



Patent erteilt nach
§ 49 Abs. 1 PatG
i. V. m. § 5 ErstrG

(51) Int. Cl.⁵: G 01 T 1/02

DEUTSCHES PATENTAMT

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch eingelegt werden

(21) Aktenzeichen:	(22) Anmelde-tag:	(41) Aufgebot zur Akteneinsicht:	(43) Veröff.-tag der Offenlegungs- schrift:	(45) Veröff.-tag der Patent- erteilung
DD G 01 T / 343 507 5	17. 08. 90	07. 05. 92	—	11. 05. 94

(30) Unionspriorität:
—

(72) Erfinder: Sarenio, Olaf, Dr. rer. nat., 10119 Berlin, DE; Guhr, Andreas, Dipl.-Chem. Dr., 10318 Berlin, DE
(73) Patentinhaber: Guhr, Andreas, Dipl.-Chem. Dr., Marksburgstr. 55, 10318 Berlin, DE
(74) Vertreter: Böbel & Röhncke, Pat.-Anwälte, Hoher Wallgraben 45, 10318 Berlin

(54) **Passives Dosimeter zur integrierenden Messung des Radonzerfallproduktanteiles in der Luft und Verfahren**

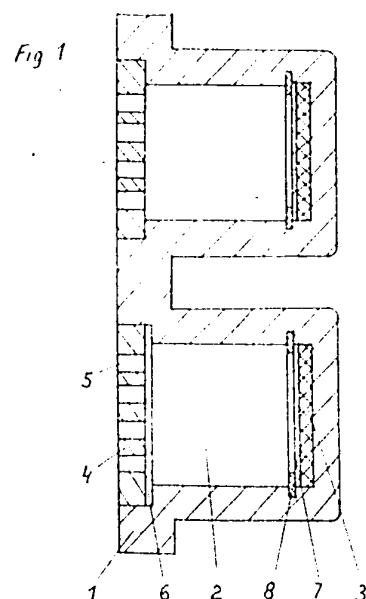
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 2 926 491 A 1 US-PS 4 800 272

FRANK, Manfred; STOLZ, Wolfgang: „Festkörperdosimetrie ionisierender Strahlung“, Leipzig, BSB B. G.: Teubner Verlagsgesellschaft, 1969

URBAN, M.; WICKE, A.; KIEFER, H.: „Bestimmung der Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Radon und dessen kurzlebige Zerfallsprodukte in Wohnhäusern und im Freien“, KfK 3805: 3, Bericht, Kernforschungszentrum Karlsruhe, 1985

(57) Die Erfindung betrifft ein passives Dosimeter zur integrierenden Messung des Radonzerfallproduktanteiles in der Luft mit alpha-empfindlichen Detektoren (3) zum Nachweis der Alphastrahlung des Radon, welches kurzlebigen alpha-aktiven Zerfallsprodukte, welches Diffusionsöffnungen (5) und zwei geometrisch identische, in unmittelbarer Nähe zueinander liegende Kammern (2) von gleichem Volumen mit zwei Stirnseiten aufweist, wobei in jeder der beiden Kammern (2) in einer ihrer Stirnseiten jeweils gleiche Detektoren (3) angeordnet sind und eine der Kammern (2) mit einem die in ihr angeordneten Detektoren (3) gegenüber Radonzerfallsprodukte isolierenden Filter (6) abgedeckt ist. Hierbei soll erreicht werden, daß verschiedene Empfindlichkeiten bzw. notwendige Expositionszeiten entsprechend der Anwendung gewährleistet werden. Erfindungsgemäß geschieht dieses dadurch, daß die Kammern (2) parallel zueinander in einer Ebene unmittelbar nebeneinanderliegend angeordnet sind, wobei die Kammern (2) gleiche Diffusionsöffnungen (5) aufweisen, die in einer Ebene in unmittelbar nebeneinanderliegenden Stirnseiten der Kammern (2) gegenüber den Stirnseiten, welche die Detektoren (3) aufnehmen, angeordnet sind. Fig. 1



Patentansprüche:

1. Passives Dosimeter zur integrierenden Messung des Radonzerfallproduktanteiles in der Luft, mit α -empfindlichen Detektoren, zum Nachweis der Alphastrahlung des Radon und seiner kurzlebigen α -aktiven Zerfallsprodukte, welches Diffusionsöffnungen und zwei geometrisch identische, in unmittelbarer Nähe zueinander liegende Kammern von gleichem Volumen mit zwei Stirnseiten aufweist, wobei in jeder der beiden Kammern in einer ihrer Stirnseiten jeweils gleiche Detektoren angeordnet sind und eine der Kammern mit einem die in ihr angeordneten Detektoren gegenüber Radonzerfallsprodukte isolierenden Filter abgedeckt ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kammern (2) parallel zueinander in einer Ebene unmittelbar nebeneinanderliegend angeordnet sind, wobei die Kammern (2) gleiche Diffusionsöffnungen (5) aufweisen, die in einer Ebene in unmittelbar nebeneinanderliegenden Stirnseiten der Kammern (2) gegenüber den Stirnseiten, welche die Detektoren (3) aufnehmen, angeordnet sind.
2. Passives Dosimeter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Diffusionsöffnungen (5) in einem die jeweilige Kammer (2) verschließenden Deckel (4) angeordnet sind.
3. Passives Dosimeter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die α -empfindlichen Detektoren (3) als Festkörperspurdetektoren in Form von Poly-diethylen-glykol-bis (Allylcarbonat) mit einer Detektoruntergrundätzspurdichte von 20 Spuren/cm² mit einer einfachen Standardabweichung von 50% ausgebildet sind.
4. Passives Dosimeter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß in jeder Kammer (2) auswechselbare Detektoren (3) angeordnet sind, die paarweise unterschiedliche α -Empfindlichkeiten besitzen.
5. Passives Dosimeter nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der eine der Detektoren (3), die paarweise unterschiedlich α -Empfindlichkeiten besitzen, als ein Festkörperspurdetektor in Form von Poly-diethylen-glykol-bis (Allylcarbonat) mit einer Detektoruntergrundätzspurdichte von 20 Spuren/cm² mit einer einfachen Standardabweichung von 50% und der andere Detektor als ein Festkörperspurdetektor in Form von Polycarbonat-bisphenyl A ausgebildet ist.
6. Passives Dosimeter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß außer den die Detektoren (3) aufnehmenden Kammern (2) Meßpunkte für parallele oder weitere Messungen, welche aus hochgammaempfindlichen Thermolumineszenzdetektoren zur Messung der externen Gammastrahlungsdosis bestehen, angeordnet sind.
7. Passives Dosimeter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Detektoren (3) in den Kammern (2) von jeweils einer gleichen leitfähigen Folie (7), wie einer aluminisierten Plastfolie, bedeckt sind.
8. Passives Dosimeter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kammern (2) aus einem elektrisch leitfähigen Material, wie mit Kohlenstoff versetzter bzw. beschichteter Plaste oder einem Metall, bestehen.
9. Passives Dosimeter nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Filter (6) aus einer Polyethylenfolie niedriger Dichte mit einer Dicke von etwa 30 μ m besteht.
10. Passives Dosimeter nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Fläche der Diffusionsöffnungen (5) der Kammern (2) wahlweise veränderbar ist.
11. Verfahren zur integrierenden Messung des Radonzerfallproduktanteiles in der Luft mit α -empfindlichen Detektoren zum Nachweis der Alphastrahlung des Radon und seiner kurzlebigen α -aktiven Zerfallsprodukte, wobei mit paarweise gleichen, in unmittelbarer Nähe zueinander befindlichen Detektoren gemessen wird und dabei jeweils einer der paarweise angeordneten Detektoren gegenüber den Radonzerfallsprodukten aus der Luft isoliert wird und die Detektoren anschließend ausgewertet werden und Aussagen über den Radonzerfallproduktanteil bzw. die potentielle α -Energiekonzentration eines beliebigen Gemisches kurzlebiger Radonzerfallsprodukte in der Luft aus dem Differenzsignal der paarweise gleichen Detektoren abgeleitet werden, unter Verwendung eines passiven Dosimeters nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei der Auswertung aus dem Meßsignal des gegenüber den Radonzerfallsprodukten aus der Luft isolierten Detektors (3) die Radonkonzentration sowie aus diesem Meßsignal und dem Differenzsignal der paarweise gleichen Detektoren (3) der Gleichgewichtsfaktor hinsichtlich der potentiellen α -Energie abgeleitet wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Die Erfindung betrifft ein passives Dosimeter zur integrierenden Messung des Radonzerfallproduktanteiles in der Luft mit α -empfindlichen Detektoren zum Nachweis der Alphastrahlung des Radon und seiner kurzlebigen α -aktiven Zerfallsprodukte, welches Diffusionsöffnungen und zwei geometrisch identische, in unmittelbarer Nähe zueinander liegende Kammern von gleichem Volumen mit zwei Stirnseiten aufweist, wobei in jeder der beiden Kammern in einer ihrer Stirnseiten jeweils gleiche Detektoren angeordnet sind und eine der Kammern mit einem die in ihr angeordneten Detektoren gegenüber Radonzerfallsprodukte isolierenden Filter abgedeckt ist.

Es sind verschiedene Methoden und Vorrichtungen zum Nachweis von Radon und dessen α -aktive Zerfallsprodukte bekannt (Übersichten und Vergleiche in „Rad-Prot. Dosimetry“ 1 [1981] 97; ICRP Publikation 24; „NEA, Metrology and monitoring of radon, thoron and their daughter products“, Report by a Group of Experts of the OECD/NEA, Paris 1985).

Die bekannten Verfahren lassen sich in zwei große Gruppen einteilen, in aktive und passive Meßsysteme.

Aktive Meßsysteme sind überwiegend mit elektrisch betriebenen Funktionseinheiten, wie Pumpen, Steuer- und Auswertelektronik, ausgerüstet und benötigen daher eine Energieversorgung. Im allgemeinen bestehen sie aus einer Detektor-Filterkombination und einer Luft-Ansaugvorrichtung zur Filterbeaufschlagung oder zur Anreicherung der Radonzerfallsprodukte auf der Detektoroberfläche selbst. Als Detektoren kommen Halbleiterdetektoren, Szintillationszähler, Thermolumineszenzdetektoren, Elektretdetektoren oder Festkörperspurdetektoren zur Anwendung. Mit derartigen Dosimetern sind Aussagen über die Aktivitätskonzentrationen und/oder die potentielle α -Energie-Konzentration der Radonzerfallsprodukte in der Luft möglich. Die Messung von Radongaskonzentrationen erfolgt durch Luftprobenahmen mit speziellen Ionisationskammern, Szintillationskammern, Elektretkammern, Aktivkohleverfahren oder 2-Filter-Methoden.

Aktive Meßsysteme für Radonzerfallsprodukte werden hauptsächlich im Bergbau für Kurzzeitmessungen von wenigen Minuten (SAAS-Report 267) und als kontinuierlich arbeitende Vorrichtungen vereinzelt, aufgrund der hohen Kosten, bei Umgebungsmessungen bis zu einem Monat eingesetzt (SAAS-Report 342). Bei Radonmessungen in Gebäuden werden aktive Meßsysteme zur Bestimmung des Gleichgewichtszustandes herangezogen. Weiterhin sind aktive Vorrichtungen für Radonzerfallsprodukt-Messungen zur individuellen dosimetrischen Überwachung von Personen bei untertägigen Arbeiten bekannt (Feddersen, Ch., Dissertation A der Fakultät für Technische Wissenschaften der Bergakademie Freiberg, 1986: elektronisches Personendosimeter mit Miniaturpumpe und Halbleiterdetektor; „Proc. of the Specialist Meeting on Personal Dosimetry and Area Monitoring Suitable for Radon and Daughter Products“, OECD/NEA, Paris 1979 Personendosimeter mit elektrisch betriebener Pumpe, LR 115 als Festkörperspurdetektor und verschiedenen Absorberfolien; Burian I. u. a., „Pracovni Lekarstvi“, 1989: Personendosimeter mit elektrisch betriebener Membranpumpe, LR 115 als Festkörperspurdetektor und Bremsfolie zur Optimierung der α -Teilchen-Registrierung).

Passive Meßsysteme verwenden als Detektoren überwiegend Festkörperspurdetektoren, zum Teil auch Thermolumineszenzdetektoren, Elektretdetektoren und Aktivkohle. Die Dosimeter benötigen keine Energieversorgung, haben keine beweglichen Teile und keine elektronischen Baugruppen. Vom Meßprinzip und den technischen Ausführungen her sind sogenannte Diffusionskammern bekannt. Das Radon gelangt durch natürliche Diffusion durch eine Öffnung, die mit einem Filter für die Radonzerfallsprodukte verschlossen ist, in eine Kammer, in der sich ein oder mehrere passive Detektoren befinden. Aus dem Meßeffect dieser Detektoren und den Meßbedingungen kann, nach geeigneter Kalibrierung des Systems, die Radonkonzentration in der Luft bestimmt werden („Hucl. Instr. Meth.“, 173 [1980] 169; „Health Physics“, 40 [1981] 693; „Health Physics Society, 30th Annual Meeting“, 1985, TPM-D4; „11th Intern. Conf. on SSNTD's“, Bristol 1981, S. 539/561/569; „Rad. Prod. Dosimetry“ 7 [1984] 341; Riso-M-2483 [1985]; „Rad. Prot. Dosimetry“ 7 [1984] 327).

Ein derartiges passives Radondosimeter ist in „Health Physics, Band 51, Nr. 4 Oktober 1986, Pergamon Journals Ltd, Elmsford, NY, US; M. Wilkening: „Seasonal variation of indoor Rn at a location in the southwestern United Staates“ veröffentlicht. Dieses als Diffusionskammer ausgebildete passive Radondosimeter weist eine kegelförmige Form auf. Die Kegelformseite mit geringerem Durchmesser ist der Kernspurdetektorfolie zugewandt. Auf der breiteren Seite ist die Diffusionskammer durch einen dichten Deckel verschlossen. Im oberen Randbereich der Diffusionskammer sind Öffnungen angeordnet, durch die die radonhaltige Luft unterhalb des Deckels in das Gehäuse eintritt. Es durchströmt einen mit Öffnungen versehenen Haltering für einen hydrophoben Glasfaserfilter, welcher zwischen dem Kammerinneren mit dem Kernspurdetektor angeordnet ist.

Der Filter ermöglicht einen nahezu ungehinderten Radonaustausch zwischen der Umgebungsluft und dem Kammerinneren, gleichzeitig werden Zerfallsprodukte und andere Aerosole aus dem Inneren ferngehalten. Damit ist die Radonkonzentration die einzige Meßgröße. Eine direkte Bestimmung der Radonzerfallsproduktkonzentration in der Luft und damit in breitem Umfang dosisrelevante Aussagen über Belastungssituationen und die tatsächlich akkumulierte Inhalationsdosis von Personen ist dadurch nicht möglich.

Weiterhin sind offene, α -empfindliche Detektoren ohne Gehäuse oder in nicht abgeschlossenen Gehäusen bekannt. Mit ihnen sind nur qualitative Aussagen über die in der Umgebungsluft vorhandene Gesamtalphaaktivität möglich. Sie finden häufig, ohne speziell konfektionierte Dosimeter, Anwendung bei Screeningmessungen in Gebäuden zur Bestimmung der Größenordnung der Radongleichgewichtskonzentration. Die Empfindlichkeit offener Detektoren zeigt eine starke Abhängigkeit vom Gleichgewichtszustand zwischen Radon und seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten. Daher ist bei Einschätzungen der Radongleichgewichtskonzentration aus dem Meßsignal offener Detektoren mit Abweichungen von 100 bis 200% vom wahren Wert zu rechnen.

Da durch Oberflächendeposition der Radonzerfallsprodukte und Luftbewegungen im allgemeinen kein Gleichgewicht zwischen Radon und seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten in der Luft vorliegt, muß zur Ableitung von Aussagen über die dosisbestimmenden Radonzerfallsprodukte aus alleinigen Radonmessungen der Gleichgewichtszustand bekannt sein. Daher wird vielfach ein mittlerer Gleichgewichtsfaktor aus vergleichbaren Belastungssituationen oder internationalen Empfehlungen angenommen oder durch mehrere zusätzliche Stichprobemessungen mit aktiven Kurzzeitmeßgeräten bestimmt. Die Annahme eines Gleichgewichtsfaktors kann jedoch bei der Dosisabschätzung zu erheblichen Fehlern führen.

Weiterhin sind die Konzentrationen des Radon und seiner Zerfallsprodukte in der Luft starken örtlichen, tageszeitlichen und saisonalen Schwankungen unterworfen. Viele bekannte aktive Meßsysteme gestatten jedoch nur Kurzaussagen aufgrund weniger Minuten Meßzeit. Daher können Kurzzeitmessungen leicht zu einer völligen Fehleinschätzung der tatsächlichen Strahlungssituation führen. Nur aus Messungen über längere Zeiträume, von einigen Wochen bis zu einem halben Jahr und

länger, lassen sich gesicherte Aussagen ableiten. Kontinuierlich arbeitende aktive Meßsysteme zur Bestimmung des Radonzerfallproduktgehaltes der Luft sind sehr teuer und besitzen eine aufwendige Meß- und Auswertetechnik. Sie sind daher nur für ausgewählte Überwachungsaufgaben einsetzbar.

Langzeitintegrierende In-situ-Messungen zur Erfassung der vorhandenen Schwankungen der Radonkonzentration werden bevorzugt mit Hilfe passiver Meßsysteme unter Verwendung von Festkörperspurdetektoren durchgeführt, da sie einfach im Aufbau, kostengünstig in der Herstellung, energieunabhängig sowie leicht zu handhaben und auszuwerten sind. Speziell für personendosimetrische Zwecke wurden kleine passive, langzeitintegrierende Meßsysteme entwickelt („Proc. 11th Intern. Conf. on SSNTD's“, Bristol 1981, S. 531; Miles, J. C. H. u. a., „Radiolog. Prot. Bulletin“ 42 [1981]), die jedoch zur Interpretation der Meßergebnisse Annahmen über die Gleichgewichtsbedingungen in der Luft erfordern.

Durch die Deutsche Offenlegungsschrift 2 926 491 ist ein passives Dosimeter zum Nachweis von Radon und/oder Thoron und deren Folgeprodukte mit einer Diffusionskammer, die zwei Stirnseiten aufweist, wovon die eine mittels einer Kernspurdetektorfolie oder einem integrierenden α -Detektor und die andere mittels einem für Radon und/oder Thoron durchlässigen Filter abgeschlossen ist und mit der der Radon- und Thoronzerfall und die daraus resultierenden Folgeprodukte nachgewiesen werden, bekannt, gekennzeichnet durch eine zweite, der Diffusionskammer im Aufbau entsprechende Kammer, deren eine Stirnseite von der der Diffusionskammer gegenüberliegenden Seite des Filters und deren zweite Stirnseite von einer weiteren Kernspurdetektorfolie oder integrierenden α -Detektor abgeschlossen ist und durch Öffnungen in der zweiten Kammer, durch die das auszumessende Gas mit Radon und Thoron und Folgeprodukten in die zweite Kammer eintritt. Dabei sind die beiden Kammern unter Zwischenlage des Filters miteinander fest verbindbar und die beiden Kernspurdetektorfolien oder integrierenden α -Detektoren mittels Kappen an den jeweiligen Stirnseiten der Kammern befestigbar.

Die Öffnungen, durch die das auszumessende Gas eintritt, sind als schräg zum Filter hin verlaufende Bohrungen oder Schlitz ausgebildet.

Bei der bekannten Lösung tritt das auszumessende Gas in das passive Dosimeter nur über eine Kammer ein. Die andere Kammer hat keine direkte Verbindung zur Außenatmosphäre. Die Diffusionsöffnungen zur Außenatmosphäre sind in der Seitenwand der Kammer angeordnet und von unterschiedlichen Abmessungen in Form von unterschiedlich langen Schlitzten. Der Eintritt erfolgt über eine nicht definierte Richtung zur Luftbewegung. Die Diffusionsöffnung zwischen den Kammern, in der der Filter angeordnet ist, ist eine Kegelstumpfform mit einem relativ großen Durchmesser. Sie weist völlig abweichende Abmessungen zu den Diffusionsöffnungen in den Seitenwänden auf.

Damit weichen die Verhältnisse in den Diffusionskammern stark von den Verhältnissen in ihrer Umgebung ab. Die Druckverhältnisse, aber auch das Konzentrationsgefälle werden besonders beeinflusst. Damit ist ein Einsatz nur bei stabilen und kontrollierten Expositionsbedingungen möglich.

Hinzu kommt, daß die bei der bekannten Lösung zum Einsatz kommende Kernspurdetektorfolie aus Makrofol-Polykarbonat eine vergleichsweise geringe Empfindlichkeit und eine niedrige Sättigungsspurdichte von 3000 Spuren/cm² aufweist. Dieses trifft in ähnlicher Weise auch für den Kodak LR-115 Detektor zu.

Hieraus ergibt sich, daß bei der Differenzbildung der alpha-induzierten Spurdichten infolge der niedrigen Anzahl der ausgezählten Alphaspuren auf den beiden Detektoroberflächen der statistische sowie der systematische Fehler einen signifikanten Einfluß auf das Meßergebnis haben und zu einer vergleichsweise hohen Meßunsicherheit hinsichtlich der Bestimmung der potentiellen α -Energiekonzentration führen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein passives Dosimeter zur integrierenden Messung des Radonzerfallproduktanteiles in der Luft mit α -empfindlichen Detektoren zum Nachweis der Alphastrahlung des Radon und seiner kurzlebigen α -aktiven Zerfallsprodukte, welches Diffusionsöffnungen und zwei geometrisch identische, in unmittelbarer Nähe zueinander liegende Kammern von gleichem Volumen mit zwei Stirnseiten aufweist, wobei in jeder der beiden Kammern in einer ihrer Stirnseiten jeweils gleiche Detektoren angeordnet sind und eine der Kammern mit einem die in ihr angeordneten Detektoren gegenüber Radonzerfallsprodukte isolierenden Filter abgedeckt ist, zu schaffen, wobei verschiedene Empfindlichkeiten bzw. notwendige Expositionszeiten entsprechend der Anwendung gewährleistet werden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Kammern parallel zueinander in einer Ebene, unmittelbar nebeneinanderliegend angeordnet sind, wobei die Kammern gleiche Diffusionsöffnungen aufweisen, die in einer Ebene in unmittelbar nebeneinander liegenden Stirnseiten der Kammern gegenüber den Stirnseiten, welche die Detektoren aufnehmen, angeordnet sind.

Der Hauptvorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht in der direkten Bestimmung des belastungsrelevanten Radonzerfallproduktgehaltes der Luft ohne Zuhilfenahme der in hohem Maße fehlerbehafteten Annahme mittlerer Gleichgewichtsfaktoren im Zusammenhang mit alleinigen Radonmessungen.

Durch den erfindungsgemäßen Aufbau des passiven Dosimeters stehen seine beiden Kammern unmittelbar über die Diffusionsöffnungen mit der Außenluft in Verbindung.

Damit werden in beiden Kammern der Außenatmosphäre entsprechende Bedingungen ohne diffusionsbedingte Verzögerungen erreicht. Es sind auf diese Weise besonders Messungen in einer zeitlich bzw. örtlich stark schwankenden Radon/Radonzerfallprodukt-Atmosphäre selbst bei einer kurzzeitigen Einwirkung möglich.

Derartige Bedingungen ergeben sich insbesondere in Bergwerken für Personen, die eine hohe Mobilität besitzen, d. h. sich in unterschiedlichen Schachtabschnitten bewegen, welche beispielsweise durch Wettertüren voneinander getrennt sind. Weitere Vorteile sind der einfache Aufbau, die geringen Abmessungen und das niedrige Eigengewicht des Dosimeters, die niedrigen Herstellungs- und Detektorauswertekosten.

Vorzugsweise sind die Diffusionsöffnungen in einem die jeweilige Kammer verschließenden Deckel angeordnet.

Als α -empfindliche Detektoren sind besonders Festkörperspurdetektoren geeignet, die in Form von Poly-diethylen-glycol-bis (Allylcarbonat) mit einer Detektoruntergrundätzspurdichte von 20 Spuren/cm² mit einer einfachen Standardabweichung von 50% ausgebildet sind.

Der Einsatz eines derartigen Festkörperspurdetektors ermöglicht es in relativ kurzer Zeit, vergleichsweise niedrige Werte der Aktivitätskonzentration zu bestimmen, wodurch kurzfristig wichtige Aussagen bezüglich des realen Radioaktivitätsklimas im Arbeits- und Wohnbereich von Personen ableitbar sind.

Gleichzeitig können bei hohen Aktivitätskonzentrationen Dosimeter relativ langfristig exponiert werden, ohne das Risiko einer Überexposition in Kauf zu nehmen.

Um verschiedene Empfindlichkeiten bzw. notwendige Expositionszeiten zu gewährleisten, ist es zweckmäßig, wenn in jeder Kammer auswechselbare Detektoren angeordnet sind, die paarweise unterschiedliche α -Empfindlichkeiten besitzen.

Eine bevorzugte Ausführungsform besteht dabei darin, daß der eine der Detektoren, die paarweise unterschiedliche α -Empfindlichkeiten besitzen, als ein Festkörperspurdetektor in Form von Poly-diethylen-glykol-bis (Allylcarbonat) mit einer Detektoruntergrundätzspurdichte von 20 Spuren/cm² mit einer einfachen Standardabweichung von 50% und der andere Detektor als ein Festkörperspurdetektor in Form von Polycarbonat-bisphenyl A ausgebildet ist.

Weiterhin ist es möglich, daß außer den die Detektoren aufnehmenden Kammern Meßpunkte für parallele oder weitere Messungen, welche aus hoch gammaempfindlichen Thermolumineszenzdetektoren zur Messung der externen Gammastrahlungsdosis bestehen, angeordnet sind.

Es ist zweckmäßig, daß die Detektoren in den Kammern von jeweils einer gleichen leitfähigen Folie, wie einer aluminisierten Plastfolie, bedeckt sind.

Dabei können die Kammern aus einem elektrisch leitfähigen Material, wie mit Kohlenstoff versetzter bzw. beschichteter Plaste oder einem Metall, bestehen.

Eine bevorzugte Ausbildung des Filters besteht darin, daß er aus einer Polyethylenfolie niedriger Dichte mit einer Dicke von etwa 30 μ m besteht. Es ist möglich, daß die Fläche der Diffusionsöffnungen der Kammern wahlweise veränderbar ist.

Das erfindungsgemäße passive Dosimeter ist einfach zu handhaben und sicher auswertbar. Nach erfolgter Auswechslung der Detektoren kann das Dosimeter wieder verwendet werden.

Außerdem sind mit dem passiven Dosimeter verschiedene Empfindlichkeiten in einfacher Weise realisierbar. Es sind Messungen in völlig unbekannter, erhöhter und auch in stark schwankender Radon/Radonzerfallsprodukt-Atmosphäre in großem Umfang möglich. Die einfache technische Realisierung der Methode in Form von Orts- oder Personendosimetern erlaubt die Anwendung derartiger Dosimeter in den unterschiedlichsten Einsatzgebieten. Ein solches an der Brust getragenes Personendosimeter mit nach vorn gerichteten Diffusionsöffnungen ermöglicht speziell in stark bewegter Atmosphäre, wie häufig in Bergwerken, wo belastungsrelevante Radonzerfallsprodukt-Messungen fehlerbehaftet sein können, eine wesentlich genauere Belastungsermittlung bei Personen aufgrund der besseren Annäherung an das Inhalationsmodell.

In weiterer Ausbildung umfaßt die erfindungsgemäße Lösung ein Verfahren zur integrierenden Messung des Radonzerfallsproduktanteiles in der Luft mit α -empfindlichen Detektoren zum Nachweis der Alphastrahlung des Radon und seiner kurzlebigen α -aktiven Zerfallsprodukte, wobei mit paarweise gleichen, in unmittelbarer Nähe zueinander befindlichen Detektoren gemessen wird und dabei jeweils einer der paarweise angeordneten Detektoren gegenüber den Radonzerfallsprodukten aus der Luft isoliert wird und die Detektoren anschließend ausgewertet werden und Aussagen über den Radonzerfallsproduktanteil bzw. die potentielle α -Energiekonzentration eines beliebigen Gemisches kurzlebiger Radonzerfallsprodukte in der Luft aus dem Differenzsignal der paarweise gleichen Detektoren abgeleitet werden, unter Verwendung des vorstehend beschriebenen passiven Dosimeters, wobei bei der Auswertung aus dem Meßsignal des gegenüber den Radonzerfallsprodukten aus der Luft isolierten Detektors die Radonkonzentration sowie aus diesem Meßsignal und dem Differenzsignal der paarweise gleichen Detektoren der Gleichgewichtsfaktor hinsichtlich der potentiellen α -Energie abgeleitet wird.

Hierdurch ist es möglich, den Gleichgewichtsfaktor ausreichend genau zu bestimmen und damit die bisherigen Schätzungen aus vergleichbaren Belastungssituationen oder internationalen Empfehlungen zu ersetzen.

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen erläutert. In der zugehörigen Zeichnung zeigen

Fig. 1: die Vorderansicht eines passiven Dosimeters mit nebeneinander angeordneten Kammern im Schnitt

Fig. 2: die Draufsicht auf einen Deckel mit Diffusionsöffnungen.

Die Zeichnungen zeigen das passive Dosimeter in schematischer Darstellung. Zur Verdeutlichung des Aufbaus sind dabei besonders die Detektoren 3, der Filter 6 und die Folien 7 dicker dargestellt. Die tatsächliche Dicke eines Poly-diethylen-glykol-bis (Allylcarbonat)-Detektors 3 liegt etwa bei 0,9mm und die des Filters 6 aus Polyethylen niedriger Dichte bei etwa 30 μ m. Wie nachstehend erläutert, ist es erforderlich, daß die Kammern 2 ein gleiches Volumen aufweisen. Dieses kann in einfacher Weise dadurch erfolgen, daß der Rauminhalt der entsprechenden Kammer 2 um das Volumen des Filters 6 vergrößert wird.

In Fig. 1 ist ein passives Dosimeter dargestellt, welches in einem Gehäuse 1 zwei dicht nebeneinander angeordnete Kammern 2 aufweist. Die Kammern 2 sind geometrisch identisch und weisen ein gleiches Volumen auf. Dieses ist eine Grundlage des Meßprinzips. Am Boden beider Kammern 2 ist jeweils ein Detektor 3 angeordnet. In nicht dargestellter Weise kann in einer Kammer 2 auch eine Gruppe von Detektoren 3 unterschiedlicher α -Empfindlichkeit angeordnet sein. Dabei ist es jedoch wesentlich, daß in beiden Kammern 2 gleiche Detektoren 3 bzw. Gruppen von Detektoren 3 angeordnet sind. Auf den Detektoren 3 kann eine Folie 7, vorzugsweise eine dünne aluminisierte Plastfolie, liegen. Durch diese wird die Reproduzierbarkeit der Messungen verbessert. Über den Detektoren 3 ist eine Sicherung 8, beispielsweise ein Sprengring, eingebaut, der den Detektor 3 am Boden der Kammer 2 fixiert und gleichzeitig dessen leichte Auswechslung ermöglicht.

Jede der Kammern 2 ist an ihrem oberen Ende durch einen Deckel 4, wie er auch in der Fig. 2 dargestellt ist, dicht verschlossen. Die Deckel 4 weisen Diffusionsöffnungen 5 auf, durch die die Luft in die Kammer 2 eintritt und auf den Detektor 3 einwirken kann. Eine zweckmäßige Verschlussform besteht darin, daß der Deckel 4 auf die Kammer 2 unter mechanischem Druck aufgesetzt wird, bis die Oberkante des Deckels 4 mit der Kante des Gehäuses 1 abschließt. Um ein unbefugtes Öffnen des Dosimeters zu verhindern, können an sich bekannte Sicherungen vorgesehen sein.

Bei einer der beiden Kammern 2 ist unter dem Deckel 4 ein Filter 6 angeordnet, so daß die Diffusionsöffnungen 5 durch diesen abgedichtet sind. Der Filter 6 besteht vorzugsweise aus einer Polyethylenfolie niedriger Dichte. Während die Radonzerfallsprodukte von dem Filter 6 zurückgehalten werden, erfolgt ein Radongaskonzentrationsausgleich zwischen Umgebungsluft und dem Inneren der Kammer 2 in wenigen Minuten.

Die Anzahl der Diffusionsöffnungen 5 und damit die Gasaustauschfläche kann unterschiedlich sein. Damit sind unterschiedliche Empfindlichkeiten bzw. notwendige Expositionszeiten des Dosimeters in einfacher Weise realisierbar.

In mehreren Versuchsreihen wurde eine größere Anzahl der erfindungsgemäßen passiven Dosimeter, von etwa der Größe einer Streichholzschachtel, unterschiedlichen Atmosphären mit erhöhten Radon/Radonzerfallsprodukt-Konzentrationen ausgesetzt. Die verwendeten Poly-diethylen-Glycol-(Allylcarbonat)-Detektoren der Abmessungen 13×13 mm und 0,9 mm Dicke wurden anschließend in 4 n KOH, 6 h bei 80°C chemisch geätzt. Die Detektoruntergrundätzspurdichte betrug 20 Spuren/cm² mit einer einfachen Standardabweichung von 50%. Als Meßsignal bezüglich der Radonkonzentration wurde die Ätzspurdichte auf dem Detektor in der Kammer mit Filterfolie vor den Diffusionsöffnungen und als Meßsignal bezüglich der potentiellen α -Energiekonzentration der Radonzerfallsprodukte die Differenz der Ätzspurdichten auf den Detektoren in der Kammer ohne und mit Filterfolie vor den Diffusionsöffnungen verwendet. Daraus ergab sich bezüglich der Radonkonzentration eine Empfindlichkeit des Dosimeters von $2,02 \cdot 10^{-3}$ Spuren cm⁻²/Bq · m⁻³ · h mit einer einfachen Standardabweichung von 11% und bezüglich der potentiellen α -Energiekonzentration der Radonzerfallsprodukte eine Empfindlichkeit von $1,35 \cdot 10^{-7}$ Spuren · cm⁻²/MeV · m⁻³ · h mit einer einfachen Standardabweichung von 18%. Der Gleichgewichtsfaktor hinsichtlich der potentiellen α -Energie variierte bei den Kalibrierungen im Bereich von 0,26 bis 0,75. Der auf die potentielle α -Energie bezogene freie Anteil der Radonzerfallsprodukte lag bei den Kalibrierungen im Bereich von 0,01 bis 0,06.

Bei einer visuell sicher auswertbaren Ätzspurdichtedifferenz auf den Detektoren des exponierten Dosimeters von 300 Spuren/cm² ist eine potentielle α -Energiekonzentration der Radonzerfallsprodukte in der Luft von $4 \cdot 10$ MeV · m⁻³ nach einer Expositionszeitdauer des Dosimeters von 56 h nachweisbar.

Der geringe Fehler der Empfindlichkeit des Dosimeters bei der Bestimmung der belastungsrelevanten potentiellen α -Energiekonzentration eines beliebigen Gemisches kurzlebiger Radonzerfallsprodukte in der das Dosimeter während der Exposition umgebenden Luft, ermittelt in einem weiten Bereich verschiedener Gleichgewichtsbedingungen, gestattet eine breite Anwendung als individuelles Dosimeter in erhöhter und sich stark ändernder Radon/Radonzerfallsprodukt-Atmosphäre. Die Expositionszeit des Dosimeters ist dabei entsprechend der konkreten Überwachungsaufgabe zu wählen.

Es ist natürlich möglich, das Dosimeter als ein Personendosimeter auszubilden. Hierbei ist an einem Dosimeter entsprechend Fig. 1 eine Halteklammer auf dessen Rückseite angeordnet. Dadurch kann dasselbe an der Bekleidung befestigt sein. An einem derartigen passiven Dosimeter können neben den zwei Kammern 2 für die Differenzmessung weitere Meßpunkte für parallele oder andere Messungen vorgesehen sein.

So ist es beispielsweise möglich, zur Messung der externen Gammastrahlungsdosis zusätzlich auswechselbare, hoch gammaempfindliche Thermolumineszenzdetektoren im Gehäuse 1 anzuordnen.

Es ist zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens möglich, die paarweise gleichen, in unmittelbarer Nähe zueinander befindlichen Detektoren 3 in ortsfesten Meßstellen in den zu überwachenden Räumen anzuordnen.

Fig. 1

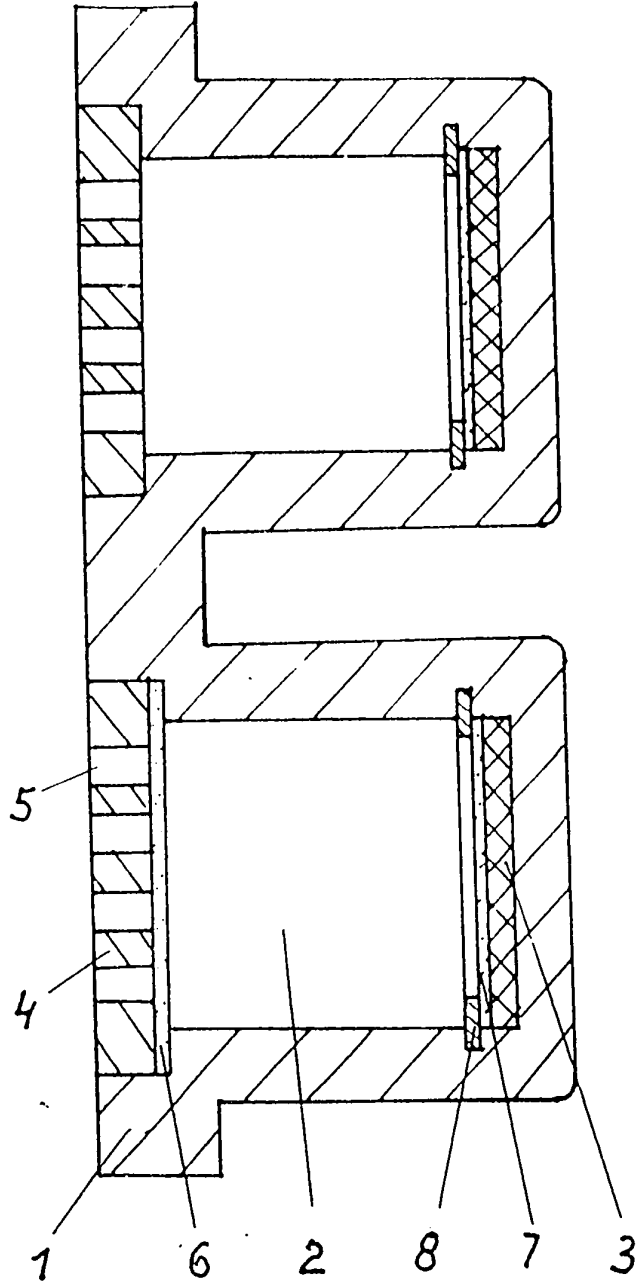


Fig. 2

