

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
27. Januar 2022 (27.01.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/017663 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01T 1/167 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/063366

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. Mai 2021 (19.05.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2020 119 065.4
20. Juli 2020 (20.07.2020) DE

(71) Anmelder: SAFETEC ENTSORGUNGS- UND
SICHERHEITSTECHNIK GMBH [DE/DE]; Kurpfalz-
ring 98A, 69123 Heidelberg (DE).

(72) Erfinder: THOMAS, Tim; Kurfürstenstraße 37, 68723
Schwetzingen (DE). PASTENA, Michele; Kornegasse 7,
69221 Dossenheim (DE). WEINHORST, Bastian; Staa-
renbergstraße 43, 76703 Kraichtal (DE).

(74) Anwalt: BALS & VOGEL PATENTANWÄLTE; Uni-
versitätsstraße 142, 44799 Bochum (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: METHOD FOR THE NUCLEAR SAFETY MEASUREMENT OF A MATERIAL TO BE MEASURED USING
A CLEARANCE MEASUREMENT SYSTEM, COMPUTER PROGRAM PRODUCT, AND CLEARANCE MEASUREMENT
SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM ENTSCHEIDUNGSMESSEN EINES MESSGUTS UNTER VERWENDUNG EINER
FREIMESSANLAGE, COMPUTERPROGRAMMPRODUKT SOWIE FREIMESSANLAGE

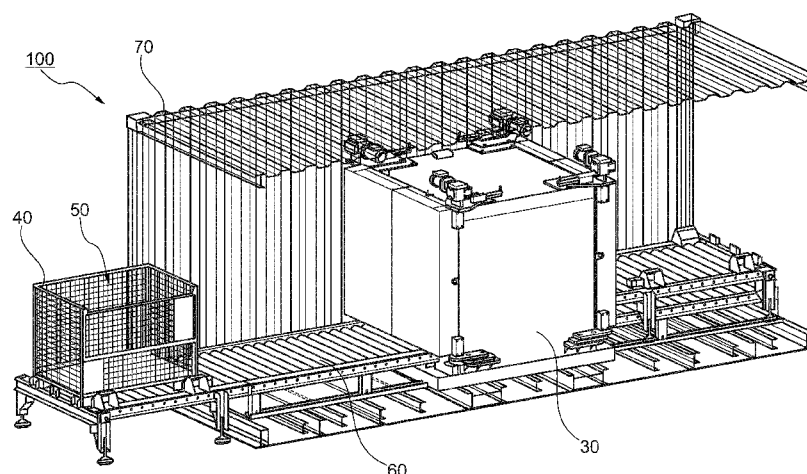


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for the nuclear safety measurement of a material to be measured (50) using a clearance measurement system (100) having a measuring chamber (30) and a plurality of detectors (1..24) surrounding the measuring chamber (30) for detecting nuclear radiation, the method comprising the following steps: (a) providing the material to be measured (50); (b) arranging the material to be measured (50) in a first measuring position (80) within the measuring chamber (30); (c) detecting nuclear radiation from the material to be measured (50) arranged in the first measuring position (80) within the measuring chamber (30) by

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2022/017663 A1

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

means of the detectors (1...24); (d) arranging the material to be measured (50) in at least one further measuring position (81, 82), differing from the first measuring position (80), within the measuring chamber (30); (e) detecting nuclear radiation from the material to be measured (50) arranged in the at least one further measuring position (81, 82) by means of the detectors (1...24); and (f) determining an activity distribution in the material to be measured (50) on the basis of the nuclear radiation detected by means of the detectors (1...24). The invention also relates to a computer program product and to a clearance measurement system (100).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Entscheidungsmessen eines Messguts (50) unter Verwendung einer Freimessanlage (100) mit einer Messkammer (30) und einer die Messkammer (30) umgebenden Mehrzahl von Detektoren (1...24) zur Erfassung radioaktiver Strahlung, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: (a) Bereitstellen des Messguts (50), (b) Anordnen des Messguts (50) in einer ersten Messposition (80) innerhalb der Messkammer (30), (c) Erfassen einer radioaktiven Strahlung des in der ersten Messposition (80) innerhalb der Messkammer (30) angeordneten Messguts (50) mittels der Detektoren (1...24), (d) Anordnen des Messguts (50) in zumindest einer von der ersten Messposition (80) verschiedenen weiteren Messposition (81, 82) innerhalb der Messkammer (30), (e) Erfassen einer radioaktiven Strahlung des in der zumindest einen weiteren Messposition (81, 82) angeordneten Messguts (50) mittels der Detektoren (1...24), und (f) Bestimmen einer Aktivitätsverteilung in dem Messgut (50) anhand der mittels der Detektoren (1...24) erfassten radioaktiven Strahlung. Ferner betrifft die Erfindung ein Computerprogrammprodukt und eine Freimessanlage (100).

Verfahren zum Entscheidungsmessen eines Messguts unter Verwendung einer Freimessanlage, Computerprogrammprodukt sowie Freimessanlage

B e s c h r e i b u n g

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Entscheidungsmessen eines Messguts unter Verwendung einer Freimessanlage sowie ein Computerprogrammprodukt und eine Freimessanlage mit einer Messkammer und einer die Messkammer umgebenden Mehrzahl von Detektoren zur Erfassung radioaktiver Strahlung.

10

Unter dem Begriff „Entscheidungsmessen“ versteht man in der Kerntechnik das Messen radioaktiver Aktivität von atomrechtlicher Überwachung unterliegenden Materials. In Deutschland beispielsweise wird die atomrechtliche Überwachung durch das Atomgesetz und die Strahlenschutzverordnung geregelt. Das Material, das atomrechtlicher Überwachung unterliegt, fällt insbesondere beim Rückbau bzw. Abriss einer kerntechnischen Anlage, insbesondere eines Kernkraftwerks, an. Insofern kann es sich bei dem Material beispielsweise um Bauschutt, Metallteile usw. handeln.

15

Atomrechtlicher Überwachung unterliegendes Material, dessen durch das Entscheidungsmessen bestimmte Aktivität nachweislich unterhalb eines vom Gesetzgeber geforderten Niveaus liegt, kann aufgrund behördlicher Entscheidung freigegeben werden.

- 5 Der durch das Entscheidungsmessen erfolgende messtechnische Nachweis, dass das gemessene Material unterhalb des geforderten Niveaus liegt, wird auch als "Freimessen" bezeichnet. Teilweise werden die Begriffe Freimessen und Entscheidungsmessen allerdings auch synonym verwendet. Die eigentliche Entscheidung, das Material aus der atomrechtlichen Überwachung zu entlassen, bezeichnet man als „Freigabe“ und ist in
10 Deutschland ein rechtsgestaltender Verwaltungsakt der entsprechenden Behörde. Zusammengefasst ist das Freimessen insoweit eine Vorstufe der Freigabe. Die Messungen an dem Material selbst werden, da sie der Entscheidung über eine Freigabe dienen, als Entscheidungsmessungen bezeichnet.

- 15 Nach der Freigabe ist das Material bzw. das freigemessene Material kein radioaktiver Stoff im Sinne des Atomrechts mehr, muss also nicht mehr atomrechtlich überwacht werden und kann entsprechend wiederverwendet oder kostengünstiger als etwa Atomabfall entsorgt werden. Dies vermeidet eine überaus kostenintensive Entsorgung von atomarem Abfall in einem speziellen Endlager. Typischerweise können beim Abriss einer kerntechnischen
20 Anlage der weit überwiegende Großteil der Gesamtmasse der kerntechnischen Anlage freigegeben werden, da der Großteil des Materials nie mit Radioaktivität in Berührung gekommen ist.

- Das Entscheidungsmessen wird dabei in einer Messkammer durchgeführt, die von einer
25 Mehrzahl von Detektoren umgeben ist. Die Detektoren können die Aktivität des in die Messkammer eingebrachten Materials erfassen. Entsprechend dem obigen Hintergrund wird die Messkammer mit den diesen umgebenden Detektoren daher als Freimessanlage bezeichnet.

- 30 Für das Entscheidungsmessen wird das der atomrechtlichen Überwachung unterliegende Material häufig nach Materialarten, beispielsweise Beton oder Metall, sortiert und typischerweise in ein Messgebinde, beispielsweise in eine Gitterbox oder in einen Bigbag, gefüllt. Das gefüllte Messgebinde kann dann in die Messkammer der Freimessanlage

eingbracht werden und durch das Entscheidungsmessen kann die Aktivität des Materials in dem Messgebinde mittels der Detektoren bestimmt werden. Das der atomrechtlichen Überwachung unterliegende Material wird beim Entscheidungsmessen und im Folgenden als Messgut bezeichnet, da es Gegenstand des Entscheidungsmessens ist.

5

Zur Berechnung der Aktivität des Messguts kann nicht allein auf die Messdaten, also insbesondere Zählraten von Gamma-Quanten, der Detektoren zurückgegriffen werden. Um die Aktivität zu bestimmen, ist neben den gewonnenen Messdaten auch ein Wirkungsgrad der Detektoren zu ermitteln, der entsprechend zur Berechnung der tatsächlichen Aktivität herangezogen werden kann und der insbesondere mit der von den Detektoren gemessenen Zählrate zu multiplizieren ist. Denn der Wirkungsgrad eines Detektors gibt das Verhältnis zwischen den aus dem Messgut in eine Detektorfläche oder ein Detektorvolumen des Detektors emittierten Teilchen zu den vom Detektor gezählten Teilchen an. Da nämlich ein bestimmter Anteil der in das Detektorvolumen des Detektors emittierter Teilchen im Detektor keinen Zählimpuls auslöst, beispielsweise ein durch das jeweilige Teilchen im Detektor ausgelöster elektrischer Puls eine erforderliche Schwelle nicht überschreitet, ist die Ermittlung des Wirkungsgrads unumgänglich, um die Aktivität des Messguts hinreichend genau bestimmen zu können.

10

15

20

25

30

Die Wirkungsgrade können durch entsprechende Kalibrierung der Detektoren, beispielsweise mit Hilfe von Kalibriergebinden, bestimmt werden. Typischerweise werden Kalibriergebinde mit einer homogenen Aktivitätsverteilung innerhalb des darin befindlichen Messguts verwendet. Die damit bestimmten Wirkungsgrade dürfen streng genommen aber nur dann benutzt werden, wenn die Aktivität in dem Messgut des Messgebundes ebenfalls homogen verteilt ist. Bei einer Abweichung der Aktivitätsverteilung in dem Messgut des Messgebundes von der Aktivitätsverteilung des Kalibriergebundes wird die Aktivität unter- oder überschätzt. Um eine Unterschätzung zu vermeiden (auch als nicht konservativ bezeichnet), muss eine möglichst genaue Aussage über die Aktivitätsverteilung in dem Messgut in dem Messgebinde gemacht werden. Erst anhand dieser Aussage kann bestimmt werden, ob ein konservatives Messergebnis (Überschätzung der Aktivität) vorliegt. Das bedeutet, dass eine Kalibrierung des Wirkungsgrads anhand eines bestimmten Kalibriergebundes innerhalb des darin befindlichen Messguts nur im Zusammenhang mit einer Bestimmung der Aktivitätsverteilung im Messgebinde verwendet werden darf.

Dabei besteht im Stand der Technik gerade ein Problem darin, dass bei Feststellung einer Aktivität im Messgut zunächst unbekannt ist, ob diese Aktivität gleichmäßig über das Messgut verteilt ist, also einer homogenen Aktivitätsverteilung entspricht, oder ob innerhalb
5 des Messgutes ein oder mehrere Bereiche erhöhter Aktivität, sogenannte Hotspots, existieren. In solchen Fällen ist es im Stand der Technik regelmäßig erforderlich, weitere Untersuchungen durchzuführen, um die Hotspots, sofern vorhanden, zu lokalisieren. Diese weiteren Untersuchungen sind aufwendig, da sie die Verwendung von weiteren Messeinrichtungen mit größerem lokalem Auflösungsvermögen erfordern.

10 Ferner besteht ein Problem darin, dass die Wirkungsgrade der Detektoren sich voneinander erheblich unterscheiden können, wenn Bereiche erhöhter Aktivität in dem Messgut vorliegen. Dann liegt eine Nachweisgrenze für das Freimessen sehr hoch und die Wahrscheinlichkeit, dass ein Messgut freigemessen werden kann, ist vergleichsweise gering.

15 Aufgabe der Erfindung ist es demnach, ein verbessertes Verfahren zum Entscheidungsmessen eines Messguts unter Verwendung einer Freimessanlage sowie ein Computerprogrammprodukt und eine Freimessanlage bereitzustellen, mittels dem bzw. der Aktivitätsverteilungen innerhalb des Messguts auf einfache Art und Weise sehr exakt
20 ermittelt werden können und die Wahrscheinlichkeit, ein Messgut in der Freimessanlage freizumessen, möglichst hoch ist.

Die voranstehende Aufgabe wird durch die Gegenstände der Patentansprüche, insbesondere durch ein Verfahren zum Entscheidungsmessen eines Messguts unter
25 Verwendung einer Freimessanlage nach Anspruch 1, ein Computerprogrammprodukt nach Anspruch 13 und eine Freimessanlage nach Anspruch 14 gelöst. Weitere Vorteile und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im
30 Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Computerprogrammprodukt und der erfindungsgemäßen Freimessanlage sowie jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe demnach gelöst durch ein Verfahren zum Entscheidungsmessen eines Messguts unter Verwendung einer Freimessanlage mit einer Messkammer und einer die Messkammer umgebenden Mehrzahl von Detektoren zur Erfassung radioaktiver Strahlung, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- (a) Bereitstellen des Messguts,
- (b) Anordnen des Messguts in einer ersten Messposition innerhalb der Messkammer,
- (c) Erfassen einer radioaktiven Strahlung des in der ersten Messposition innerhalb der Messkammer angeordneten Messguts mittels der Detektoren,
- (d) Anordnen des Messguts in zumindest einer von der ersten Messposition verschiedenen weiteren Messposition innerhalb der Messkammer,
- (e) Erfassen einer radioaktiven Strahlung des in der zumindest einen weiteren Messposition angeordneten Messguts mittels der Detektoren, und
- (f) Bestimmen einer Aktivitätsverteilung in dem Messgut anhand der mittels der Detektoren erfassten radioaktiven Strahlung.

Entsprechend sieht das erfindungsgemäße Verfahren vor, dass das Messgut an zumindest zwei oder mehr voneinander unterschiedlichen Messpositionen innerhalb der Messkammer angeordnet und mittels der Detektoren vermessen wird. Beim Vermessen bzw. Erfassen der radioaktiven Strahlung wird jeweils eine Zählrate erfasst. Durch die Vermessung desselben Messguts an unterschiedlichen Messpositionen werden gegenüber einer Messung an nur einer Messposition zusätzliche ortsabhängige Informationen erzeugt. Diese zusätzlichen ortsabhängigen Informationen erlauben eine besonders exakte Lokalisation der Aktivität im Messgut oder, mit anderen Worten, eine besonders exakte Bestimmung der Aktivitätsverteilung.

Bei zwei oder mehr von der ersten Messposition verschiedenen weiteren Messpositionen sind auch diese zwei oder mehr weiteren Messpositionen voneinander verschieden. Bevorzugt befinden sich die Messpositionen in maximaler Entfernung bzw. Auslenkung relativ zueinander. Entsprechend können zusätzliche ortsabhängige Informationen für voneinander verschiedene Messpositionen gewonnen werden.

Mit Messpositionen sind räumliche Positionen des Volumens des Messguts innerhalb des Volumens der Messkammer gemeint, in denen befindlich das Messgut gemessen wird. Die Messposition schließt insoweit auch eine Orientierung des Messguts relativ innerhalb der Messkammer ein. Insoweit kann die zumindest eine weitere Messposition sich von der
5 zumindest einen ersten Messposition nicht nur etwa dadurch unterscheiden, dass das Messgut sich näher an einer Innenseite der Messkammer, als noch in der ersten Messposition befindet, sondern stattdessen etwa, dass das Messgut beispielsweise gedreht worden ist. Mit anderen Worten kann das Messgut aus der ersten Messposition in die
10 zumindest eine weitere Messposition in eine beliebige der drei Raumrichtungen verschoben werden und/oder beliebig gedreht werden. Die Messposition kann dabei von der ersten Messposition in die zumindest eine weitere Messposition, und ferner von einer der weiteren Messpositionen in eine andere der weiteren Messpositionen, durch ein entsprechendes
Bewegen des Messguts innerhalb der Messkammer erfolgen.

15 Die Schritte des Verfahrens werden insbesondere in der aufgezählten Reihenfolge durchgeführt. Entsprechend wird das Messgut zunächst in der ersten Messposition und anschließend in der zumindest einen weiteren Messposition mittels der Detektoren gemessen bzw. seine radioaktive Strahlung erfasst.

20 Es kann vorgesehen sein, dass das Verfahren ferner den Schritt aufweist: Simulieren einer Zählrate jedes Detektors in der zumindest einen weiteren Messposition des Messguts. Dabei kann das Simulieren vor dem Anordnen des Messguts in der zumindest einen weiteren Messposition und/oder vor dem Anordnen des Messguts in der ersten Messposition erfolgen. Der Schritt des Simulierens der Zählrate jedes Detektors kann selbstverständlich auch in der
25 ersten Messposition erfolgen. Durch das Simulieren der Zählrate des Detektors in der zumindest einen weiteren Messposition bzw. in den weiteren Messpositionen können die weiteren Messpositionen zunächst durch Simulation ermittelt werden. Dadurch kann gewährleistet werden, dass möglichst geeignete weitere Messpositionen ermittelt werden, in denen mit hoher Wahrscheinlichkeit das Messgut freigemessen werden kann.

30 Dabei kann vorgesehen sein, dass das Simulieren der Zählrate unter der Annahme erfolgt, dass ein Punktstrahler innerhalb des Messguts an der zumindest einen weiteren Messposition des Messguts innerhalb der Messkammer angeordnet ist. Entsprechend kann

das Simulieren der Zählrate auch für die Annahme der Anordnung des Punktstrahlers innerhalb des Messguts an der ersten Messposition erfolgen. Der Punktstrahler hat eine bekannte Aktivität, sodass sich anhand der simulierten Zählrate der Wirkungsgrad der Detektoren für den Punktstrahler an der zumindest einen weiteren Messpositionen bzw. in
5 den weiteren Messpositionen ermitteln lässt.

Der Punktstrahler kann dabei durch das Isotop Co-60 gebildet sein. Die Energie der von Co-60 emittierten Teilchen ist relativ hoch im Vergleich zu den Teilchenenergien anderer Radionuklide, welche beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen üblicherweise
10 vorkommen. Je höher die Teilchenenergien sind, desto wahrscheinlicher können die Teilchen das Material durchdringen und auf die Detektoren treffen. Dort deponieren sie mit höherer Wahrscheinlichkeit eine größere Energie. Wenn das Messgut tatsächlich Teilchen mit niedrigerer Energie (z. B. Cs-137) emittiert, führt die Annahme des aus dem Isotop Co-60 gebildeten Punktstrahlers für die Zwecke der Simulation zu einem Konservatismus. Dies
15 bedeutet, dass eine im Rahmen des Verfahrens ermittelbare Aktivität die tatsächliche Aktivität im Messgut überschätzt.

Hierbei kann vorgesehen sein, dass der Punktstrahler als in einer Mitte des Messguts angeordnet angenommen wird. Die Mitte bezeichnet insbesondere eine Volumenmitte des
20 Messguts bzw. seines Volumens. Die Aktivität für das Messgut wird durch eine derartige Anordnung bzw. Annahme des Punktstrahlers ebenfalls überschätzt bzw. als maximal konservativ angenommen.

Ferner kann vorgesehen sein, dass die zumindest eine weitere Messposition wenigstens
25 zwei von der ersten Messposition und voneinander verschiedene weitere Messpositionen umfasst. Die zumindest eine weitere Messposition kann insbesondere mehrere weitere Messpositionen sein. Dabei unterscheiden sich die weiteren Messpositionen jeweils von der ersten Messpositionen und den anderen Messpositionen. Sofern mehrere weitere Messpositionen verwendet werden, wird das Messgut jeweils in einer dieser mehreren
30 weiteren Messpositionen angeordnet und gemessen und anschließend in einer anderen dieser mehreren weiteren Messpositionen angeordnet und gemessen, wobei dies für jede der weiteren Messpositionen wiederholt wird. Die Anzahl der weiteren Messpositionen kann insbesondere im Bereich von 2 bis 20, ferner insbesondere im Bereich von 3 bis 12, ganz

besonders im Bereich von 4 bis 10 liegen. Die Anzahl der weiteren Messpositionen kann demnach beispielsweise 6 betragen. Es hat sich gezeigt, dass diese Anzahl an weiteren Messpositionen die Wahrscheinlichkeit eines Freimessens erheblich erhöhen.

5 Dabei kann vorgesehen sein, dass aus der Simulation für jede der wenigstens zwei weiteren Messpositionen der Wirkungsgrad jedes Detektors in Bezug auf die jeweilige der wenigstens zwei weiteren Positionen ermittelt wird. Selbstverständlich kann auch für die erste Messposition der Wirkungsgrad ermittelt werden, bevor die entsprechende Messung des Messguts in der ersten Messposition vorgenommen wird. Die entsprechenden Informationen
10 können abgespeichert werden. Dies kann beispielsweise in Form einer Tabelle erfolgen. In der Tabelle kann dann die Messposition der gemessenen Aktivität innerhalb des Messguts, die Messposition des Messguts selbst, der jeweilige Detektor und/oder der Wirkungsgrad des Detektors an der Messposition des Messguts für jeden Detektor und für jede Messung an den weiteren Positionen, optional auch der ersten Messposition, gespeichert werden.

15 Hierbei kann vorgesehen sein, dass aus der Simulation für jeden Detektor jeweils diejenige weitere Messposition bestimmt wird, bei der der jeweilige Detektor aus der ersten Messposition und allen weiteren Messpositionen den größtmöglichen ermittelten Wirkungsgrad aufweist. Mit anderen Worten wird aus jeder der weiteren Messpositionen
20 diejenige Messposition wenigstens eines Detektors gewählt, die in der Simulation den größtmöglichen ermittelten Wirkungsgrad aufweist. Für das Bestimmen der Aktivitätsverteilung in dem Messgut werden dann die von den Detektoren jeweils an den weiteren Messpositionen mit dem größtmöglichen Wirkungsgrad erfassten radioaktiven Strahlungen bzw. Zählraten herangezogen. In der einfachsten Form der Auswertung erfolgt
25 das Bestimmen der Aktivitätsverteilung in dem Messgut dann anhand der mittels der Detektoren jeweils an den weiteren Messpositionen mit dem größtmöglichen Wirkungsgrad erfassten radioaktiven Strahlung bzw. Messwerten oder Zählraten. Mit anderen Worten werden für die Bestimmung der Aktivitätsverteilung in dem Messgut für jede durchgeführte Messung des Messguts in den weiteren Messpositionen diejenigen von den Detektoren
30 erfassten radioaktiven Strahlungen bzw. Zählraten herangezogen, die mit dem höchsten Wirkungsgrad durchgeführt worden sind. In der einfachsten Form der Auswertung werden nur diese erfassten radioaktiven Strahlungen bzw. Zählraten herangezogen. Typischerweise können aber auch die erfassten radioaktiven Strahlungen bzw. Zählraten auch in anderen

Messpositionen in die Auswertung einfließen und so weitere Informationen liefern. Dies reduziert die Nachweisgrenze und die Konservativität. Die Wahrscheinlichkeit, das Messgut freizumessen, steigt gegenüber der Lösung im Stand der Technik, bei der versucht wird, den Gesamtwirkungsgrad aller Detektoren zu steigern, erheblich. Anders als im Stand der Technik werden entsprechende Einbußen einzelner Wirkungsgrade von Detektoren bei bestimmten weiteren Messpositionen ignoriert, um jeweils die größtmöglichen ermittelten Wirkungsgrade bzw. maximalen Wirkungsgrade zu ermitteln und an diesen weiteren Messpositionen gemessen. Selbstverständlich kann bei einer Simulation in der ersten Position aus der Simulation für jeden Detektor jeweils diejenige der ersten und weiteren Messposition bestimmt werden, bei der für den jeweiligen Detektor aus allen Messpositionen der größtmögliche Wirkungsgrad ermittelt worden ist. Entsprechend kann für das Bestimmen der Aktivitätsverteilung in dem Messgut die von den Detektoren jeweils an der ersten und den weiteren Messpositionen mit dem größtmöglichen Wirkungsgrad erfassten radioaktiven Strahlungen herangezogen werden.

Es kann ferner vorgesehen sein, dass das Messgut aus einer Vielzahl von simulierten weiteren Messpositionen nur in denjenigen weiteren Messpositionen innerhalb der Messkammer angeordnet und seine radioaktive Strahlung mittels der Detektoren erfasst wird, in denen aus der Vielzahl von simulierten weiteren Messpositionen zumindest ein größtmöglicher Wirkungsgrad zumindest eines Detektors bestimmt worden ist. Mit anderen Worten werden mehr weitere Messpositionen simuliert, als tatsächlich gemessen werden oder mit noch anderen Worten werden von den simulierten weiteren Messpositionen nur diejenigen ausgewählt, bei denen wenigstens ein Detektor den höchsten Wirkungsgrad aufwies. Dies verlängert zwar die Zeit der Simulation, erlaubt es aber die in Bezug auf die maximalen Wirkungsgrade optimalen effizienten Positionen zu bestimmen.

Es kann vorgesehen sein, dass das Messgut in einem Messgebinde befindlich innerhalb der Messkammer angeordnet wird. Als Messgebinde können beispielsweise eine Gitterbox, eine Blechkiste, ein Bigbag (flexibler Schüttgutbehälter), eine Palette oder dergleichen verwendet werden. Entsprechend kann es sich bei dem Messgebinde um ein Gebinde handeln, welches etwa beim Rückbau bzw. Abriss einer kerntechnischen Anlage, insbesondere eines Kernkraftwerks, zur Lagerung und zum Transport des Rückbaumaterials, das als Messgut zu

vermessen ist, verwendet wird. Das Messgut kann insoweit insbesondere ein Rückbaumaterial einer kerntechnischen Anlage sein.

Es kann vorgesehen sein, dass zumindest die Geometrie des Messguts ermittelt wird. Diese
5 kann für die Bestimmung der Aktivitätsverteilung herangezogen werden und erlaubt eine besonders exakte Bestimmung der Aktivitätsverteilung des Messguts durch das Verfahren. Ferner können auch weitere Informationen zum Messgut, insbesondere ein Füllungsgrad, eine mittlere Massendichte des Messguts und/oder ein im Messgut vorhandenes Material, für die Bestimmung der Aktivitätsverteilung herangezogen werden, da diese einen
10 entsprechenden Einfluss auf die gemessene Zählrate nehmen können.

Es kann außerdem vorgesehen sein, dass die erste Messposition derart gewählt wird, dass das Messgut innerhalb der Messkammer mittig positioniert ist. Dies meint insbesondere, dass der Volumenschwerpunkt des Messguts sich in der Mitte der Messkammer befindet.
15 Dies sorgt für einen optimalen Gesamtwirkungsgrad der Gesamtheit an Detektoren und erlaubt so eine gute erste Messung des Messguts in dieser ersten Messposition. Soweit das Messgut nach der Messung in dieser ersten Messung nicht freigegeben werden kann und auch nicht ausgeschlossen werden kann, dass diese freigegeben werden kann, kann insoweit das Messen in der zumindest einen weiteren Messposition die Wahrscheinlichkeit,
20 das Messgut freizumessen, erhöhen.

Es kann entsprechend vorgesehen sein, dass eine der zumindest einen weiteren Messposition des Messguts innerhalb der Messkammer durch Verschieben und/oder Drehen des Messguts innerhalb der Messkammer gegenüber der ersten Messposition oder einer
25 vorherigen weiteren Messposition eingenommen wird.

Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe gelöst durch ein Computerprogrammprodukt ausführbar von einer Verarbeitungseinheit einer Freimessanlage, wobei das Computerprogrammprodukt zum Ausführen des Verfahrens
30 nach dem ersten Aspekt der Erfindung eingerichtet ist.

Die Verarbeitungseinheit kann entsprechend beispielsweise als eine Steuereinheit und/oder Recheneinheit der Freimessanlage ausgebildet sein. Entsprechend kann die

Verarbeitungseinheit die Anordnung des Messguts innerhalb der Messkammer einstellen und ferner die Detektoren steuern sowie die Aktivitätsverteilung bestimmen.

5 Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe gelöst durch eine Freimessanlage mit einer Messkammer und einer die Messkammer umgebenden Mehrzahl von Detektoren zur Erfassung radioaktiver Strahlung, wobei die Freimessanlage zur Durchführung des Verfahrens nach dem ersten Aspekt der Erfindung eingerichtet ist.

10 Dabei kann vorgesehen sein, dass die Freimessanlage eine Bewegungsvorrichtung in der Messkammer aufweist, die dazu eingerichtet ist, das Messgut in der ersten Messposition und in der zumindest einen weiteren Messposition innerhalb der Messkammer anzuordnen. Die Bewegungsvorrichtung kann entsprechend wenigstens die erste Messposition und die zumindest eine weitere Messposition des Messguts in der Messkammer bereitstellen. Die Bewegungsvorrichtung kann eine von einer Zuführvorrichtung zur Zuführung des Messguts
15 in die Messkammer separate oder damit kombinierte Vorrichtung sein. Als kombinierte Vorrichtung kann die Bewegungsvorrichtung beispielsweise ein Rollen- oder Förderband oder dergleichen sein, das entsprechend höhenverstellbar und/oder neigbar ist. Ferner kann beispielsweise durch einen entsprechenden Vorschub des Messguts mittels des Rollen- oder Förderbands in die Messkammer die Messposition des Messguts in der Messkammer
20 verändert werden.

Bei den Detektoren kann es sich insbesondere um Gammadetektoren handeln. Gammadetektoren sind zur Erfassung einer Gammastrahlung bzw. von Gamma-Quanten ausgebildet.

25 Es kann vorgesehen sein, dass die Detektoren als Szintillationszähler, insbesondere als Plastikszintillationszähler, ausgebildet sind. Entsprechend können die Szintillationszähler ein Detektorvolumen und eine Detektorfläche aufweisen. Der Begriff Detektorfläche bezeichnet dabei die der Strahlenquelle zugewandte Fläche des Detektors. Durch die Detektorfläche
30 können die Teilchen, insbesondere Gamma-Quanten, in das Detektorvolumen einfallen und in dem Detektorvolumen detektiert werden. Die Detektoren können beispielsweise ein Detektorvolumen von 2200 cm^3 bei einer Detektorfläche von etwa 400 cm^2 aufweisen. Die Detektoren können gegenüber Alpha- und Beta-Strahlung abgeschirmt sein. Die Detektoren

können ferner einen Photoelektronenvervielfacher, einen Diskriminator und eine Zählinheit umfassen. Bei dem Szintillationszähler kann dabei der Volumeneffekt im Kristall genutzt werden, während der Detektionsmechanismus etwa bei einem Zählrohr nur ein Flächeneffekt an seiner Oberfläche ist. In dem Detektionsvolumen des Szintillationszählers
5 können so sehr viele Gamma-Quanten detektiert werden, womit die Zählrate sehr hoch ausfällt und die Wahrscheinlichkeit groß ist, dass es zu einer Wechselwirkung kommt.

Es kann ferner vorgesehen sein, dass die Mehrzahl von Detektoren zumindest 12, insbesondere zumindest 16 und ferner insbesondere zumindest 20 oder mehr als 20,
10 beispielsweise 24, umfasst. Dadurch kann eine gute Ortsauflösung der detektierten Teilchen erzielt werden.

Schließlich kann auch vorgesehen sein, dass die Detektorflächen der Detektoren die Messkammer im Wesentlichen unterbrechungsfrei umgeben. Im Wesentlichen bedeutet
15 dabei, dass keine vollständig unterbrechungsfreie Umgebung erzielt werden muss bzw. kann. Es kann beispielsweise genügen, wenn die Messkammer zu zumindest 95 %, beispielsweise 98 %, von den Detektorflächen der Detektoren umgeben ist. Vorzugsweise wird eine 4π -Raumabdeckung erzielt, damit alle von dem Messgut emittierten Teilchen von den Detektoren erfasst werden können. Die Detektorflächen können sich entsprechend an
20 den Innenseiten der Messkammer befinden.

Weitere, die Erfindung verbessernde Maßnahmen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung zu verschiedenen Ausführungsbeispielen der Erfindung, welche in den Figuren schematisch dargestellt sind. Sämtliche aus den Ansprüchen, der Beschreibung
25 oder den Figuren hervorgehende Merkmale und/oder Vorteile, einschließlich konstruktiver Einzelheiten und räumlicher Anordnungen können sowohl für sich als auch in den verschiedenen Kombinationen erfindungswesentlich sein.

Anhand der beigefügten Zeichnungen wird die Erfindung nachfolgend näher erläutert. Dabei
30 zeigen:

Figur 1 eine perspektivische Seitenansicht auf ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Freimessanlage;

Figur 2 eine schematische Darstellung der Messkammer der Freimessanlage aus Figur 1 mit ihren Detektoren;

5 Figur 3 eine schematische Darstellung des Messguts in einer ersten Messposition innerhalb der Messkammer aus Figur 2;

Figur 4 eine schematische Darstellung des Messguts in einer beispielhaften von der ersten Messposition verschiedenen weiteren Messposition innerhalb der
10 Messkammer aus Figur 2;

Figur 5 eine schematische Darstellung des Messguts in einer beispielhaften von der ersten Messposition und der weiteren Messposition aus Figur 4
15 verschiedenen weiteren Messposition innerhalb der Messkammer aus Figur 2;
und

Figur 6 eine schematische Darstellung eines Ablaufs eines erfindungsgemäßen
Verfahrens zum Entscheidungsmessen mittels der Freimessanlage aus Figur
20 1.

Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Figuren 1 bis 6 jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Freimessanlage 100. Die
25 Freimessanlage 100 weist eine Messkammer 30 und eine Zuführvorrichtung 60 auf. Die Zuführvorrichtung 60 ist vorliegend als ein Rollenband ausgebildet, kann alternativ aber auch anderweitig ausgebildet sein, beispielsweise als ein Förderband, ein Flurförderfahrzeug, ein Kran oder dergleichen. Mittels der Zuführvorrichtung 60 wird ein Messgebilde 40 mit darin befindlichem Messgut 50 (innerhalb des Messgebildes 40 angedeutet, wobei das
30 Messgebilde 40 in der vorliegenden Darstellung aber kein Messgut 50 aufweist) zu der Messkammer 30 zugeführt bzw. in der Messkammer 30 angeordnet. Das Messgebilde 40 ist vorliegend als eine Gitterbox ausgebildet, kann aber auch anderweitig ausgebildet sein, beispielsweise als ein Bigbag, eine Blechkiste, eine Palette oder dergleichen.

Die Messkammer 30 wird vorliegend von einem Container 70 umschlossen. Die Messkammer 30 ist als eine Art Behältnis ausgebildet, das dazu eingerichtet ist, das Messgebilde 40 aufzunehmen. Mit anderen Worten kann das Messgebilde 40 innerhalb der Messkammer 30 angeordnet werden. Die Messkammer 30 kann hierzu geöffnet werden, um das Messgebilde 40 darin anzuordnen. Vorliegend weist die Messkammer 30 entsprechende Türen auf, die das Öffnen der Messkammer 30 ermöglichen.

Wie Figur 2 zeigt, ist die Messkammer 30 mit einer Mehrzahl von Detektoren 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 (im Folgenden 1...24) ausgestattet. Vorliegend weist die Messkammer 30 24 Detektoren 1...24 auf. Alternativ kann die Messkammer 30 aber auch weniger oder mehr Detektoren 1...24 aufweisen. Mit einer hinreichenden Anzahl von Detektoren 1...24 kann aber eine gute Ortsauflösung beim Vermessen des Messguts 50 erzielt werden.

Die Detektoren 1...24 sind vorliegend als Plastiksintillationszähler ausgebildet und lediglich mit ihren Detektorflächen gezeigt und entsprechend bezeichnet. Die Detektorflächen der Detektoren 1...24 sind an den Seiten der Messkammer 30 um diese herum angeordnet. Die Detektorflächen der Detektoren 1...24 sind dabei derart angeordnet, dass sie die Messkammer 30 im Wesentlichen unterbrechungsfrei umgeben. Mit anderen Worten wird im Wesentlichen ein Raumwinkel von $\Omega = 4\pi$ abgedeckt. Dies reduziert die Wahrscheinlichkeit, dass von dem Messgut 50 ausgehende radioaktive Teilchen nicht auf eine der Detektorflächen treffen und so nicht von den Detektoren 1...24 erfasst werden können.

Figur 3 zeigt nun das von dem Messgebilde 40 aufgenommene und daher nicht sichtbare Messgut 50 in einer ersten Messposition 80 innerhalb der Messkammer 30. Das Messgut 50 befindet sich dabei in der Mitte der Messkammer 30. Innerhalb des Messguts 50 emittierte Gammateilchen können durch das Messgut 50 hindurchtreten und anschließend auf einen der Detektoren 1...24 treffen. Der Detektor 1...24 erfasst die radioaktive Strahlung des Messguts 50, wie nachfolgenden beschrieben wird. Die Gammateilchen wechselwirken innerhalb eines Detektorvolumens mit den Elektronen eines Detektormaterials des jeweiligen Detektors 1...24. Durch diese Wechselwirkung werden sogenannte Szintillationsphotonen erzeugt, welche unter Ausnutzung des Photoeffekts von einem Photoelektronenvervielfacher

des jeweiligen Detektors 1...24 in einen elektrischen Puls umgewandelt werden. Der elektrische Puls wird an einen Diskriminator des jeweiligen Detektors 1...24 weitergeleitet, welcher den elektrischen Puls bei Überschreiten eines gewissen Schwellwertes an eine Zähleinheit des Detektors 1...24 weiterleitet. Die Zähleinheit erfasst den elektrischen Puls als Zählereignis und bildet so über den Zeitraum der Messung eine Zählrate.

Figur 4 zeigt dasselbe Messgut 50 der Figur 3 in einer weiteren Messposition 81, die von der ersten Messposition 80 verschieden ist. Das Messgut 50, das von dem Messgebilde 40 aufgenommen wird, befindet sich an einem unteren und linken Rand der Messkammer 30.

Figur 5 zeigt dasselbe Messgut 50 der Figuren 3 und 4 in einer noch anderen weiteren Messposition 82, die von der ersten Messposition 80 und der weiteren Messposition 81 verschieden ist. Das Messgut 50, das von dem Messgebilde 40 aufgenommen wird, befindet sich an einem oberen und rechten Rand der Messkammer 30.

Figur 6 zeigt einen Ablauf eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Entscheidungsmessen des Messguts 50. Dieses Verfahren wird im Folgenden im Hinblick auf die zuvor erläuterten Figuren 1 bis 5, insbesondere die Figuren 3 bis 5, erläutert.

Dabei wird in einem ersten Schritt 200 das in der ersten Messposition 80 innerhalb der Messkammer 30 angeordnete Messgut 50, wie dies in Figur 3 gezeigt ist, mittels der Detektoren 1...24 vermessen bzw. seine radioaktive Strahlung erfasst bzw. die Zählrate des Messguts 50 bestimmt. Durch die mittige Position des Messguts 50 in der Messkammer 30 wird der Gesamtwirkungsgrad der Detektoren 1...24 maximiert. Bestenfalls kann das Messgut 50 bereits in diesem ersten Schritt 200 freigemessen werden. Falls dies nicht möglich ist, aber auch nicht ausgeschlossen werden kann, dass das Messgut 50 nicht doch freigemessen werden kann, wird in den zweiten Schritt 210 übergegangen.

In dem zweiten Schritt 210, der optional auch vor dem ersten Schritt 200 erfolgen kann, wird das Messgut 50 innerhalb der Messkammer 30 in der weiteren Messposition 81, wie dies in Figur 4 gezeigt ist, simuliert. Dazu wird ein innerhalb des Messguts 50 an der weiteren Messposition 81 angeordneter Punktstrahler angenommen, sodass die Aktivitätsverteilung

innerhalb des Messguts 50 als möglichst konservativ angenommen wird. Bei der Simulation wird der Wirkungsgrad jedes Detektors 1...24 ermittelt.

5 In dem dritten Schritt 220 wird der zweite Schritt 210 der Simulation für das Messgut 50 innerhalb der Messkammer 30 in der weiteren Messposition 82, wie dies in Figur 5 gezeigt ist, wiederholt. Auch hierbei wird der Wirkungsgrad jedes Detektors 1...24 ermittelt.

10 Der zweite Schritt 210 und der dritte Schritt 220 können im Anschluss für weitere, von den anderen Messpositionen 80, 81, 82 verschiedene Messpositionen 83, 84, usw. (nicht gezeigt) wiederholt werden. Beispielfhaft wird im Folgenden aber angenommen, dass die Simulation nur für die weiteren Messpositionen 81, 82 vorgenommen worden ist. Die Simulationen gemäß des zweiten Schritts 210 und des dritten Schritts 220 können in einem entsprechenden Simulationsmodul der Freimessanlage 100 vorgenommen werden, das hier nicht gezeigt ist.

15 In dem vierten Schritt 230 wird für jeden der Detektoren 1...24 der Wirkungsgrad in Abhängigkeit von der simulierten weiteren Messposition 81, 82 bestimmt. Für jeden Detektor 1...24 wird diejenige simulierte weitere Messposition 81, 82 ausgewählt, die den größten Wirkungsgrad aufweist.

20 In dem fünften Schritt 240 wird das Messgut 50 zusätzlich zu der ersten Messposition 80 auch in denjenigen ausgewählten der simulierten weiteren Messpositionen 81, 82 vermessen, in denen die gemäß dem vierten Schritt 230 größten bzw. größtmöglichen Wirkungsgrade der Detektoren 1...24 bei allen simulierten weiteren Messpositionen 81, 82
25 ermittelt worden sind.

30 In dem sechsten Schritt 250 wird eine Aktivitätsverteilung des Messguts 50 auf Basis der erfolgten Erfassungen seiner radioaktiven Strahlung bestimmt. Dazu werden nur die erfassten Zählraten jedes Detektors 1...24 herangezogen, die an den weiteren Messpositionen 81, 82 mit dem größten Wirkungsgrad gemacht worden sind. Aus dem jeweiligen größten Wirkungsgrad jedes Detektors 1...24 lässt sich die zugehörige Aktivität für jede durch den jeweiligen Detektor 1...24 gemessene Zählrate bestimmen. Die Aktivitätsverteilung lässt sich mittels der anhand der Messungen an den unterschiedlichen

weiteren Messpositionen 81, 82 gewonnenen ortsabhängigen Informationen sehr exakt bestimmen. Durch die größten Wirkungsgrade ergibt sich eine geringe Nachweisgrenze. Die Konservativitäten werden reduziert und die Wahrscheinlichkeit, das Messgut 50 freizumessen, steigen entsprechend.

Bezugszeichenliste

5	1...24	Detektor
	30	Messkammer
	40	Messgebinde
	50	Messgut
	60	Zuführvorrichtung
10	70	Container
	80	erste Messposition
	81	weitere Messposition
	82	weitere Messposition
	100	Freimessanlage
15		
	200	erster Schritt
	210	zweiter Schritt
	220	dritter Schritt
	230	vierter Schritt
20	240	fünfter Schritt
	250	sechster Schritt

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zum Entscheidungsmessen eines Messguts (50) unter Verwendung einer Freimessanlage (100) mit einer Messkammer (30) und einer die Messkammer (30) umgebenden Mehrzahl von Detektoren (1...24) zur Erfassung radioaktiver Strahlung, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:
 - (a) Bereitstellen des Messguts (50),
 - (b) Anordnen des Messguts (50) in einer ersten Messposition (80) innerhalb der Messkammer (30),
 - 10 (c) Erfassen einer radioaktiven Strahlung des in der ersten Messposition (80) innerhalb der Messkammer (30) angeordneten Messguts (50) mittels der Detektoren (1...24),
 - (d) Anordnen des Messguts (50) in zumindest einer von der ersten Messposition (80) verschiedenen weiteren Messposition (81, 82) innerhalb der Messkammer (30),
 - (e) Erfassen einer radioaktiven Strahlung des in der zumindest einen weiteren Messposition (81, 82) angeordneten Messguts (50) mittels der Detektoren (1...24),
15 und
 - (f) Bestimmen einer Aktivitätsverteilung in dem Messgut (50) anhand der mittels der Detektoren (1...24) erfassten radioaktiven Strahlung.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verfahren ferner den Schritt aufweist: Simulieren einer Zählrate jedes Detektors (1...24) in der zumindest einen weiteren Messposition (81, 82) des Messguts (50).
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Simulieren der Zählrate unter der Annahme erfolgt, dass ein Punktstrahler innerhalb des Messguts (50) an der zumindest einen weiteren Messposition (81, 82) des Messguts (50) innerhalb der Messkammer (30) angeordnet ist.
25
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der Punktstrahler als in einer Mitte des Messguts (50) angeordnet angenommen wird.
30

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei die zumindest eine weitere Messposition (81, 82) wenigstens zwei von der ersten Messposition (80) und voneinander verschiedene weitere Messpositionen (81, 82) umfasst.
- 5 6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei aus der Simulation für jede der wenigstens zwei weiteren Messpositionen (81, 82) der Wirkungsgrad jedes Detektors (1...24) in Bezug auf die jeweilige der wenigstens zwei weiteren Positionen (81, 82) ermittelt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei aus der Simulation für jeden Detektor (1...24) jeweils
10 diejenige weitere Messposition (81, 82) bestimmt wird, bei der für den jeweiligen Detektor (1...24) aus allen weiteren Messpositionen (81, 82) der größtmögliche Wirkungsgrad ermittelt worden ist, und für das Bestimmen der Aktivitätsverteilung in dem Messgut (50) die von den Detektoren (1...24) jeweils an den weiteren Messpositionen (81, 82) mit dem größtmöglichen Wirkungsgrad erfassten radioaktiven Strahlungen
15 herangezogen werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das Messgut (50) aus einer Vielzahl von simulierten weiteren Messpositionen (81, 82) nur in denjenigen weiteren Messpositionen (81, 82) innerhalb der Messkammer (30) angeordnet und seine radioaktive Strahlung mittels der
20 Detektoren (1...24) erfasst wird, in denen aus der Vielzahl von simulierten weiteren Messpositionen (81, 82) zumindest ein größtmöglicher Wirkungsgrad zumindest eines Detektors (1...24) bestimmt worden ist.
9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei das Messgut (50) in einem
25 Messgebinde (40) befindlich innerhalb der Messkammer (30) angeordnet wird.
10. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei zumindest die Geometrie, des Messguts (50) ermittelt wird.
- 30 11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die erste Messposition (80) derart gewählt wird, dass das Messgut (50) innerhalb der Messkammer (30) mittig positioniert ist.

12. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei eine der zumindest einen weiteren Messposition (81, 82) des Messguts (50) innerhalb der Messkammer (30) durch Verschieben und/oder Drehen des Messguts (50) innerhalb der Messkammer (30) gegenüber der ersten Messposition (80) oder einer vorherigen weiteren Messposition (81, 82) eingenommen wird.

13. Computerprogrammprodukt ausführbar von einer Verarbeitungseinheit einer Freimessanlage (100), wobei das Computerprogrammprodukt zum Ausführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12 in der Freimessanlage (100) eingerichtet ist.

14. Freimessanlage (100) mit einer Messkammer (30) und einer die Messkammer (30) umgebenden Mehrzahl von Detektoren (1...24) zur Erfassung radioaktiver Strahlung, wobei die Freimessanlage (100) zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12 eingerichtet ist.

15. Freimessanlage (100) nach Anspruch 14, wobei die Freimessanlage (100) eine Bewegungsvorrichtung in der Messkammer (30) aufweist, die dazu eingerichtet ist, das Messgut (50) in der ersten Messposition (80) und in der zumindest einen weiteren Messposition (81, 82) innerhalb der Messkammer (30) anzuordnen.

16. Freimessanlage (100) nach Anspruch 14 oder 15, wobei die Detektoren (1...24) Szintillationszähler, insbesondere Plastiksintillationszähler, sind.

17. Freimessanlage (100) nach einem der Ansprüche 14 bis 16, wobei die Mehrzahl von Detektoren (1...24) zumindest 12 Detektoren (1...24) umfasst.

18. Freimessanlage (100) nach einem der Ansprüche 14 bis 17, wobei Detektorflächen der Detektoren (1...24) die Messkammer (30) im Wesentlichen unterbrechungsfrei umgeben.

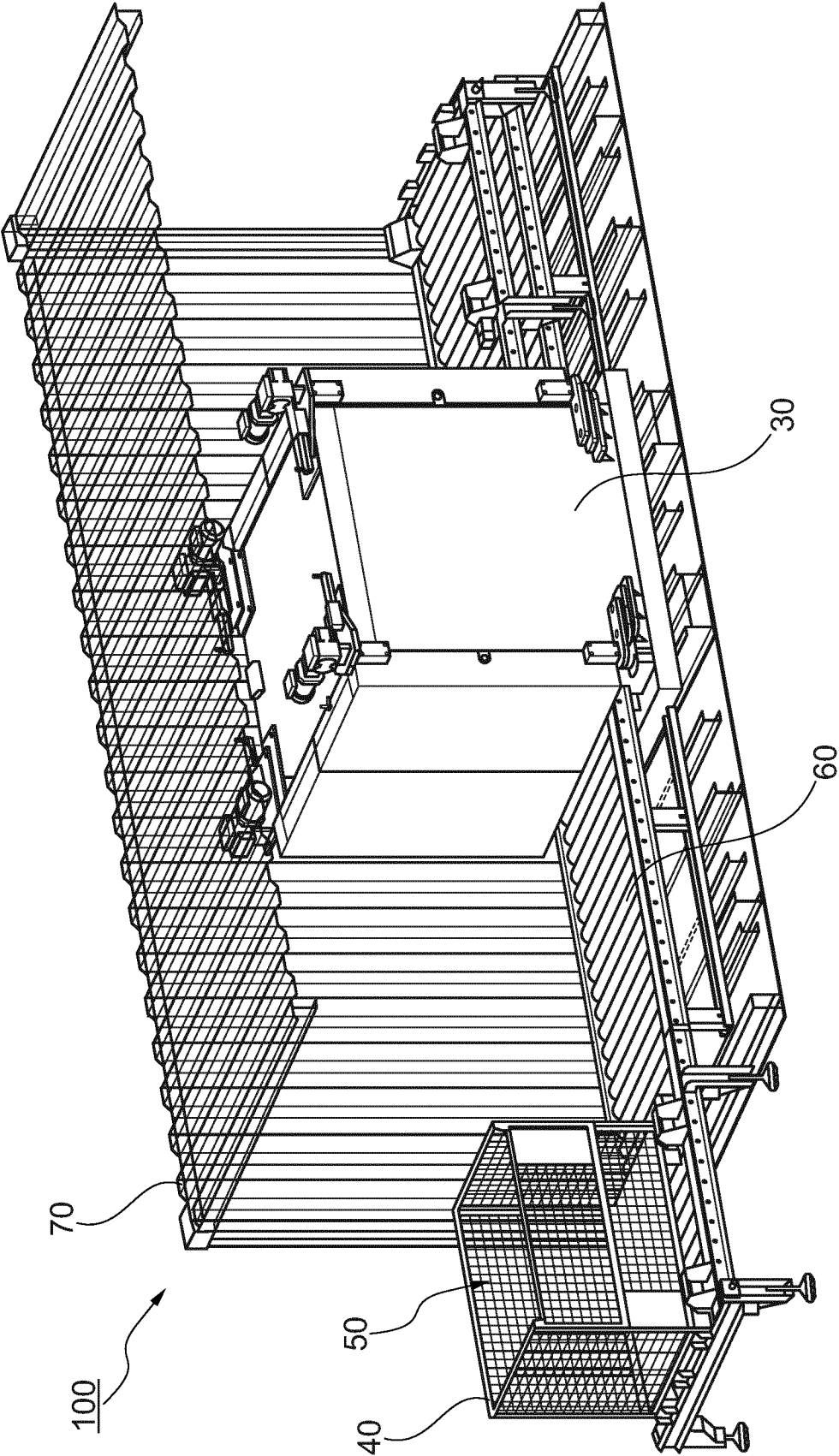


Fig. 1

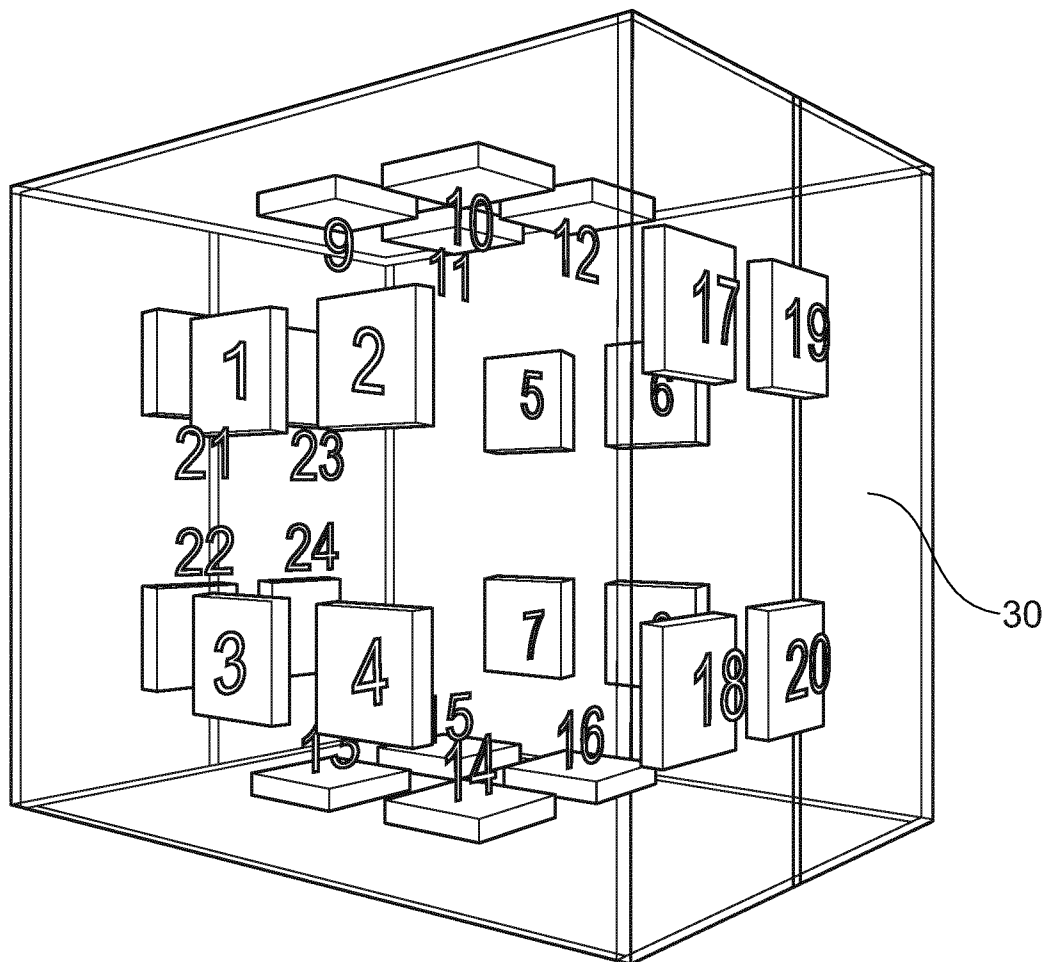


Fig. 2

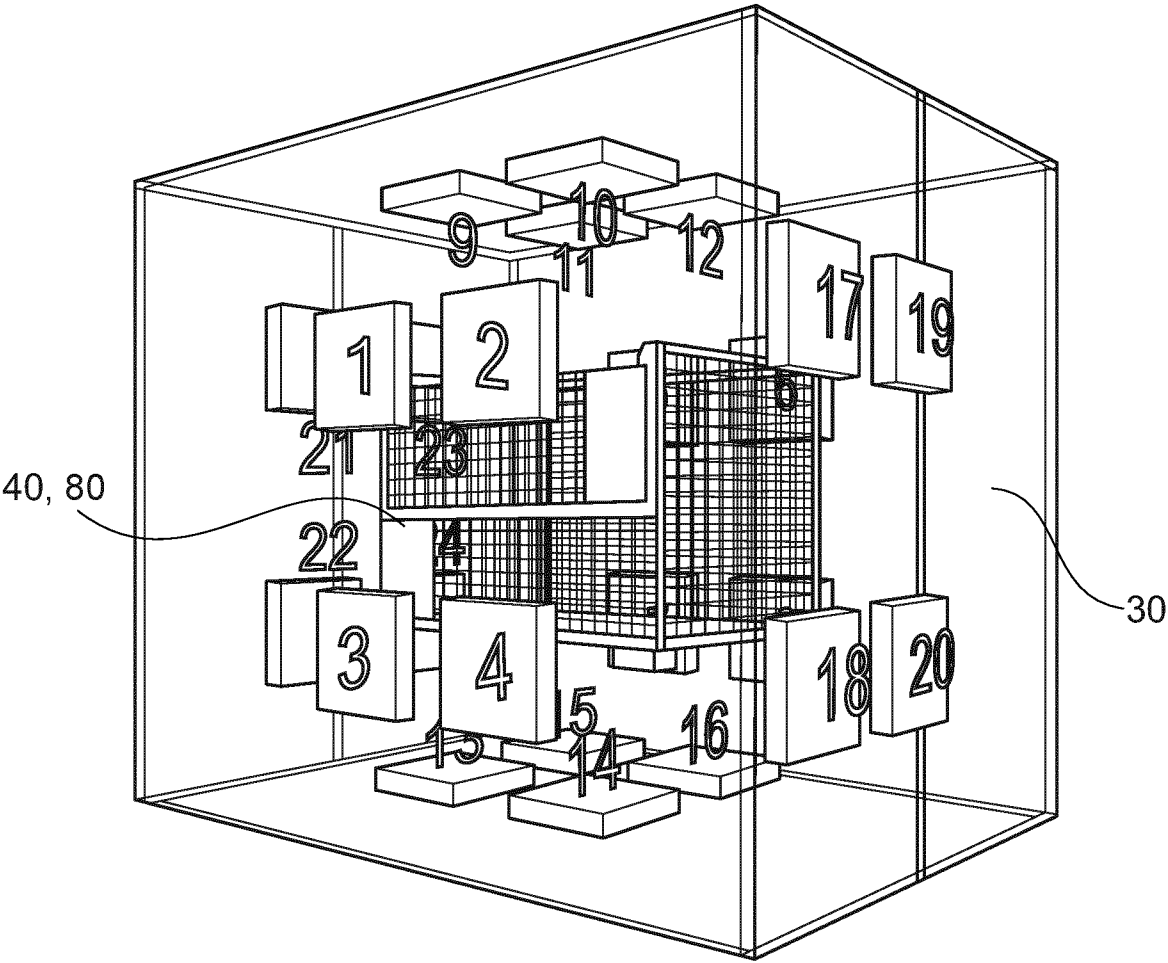


Fig. 3

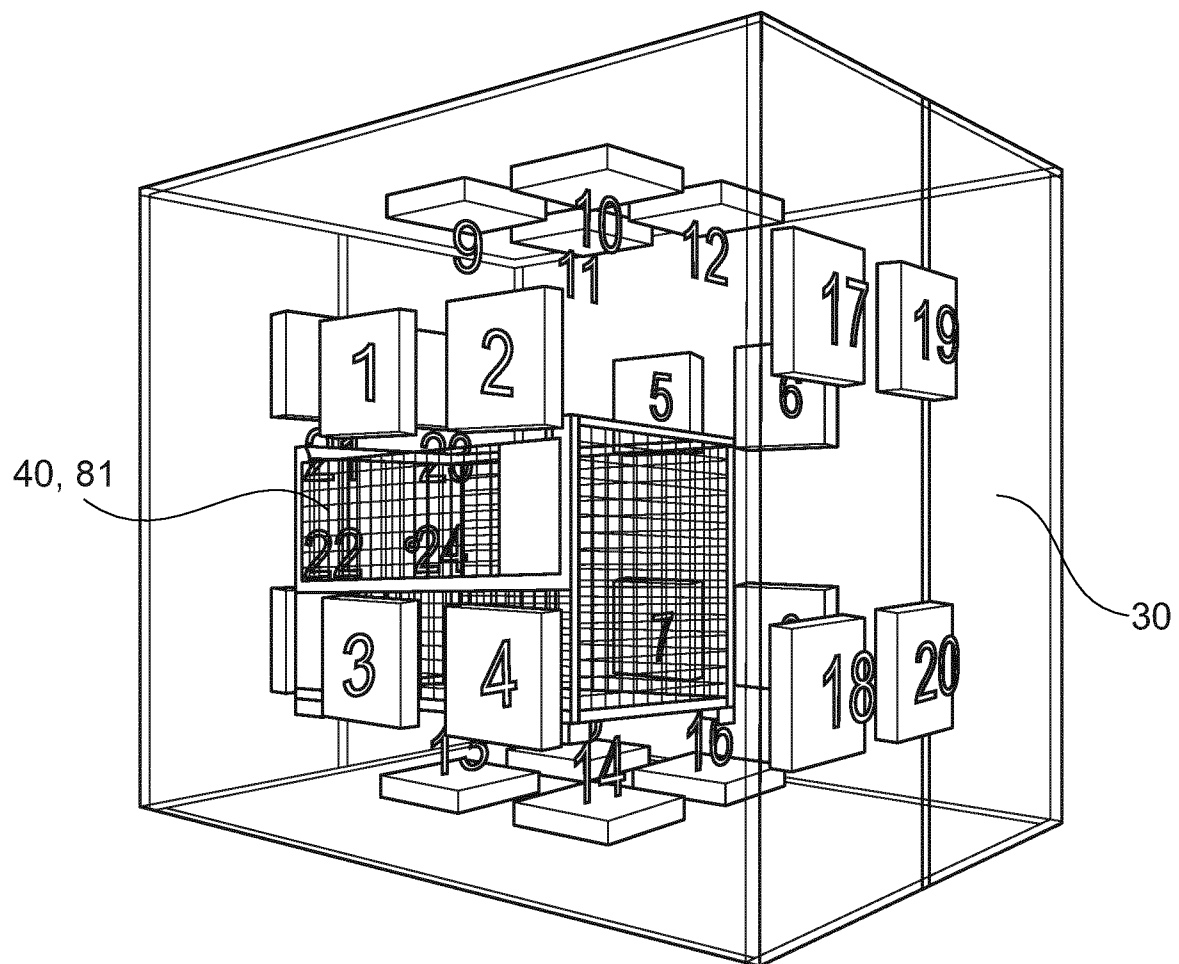


Fig. 4

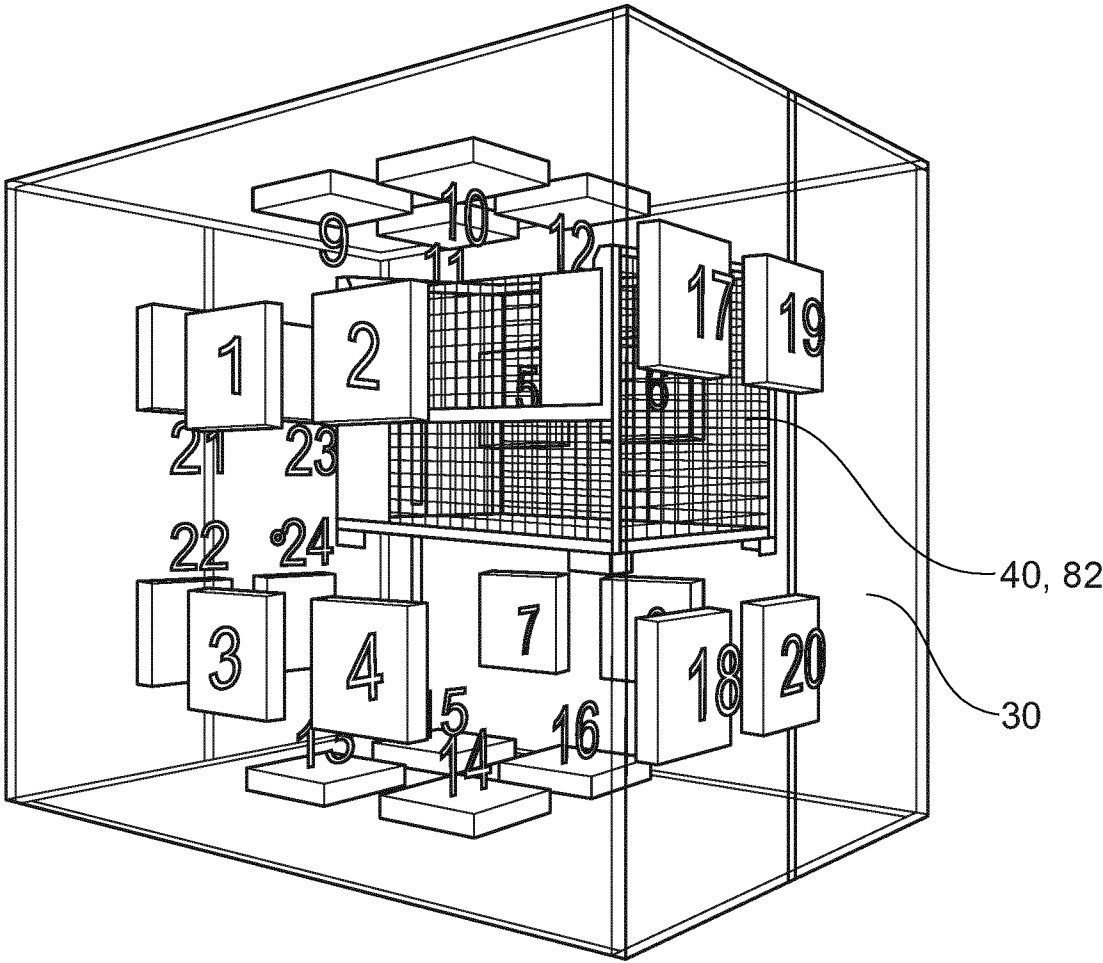


Fig. 5

6/6

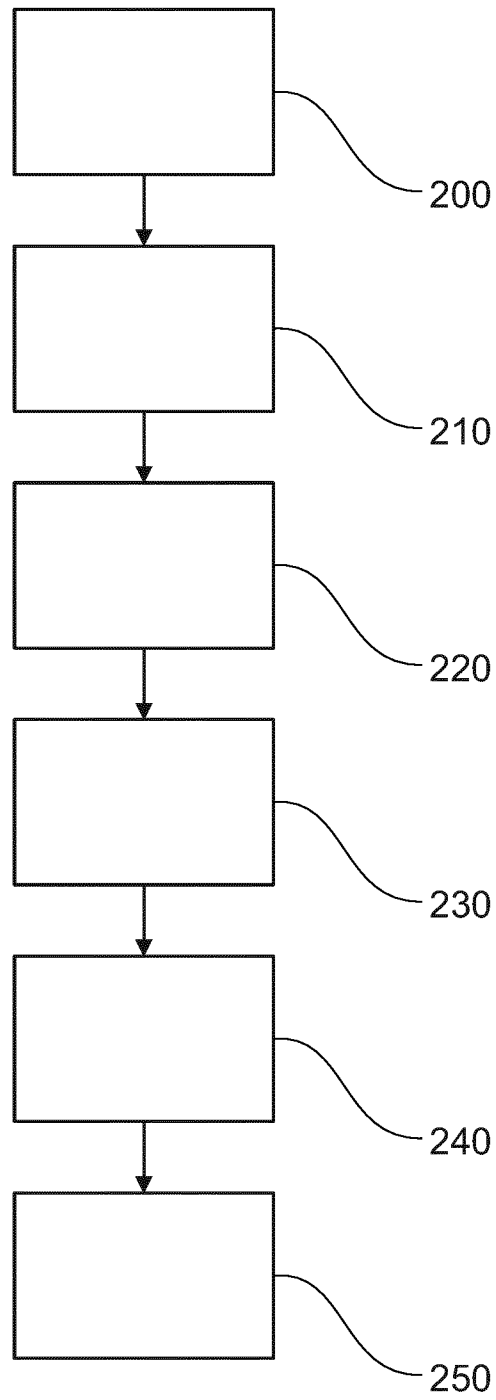


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/063366

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01T 1/167**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2015135885 A1 (NUKEM TECHNOLOGIES ENGINEERING SERVICES GMBH [DE]) 17 September 2015 (2015-09-17)	1,2,9,10,12-15,17
A	page 13; figures	3-8
X	EP 2910976 A1 (ENBW EN BADEN WÜRTTEMBERG AG [DE]) 26 August 2015 (2015-08-26)	1,2,12-15,17,18
A	abstract; figures paragraphs [0031], [0048], [0049], [0060], [0026], [0035]	3-8
X	JP 2018179907 A (NUCLEAR FUEL IND LTD) 15 November 2018 (2018-11-15)	1,2,9,11-18
A	paragraphs [0003], [0016], [0021], [0019] abstract; figures	3-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 July 2021

Date of mailing of the international search report

22 July 2021

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Eberle, Katja

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/063366

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2015135885	A1	17 September 2015	DE	102014103168	A1	10 September 2015
				EP	3117241	A1	18 January 2017
				ES	2719121	T3	08 July 2019
				JP	6426210	B2	21 November 2018
				JP	2017508994	A	30 March 2017
				LT	3117241	T	10 April 2019
				RU	2631541	C1	25 September 2017
				WO	2015135885	A1	17 September 2015
EP	2910976	A1	26 August 2015	DE	102014202786	A1	20 August 2015
				EP	2910976	A1	26 August 2015
JP	2018179907	A	15 November 2018	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01T1/167
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01T

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	WO 2015/135885 A1 (NUKEM TECHNOLOGIES ENGINEERING SERVICES GMBH [DE]) 17. September 2015 (2015-09-17) Seite 13; Abbildungen -----	1,2,9, 10, 12-15,17 3-8
X A	EP 2 910 976 A1 (ENBW EN BADEN WÜRTTEMBERG AG [DE]) 26. August 2015 (2015-08-26) Zusammenfassung; Abbildungen Absätze [0031], [0048], [0049], [0060], [0026], [0035] -----	1,2, 12-15, 17,18 3-8
X A	JP 2018 179907 A (NUCLEAR FUEL IND LTD) 15. November 2018 (2018-11-15) Absätze [0003], [0016], [0021], [0019] Zusammenfassung; Abbildungen -----	1,2,9, 11-18 3-8



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. Juli 2021

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

22/07/2021

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Eberle, Katja

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/063366

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2015135885 A1	17-09-2015	DE 102014103168 A1	10-09-2015
		EP 3117241 A1	18-01-2017
		ES 2719121 T3	08-07-2019
		JP 6426210 B2	21-11-2018
		JP 2017508994 A	30-03-2017
		LT 3117241 T	10-04-2019
		RU 2631541 C1	25-09-2017
		WO 2015135885 A1	17-09-2015

EP 2910976 A1	26-08-2015	DE 102014202786 A1	20-08-2015
		EP 2910976 A1	26-08-2015

JP 2018179907 A	15-11-2018	KEINE	
