensätze
Buntsandstein	2
Karbon	5
Keuper	3
Metasock	1
Muschelkalk	2
Ordoviz	4
Plutsau	2
Vulkbas	2
Vulksau	2
Zechstein	3
Summe	**26**

solche „belastbare Datenlage“ ist völlig unzureichend!

Fazit:

Der in Thüringen benutzte BfS-Datenbankauszug ist für eine seriöse, wissenschaftlich basierte Ausweisung von RVG nicht geeignet!

Im nächsten Teil dieser Artikelreihe wird ein GP-Messystem vorgestellt werden, welches geeignet ist, unter nahezu realen Messbedingungen, GP-Messung bis in den Bereich $1*10^{-10}$ m² mit geringstmöglichen Beeinflussungen des Probenahmeortes durchzuführen und dabei die zugehörige p-V-Abhängigkeit im Bereich 4,5 ml/min bis 3.000 ml/min aufzunehmen.

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

[1] VDI-Richtline 3865, Blatt 2
[2] DIN ISO 1655-Teil 11
[3] BfS_2012_FV 3609S 10003_Bd1
[4] Schriftenreihe des LfULG, Heft 17/2020 S.22

Radonvorsorge

Die Radonvorsorgegebiete (RVG) der Bundesrepublik im Vergleich

Frank Lange

Ausgehend von den gleichen gesetzlichen Vorgaben und Rahmenbedingungen (Empfehlungen durch das Bundesamt für Strahlenschutz - BfS) erstaunt die Vielfalt der Entscheidungsfindung der in 6 Bundesländern entsprechend Tabelle 1 vollzogenen Ausweisung von Radonvorsorgegebieten (RVG). Erklärungen sind in der unterschiedlichen Handhabung und Prioritätensetzung in den Ländern zu sehen (Tabelle 2).

Gesetzeslage

§ 121 StrSchG schreibt die termingebundene Festsetzung von RVG per Rechtsverordnung vor. Als solche gelten prognostizierte Regionen, die aufgrund der Ermittlung nach § 153 Abs. 2 StrlSchV auf mindestens 75 Prozent der Fläche in mindestens zehn Prozent der Anzahl der Gebäude Überschreitungen des Referenzwertes von 300 Becquerel je Kubikmeter (Bq/m³) für die über das Jahr gemittelte Radon-222- Aktivitätskonzentration nach § 124 Satz 1 oder § 126 StrlSchG erwarten lassen. Hierfür galt es eine wissenschaftlich basierte Methodik zu entwickeln und zu nutzen.

Umsetzung

Grundlage der von den Ländern zu erarbeitenden Prognosen für RVG bildete einheitlich die Methodik des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) [1] und dessen weiteren Umsetzungsempfehlungen [2]. Die Umsetzung letzterer gestaltete sich unterschiedlich. Aus Spalte ④ geht hervor, dass mit Ausnahme Thüringens die Länder bemüht waren, die Datenbasis zu erweitern; insbesondere das geologische Radonpotential und den Radon-Innenraumgehalt betreffend. Außer in Thüringen wurden hierbei die Prioritäten zur RVG-Ausweisung aus den Schwerpunkten der BfS-Radonkartierung abgeleitet [3]. So konzentrieren sich die RVG in diesen Bundesländern ausschließlich auf Mittelgebirgsregionen und Mittelgebirgsvorland. Hier konnten die eindeutigsten Zuordnungen von geologischen Radonbelastungen mit regionalem Ausmaß als Folge verbreitet vorkommender erhöhter Radongehalte in oberflächennahen Gesteinsformationen festgestellt werden; besonders wenn es sich um saure Magmatite handelte. Da Prognosen Unsicherheiten eigen sind und die BfS-Methodik auf

Prognose(un)genauigkeit erfordert für den Vollzug: Nicht nur auf ein Entscheidungskriterium setzen.

Tabelle 1: Radonvorsorgegebiete (RVG) in den Bundesländern mit Auswahl- und Entscheidungskriterien

① Bundesland	② Radonvorsorgegebiete	③ Fläche, Einwohner	④ länderspezif. zusätzliche MP	⑤ Bezugsfläche	⑥ Bewertungskriterium	⑦ tats. Entscheidungskriterium
Baden-Württemberg	29 Gemeinden in 6 LK	850,5 km², 64,9 TEW	Rn	Gemeindefläche	dominante Geologie	RP + U + A
Bayern	1 LK (17 Gemeinden)	606 km², 72 TEW	BL, Rn	Landkreisfläche	dominante Geologie	RP + BL
Niedersachsen	3 Gemeinden in 1 LK	239 km², 70,5 TEW	Rn, BL, RP	Siedlungsfläche	dominante Geologie	Rn + RP
Sachsen	107 Gemeinden in 5 LK	4.002 km², 597 TEW	Rn, BL	Gemeindefläche	anteilige Geologiegruppen	BL + Rn
Sachsen-Anhalt	15 Gemeinden in 2 LK	2.149 km², 199,7 TEW	Rn	Gemeindefläche	dominante Geologie	Rn + ODL
Thüringen	19 Gemeinden in 10 LK	746 km², 83,6 TEW	keine	Gemeindefläche	Geologie flächengewichtet	RP flächengewichtet je VG

RP- Radonpotential; BL- Bodenluft; MP- Messprogramm; Rn- Radon-Inhouse U- Uran-Bodengehalt; A- Gebietsfläche; VG- Verwaltungsgrenze Gemeinde; ODL-Ortsdosisleistung

Tab. 2: Vergleich der Handhabung und Umsetzung § 153 StrlSchV und BfS-Empfehlungen in den Bundesländern mit RVG

Bundesland	Kartenmaßstab	75%-Regel	Schwellenwert 44	RP als Entscheidungskriterium	Eigen-Bewertung Datenbasis Prognose	zusätzlich logischer Ansatz über BfS hinaus	Rechtsweg
Baden-Württemberg	1: 300 000	maßgebend	orientierend	nicht alleinentscheidend	nicht ausreichend	3 Entscheidungskriterien	Klage
Bayern	k. A.	maßgebend	maßgebend	entscheidend	nicht ausreichend	Prognoseübereinstimmung	Klage
Niedersachsen	1: 25 000	orientierend	orientierend	nicht entscheidend	nicht ausreichend	Vorrang Rn in Gebäuden	Klage
Sachsen	1: 200 000	maßgebend	informativ	nicht entscheidend	ausreichend	Klassifizierung BL u. Geol.	Widerspruch
Sachsen-Anhalt	k. A.	orientierend	informativ	nicht entscheidend	nicht ausreichend	Vorrang Rn in Gebäuden	Klage
Thüringen	1: 200 000	nicht maßgebend[1)]	maßgebend	entscheidend	ausreichend	keiner	Klage

[1)] nur indirekt über „flächengewichtetes“ RP > 44

Variationen der höheren Wahrscheinlichkeitsrechnung beruhen, war es das Anliegen fast aller Bundesländer, die Ausweisung der Gebiete auf Grundlage mehrerer Kriterien vorzunehmen. Thüringen benannte zwar solche, realisierte allerdings die Entscheidung nur mittels „spezifischen“ geologischen Radonpotentialen (RP) – Spalte ⑦. Auch Bayern beschränkte seine Entscheidung auf RP, allerdings ohne in eine Kleinteiligkeit der Bewertung zu gehen. Es übernahm die BfS-Bewertung, verzichtete aber bei auftretenden Widersprüchen, die sich aus dem Vergleich der BfS-Daten 2018/2020 und zusätzlichen eigenen Messungen zur Datenpräzisierung ergaben, vorerst auf die juristische Festsetzung der Radonvorsorge in „strittigen“ Gebieten. Wie alle anderen Länder (Thüringen ausgenommen), ist man sich des Prognosecharakters und der Wahrscheinlichkeits- und Fehlerbetrachtung durchaus bewusst gewesen und strebt für uneindeutige Orte und Regionen erst **eine signifikante Datenerweiterung vor endgültiger oder weiterer Gebietsausweisung** an. Die Schwerpunktsetzung ist dabei uneinheitlich, da z.B. das Primat der geologischen Radonpotentiale unterschiedlich gesehen wird. In jedem Fall ist der Wille zur Fortführung von Messprogrammen bekundet worden. Lediglich Thüringen hob Anfang 2021 ein vor der Vergabe stehendes Messprogramm über 140 Messpunkte zur Radon-Bodenluft/ Bodenpermeabilität zur Verbesserung der Datenlage incl. 500 Innenraummessungen der Radon-222-Aktivitätskonzentration auf; begründet mit „mangelnder Notwendigkeit“. Tatsächlich kam man für den Endtermin der Allgemeinverfügung zu spät. Erst im Verlauf mehrerer Klageverfahren entwickelten sich wieder behördliche Aktivitäten für Radon-Boden-Messungen.

Die BfS-Radonvorhersage enthält entsprechend dem Entwicklungsstadium Unsicherheiten (sogenannte „Rohwahrscheinlichkeiten“), was die Bundesländer bewog, neben dem Wert des geogenen Radonpotentials weitere Bewertungskriterien einzubeziehen: Flächenformate (Spalte ⑤), Radonmessungen in Gebäuden u.a. (Spalte ④). In jedem Fall sind Ergänzungsmaßnahmen der Länder, die über die BfS-Methodik hinausgehen, zulässig und von der Bundesbehörde dringlich empfohlen worden, um von einer globalen Modellierung auf lokale Bedingungen schließen zu können. Die Überschreitungs-wahrscheinlichkeiten von 300 Bq/m³, hier dokumentiert durch das RP > 44, beruhen ebenfalls auf einem globalen Modell. Dadurch sind geogen gebundene RP bei gleichartigen Geologien mit gleicher Wahrscheinlichkeit berechnet. Damit ist im Durchschnitt eine akzeptable Prognose erreichbar, *„doch sind regionale Abweichungen zu erwarten, wenn lokal spezifische Bedingungen vorliegen, die von den Vorhersagemodell nicht erfasst werden.“* [5] S. 19 Pkt. 5. Da in [1] nur das geogene RP als Vorhersagewert (Prädiktor) fungiert, wird seitens des BfS bereits an möglichen Modellerweiterungen gearbeitet.

BfS: Prognosekarten nur in datenreichen Gebieten zuverlässig ([5], S. 2)

Härten vermeiden

„Die Abwägung zwischen dem Schutz des Einzelnen und der Optimierung auf kollektiver Ebene“ stellt nach [5] S. 17, Pkt. 4.4 „*ein Dilemma*“ dar. Nachvollziehbar daher Bestrebungen der Länderbehörden, unbegründete Härten zu vermeiden.

So sollte vermieden werden, dass Orte mit ähnlich geologischem Hintergrund ohne jegliche Nachweisführung unterschiedlich eingestuft werden. Folgen, wie sie beispielweise bei angrenzenden Gewerbegebieten unterschiedlicher Verwaltungsgebiete entstehen können, galt es genauso zu vermeiden, wie andere Zufälligkeiten (durch starre Verwaltungsgrenzen) oder nicht bebaubare Altlasten (Bergbau); Ausnahme: Thüringen.

(Aus Platzgründen wird der Beitrag im nächsten Strahlentelex Nr. 11 fortgeführt.)

Aktuelles Umweltthema

Phosphor und Phosphorrecycling

Perspektiven eines kritischen Rohstoffes

Phosphor ist ein lebensnotwendiger Rohstoff mit vorprogrammierter Endlichkeit, der dadurch für eine umfassende Kreislaufwirtschaft prädestiniert ist. Rund 85% der weltweit gewonnenen Rohphosphatmengen gehen in die Düngemittelproduktion. Je nach Zusammensetzung der produzierten Mineraldünger beträgt der P-Anteil <18 – 53 % P_2O_5. Von global etwa 50 Mio. t Phosphatdünger finden 2,7 Mio. t in der EU-Verwendung, Tendenz sinkendend (etwa auf die Hälfte des langjährigen Vorkrisenbedarfes). Der landwirtschaftliche Jahresbedarf bewegt sich in Deutschland nun um 100.000 t Phosphatdünger. Die durch Abschottung (China) bzw. Sanktionen (Russland) verursachte Marktverknappung führte zu **instabilen Preisentwicklungen**. Verteuerungen um das 10 fache und weitere 100 %-ige Preissprünge auf und ab kennzeichnen den Markt. In Vorkrisenzeiten lagen die Rohphosphat-Preise stabil unter 50 €/t; aktuell 350-150 €/t. Die Kosten der P-Düngerprodukte liegen höher, z.Z. zwischen 450 und 700 €/t, je nach Sorte und Marktpreis. Man könnte annehmen, dass das der Recyclingstrategie entgegenkommt. Bereits 2014 fand die **Rückgewinnung des Phosphors** aus abwassertechnischen Entsorgungsanlagen Eingang in den Koalitionsvertrag der Bundesregierung. Seit 2017 existiert in Form der neuen Klärschlammverordnung hierfür die gesetzliche Vorgabe für alle Kläranlagen der Größenklasse 4b bzw. > 50.000 Einwohner(werte) bis 2032 und für die Größenklasse 5 bzw. > 100.000 EW bereits bis 2029.

Phosphor gelangt über die Produktions- und Nahrungsketten in das Abwasser, noch mehr allerdings in die Grund- und Oberflächengewässer, sehr zum Nachteil der Umwelt. Der Phosphorpfad verläuft so eher als Einbahnstraße in den Ressourcenverlust. Die im Abwasser enthaltene P-Menge entspricht in etwa der Hälfte des heutigen Düngerbedarfes. Die vorgegebene **gesetzliche Rückgewinnungspflicht** rief inzwischen eine technologische Verfahrensvielfalt hervor, jedoch mit allenthalben geringen Wirkungsgraden und zunehmenden Kostenaufwand. Ging man vor acht Jahren noch von einer machbaren Annäherung an die Handelspreise für mineralischen Phosphor aus, wird die Preisspanne umso größer, je mehr technische Großanlagen Realität werden. Technologisch ist Phosphor einerseits aus der flüssigen Phase des Abwasserstromes sowie des Schlammwassers aus der Klärschlammentwässerung mittels chemischer und physikalisch-chemischer Fällung gewinnbar; andererseits durch Säurerücklösung (Säureaufschlussgranulierung) aus der Asche thermischer Klärschlammbehandlung. Qualitativen Vorteilen aus der Flüssigphase steht ein höherer Rücklösungsgrad aus Asche gegenüber. Mit aufwendigen Maßnahmen lässt sich die P-Ausbeute anheben, wobei der Aufwand durchaus den Nutzen übersteigt. Dennoch zeigen die in Vorbereitung befindlichen Recycleanlagen einen deutlichen Trend zur thermischen Verwertung: Monoklärschlammverbrennungsanlagen gekoppelt mit Asche-Recycling. Je teurer die Technologie, umso wichtiger die Standortoptimierung (siehe TABELLE). Nur dadurch kann der gegenüber der konventionellen Düngemittelproduktion betreffs Energie- und Chemikalienbedarf hoffnungslos höhere CO_2-Abdruck und der allgemeine Kostendruck gemildert werden. **Ökobilanzen** weisen für die Phosphorrückgewinnung zwar Umweltvorteile durch geringere Schwermetallbodenlasten (Uran und Cadmium im Mineraldünger) und den Wegfall bergbautechnischer Belastungen aus. Dennoch verschiebt sich die gesamtökologische Bewertung unter Einbindung des hohen

Phosphor/Phosphate als Dünger

Das chemische Element Phosphor (P) ist für den Stoffwechsel aller Lebewesen essenziell. Pflanzen nehmen dies in Form von Phosphaten, den Salzen der Phosphorsäure (H_3PO_4), auf. Das Anion der Säure wird Ortho-Phosphat genannt. Phosphordünger enthalten oft Ammoniumdihydrogenphosphat ($NH_4H_2PO_4$) oder Diammoniumhydrogenphosphat ($(NH_4)_2HPO_4$). Im Wasser- und Düngemittelrecht bezieht sich der Gesetzgeber auf unterschiedliche Phosphorverbindungen.

Im Wasserrecht (Liste zul. Aufbereitungsstoffe) darf der Phosphatgehalt in 1 l Trinkwasser maximal 5 mg Phosphat enthalten; beim Einleiten kommunaler Abwässer in Gewässer sind in der Regel 1 oder 2 mg Phosphat/l erlaubt.

Bei Düngemitteln bezieht sich der Phosphorgehalt auf die Verbindung Diphosphorpentoxid (P_2O_5). Dieses Oxid gibt es in der Natur aber gar nicht; es liegt als Tetraphosphordecaoxid (P_4O_{10}) vor. In Gegenwart von Wasser löst es sich leicht auf und erreicht so gute Düngerwirkungen. In mehreren Schritten bilden sich Phosphorsäure und ihre Salze.

Bei Phosphor aus Klärschlamm hingegen unterscheidet sich die Pflanzenverfügbarkeit je nach Abwasserbehandlung und Rücklösetechnologie. Als Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP) bildet es sich bei Vorhandensein einer biologischen Verfahrensstufe und erzielt die Wirksamkeit des herkömmlichen Superphosphatdüngers. Als chemisches Fällprodukt kann es entweder auf Magnesium-/Calcium Basis noch gute Wirkungen ähnlich dem Thomasphosphatdünger erreichen. Infolge praktizierter chemischer Fällungen auf den KA zur Einhaltung der P-Ablaufwerte entstehen allerdings meist Aluminium- oder Eisen-Phosphate. P-Rezyklate erreichen dann zu geringe Pflanzenverfügbarkeiten.

Energie- und Ressourcenbedarfes im konkreten Fall zunehmend zu Ungunsten des P-Recycling. An dieser Stelle sei auf den nächsten Strahlentelex hingewiesen, der sich mit dem ökologischen Vergleich eingehender befassen wird.

Vor einigen Jahren wurden noch Großanlagen an zentralen Standorten favorisiert. Bisherige Ausbaukapazitäten von 23 Monoklärschlammverbrennungsanlagen können die bis 2032 auslaufende Mitverbrennung des Klärschlammes in der Braunkohlenverarbeitung noch nicht absichern. 2018 befanden sich ≈30 Neuanlagen in Planung. Die schleppende Umsetzung ist nicht nur einer nach wie vor geringen öffentlichen Akzeptanz bzw. unwirksamer Öffentlichkeitsarbeit geschuldet. Bereits vor der „Energiewende“ setzte ein gewisser Trend zur Regionalisierung ein, der in der Gesamtbilanzierung der Verbrennungskapazitäten nicht enthalten ist. Für die örtliche Anordnung werden logistische Entscheidungsgründe und die Gesamtkostenbetrachtung immer maßgebender. Bis dato lagen **überregionale Lösungen** auf Großkläranlagen und in einigen Industriezentren allein im Trend, die aber nun zunehmend mit regionalen Lösungen konkurrieren. Überregionale Klärschlamm-transporte an Standorte auf Großkläranlagen können durch die vor Ort anfallenden Klärschlammmengen logistisch kostengünstiger verrechnet werden, sofern ein sogenannter Solidarpreis auf Grundlage einer Kilometeranteilsbetrachtung (km/t) unter Einbeziehung des nicht zu transportierenden Klärschlammes am Standort gilt. Solche Mischkalkulationen sind auf Verbandsebene mehrerer Entsorgungsunternehmen üblich. Für die **regionalen Lösungen**, die auf ein oder wenige Entsorgungsbetriebe begrenzt bleiben, sprechen aber generell kurze Transportwege, wie zum Beispiel kleinere KA im Umkreis einer großen KA mit Monoverbrennung. Bei Freiburg wurde sogar ein Standort „mitten im Wald“ als optimal erkoren, was die baurechtliche Genehmigungsfähigkeit recht anspruchsvoll machen dürfte. Aber sicher kann es auch solche Einzugsgebiete geben, was den Optimierungswillen der Verantwortungsträger offenbart. Man muss ja nicht dem Thüringer Beispiel folgen, wo ein Klärschlammverwertungsverband den Standort allein nach ausgewiesenen Gewerbegebieten mit GI-Maßstab auswählte und so an den Rand des Landes rutschte. In diesem Fall befindet sich etwa 30 km weiter bereits ein Standort zur KS-Verbrennung in Sachsen-Anhalt, dessen Mitnutzung ein nicht beachteter Optimierungsfaktor ist. Praktiken wie in Baden-Württemberg, wo bisher 20% des Klärschlammes zum 500 km entfernten Braunkohlekraftwerk Lippendorf/Sachsen verbracht werden, schreien förmlich nach einer strategischen Kehrtwende. Dennoch sind die spezifischen Bedingungen jeweiliger Entsorgungsregionen, effektive Ausbaugrößen und eben der veränderte langfristige Kostentrend ausschlaggebender Optimierungsrahmen der

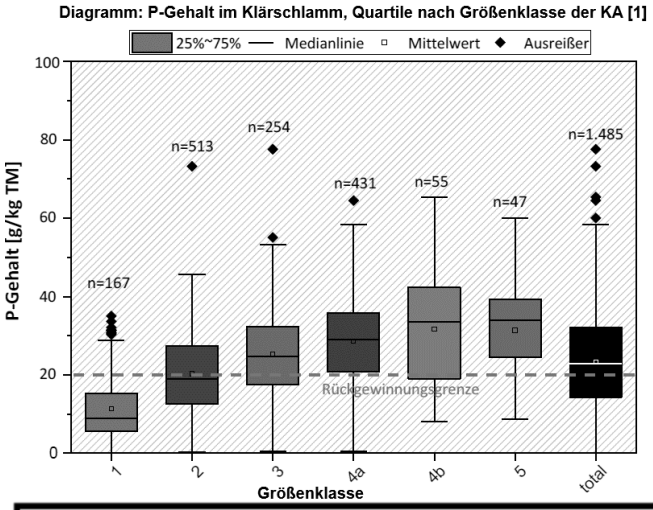
Die **Phosphorelimination** kann **biologisch** oder chemisch sowie in kombinierten Verfahren erfolgen. Bei der biologischen Elimination wird der Phosphor in spezialisierten Phosphat-akkumulierenden Organismen in Form von Polyphosphaten angereichert. Diese Anreicherung in der Schlammphase ist reversibel, da die Mikroorganismen die Polyphosphate im anaeroben Bereich als Energiequelle nutzen und somit eine Rücklösung auftritt. Bei der **chemischen** Elimination wird Phosphor mithilfe von Eisen- und Aluminiumfällmitteln in schwerlöslichen Salzen gebunden und als Tertiärschlamm abgetrennt. Die Fällung kann simultan, vor oder nach der biologischen Stufe erfolgen. Wegen der einfachen Betriebsweise und der hohen Effizienz sind die chemische Elimination bzw. kombinierte Verfahren weiterverbreitet als rein biologische. [1] Der in den Klärschlamm gelangende Phosphor betrug nach Einführung der P-Elimination auf den Kläranlagen ab den 90er Jahren im Schnitt mehr als 50 kg/t TM. Mit Einführung phosphatarmer Waschmittel etc. sank der P-Gehalt aber wieder deutlich.

TABELLE: Varianten-vergleich	**Überregionale Lösung Phosphor-Asche-Recycling**	**Regionale Lösung Phosphor-Asche-Recycling**	**Regional standortbezog. Phosphor-Klärschlamm-Recycling**
Technologie-stufe	Kläranlage Abwasserreinigung	Kläranlage Abwasserreinigung	Kläranlage Abwasserreinigung
	Kläranlage Entwässerung/Trock.	Kläranlage Entwässerung/Trock.	Kläranlage Entwässerung
	Transport	Klärschlamm-Mono-verbrennung	P-Recyclinganlage
	Klärschlamm-Mono-verbrennung	P-Recyclinganlage	
	Transport	(**Zubringer-Transporte**)	
	Deponie		
	Transport		
	P-Recyclinganlage		
Aufnahme-kapazität	Zubringen Klärschlamm oder Aschen aus **Verbandsgebiet(en)**	Zubringen Klärschlamm aus **Einzugsgebiet**	standortbezogenes Klärschlamm-Phosphorrecycling auf **Kläranlage**
CO_2-Abdruck	sehr hoch	hoch	vergleichsweise gering
Düngewirkung	gering	Fällmittel abhängig höher möglich	gleichwertiger Dünger möglich
Recyclingrate	P- Ausbeute ≈ 85 %	P-Ausbeute ≈ 85 %	„nur“ ≈ 50 %

Standortfindung. Dieser beinhaltet die Notwendigkeit weniger Wasser durch die Gegend zu fahren ebenso, wie die Klärung, welches **Recyclingoptimum** anzustreben ist. Die inzwischen enorme Verfahrensvielfalt konzentriert sich im Wesentlichen auf ein chemisches Recycling aus dem Abwasser und entwässerten Schlamm einerseits und auf die Asche aus der Klärschlammverbrennung andererseits. Allerdings trifft die gute Pflanzenwirksamkeit von Recyclphosphor nachweisbar bisher nur auf Fällungsprodukte (bezeichnet als MAP und/oder Struvit) zu, was wiederum die **standortbezogene Lösung** auf der jeweiligen Kläranlage favorisiert. Der genannte Trend der Monoverbrennung der Klärschlämme mit anschließendem Asche-P-Recycling ist derzeit für Großkläranlagen im Trend. Von den etwa 1,74 Mio. t Klärschlamm-TM wurden im Jahre 2021 etwa 30% in Monoverbrennungsanlagen thermisch entsorgt, weitere 46% gelangten in die Mitverbrennung. Die Kapazität der 23 Klärschlammverbrennungsanlagen kann rund 55% des derzeit anfallenden Klärschlammes aufnehmen, so dass bis spätestens 2032 weitere Kapazitäten notwendig wären. Die Verlagerung der P-Rückgewinnung in den Abwasserbehandlungsprozess selbst wird hingegen den Bedarf an Großmonoverbrennungen reduzieren, ebenso die verstärkte Synergie technologischer und logistischer Gegebenheiten auf Kläranlagen und in vorhandenen Müllverbrennungsanlagen durch Erweiterung bzw. Ergänzung separierter Verbrennungs- und Recyclestränge. Insbesondere separate Großanlagen werden perspektivisch eher mit Unterlastung zu rechnen haben.

Frank Lange

Quelle: Tagungsberichte vom 1. bis 8. Phosphorkongress des Umweltministerium Baden-Württemberg 2015-2022
[1] „Abschätzung zusätzlich aus Abwasser und Klärschlämmen kommunaler und gewerblicher Herkunft extrahierbarer Wertstoffe“ Abschlussbericht 156/2022 Umweltbundesamt 12/22
[2] Zitate aus www.grenzebach.com



Phosphor-Recycling aus Klärschlamm „*Die direkte Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm bietet Kommunen einen regional orientierten und unabhängigen Lösungsweg: Implementiert an der Kläranlage wird über die Recycling-Anlage aus dem entwässerten Klärschlamm Phosphor zurückgewonnen. Ein effizienter und nachhaltiger Weg, der hohe Transportkosten vermeidet und damit verbundene CO_2 Emissionen gar nicht erst entstehen lässt. Durch das geringe Anlagen-Ausmaß und den geringen Flächenbedarf bieten sich bei kleineren, lokalen Anlagen ein praxistauglicher Lösungsweg.“* [2]

Phosphor-Recycling aus KS-Asche (Monoverbrennung) „*Für die nachgelagerte Rückgewinnung aus der Klärschlammasche ist zunächst die sortenreine Verbrennung von Klärschlamm in einer Monoverbrennungsanlage notwendig. Die Herausforderung hier liegt allerdings in einer aufwendigen Prozesskette, die erst bei hohen Verwertungskapazitäten wirtschaftlich wird. Zahlreiche Transporte zu zentralen Anlagen sind daher in diesem Verfahrensansatz notwendig, die wiederum mit erhöhten CO_2 Emissionen verbunden sind. Erst durch den hohen Einsatz von Chemikalien wird die nachgelagerte Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlammasche möglich. Sortenreine Deponierung der Klärschlammasche als Zwischenlösung ist nur ein weiter Kostenfaktor mit negativen Auswirkungen für die Umwelt*.“ [2]

Phosphatausbeute aus deutschen Klärschlamm

Bisherige Bilanzen gehen von Phosphatmengen mit Ø 35 g in einer Tonne (t) Klärschlamm (KS) -Trockenmasse (TM) aus, woraus auf ein **Phosphorpotential** von 60.000 t/a geschlossen wird. Die gesetzliche Aufbereitungspflicht startet bei 20 g/t (2%) Phosphor, die von einer Vielzahl von Kläranlagen (KA) mit oder ohne Phosphoreliminierung unterschritten wird. 30% des KS-Mengen scheiden so aus der gesetzlichen Vorgabe aus. Präzisere Untersuchungen [1] ergaben, dass deutlich niedrigere Ø-Werte zu erwarten sind (Diagramm). KA ab 50 TEW (Größenklasse 4b) fallen unter die Recyclingpflicht, was in etwa 58% der KS-Mengen entspreche, die aber wiederum nur zu 75% die Rückgewinnungsgrenze von 2% überschreiten; der zu bilanzierende Gesamt-Ø liegt um 30 g/t P. Die **Rückgewinnungsrate** aus der Nassphase schwankt verfahrensabhängig von 15-70% (Ø50%) und bei Aschen zwischen 80-90% (Ø85%). Das erreichbare P-Potential verringert sich; bundesweit käme man auf der Mengenbasis von 2021 auf: 1,74 Mio. t KS-TM * 0,58 * 30 g P/t KS = 30.276 t/a als mögliches Gesamtpotential (GP). Unter Annahme, dass künftig drei Viertel Ascherecycling und ein Viertel Nassrecycling bzw. verstärkte biologische Phosphoreliminierung praktiziert würden, wäre unter Beachtung der Recyclingraten mit einem **P-Ertrag** von (0,75*0,85*GP + 0,25*0,5*GP) **23.085 t P/a** bei vollständiger Umsetzung der gesetzlichen Recyclepflicht zu rechnen. Zwar deckte das etwa ein Viertel des jährlichen Düngebedarfes, allerdings zu Lasten völlig unrealistischer Amortisierungsraten von über 100 Jahren bzw. ohne Betriebskostendeckung. Mithin eine **teure Gebührenaufgabe der Daseinsvorsorge**. Nicht zu vergessen, dass bei dem hier angenommenen Ansatz lediglich 15% des Recycle-P qualitativ mit dem mineralischen P-Dünger mithalten können.

Uranbergbausanierung

Radioaktive Hotspots in Ronneburg und Umgebung

von Dr. Ing. Karsten Hansky, Kretzschau

Die Wismut GmbH saniert im Auftrag der Bundesrepublik Deutschland seit 1991 die Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus in Sachsen und Thüringen. Schwerpunkte waren die Beseitigung bzw. Sanierung der Halden sowie die Sanierung/Abdeckung der industriellen Absetzanlagen (IAA). Die Sanierungsarbeiten sind weit fortgeschritten und vielerorts erinnert nichts mehr daran, dass dort früher Uranbergbau betrieben wurde. Umso überraschender ist es, wenn an diesen Orten Hotspots mit zum Teil deutlich erhöhter Strahlung gefunden werden, deren Bezug zum Uranbergbau nicht mehr offensichtlich ist. An dieser Stelle sollen exemplarisch drei Orte vorgestellt und deren Bezug zum Uranbergbau vermittelt werden.

Ronneburger Forst

Am Rande des Ronneburger Forsts mit Blick auf die Neue Landschaft Ronneburg findet man eine ca. 100 Jahre alte Eiche, in derer unmittelbarer Umgebung eine deutlich erhöhte Gamma-Ortsdosisleistung (ODL) messbar ist (Abb. 1). Am Fuß der Eiche kann man bis zu 2 µSv/h messen. Das entspricht in etwa einer Erhöhung um das 20fache gegenüber der natürlichen ODL in dieser Gegend.

Sobald man sich wenige Meter von der Eiche entfernt, sinken die Messwerte auf das natürliche Niveau von ca. 0,1 µSv/h ab.

Was ist die Ursache für die erhöhte ODL? Schließlich befindet man sich in der Natur mit einer Wiese vor der Baumgruppe und einem Solarpark im Hintergrund. Abb. 2 aus der „Chronik der Wismut“ löst dieses Rätsel auf. Im Jahr 1991 stand die Eiche in unmittelbarer Nähe des Haldenfußes einer der beiden Reuster Spitzkegelhalden. Im Laufe der Jahre wurden radioaktive Stoffe aus dem Haldenmaterial ausgewaschen und gelangten in den Boden. Da im Rahmen der Sanierung die Bäume erhalten werden sollten, konnte das kontaminierte Erdreich nur bis in die Nähe der Bäume abgetragen werden, um ihre Wurzeln nicht zu beschädigen.

Abb.1: Hotspot im Ronneburger Forst am Fuße einer Eiche

Wiese bei Gauern

Unweit der Ortschaft Gauern in Richtung Wolfersdorf befindet sich eine Wiese, auf der es mehrere Hotspots gibt. Die Wiese selbst weist eine nur unwesentlich erhöhte ODL im Bereich von 0,2 µSv/h auf, während im eng begrenzten Bereich der Hotspots durchaus Messwerte bis zu 10 µSv/h auftreten.

Eng begrenzt bedeutet im konkreten Fall, dass in einem Bereich von +/- 2 m um das Zentrum des Hotspots herum stark erhöhte Messwerte zu verzeichnen sind. Wie Abb. 3 zeigt, kann das während einer längeren Trockenperiode sogar schon an der Vegetation abgelesen werden. Das Gras ist nicht etwa aufgrund der Strahlung gelb, sondern weil die Bodenstruktur an dieser Stelle vom Rest der Wiese abweicht und weniger Feuchtigkeit speichern kann, so dass das Gras vertrocknet. Bisher konnten wir drei Hotspots lokalisieren, es soll aber auf der Wiese noch mehr geben.

Was kommt als Ursache für diese Hotspots in Frage?

Die wahrscheinliche Antwort liefern alte Luftbilder aus dem Jahr 1953. Sie entstanden nur wenige Monate vor Beginn der Erschließungsarbeiten des Urantagebaus Gauern.

Auf den Luftbildern ist in regelmäßigen Abständen von 50 m oder 100 m ein Netz von kleinen weißen Flecken zu sehen. Höchstwahrscheinlich handelt es sich dabei um

Bild 3.4.3.2-17 Betriebsanlagen Doppelschachtanlage 374/374b Reust (1991)

Abb. 2: Lage der Baumgruppe am Haldenfuß (Quelle: „Chronik der Wismut“)

Abb. 3: Wiese bei Gauern - veränderte Vegetation aufgrund der gestörten Bodenstruktur

Flachschurfe oder Erkundungsbohrungen, mit denen der Urangehalt der Flächen bestimmt wurde.
Drei dieser hellen Flecken befinden sich genau an den Positionen, wo heute Hotspots auftreten. Es kann daher mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass die Hotspots ein Überbleibsel der Probebohrungen von 1953 sind. Die Bohrlöcher wurden nach der Beprobung wieder verfüllt und natürlich wurde dadurch auch die Bodenstruktur gestört.
Die Analyse einer Bodenprobe von einem Hotspot ergab einen Urangehalt von 3 g/kg, also 0,3%, was eine mehr als abbauwürdige Konzentration ist. Warum der Urantagebau dann doch nicht auf diese Wiese ausgedehnt wurde, ist nicht bekannt.

Feldweg bei Berga

Ein im negativen Sinne bemerkenswerter Ort ist ein geschottertes Stück Feldweg in der Nähe von Berga. Der Feldweg ist knapp 100 m lang und wurde mit Schotter befestigt.
Dass es sich dabei um sogenannten Wismut-Schotter [1] handelt, zeigen die ODL-Messwerte. Diese sind über die gesamte Länge des geschotterten Bereichs höher als 0,5 µSv/h und es konnten viele sehr aktive, lokale Hotspots nachgewiesen werden.
Bei genauerer Untersuchung konnten innerhalb weniger Minuten mehrere Stücke Reicherz gefunden werden. Dabei handelt es sich um Gesteinsbrocken, die reich mit Uraninit (Pechblende) besetzt sind. Eines der Stücke hatte ein Gewicht von 210 g und eine Dichte von 5,55 g/cm^3 (Granit: 2,8 g/cm^3). Daraus lässt sich ein Urangehalt von 36% … 43% abschätzen.
Pechblende kommt im Ronneburger Revier nicht vor. Die gefunden Stücke stammen daher vermutlich aus dem Erzgebirge. Es handelt sich offensichtlich um Material von der Erzaufbereitungsanlage in Crossen. Auch wenn das geförderte Erz weitgehend ausgebeutet wurde, konnte nicht ausgeschlossen werden, dass kleinere Reicherzbrocken „auf Halde“ gingen und in die jahrelang praktizierte Weiterverwertung als Kies-Baumaterial gelangten.
Während Wismut-Schotter normalerweise als Unterbau im Straßenbau verwendet wurde, hat man bei dem Feldweg das Problem der fehlenden Deckschicht. Damit liegt Reicherz in nur geringer Tiefe oder sogar frei an der Oberfläche, so dass ein gewisses Gefährdungspotenzial gegeben ist. Eine Sanierung dieses Feldwegs ist daher anzustreben.

Fazit

Es wurden exemplarisch drei Beispiele für radioaktive Hotspots gezeigt, deren Existenz direkt oder indirekt mit dem Uranbergbau im Ronneburger Revier zusammenhängt. Eines machen die gefundenen Hotspots deutlich: Die Sanierung von Uranbergbauhinterlassenschaften ist zu vergleichen mit der Aufgabe, Zahnpasta in eine Tube zurückzudrücken. Es bleibt immer etwas übrig.

Abb. 5: Reicherz mit hohem Urangehalt, Ausbeute von 10 Minuten Suche

Abb. 4: geschotterter Feldweg in der Nähe von Berga

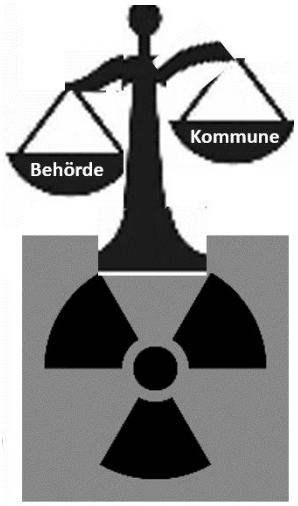
Unser Autor Dr. Karsten Hansky ist als Informatiker seit fast drei Jahrzehnten in der Entwicklung und im Bau von Wasseranalysegeräten tätig.

[1] Frank Lange: „Die Verwendung radioaktiver Halden als Baumaterial“.; Strahlentelex 642-642; 2014 -http://www.strahlentelex.de/Stx_13_642-643_S03-09.pdf

Current information on radon

Landfill determines radon prevention in Thuringia

In the administrative dispute proceedings regarding the repeal of the Thuringian general decree on radon prevention, the administrative court to the city of Gera has now handed over the reasons for the judgment to the plaintiff mayors. The municipalities in the eastern Thuringian region, which were subjected to an official general decree on radon precautionary obligations based on numerous incorrect and false bases, are very much disappointed with the one-sided judgment. The almost 60-page **reasoning for the judgment** repeats verba-



tim the statements made in the proceedings by the sued Thuringian State Institute for the Environment, Mining and Nature Conservation (TLUBN). The numerous justifications and objections put forward by the plaintiff municipalities remained largely unnoticed or were dismissed as irrelevant. The court ignored proven procedural errors in determining the radon potential and stated that there were no procedural errors in the implementation of the recommendations or the method from the Federal Office for Radiation Protection (Budesamt für Strahlenschutz – BfS). In particular, the court confirmed with the defendant authority's statements that the radon potential 44 had been clearly exceeded. The proven contrary deviation from the BfS calculation model was not mentioned in the judgment. No technical consideration was made in any way, but the inadmissibility of filing a lawsuit against an official general decree was presented for pages. The court believes that it can restrictively allow an **appeal of the judgment**. The court affirmed the eligibility to file a legal proceeding based solely on the fact that a municipality can also have property under private law and is therefore responsible for a workplace on the ground or basement floor and then has to arrange measurements. Nevertheless, the complaints would be unfounded. The court approved the appeal (i.e. the appeal against the judgment of the first instance) in the judgment with the fundamental meaning of the case, the legal questions regarding the choice of municipal boundaries and the application of a law-compliant scientific method. These points would be admissible for clarification by the higher court because they are relevant to a large number of cases. The position of the TLUBN authority can be summarized and refuted: In the region, 87,243 tons of uranium are still stored in the former uranium mining areas, which the court found to be a fact. Apart from the fact that a reserve calculation does not constitute an offense, there was no allocation given for these uranium quantities, which refer to undeveloped areas largely outside the designated radon precautionary sites. The court seriously believes that 80% of the uranium mined in the town of Ronneburg in 40 years would still be available!! There is evidence that the German Democratic Republic prepared and initiated the cessation of mining because the fictitious reserve calculations were not confirmed. The geological environment of the uranium ore, which is largely located in deep rock, causes radon pollution in local buildings. The radon problem is well known. Here, the city of Ronneburg's efforts to be included in radon measurement programs, rejected by the BfS in 2015, were ignored. The rejection was due to insufficient geological background pollution! The radon potential was only determined for one measuring point on the 21st of September, 2001 (by the BfS), which was then described by the TLUBN in the lawsuit in 2021 as the determining factor for radon pollution in the entire region. The correction of the geological classification made by the BfS was assessed by the court as insignificant. The fact revealed by the plaintiffs in court that the measuring point was located on a 60 cm covered garbage dump was not worth taking into account by the court. It even confirmed that an examination of the data was generally not necessary. The defendant, on the other hand, had repeatedly claimed that a comprehensive data check (in writing!) had been carried out before the false information was discovered. The defendant was even forced to do this simply because of the map scale used. The court ignored the plaintiffs' entire explanation of the incorrect geological classification, as well as the subsequent calculations submitted with the defendant's data, which revealed the incorrect calculations. Instead of at least comparing this information with the 100% adopted formulations of the defendant authority, the court postulated several times as follows*: "The plaintiff does not adequately address the defendant's professional assessments. The plaintiff's statements are not suitable to replace this."* End of the plaintiff's assessment! The court therefore did not take note of the plaintiffs' written counter-arguments because they had not read them. It drew its findings solely from the explanations provided by the state authority and assumes that the plaintiffs are technically incompetent. The unconditional adoption of the TLUBN's arguments are the actual weak points of the grounds of the lawsuit. They concern the incorrect calculation of the radon prevention areas by reinterpreting geological formations without correcting the potential values determined by the defendant itself. Missing concrete measurement data is replaced by unprovable assumptions. Obvious contradictions received no trace of clarification. **The consequences of this**

wrong judgment go far beyond the subject of the lawsuit regarding the false identification of radon potential. In general, the court gave a clean bill of health to the false basis of the general decree by establishing "formal, material and flawless legality". In doing so, it cemented a technically unnecessary focus on radon prevention, which in the future will waste taxpayers' money on contradictory and uninformative geological measurement programs, etc.

Research in geophysical specialist circles revealed that the basic idea of assigning radon prevention to certain regions of Germany using geological priorities is reduced to absurdity by the content of the reasons for the judgment. Therefore, the joy over the verdict in favour of geologically based radon forecasts is limited. Not correcting obvious errors ultimately damages the entire model to which dissertations, research contracts and a lot of potential from various engineering offices were and are tied. The radon content measured at a depth of one metre cannot represent uranium deposits in deep rock. Unless it is stored close to the surface. Even then, it is not the uranium that is crucial, but rather the radium contained in more or less traces in the layer under investigation (usually the curve of the earth near the surface). Since an allegedly regionally relevant radon potential was measured in 2001 at a former landfill, the use of such measuring locations is automatically prohibited. However, the court states: "The measured value at measuring point K. also realistically depicts the actual radon exposure." An unprovable and dubious presumption! Meanwhile, even the geology enthusiasts among the experts are critical of the absoluteness of the generally valid connection between geology/lithology and the radon content of entire regions. The trend is towards specifically required verification. The majority of geological formations in southern and central Germany are capable of exhaling radon to the surface. The more insulated and densely the buildings are built or equipped, the more radon contamination can develop in basements and ground floors if there is insufficient ventilation and insufficient sealing to the building ground. This applies even to a very weak radium-containing subsoil. It only takes a few hours longer. The respective room environment then determines the resulting radon concentrations. In addition, the upper soil layers, regardless of whether they are lithological or sedimentary, are generally very non-homogeneously radioactive. Therefore, the conditions change in a very small space. So, what does this mean for radon protection? With the climate-related sealing of buildings, the risk of radon development does not only increase in areas whose geology is said to have a supposedly high radon potential. So far, according to the BfS, this only applies to Silurian greywacke and Devonian granite.

Can the radon problem be limited to a few locations in Germany? A "light" form of health protection can actually not exist and under no circumstances should the selection of precautionary areas be based on the TLUBN method, nor based on measurement data on landfills. A serious approach and sufficient scientific justification should also be the yardstick for the judiciary to make judgments "in the name of the people". The municipalities should be able to defend themselves against the official paternalism (and cost burden) caused by the judgment. To put it in Latin: Qui perd, gagne!

F.L.

Current information about GAU risks**:**

Nuclear safety: Ukraine's nuclear power plant

The international reaction to the nuclear danger posed by the war in Ukraine can be presented and summarized as follows by the official statements of the IAEA (International Atomic Energy Agency): The organization has seven principles ("indispensable pillars") as early as 2022 to ensure nuclear safety and security during an armed conflict. In short, these comprise: the physical integrity of nuclear facilities, the full functionality of the safety systems, competent operating staff, secure external power supplies, uninterrupted logistical supply chains, effective radiation monitoring systems with emergency preparedness and, ultimately, a reliable communication with the supervisory authority. Regarding the situation in Ukraine, the IAEA negotiated with the belligerents on five additional specific needs to avoid the risk of a catastrophic incident:

1. There should be no attack of any kind from or against the facility, particularly the reactors, storage facilities for burned fuel, other critical infrastructure, or personnel;
2. The nuclear power plant should not be used as a storage or base for heavy weapons (i.e. multiple rocket launchers, artillery systems, ammunition and tanks) or military personnel that could attack from the facility.
3. The system's external power supply should not be endangered. To this end, every effort should be made to ensure that off-site power remains available and secure at all times. 4. All structures, systems and components that are essential for the safe operation of the nuclear power plant should be protected from attacks or acts of sabotage.
5. No action should be taken that undermines these principles.

The IAEA experts on site continuously carry out these tasks and report on compliance with these principles to the IAEA Director General, who communicates violations of these principles to the public. This currently concerns the increased military activities near nuclear power plants and the testing of existing mines and suspected reactors being equipped with explosives. The IAEA published

concrete actions regarding plant operation and the public hot/cold switching of reactors:
In July, reactor unit 4 began switching from cold to hot shutdown (warm state). Once this was achieved, reactor unit 5 - which was in hot shutdown - was placed in cold shutdown to carry out preventative maintenance work that is only possible in this state. The other blocks remain in the cold state. To this end, the national regulatory authority of Ukraine - SNRIU - had issued official orders to limit the operation of all six units to a cold shutdown state. Unit 4 of the nuclear power plant has been in cold shutdown again since the 12th of August, 2023 after a water leak was discovered in one of the four steam generators. The cause of the water leak has been resolved. Unit 6 remains in hot shutdown for on-site steam generation. Blocks 1 to 5 remain in cold shutdown. The IAEA team reported that there is maintenance work being conducted on various components and safety systems at the plant, whose six reactors remain shut down, one in hot shutdown and the others in cold shutdown. "On the 4th of September, a water leak was discovered in a circulation valve of the necessary service water system in reactor block 5. To repair this valve, the site had to take one safety platoon from Unit 5 and one from Unit 6 offline. After the valve was repaired, the safety platoon of Unit 6 was returned to standby mode, while that of Unit 5 was kept off-line for maintenance. Each reactor of the nuclear power plant has three separate and independent redundant systems (also called "safety platoons"), which together comprise the safety systems of the units, which are normally in stand-by mode and can be activated when necessary to ensure safety of the reactor block. A safety platoon alone is able to ensure the safety of the reactor block." [1]

With regard to the reported cooling water problems, the situation is closely monitored by the IAEA employees. The evaporation losses of the cooling water basin cut off from the reservoir feed are compensated for by drilling wells. "Three months after the destruction of the downstream Kakhovka Dam, which depleted the vast reservoir the nuclear power plant relied on to cool its reactors and burned fuel, the power plant continues to work to restore access to other expanding water sources, for example by drilling groundwater wells. To date, seven such wells have been completed out of a total of 10-12 planned wells." [2]

The IAEA assesses the situation in general: "A nuclear or radiological accident during the ongoing conflict could have catastrophic consequences for the people in Ukraine, for the people in Russia as well as for neighboring states and beyond." Due to the operational status of the Zaporizhzhia NPP, the regional danger is currently in the foreground, but this has become extremely dramatic due to the flare-up of military actions: "This is an untenable situation and is becoming increasingly precarious. Enerhodar (not far from the Zaporizhia NPP) has gone dark. The power plant has no external power. And we have seen that once the infrastructure is repaired, it becomes damaged again. This is completely unacceptable. It cannot exist. I therefore urgently call for an immediate cessation of shelling in the entire region. This is the only way to ensure the safety of operating personnel and to permanently restore the power supply to Enerhodar and the power plant. This dramatic development shows that it is absolutely necessary to set up a nuclear safety and security protection zone now." [3] Compliance with the necessary 5 security pillars is in acute danger and requires all possible international influence on the warring parties.

Summary: The information from the IAEA illustrates the efforts of the international technical committees to prevent a nuclear catastrophe of any magnitude; but clearly reveals that political activities are not keeping up. The diplomatic effort to contain the war conflict requires unconditional promotion.

F. L.

[1] Update 181 - Statement by the IAEA Director General on the situation in Ukraine (09/01/23) [2] Update 182 - Statement by the IAEA Director General on the situation in Ukraine (09/08/23) [3] Statement by the Director General on the serious situation at the Ukrainian Zaporizhzhia nuclear power plant (09/09/23).

Current information about GAU consequences:

Fukushima Daiichi ALPS discharge into the sea

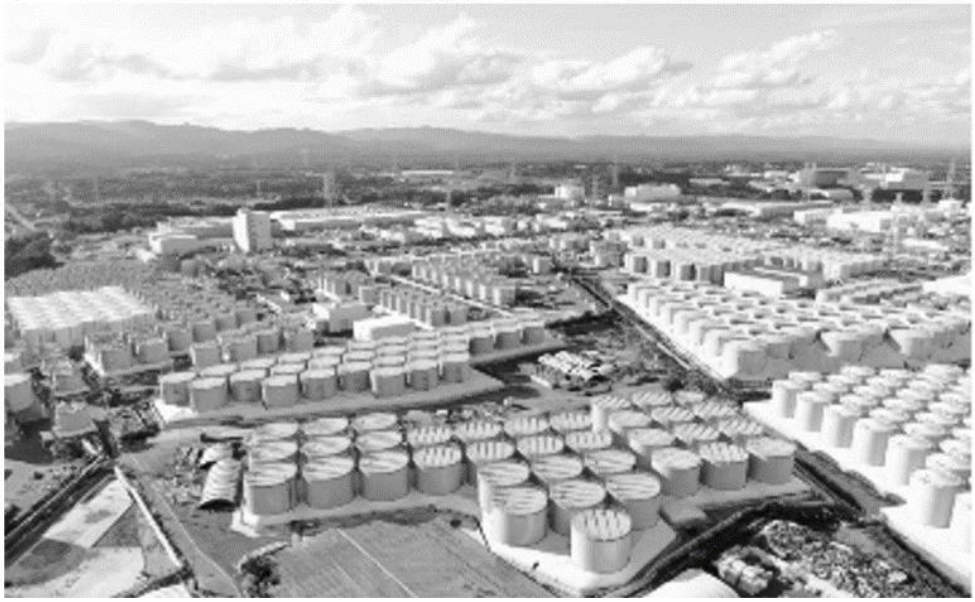
The term ALPS stands for *"advanced liquid processing system"* and refers to the discharge of contaminated cooling water from the Fukushima nuclear power plant that began on the 24th of August, 2024; by March 2024 there will be 31,200 tons. The dumping should last at least 30 years. Fig. 1 symbolizes the exhausted storage capacity and Fig. 2 shows the basic flow diagram of the cooling water disposal. The ALPS process is labeled as "special filtration". It is supposed to eliminate 62 radionuclides. But not all of them are completely removed; apart from tritium, it concerns C-14 and other isotopes not mentioned. Tritium is a radioactive isotope of water and is therefore particularly difficult to chemically separate from normal water. The process itself is based on iron and carbonate precipitation with subsequent two-stage adsorption of radionuclides of cesium and strontium. At the time of the accident, Cs-134, Cs-137 and Sr-90 were the relevant radionuclides with regard to dose exposure via sea routes. During the first accident period up to July 2011, this also affected iodine I-131. Tritium was also monitored at the time, although only a small contribution to potential radiation exposure via

sea was assumed. *"It is practically not accumulated in the marine biota and its general dose factor is quite low."* The statement from the IAEA [1] contradicts the suspected evidence from the fish industry. The dispute revolves around whether or not fish and seafood consumed are in the form of organically bound tritium or not. According to the IAEA and the Japanese operator Tepco, studies on the relative biological effectiveness of low-energy beta particle emissions from tritium did not show a clear pattern of differences between the tritium species. This gives reason to assume a subordinate (negligible) dose rate [1] p.71.

Scientists, such as Prof. Walther from Leibnitz University in Hanover, make comparisons that a tritium intake via drinking water achieves the same radiation dose *"as in an hour in an airplane... due to natural cosmic radiation"*. Tritium, which has been used for decades as a light source in watches and has a comparatively much higher radiation intensity than the traces in seawater, is also used to illustrate its harmlessness. He argues that the tritium emissions from normally operating nuclear power plants worldwide have the magnitude or a higher level than the planned discharge. [2] Nevertheless, the dilution method remains a questionable practice that does not do justice to the global dimension and significance of the Fukushima meltdown with subsequent dumping in the sea. The Japanese fish industry suffered some damage and Prof. Walther admits that *"products from the Fukushima province will be less merchantable. Of course, we saw this immediately after the accident with all kinds of agricultural products, even if they were radiologically harmless because measurements were taken that proved this. Nobody wanted to buy these products. It is foreseeable that this will now happen again with fish and other seafood products."* [2]

The mixture in a ratio of around 1:7 dilutes the tritium water from around 60 kBq/l to < 1.5 kBq/l. For comparison: The limit values for drinking water in Japan are 1.5 kBq/l (Germany 0.1 kBq/l). The seawater in the coastal area in front of the nuclear power plant has a tritium content of up to around 1 Bq/l (in the ocean 0.04 Bq/l); one assumes that the concentrations are irrelevant. The decay time is around 12 years and when absorbed biologically it is assumed that it leaves the body after around 10 days without leaving any alleged effects.

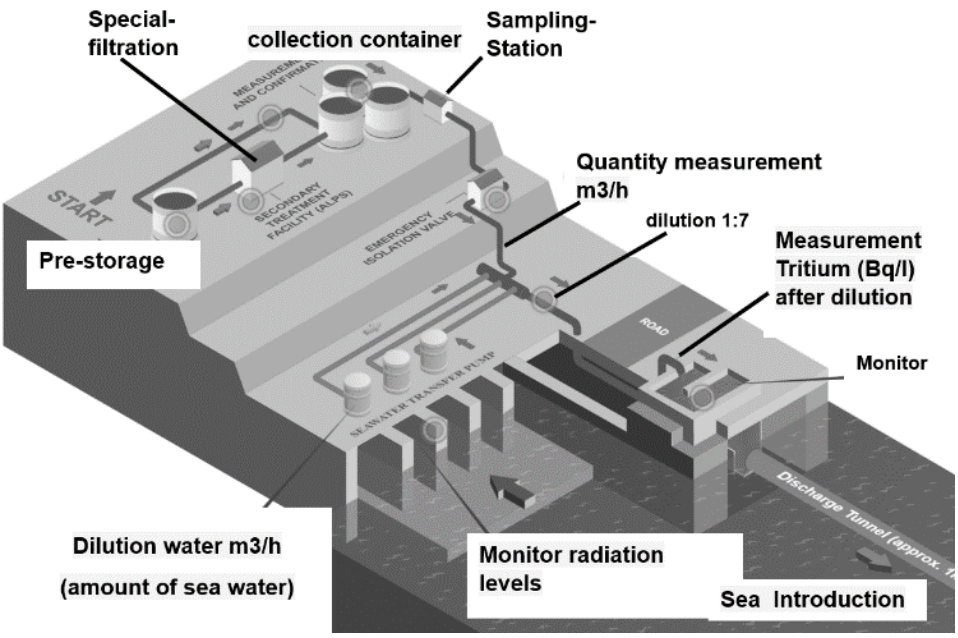
Fig. 1.: Cooling water tanks in the Fukushima nuclear power plant (Photo IAEA [1])



The more cost-intensive alternatives include expanding the storage tanks or injecting them into the ground. R. Kusmierz from Bremen points to cheaper yet environmentally friendly options: "It is incomprehensible why the Japanese now have to dump the Fukushima cooling water into the sea. Storage containers that are no longer sufficient are not convincing. The water contaminated with tritium could also be filled into cheaper, not inherently stable but buoyant stainless-steel tanks and then sink on the seabed and cover. Or transport them to

As a reminder:
On March 11, 2011, a magnitude 9.1 seaquake triggered a tsunami that caused devastating destruction in north-eastern Japan; 22,199 people are known to have died in the floods. A 14 m high tidal wave hit the Fukushima Daiichi nuclear power plant, causing its safety systems to fail and triggering meltdowns in three reactors, resulting in the release of enormous radiation and radioactive materials. Around 160,000 people were relocated, some permanently. One consequence to this day concerns the contaminated cooling water that is still produced. 1.233 million m³ have now accumulated in over a thousand storage tanks and the storage capacities have been exhausted. The operator Tepco, Japanese and international authorities (IAEA) and scientists see the solution to the problem in dumping "filtered" cooling water into the sea. However, residents, fishermen and neighboring countries see things differently. They accuse the Japanese government of choosing the cheapest and fastest solution. Tritium is a radioactive hydrogen isotope that is classified as a soft β-emitter and harmless. At least in comparison to cesium-137 and strontium-90.

Abb. 2.: Prinzip Kühlwasserentsorgung nach [1]



deep sea areas with tankers. ... Of course, the containers corrode in salt water at some point and then release the contents more or less quickly. But only after fifty or a hundred years, when the tritium has decayed below one permille after, for example, 10-12 half-lives. The background to the suggestion of storage in deep-sea tanks is that the sea currents on the ocean floor move relatively slowly and hardly mix with the water layers closer to the surface inhabited by many living creatures, including species used in fishing (thermohaline circulation). Leaks from deep-sea tanks would therefore hardly lead to discharges into the biosphere. Another alternative: The German "Atomendlager Asse" produces contaminated water. Salt concrete is used to expand the pit - so to speak, two birds are killed with one stone: building material is produced and radioactive water is disposed of. Don't we also need a lot of concrete for civil engineering in Japan? The tritium water would be perfectly stored there, and the Japanese fishing industry would not suffer any damage to its reputation." [3]

The level of necessary "ALPS treatment" makes it impossible to compare the cooling water contamination with other nuclear power plants.

F. L.

[1] IAEA comprehensive report on the safety review of the ALPS-treated water at the Fukushima Daiichi nuclear power station; IAEA Vienna 2023

[2] tagesschau.de: Interview with Prof. Walther on August 23, 2023

[3] Communication from Ralf Kusmierz to the KUK Ronneburg; Bremen, September 2023