Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 89 (2000)

Heft: 1: 40 Jahre Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz = 40 ans de surveillance de la radioactivité en Suisse

Artikel: Einige Gedanken zum Rück- und Ausblick "40 Jahre Radioaktivitätsüberwachung"

Autor: Loosli, Heinz Hugo

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-308801

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Einige Gedanken zum Rück- und Ausblick «40 Jahre Radioaktivitätsüberwachung»

Von Heinz Hugo LOOSLI
Universität Bern und Präsident der KUeR

Einleitung

Ziel des Seminars ist es, aus der Vergangenheit und dem jetzigen Stand der Radioaktivitätsüberwachung Schlüsse zu ziehen auf Prioritäten in der Zukunft. Im ersten Kapitel dieses Beitrags sind deshalb einige Entwicklungen zusammengestellt, die in den letzten Jahrzehnten abliefen. In den folgenden Kapiteln soll auf einige ausgewählte heutige Fragestellungen eingegangen werden, während die beiden letzten Kapitel - zum Teil subjektiv gewichtet - eher zukunftsorientiert sind; eine strikte Separation war nicht gewünscht.

1. ENTWICKLUNG DER RADIOAKTIVITÄTSÜBERWACHUNG IN DEN LETZTEN 40 JAHREN

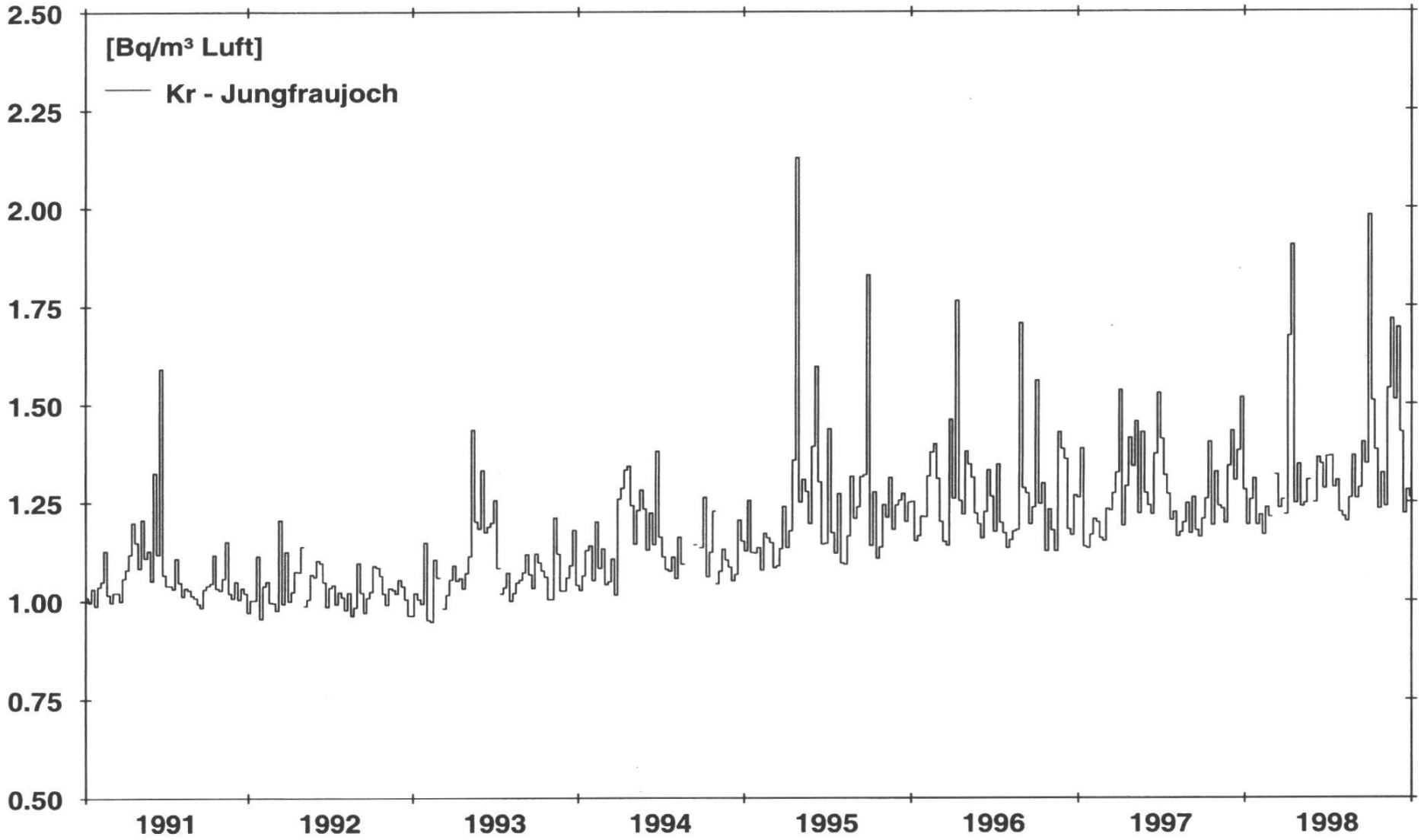
Einige Entwicklungen in den letzten Jahrzehnten können wie folgt zusammengefasst werden:

a) Die **Messtechnik** zum Nachweis von Radioaktivität hat sich stark entwickelt: während in den 60er und 70er Jahren in Luft Gesamtbeta-Aktivitäten der Grössenordnung 0.001 bis 0.1 Bq/m^3 gemessen wurden (KUeR, 1982; und Abb. 10 des Beitrages von H. Völkle in diesen Proceedings), liegt die Nachweisgrenze für ^{137}Cs in Luft mit den High Volume Samplern heute bei etwa 0.000 000 1 Bq/m^3 (BAG-Bericht, 1997, Seite B.4.1.5). Radioaktivität kann also mit viel tieferer Nachweisgrenze gemessen werden, als dies für den Strahlenschutz notwendig wäre. Dies birgt die Gefahr, dass von Aussenstehenden einer µBq-Messung ähnliches Gewicht beigemessen wird wie einer Bq-Messung. Z.B. wurde der ^{137}Cs-Zwischenfall in Spanien im Mai 1997 (siehe Kapitel 10 des Beitrags von H. Völkle in diesen Proceedings), der Luftaktivitäten in der Grössenordnung von mBq/m^3 brachte, in den Medien ähnlich gewichtet wie die Kontamination in Celiabinsk (W. Burkart et al, 1995 und W. Burkart und M. Schnelzer, 1997) mit kBq/m^2 Bodenbelegungen.

b) Heute stehen effiziente **Computermodelle** zur Verfügung, um die Ausbreitung der Radioaktivität in den verschiedenen Medien (und auch die dadurch bewirkten Strahlendosen) zu bestimmen. Dadurch entsteht der (richtige) Eindruck, dass Radioaktivität überall in unserer Umwelt vorkommt. Dies hilft bei der Beurteilung einer künstlichen zusätzlichen Aktivität, weil die natürliche Aktivität einen möglichen Massstab setzt und zur Modellkalibrierung benutzt werden kann. Andererseits entsteht der (falsche) Eindruck, dass die Naturvorgänge mit den Modellen präzise beschrieben werden können. Die Aufgabe bei der Interpretation von Modellresultaten ist der Einbezug der Unsicherheiten. Ausbreitungsvorgänge bis hin zur Aufnahme von Aktivität durch den menschlichen Körper weisen grosse Variationsbreiten auf. Beispielsweise ist die Kurzzeitausbreitung einer Emission etwa auf den Faktor 10 bis 100 voraussehbar, während Langzeitausbreitungen von $^{14}CO_2$ in der Umgebung von Siedewasserreaktoren etwa mit einem Faktor 2 modelliert werden können (BAG-Bericht 1997, Seite B.7.1.5).

c) **Epidemiologische Studien** haben eine Fülle neuer Erkenntnisse gebracht; beispielsweise konnten die Auswirkungen der Bombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki über mehrere Jahrzehnte verfolgt werden. Andererseits bleiben auch hier wesentliche Unsicherheiten: Im Bereich der natürlich vorkommenden Dosen (Grössenordnung mSv/a) existieren keine experimentellen Daten am Menschen. Die Extrapolation von höheren Dosen (100 mSv und höher) auf den Dosisbereich des «täglichen Lebens» benutzt Annahmen, z.B. «keine Schwelle; linear». Es ist wichtig, immer wieder zu betonen, dass irgendwelche Berechnungsresultate (z.B. Anzahl Krebsfälle in der Schweiz infolge Tschernobyl) nicht besser (aber auch nicht schlechter) sind als die den Rechnungen zu Grunde gelegten Annahmen (KOMAC, KSA, EKS, KUeR, 1995).

d) Die **kritische Einstellung** gegenüber Radioaktivität ist in der Bevölkerung und in den Medien ausgeprägter geworden, insbesondere nach dem Unfall in Tschernobyl. Der Unfall in Lucens (1969) war ja auch mit Kernschmelzen verbunden, hat damals aber vergleichsweise wenig Echo ausgelöst. Heute jedoch werden auch «konventionelle» Vorkomnisse oft in Verbindung zur verursachenden Kernanlage gebracht. Dies zeigt, wie notwendig nach wie vor eine transparente, quantitative und erklärende Information ist. Heutige und zukünftige Strahlenschützer müssen vermehrt Anstrengungen unternehmen, ihre Überzeugung und die dazu benutzten Grundlagen verständlich darzulegen. Es ist ja für den Laien auch nicht leicht verständlich, wieso für Personen in der Umgebung von Kernanlagen ein jährlicher Grenzwert von 0.2 mSv eingehalten werden muss, während Sanierungen von Radon-gefährdeten Häusern erst erfolgen müssen, wenn die Jahresdosis ca. 100 Mal höher ist (1000 Bq/m^3 Radon in der Luft ergibt ca. 20 mSv/a effektive Dosis). Erklärungsbedarf bestand (und besteht?) ja auch für die Senkung des Grenzwertes für die Bevölkerung von früher 500 mrem/a auf 1 mSv/a, für den Begriff des Grenzwertes an sich usw. usw.



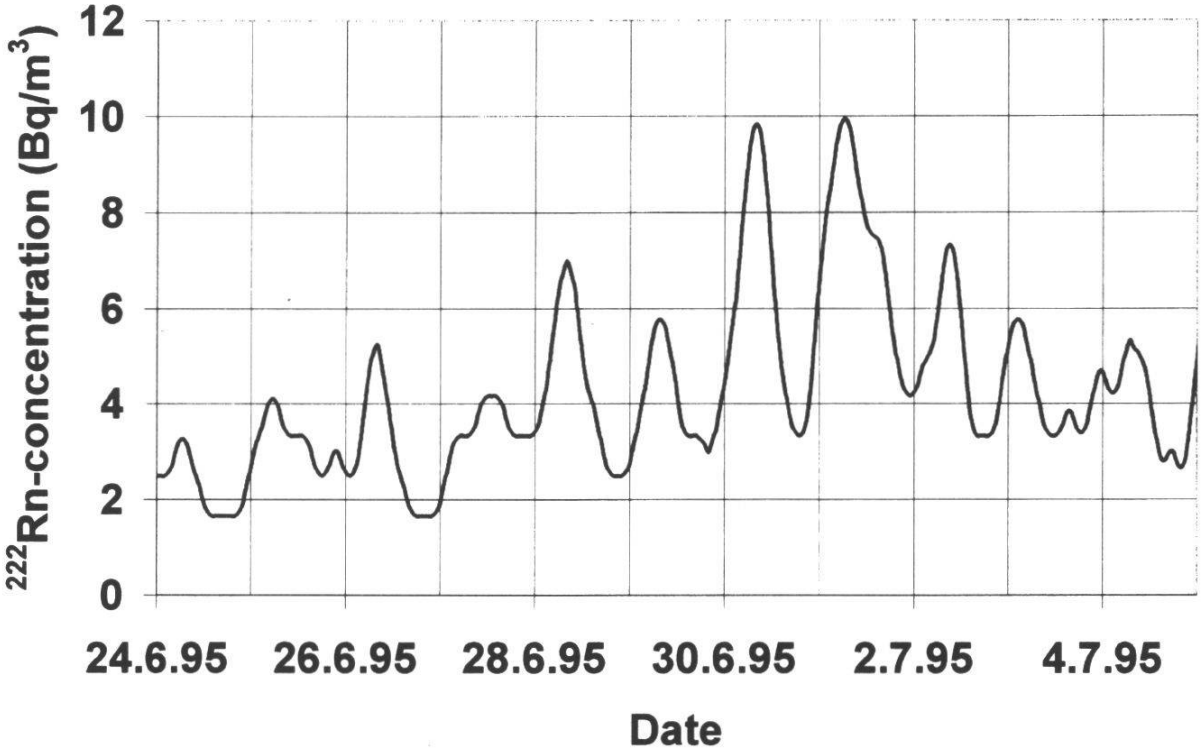
Figur 1: Anstieg der ^{85}Kr-Aktivität in Troposphärenluft. Höhere Werte als der Basis level von ca. 1.2 Bq/m^3 entstehen dann, wenn schlecht vermischte Luft von La Hage oder Sellafield die Probenahmestation erreicht. (BAG Bericht 1998)

2. WIEVIEL STRAHLENSCHUTZ BRAUCHT DER MENSCH ?

In alphabetischer Reihenfolge sind unten einige Kriterien für die Beurteilung einer Strahlendosis aufgeführt, die im Gebrauch sind:

- Akzeptanz
- Angst
- Grenzwert
- natürliche Strahlendosis
- politische Argumente
- Richtwert
- Toleranzwert
- Variationsbreite der natürlichen Strahlendosis
- Vorurteil

Daraus folgt, dass der Strahlenschutz einen Massstab braucht. Dieser kann jedoch nicht die Radioaktivität sein, denn damit ist eine mögliche Gefährdung nicht allein begründbar. Beispielsweise ist die Aktivität in der Luft des künstlichen Nuklids ^{85}Kr (Figur 1) von der gleichen Grössenordnung wie diejenige des natürlichen Radon (Figur 2, Lehmann, 1999). Dabei ist aber die Hautdosis des ß-Strahlers ^{85}Kr vernachlässigbar, während ^{222}Rn zur grössten

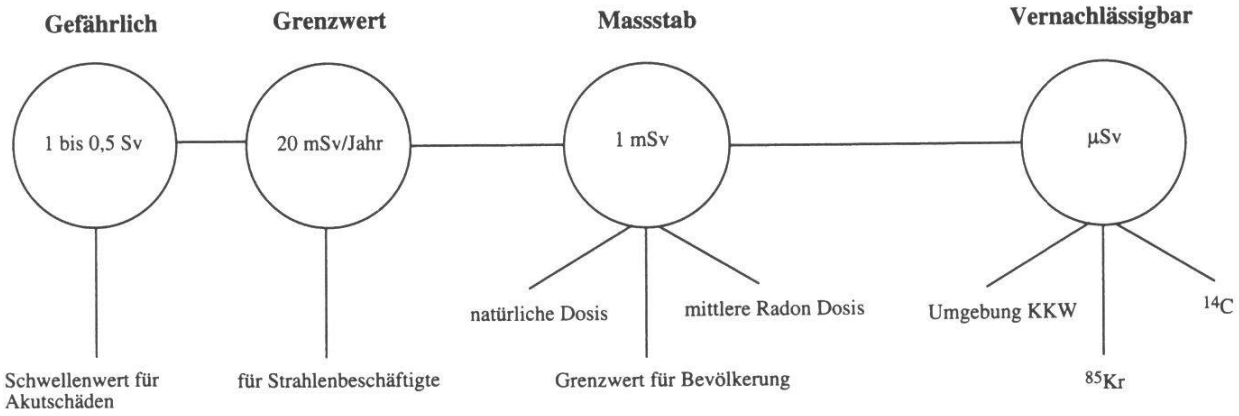


Figur 2: Tagesgang der ^{222}Rn-Aktivität auf dem Dach eines dreistöckigen Gebäudes. Tagsüber ist die Turbulenz in der Luft grösser als nachts, so dass die ^{222}Rn-Aktivität tagsüber stärker verdünnt und deshalb geringer ist als nachts. (Lehmann, unpublizierte Daten)

Einzelkomponente unserer Strahlendosis führt, weil sich die Zerfallsprodukte (meistens α-Strahler) im Hausinnern anreichern und in der Lunge abgelagert werden.

Der im Strahlenschutz benutzte Massstab ist die Strahlendosis (z.B. effektive Dosis), obschon diese Grösse berechnet wird und nicht direkt gemessen werden kann. Es ist zu erwähnen, dass die vereinfachenden Annahmen, welche zur Dosisberechnung benötigt werden, (z.B. Qualitätsfaktoren der verschiedenen Strahlenarten, Empfindlichkeit der verschiedenen Körperorgane, Dosisfaktoren für die einzelnen Radionuklide im Körper, Altersabhängigkeit der Risiken, usw.) durch verschiedene Gremien laufend bearbeitet werden, und es ist zu erwarten, dass die Berechnungsvorschriften der Dosen in Zukunft wieder Änderungen erfahren werden.

Eine Übersicht der vorkommenden Dosen ist in Figur 3 dargestellt. Als Vergleichsmassstab für den Strahlenschutz kann dabei die natürliche Strahlendosis und ihre Variationsbreite verwendet werden. Die oben gestellte Frage, wieviel Strahlenschutz benötigt werde, fällt damit in den Bereich zwischen der Grössenordnung mSv/a und den vernachlässigbaren Dosen von μSv.



Figur 3: Grössenordnung und Bewertung von typischen Strahlendosen. Der Strahlenschutz beschäftigt sich bis zur Grössenordnung mSv/a, während Umweltprozesse auch mit Aktivitäten untersucht werden können, die auf geringere Dosen führen (μSv/a).

3. SOLL MAN DEM LETZTEN mBq resp. μSv NACHRENNEN ?

Gründe für Aktivitätsmessungen oder für Messreihen können sein:

- der Strahlenschutz
- Kenntnis der Aktivität in den Substanzen, die direkt mit uns Menschen in Kontakt sind (Atemluft, Lebensmittel)
- Ansteigende Radioaktivität in der Umwelt

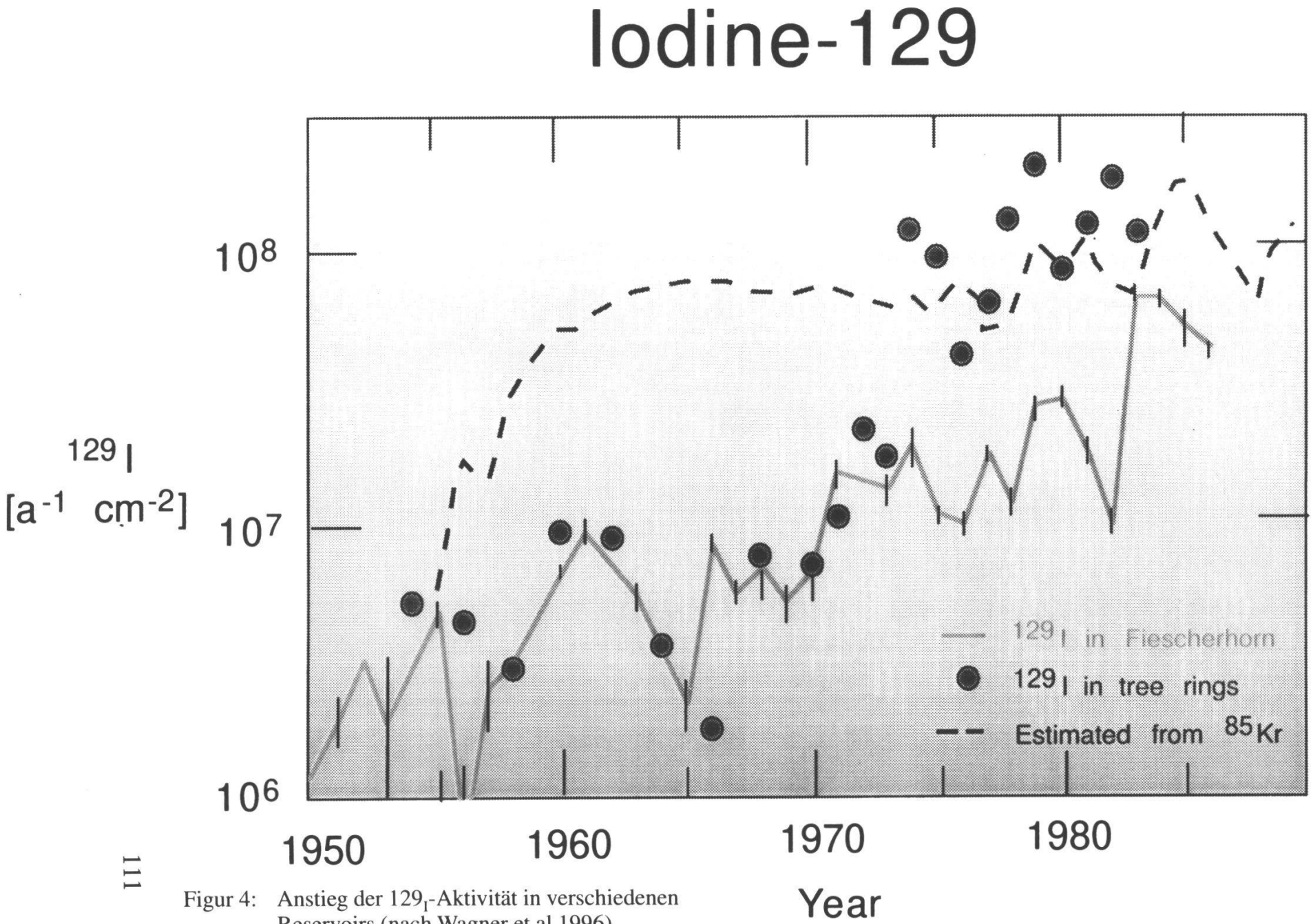
- besseres Verständnis von Umweltprozessen
- Bestimmung von Variationsbreiten
- Bereitstellung von Grundlagen zur Beantwortung von Fragen aus der Bevölkerung oder von Behörden
- Entwicklung der Messtechnik

Einige dieser Gründe bedingen, dass Aktivitäten bis in den mBq- und µBq-Bereich gemessen werden, d.h. empfindlicher, als vom Strahlenschutz aus nötig wäre. Im folgenden sollen einige Beispiele für ansteigende Aktivitäten und für das Verständnis von Umweltprozessen kurz diskutiet werden.

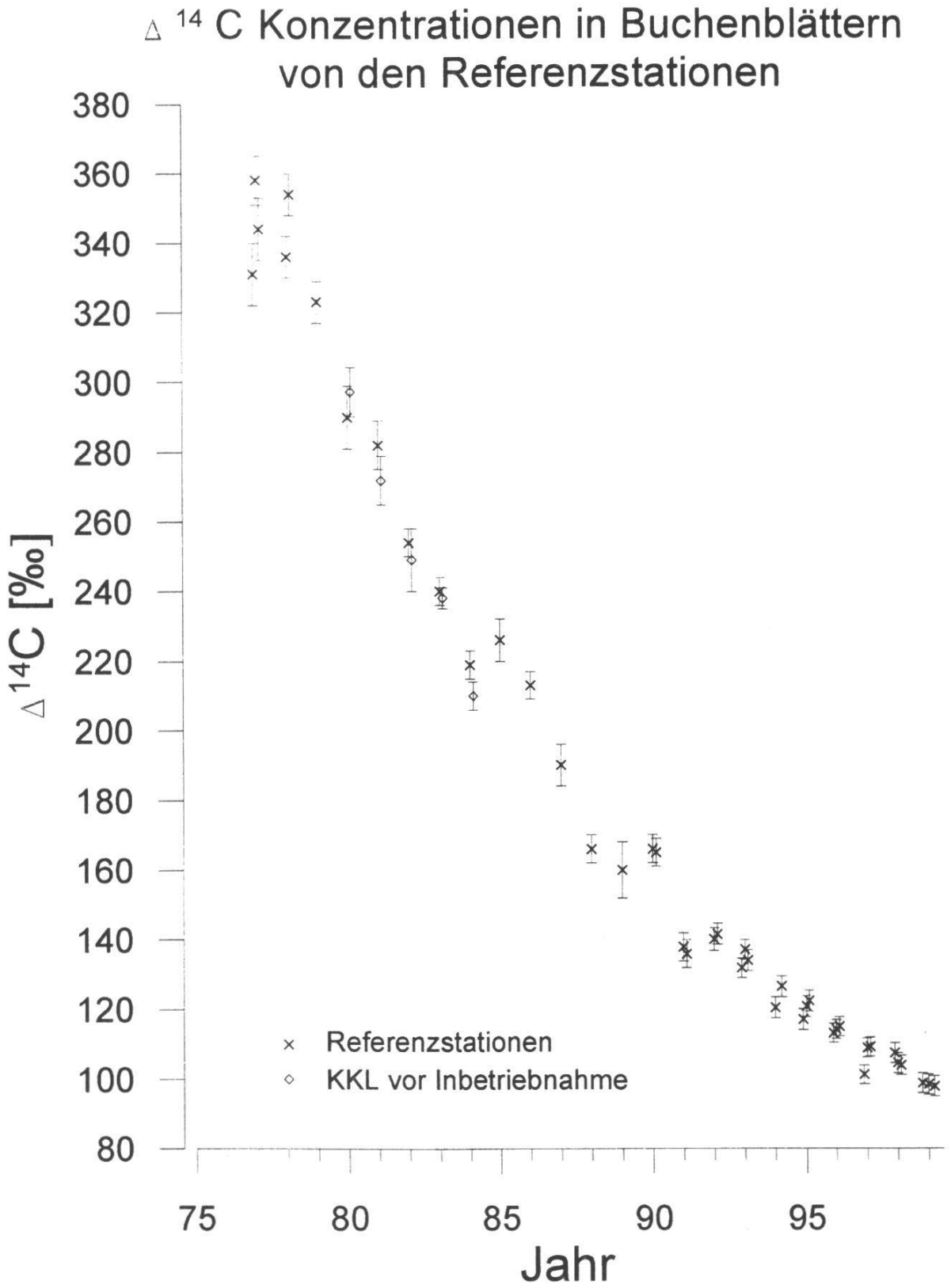
Ansteigende Radioaktivität zeigen global gesehen nur wenige Nuklide; alle sind natürlich langlebig. Beispiele sind ^{14}C im atmosphärischen CH_4, ^{36}Cl, ^{85}Kr, ^{129}I, ^{239}Pu, ^{240}Pu und weitere Transurane. Eine Überwachung der Nuklide mit ansteigender Tendenz scheint für die Zukunft prinzipiell notwendig. Insbesondere ist das auch gerechtfertigt, weil daraus Schlüsse über Produktion und/oder Verteilung in unserer Umwelt gezogen werden können. ^{14}C im CH_4 beispielsweise wird vorwiegend aus Druckwasserreaktoren freigesetzt. Bei bekannter oder abschätzbarer Produktionsrate von $^{14}CH_4$ können Modelle des Treibhausgases CH_4 kalibriert werden, was für die Klimaforschung von grosser Bedeutung ist.

Die ^{85}Kr-Aktivität in der Atmosphäre steigt langsam aber kontinuierlich an (Figur 1). Daraus können einerseits Schlüsse über die Menge wiederaufgearbeiteter Brennelemente gezogen werden (BAG-Bericht 1997, Kapitel 7.1.7). Die betrachteten Spikes lassen aber auch Schlüsse zu über Verdünnungsfaktoren im Massstab 1000 km. Die fortzusetzenden Zeitreihen erlauben zudem, mit diesem Edelgasnuklid vertikale Mischungsmodelle in der Atmosphäre zu kalibrieren; Diffusionskonstanten zwischen 10^3 und 10^5 cm^2/s wurden berechnet, was für das Verständnis chemischer Spurenstoffe nützlich ist, denn diese erleiden in der Atmosphäre zusätzlich zur Verdünnung auch Konzentrationsänderungen wegen ablaufender Reaktionen. Die gemessene Zeitreihe der ^{85}Kr-Aktivität in der Atmosphäre bildet aber auch die Inputreihe zur Datierung junger Grundwasserkomponenten.

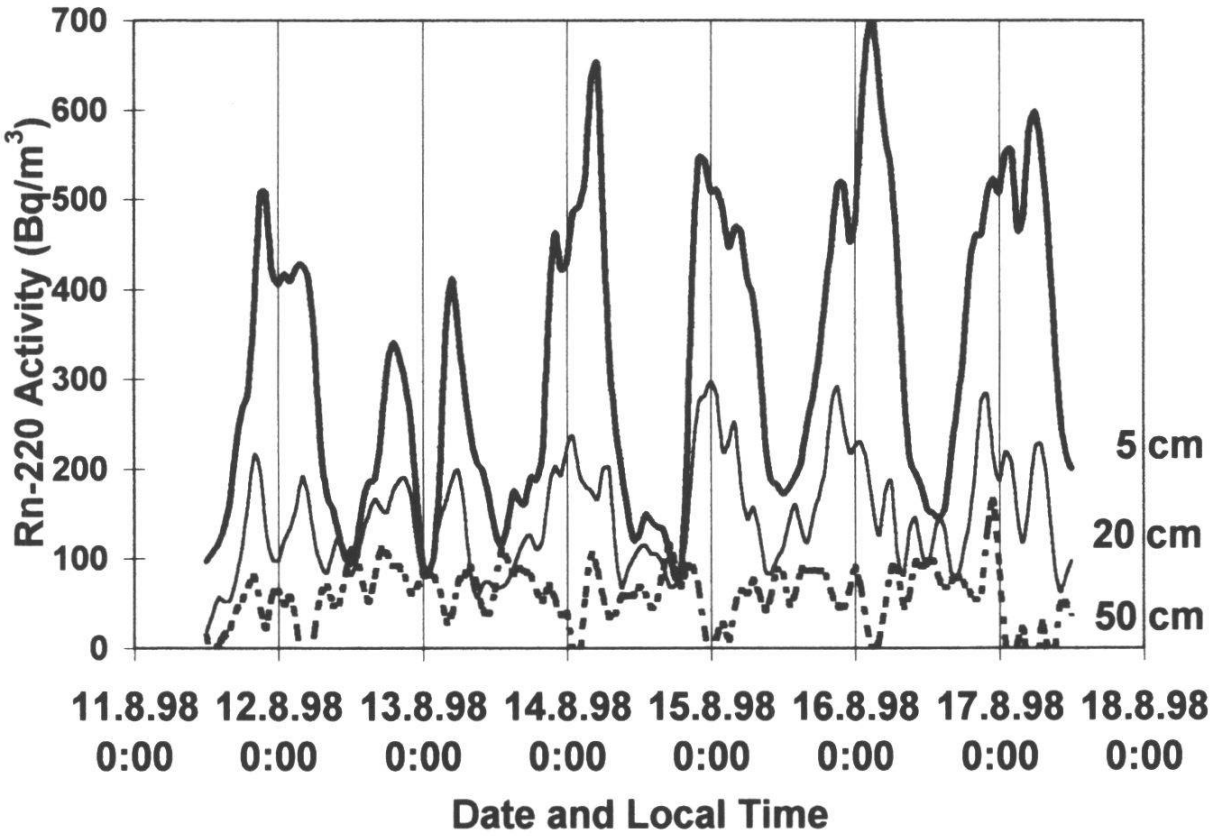
Der gemessene und abgeschätzte Anstieg der I-Aktivität in Luft, im Eis und in Baumringen ist in Figur 4 dargestellt. Auffällig ist, dass 1962/63 kein deutlicher Bombenpeak zu sehen ist. Die Autoren (Wagner et al, 1996) schliessen, dass die ^{129}I-Aktivität grossenteils aus zivilen Wiederaufbereitungsanlagen stammt. Während sich allerdings ^{85}Kr gesamthaft in der Atmosphäre verdünnt, werden ^{129}I-Beiträge aus nichteuropäischen Wiederaufbereitungsanlagen nur teilweise im Eis deponiert. ^{129}I-Emissionen, die als flüssiger Abfall abgegeben werden, können in obiger Figur natürlich auch nicht erscheinen; d.h. dass die Iod-Chemie einen Teil des Unterschieds zum ^{85}Kr-Verlauf ausmacht.



Figur 4: Anstieg der 129_I-Aktivität in verschiedenen Reservoirs (nach Wagner et al 1996)



Figur 5: $\Delta^{14}C$-Aktivität in Laubblättern von unbeeinflussten Referenzstationen. Die Abnahme des atmosphärischen $^{14}CO_2$-Gehalts beruht auf dem Gasaustausch der Luft mit dem Weltozean. Dabei nimmt die durch die Bombenversuche der 60er Jahre in die Atmosphäre gebrachte ^{14}C-Aktivität langsam ab.



Figur 6: Tagesgang der ^{220}Rn-Aktivität in verschiedenen Höhen über dem Boden. Die kurze Halbwertszeit dieses Nuklids verhindert, dass die aus dem Boden ausgetretene Aktivität weit nach oben gelangt. (B. Lehmann et al. 1999)

Der globale Verlauf der ^{14}C-Aktivität in der Luft und der lokale Verlauf gemessener ^{222}Rn-Konzentrationen sollen Beispiele von Messungen sein, mit deren Hilfe Umweltprozesse besser verstanden werden (Figur 5 und Figur 6). Der Rückgang der atmosphärischen $^{14}CO_2$-Aktivität, die noch von den Bombentests stammt, zeigt den Gasaustausch zwischen Atmosphäre und Mixed Layer des Weltozeans. Die charakteristische Austauschzeit beträgt ca. 10 Jahre. Mit solchen Angaben können Klimamodelle kalibriert werden, welche das zeitliche Verschwinden von überschüssigem künstlichen CO_2 quantifizieren müssen. Heute beträgt der Rest der Δ^{14}C-Bombenaktivität ca. 150‰, wobei + 50‰ eingeschlosen sind, um die die atmosphärische $^{14}CO_2$-Konzentration wegen dem Verbrennen toten organischen Materials (Oel, Kohle) abgenommen hat (Suess-Effekt) (F. Joos, 1998).

Kommerzielle Geräte können heute zugleich Messreihen für ^{222}Rn und ^{220}Rn erzeugen (Figur 6). Wenn beide Nuklide noch lokal bis in eine gewisse Tiefe des Bodens gemessen werden, können Austrittsprozesse aus dem Boden und Verdünnungsprozesse in der obersten Boden- und in der untersten Grasschicht untersucht werden. Es zeigt sich beispielsweise, dass Bodenfeuchtigkeit, Bodenbeschaffenheit, Bewuchs und Windverhältnisse eine wesentliche Rolle spielen (Lehmann et al, 1999).

4. WIEVIEL INFORMATION ÜBER RADIOAKTIVITÄT BRAUCHT DER MENSCH? UND WIE?

Mehrfach ist in früheren Kapiteln auf die Notwendigkeit hingewiesen worden, dass in Zukunft einer:

verständlichen
und
transparenten Information höchste Priorität zuzuordnen ist.

Zum «verständlich» seien 4 Bemerkungen angebracht:

- Zehnerpotenzen sind für viele Leser eine Erschwernis. Oben in Kapitel 1, Abschnitt a, ist eine Alternative vorgeschlagen.
- Vergleiche machen ein Aktivitäts- oder Dosis-Resultat sofort anschaulicher. Die Variationsbreite der natürlichen Aktivität und Dosis bieten sich an, insbesondere auch, um zu betonen, dass natürlicherweise nicht 0 Bq/m^3, 0 Bq/kg oder 0 mSv/a vorkommen. Die vorkommenden Variationsbreiten der Dosen sind z.B. im BAG-Bericht 1997, Seite A9, und im Beitrag dieser Proceedings von Chr. Murith graphisch dargestellt.
- Vergleiche haben mit Verharmlosung nichts zu tun. Der interessierte Leser, die interessierte Leserin, wird leicht verstehen, dass künstliche und natürliche Radioaktivitätsbeiträge oder zusätzliche Strahlendosen in unser Umfeld zu stellen sind, in welchem Radioaktivitäten und Dosen schon immer vorgekommen sind. Analog ist es zweckmässig, das Lungenkrebsrisiko wegen Radonfolgeprodukten in Beziehung zu setzen zum Risiko wegen Tabakkonsums oder zum Krebsrisiko generell. Man kann auch die Meinung vertreten, dass die Risiken wegen Strahlendosen durchaus mit anderen Risiken des täglichen Lebens verglichen werden dürfen.
- Aus dem obigen folgt, dass eine verständliche Information dem Bürger, der Bürgerin, durchaus Angaben über Wahrscheinlichkeiten zumuten darf. Offensichtlich geht es ja beim Krebsrisiko nicht anders. Verständliche Information muss aber nach wie vor korrekt bleiben.

Zwei Bemerkungen zum Anspruch, dass die Information **«transparent»** sein muss:

- Diese Transparenz schliesst ein, dass Angaben über die Zuverlässigkeit von Resultaten und Berechnungen enthalten sein müssen. Bei Aktivitätsmessungen kann die Zuverlässigkeit durch Einbettung in Zeitreihen gesteigert werden. Weil der Bezug zu früheren Resultaten in Zukunft gefördert werden sollte, hat die KUeR an diesem Seminar Zeitreihen thematisiert: Im Vortrag von Chr. Murith und A. Gurtner in diesen Procee-

dings finden sich Zeitreihen für ^{90}Sr und ^{137}Cs im Boden, in der Milch und im menschlichen Körper. Mit Zeitreihen ist auch die für die Zukunft wichtige Frage berücksichtigt, ob Aktivitäten langlebiger Nuklide in unserer Umgebung messbar zunehmen. Oben in Kapitel 3a sind ja einige Nuklide, die in Zukunft zu beachten sind, erwähnt.

- Zur Transparenz gehört auch die Angabe von Unsicherheiten. Oben wurde schon erwähnt, dass Dosen Berechnungen sind oder dass ein genauer Risikofaktor für Lungenkrebs infolge Radonfolgeprodukten fehlt. Auch wenn sich somit viele Angaben von Strahlenschützern auf Modelle abstützen, kann doch der Fehlerbereich eingeengt werden. Mehr als ein Faktor 2 Unsicherheit ist selten in Rechnung zu stellen.

Damit ist gezeigt, welch wichtige Rolle die Information in Zukunft spielen muss. Wünschbar wäre der Einbezug von psychologisch geschulten Personen, die Ansätze kennen, wie Verunsicherung oder gar Angst vor der Radioaktivität reduziert werden kann. Die 4 im Strahlenschutz tätigen Kommissionen sind daran, zur fachlichen Information einen Beitrag zu leisten, indem Internettaugliche Kurzfragen und Kurzantworten zusammengestellt werden. Die KUeR als Initiantin dieses Seminars hofft, damit die Tätigkeit der Verwaltung auch auf dem Gebiet der objektiven Information zu ergänzen.

Referenzen

KUeR 1982: Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität: 25 Jahre Radioaktivitäts überwachung in der Schweiz, 1982, Seite 25

BAG-Bericht 1997: Bundesamt für Gesundheit: Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz, 1997

W. Burkart, V. Franzins, W. Goldammer, N. Jakisch, R. Maushart, R. Münze und I. Winkelmann: Radioaktive Altlasten: Das Erbe des Atomzeitalters, Strahlenschutzpraxis 3/1995

W. Burkart und M. Schnelzer: Das nukleare Vermächtnis der Sowjetunion, Spektrum der Wissenschaft, 1/97, 88-93

KOMAC, KSA, EKS und KUeR: 10 Jahre nach Tschernobyl, ein Beitrag aus schweizerischer Sicht, 1995

F. Joos: Radiocarbon: Imbalance in the budget, Nature 370, 1994, 181-182

B. Lehmann, M. Lehmann, A. Neftel, A. Gut und S, Tarakanov: Radon-220 Calibration of Near Surface Turbulent Gas Transport, Geophys. Res.Let. 26, 5 (1999) 607-610

B. Lehmann: unveröffentliche Resultate, 1999.

M. J. M. Wagner, B. Dittrich-Hannen, H. A. Synal, M. Suter, U. Schotterer: Increase of ^{129}I in the Environment, NIM B 113 (1996) 490-494.