



(11)

EP 3 062 313 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
31.08.2016 Patentblatt 2016/35

(51) Int Cl.:
G21F 5/08 (2006.01) G21F 5/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15156784.9**

(22) Anmeldetag: **26.02.2015**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

• **Hüggenberg, Roland**
44795 Bochum (DE)
• **Dr. Becker, Joern**
45359 Essen (DE)

(71) Anmelder: **GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH**
45127 Essen (DE)

(74) Vertreter: **Rohmann, Michael**
Andrejewski - Honke
Patent- und Rechtsanwälte
An der Reichsbank 8
45127 Essen (DE)

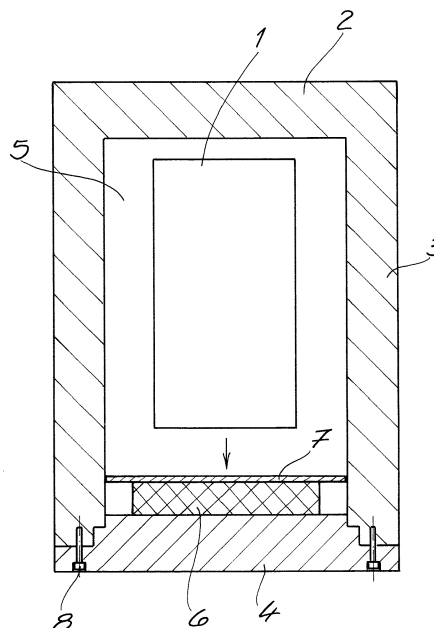
(72) Erfinder:
• **Dr. Friedrich, Peter**
45699 Herten (DE)
• **Böhme, Falk**
45138 Essen (DE)

Bemerkungen:
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

(54) **Behälter für die Aufnahme von radioaktivem Inventar sowie Verfahren zur Herstellung des Behälters**

(57) Die Erfindung betrifft einen Behälter für die Aufnahme von radioaktivem Inventar, umfassend einen Behälterboden, einen Behältermantel und einen Behälterdeckel. Der Behälter umschließt einen Innenraum zur Aufnahme des radioaktiven Inventars. Zwischen dem Behälterdeckel und dem Inventar ist wenigstens eine plastisch verformbare Schicht angeordnet. Die plastisch verformbare Schicht ist derart ausgebildet, dass Aufprallkräfte wenigstens eines Großteils des Inventars auf wenigstens einen Großteil der Fläche der plastisch verformbaren Schicht gleichmäßig verteilbar sind.

Fig.1



EP 3 062 313 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Behälter für die Aufnahme von radioaktivem Inventar, umfassend einen Behälterboden, einen Behältermantel und einen Behälterdeckel. Der Behälter umschließt einen Innenraum zur Aufnahme des radioaktiven Inventars.

[0002] Derartige Behälter sind aus der Praxis grundsätzlich bekannt. Dabei bildet - unter extremen Umständen - die Verbindung des Behälterdeckels auf dem Behältermantel eine relative Schwachstelle, da die Verbindung häufig reversibel ausgestaltet sein soll. Unter reversiblen Verbindungen werden beispielsweise Schraubverbindungen verstanden. Aufgrund des sehr dauerhaften Charakters des Einsatzes der Behälter müssen die Behälter für eine ganze Reihe an Extremsituationen ausgelegt sein. Hierunter fallen beispielsweise auch extreme Erschütterungssituationen wie Stürze aus mehreren Metern Höhe. Bei solchen Stürzen wandelt sich die potentielle Energie des Behälters in Verformungsenergie um, wobei aufgrund der massiven Ausführungen der Behälterwände, die Schrauben am stärksten belastet werden. Wird die Streckgrenze der Schrauben überschritten, so werden die Schrauben plastisch verformt. Die plastische Verformung kann im Extremfall zu einer Undichtigkeit des Behälters führen.

[0003] Es ist aus der Praxis ferner bekannt, für Behälter mit Brennelementen plastisch verformbare Stoßdämpfer innerhalb des Behälters vorzusehen. Diese Stoßdämpfer sind hohlzylindrisch ausgeformt und bestehen aus Aluminium. Bei einem Fall aus mehreren Metern Höhe auf den waagrecht auftreffenden Behälterdeckel (Deckelflachfall) prallen die Brennelemente auf die hohlzylindrischen Stoßdämpfer, wodurch letztere zieharmonikaartig plastisch verformt werden. Diese plastische Verformung der Stoßdämpfer nimmt einen erheblichen Teil der potentiellen Energie auf, so dass die Spannungen in den Schrauben zumindest soweit verringert werden, dass keine plastischen Verformungen an den Schrauben auftreten. Allerdings werden die hohlzylindrischen Stoßdämpfer aus dem aus der Praxis bekannten Stand der Technik über weitere Schraubverbindungen an der Innenseite des Behälterdeckels befestigt. Folglich sind Gewindebohrungen auf der Innenseite des Behälterdeckels erforderlich, wodurch der Behälterdeckel an Stabilität einbüßt. Außerdem erfordern die Herstellung der hohlzylindrischen Stoßdämpfer sowie deren Befestigung auf der Innenseite des Behälterdeckels einen gewissen Aufwand. Schließlich muss das Inventar in Form der Brennelemente mittels Führungsköpfen an den Stoßdämpfern geführt werden, damit sichergestellt ist, dass das Inventar nicht etwa an den Stoßdämpfern vorbeigleitet und so ungedämpft auf den Behälterdeckel prallt.

[0004] Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Behälter der eingangs genannten Art anzugeben, bei dem die vorstehend aufgezeigten Nachteile vermieden werden können. Insbesondere ist es Auf-

gabe, den Aufwand bei der Herstellung und Montage der Stoßdämpfer weiter zu verringern.

[0005] Zur Lösung dieses technischen Problems lehrt die Erfindung einen Behälter für die Aufnahme von radioaktivem Inventar, umfassend einen Behälterboden, einen Behältermantel und einen Behälterdeckel, wobei der Behälter einen Innenraum zur Aufnahme des radioaktiven Inventars umschließt, wobei zwischen dem Behälterdeckel und dem Inventar wenigstens eine plastisch verformbare Schicht angeordnet ist, wobei die plastisch verformbare Schicht derart ausgebildet ist, dass Aufprallkräfte wenigstens eines Großteils des Inventars auf wenigstens einen Großteil der Fläche der plastisch verformbaren Schicht gleichmäßig verteilbar sind.

[0006] Als radioaktives Inventar kommen beispielsweise Pellets, zerschnittener Stahlschrott und massive Elemente in Betracht. Das radioaktive Inventar kann auch zumindest ein Fass bzw. eine Mehrzahl von Fasern aufweisen. Neben dem radioaktiven Inventar kann sich insbesondere auch Wasser in dem Behälter befinden. Daher ist der Behälter für die Aufnahme von radioaktivem Inventar dazu geeignet, das Inventar fluiddicht von der Umgebung zu isolieren. Außerdem ist der Behälter zu einer ausreichenden radioaktiven Abschirmung über entsprechend dicke metallische Behälterwände geeignet. Der Behälterboden und/oder der Behälterdeckel ist reversibel oder irreversibel mit dem Behältermantel verbunden. Reversible Verbindungen stellen beispielsweise Schraubverbindungen dar. Irreversible Verbindungen sind z. B. Schweißverbindungen. Vorzugsweise ist der Behälterboden irreversibel mit dem Behältermantel verbunden. Es ist vorteilhaft, dass der Behälterdeckel reversibel mit dem Behältermantel verbunden ist.

[0007] Die allermeisten festen Körper sind zu einem gewissen Grade sowohl elastisch als auch plastisch verformbar. Der Ausdruck "plastisch verformbar" im Sinne der Erfindung meint daher, dass der jeweilige Körper überwiegend plastisch verformbar ist. Hierunter fallen insbesondere Hohlkammerstrukturen verschiedenster Art aus verschiedensten Materialien. Die Hohlkammern können regelmäßige geometrische Formen aufweisen wie etwa Waben. Die Hohlkammern können aber auch in Form von Blasen ausgebildet sein, so dass das plastisch verformbare Element dann ein verfestigter Schaum ist.

[0008] Der Begriff "Schicht" kann sowohl ein flächig durchgängiges Element bezeichnen als auch eine Vielzahl von über einer Fläche verteilten Elementen. Die plastisch verformbare Schicht kann somit ganz unterschiedliche Flächenformen annehmen. Die plastisch verformbare Schicht kann beispielsweise ein Kreis oder ein Quadrat sein oder mehrere konzentrisch zueinander angeordnete Ringe umfassen. Die Schicht kann in Form eines Schachbretts oder in Form einer Vielzahl an Punkten ausgestaltet sein. Es sind auch Kombinationen aus verschiedenen Flächenformen möglich.

[0009] Um die Aufprallkräfte gleichmäßig verteilen zu können, muss die Schicht durchgängig bzw. müssen die

einzelnen Elemente der Schicht in etwa gleich stark ausgebildet sein. Dadurch wird sichergestellt, dass die Aufprallkräfte des Inventars nicht punktuell zu stark auf eine oder mehrere hervorstehende Schichtbereiche übertragen werden. Insbesondere dürfen zwischen den plastisch verformbaren Schichtbereichen bzw. um diese herum keine festen Körper derart angeordnet sein, dass die Aufprallkräfte zur Gänze bzw. zu einem Teil auf den Behälterdeckel übertragen werden und so die plastisch verformbare Schicht überbrückt wird. Insbesondere ist die plastisch verformbare Schicht derart ausgebildet, dass auf die plastisch verformbare Schicht beispielsweise eine Platte auflegbar ist, welche die Aufprallkräfte wenigstens eines Großteils des Inventars auf wenigstens einen Großteil der Fläche gleichmäßig verteilen kann. Der Begriff "Großteil" meint vorzugsweise 50 %, weiter vorzugsweise 75 % und besonders vorzugsweise 100 %. Durch eine derartige Ausgestaltung der plastisch verformbaren Schicht wird erreicht, dass die kinetische Energie des Aufpralls über eine besonders große Fläche verteilt werden kann, wodurch die plastisch verformbare Schicht entsprechend dünner gestaltet werden kann.

[0010] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass die plastisch verformbare Schicht in senkrechter Richtung eine spezifische Energieaufnahme von 5 bis 50 J/cm³, vorzugsweise von 15 bis 40 und besonders vorzugsweise von 20 bis 30 J/cm³ aufweist. Die spezifische Energieaufnahme ist ein wesentliches volumenunabhängiges Maß der plastisch verformbaren Schicht. Je geringer die spezifische Energieaufnahme ist, umso dicker muss die plastisch verformbare Schicht sein, damit entsprechend viel kinetische Energie in der plastisch verformbaren Schicht aufgefangen werden kann. Allerdings kann die spezifische Energieaufnahme nicht beliebig hoch sein, da sonst die Spannungen in den Schrauben so groß werden können, dass auch in den Schrauben plastische Verformungen auftreten. Die angegebenen Bereiche der spezifischen Energieaufnahme sind weitgehend unabhängig von der Ausgestaltung des Behälters und des Inventars, so dass sie eine grundsätzliche Aussage über die Beschaffenheit der plastisch verformbaren Schicht darstellen. Die spezifische Energieaufnahme kann vor allem über durchschnittliche Hohlkammervolumina bzw. über das entsprechende Material eingestellt werden. Je größer die Hohlkammervolumina sind umso härter muss das entsprechende Materialsystem für eine bestimmte gewünschte spezifische Energieaufnahme sein und umgekehrt.

[0011] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass die plastisch verformbare Schicht isotrop verformbar ist. Dabei meint der Begriff "isotrop" dass die plastisch verformbare Schicht in alle Raumrichtungen ungefähr gleich gut plastisch verformbar ist. Ein Beispiel für isotrope plastisch verformbare Materialien sind verfestigte Schäume. Hohlkammerstrukturen mit regelmäßigen geometrischen Abmessungen wie etwa Wabenkammern hingegen sind in der Regel nicht isotrop verformbar.

[0012] Vorzugsweise ist die plastisch verformbare

Schicht ein Metallschaum. Der Metallschaum ist vorteilhafterweise geschlossenporig. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass die plastisch verformbare Schicht Aluminium aufweist und nach besonders bevorzugter Ausführungsform aus Aluminiumschaum besteht bzw. im Wesentlichen aus Aluminiumschaum besteht. Zweckmäßigerweise besteht der Aluminiumschaum aus zumindest 90 Gew.-%, bevorzugt aus zumindest 95 Gew.-% und besonders bevorzugt zu mindestens 97 Gew.-% aus Aluminium. Vorzugsweise ist die plastisch verformbare Schicht eine AlMgSi-Mischung. Weiter vorzugsweise weist die plastisch verformbare Schicht Reste eines Treibmittels auf. Sehr bevorzugt enthält die plastisch verformbare Schicht Rückstände von Titan.

[0013] Es ist bevorzugt, dass die plastisch verformbare Schicht gekapselt und/oder beschichtet ist. Vorzugsweise ist die plastisch verformbare Schicht gekapselt und geschlossenporig. Die Kapselung bewirkt, dass im Falle eines geschlossenporigen Metallschaums Mikrorissen entgegen gewirkt, und so die plastisch verformbare Schicht wasserdicht gehalten wird. Durch die Wasserdichtigkeit wird eine Oxidation des Metallschaums vermieden, wodurch der Metallschaum auch über eine große Zeit hinweg konstant gute Verformungseigenschaften aufweist.

[0014] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass die plastisch verformbare Schicht eine Stärke von 30 bis 200 mm, vorzugsweise von 40 bis 150 mm und besonders vorzugsweise von 50 bis 100 mm aufweist. Die Dichte der plastisch verformbaren Schicht beträgt bevorzugt 0,1 bis 2 g/cm³, weiter bevorzugt 0,2 bis 1,3 g/cm³ und besonders bevorzugt 0,5 bis 0,9 g/cm³. Es ist zweckmäßig, dass die plastisch verformbare Schicht kreis- oder ringförmig ausgebildet ist.

[0015] Vorteilhafterweise ist die plastisch verformbare Schicht unmittelbar an der Innenseite des Behälterdeckels befestigt. Der Begriff "unmittelbar" meint, dass insbesondere keine Aufnahmen die plastisch verformbare Schicht umschließen und zwischen der plastisch verformbaren Schicht und dem Behälterdeckel angeordnet sind.

[0016] Nach einer Ausführungsform ist die plastisch verformbare Schicht stoffschlüssig mit dem Behälterdeckel verbunden. Vorzugsweise ist die plastisch verformbare

[0017] Schicht auf den Behälterdeckel geklebt oder geschweißt und besonders vorzugsweise wurde die plastisch verformbare Schicht bei einem Aufschäumen an dem Behälterdeckel angeformt. Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die plastisch verformbare Schicht mit Hilfe von Schrauben am Behälterdeckel befestigt.

[0018] Eine andere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Behälterdeckel und der plastisch verformbaren Schicht ein Bleiabschirmungsdeckel zwischengeschaltet ist. Es liegt dabei im Rahmen der Erfindung, dass der Bleiabschirmungsdeckel mittels eines flächigen Halteelemen-

tes, insbesondere mittels eines Haltebleches an dem Behälterdeckel befestigt ist. In diesem Fall ist das flächige Halteelement bzw. das Halteblech zwischen Bleiabschirmungsdeckel und plastisch verformbarer Schicht angeordnet und somit ist das Aggregat aus Bleiabschirmungsdeckel und flächigem Halteelement bzw. Halteblech zwischen dem Behälterdeckel und der plastisch verformbaren Schicht positioniert. Vorteilhafterweise ist bei dieser Ausführungsform die plastisch verformbare Schicht unmittelbar an dem Bleiabschirmungsdeckel bzw. an dem flächigen Halteelement bzw. an dem Halteblech befestigt. Die Befestigung der plastisch verformbaren Schicht kann dabei mit Hilfe von Schraubverbindungen erfolgen. Die plastisch verformbare Schicht kann aber auch alternativ oder zusätzlich stoffschlüssig mit dem Bleiabschirmungsdeckel bzw. mit dem flächigen Halteelement verbunden sein. So kann die plastisch verformbare Schicht auf den Bleiabschirmungsdeckel bzw. auf das flächige Halteelement geklebt oder geschweißt sein und nach einer Ausführungsform kann die plastisch verformbare Schicht bei einem Aufschäumen an den Bleiabschirmungsdeckel bzw. an das flächige Halteelement angeformt sein. Dass die plastisch verformbare Schicht bei dieser Ausführungsform "unmittelbar" an dem Bleiabschirmungsdeckel bzw. an dem flächigen Halteelement befestigt ist, meint nach einer empfohlenen Ausführungsform, dass insbesondere keine Aufnahmen die plastisch verformbare Schicht umschließen und zwischen der plastisch verformbaren Schicht und dem Bleiabschirmungsdeckel bzw. dem flächigen Halteelement angeordnet sind.

[0019] Grundsätzlich liegt es aber auch im Rahmen der Erfindung, dass die plastisch verformbare Schicht von einer Umhüllung umschlossen ist, insbesondere von einer wasserdichten Umhüllung umschlossen ist. Weiterhin liegt es im Rahmen der Erfindung, dass die plastisch verformbare Schicht in einer umhüllenden Form, insbesondere in einer wasserdichten umhüllenden Form aufgeschäumt wurde.

[0020] Nach einer empfohlenen Ausführungsform der Erfindung ist eine Bleiabschirmung behälterinnenraumseitig auch an dem Behältermantel und an dem Behälterboden vorgesehen. Dann liegt es im Rahmen der Erfindung, dass der gesamte Innenraum des Behälters von einer Bleiabschirmung eingekapselt ist. Die Dicke der Bleiabschirmung liegt bevorzugt zwischen 20 und 140 mm.

[0021] Zweckmäßigerweise grenzen die Seitenwände der plastisch verformbaren Schicht wenigstens bereichsweise an ein Fluid an. Unter den Begriff "Fluid" werden Flüssigkeiten und Gase und insbesondere Luft bzw. Wasser verstanden. Es ist zweckmäßig, dass die Seitenwände der plastisch verformbaren Schicht von der Innenseite des Behältermantels oder von der Innenseite der Bleiabschirmung an dem Behältermantel beabstandet sind. Vorzugsweise beträgt der Abstand zwischen wenigstens einer Seitenwand der plastisch verformbaren Schicht und der Innenseite des Behältermantels bzw. der

Innenseite der Bleiabschirmung 0 bis 100 mm, insbesondere 10 bis 90 mm und bevorzugt 20 bis 90 mm.

[0022] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist ein Lastverteiler zwischen der plastisch verformbaren Schicht und dem Inventar angeordnet. Es ist zweckmäßig, dass der Lastverteiler eine Lastverteilerplatte ist. Gemäß einer anderen Ausführungsform ist der Lastverteiler ein Korbdeckel, welcher das radioaktive Inventar umschließt. Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das radioaktive Inventar selber mit einer den Behälterdeckel zugewandten und parallelen Fläche versehen. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass die dem Behälterdeckel zugewandte und parallele Fläche des radioaktiven Inventars durch kleinteilige Elemente wie etwa Pellets gebildet wird.

[0023] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfasst der Lastverteiler eine Lastverteilerplatte. Zweckmäßigerweise ist die Lastverteilerplatte aus Feinkornbaustahl. Es ist bevorzugt, dass die Lastverteilerplatte 5 bis 40 mm, weiter bevorzugt 10 bis 30 mm und besonders bevorzugt 15 bis 25 mm stark ist. Die 0,2 %-Dehngrenze der Lastverteilerplatte beträgt vorteilhafterweise 600 bis 1600 MPa, weiter vorteilhafterweise 800 bis 1400 MPa und besonders vorteilhafterweise 1000 bis 1200 MPa. Diese Maßnahmen verhindern insbesondere ein Durchstanzen des Lastverteilers.

[0024] Es ist zweckmäßig, dass der Behälterdeckel mittels reversibler Befestigungsmittel an dem Behältermantel befestigt ist. Vorzugsweise umfassen die reversiblen Befestigungsmittel Schraubverbindungen. Die Schrauben der Schraubverbindungen weisen Außengewinde von zweckmäßigerweise 24 bis 64 mm, bevorzugt von 30 bis 56 mm und besonders bevorzugt von 36 bis 48 mm auf.

[0025] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass der Behältermantel eine Stärke von 100 bis 350 mm, vorzugsweise von 120 bis 250 mm und besonders vorzugsweise von 140 bis 180 mm aufweist. Die Innenraumhöhe des Behälters beträgt zweckmäßigerweise von 0,5 bis 10 m und bevorzugt 0,5 bis 5 m. Nach besonders bevorzugter Ausführungsform der Erfindung beträgt die Innenraumhöhe des Behälters 0,6 bis 2 m, insbesondere 0,7 bis 1,5 m. Vorzugsweise sind der Behältermantel und der Behälterboden aus einem Guss. Es ist bevorzugt, dass der Behältermantel und der Behälterboden sowie auch der Behälterdeckel Gusseisen aufweisen. Das Gusseisen ist bevorzugt der Qualität GGG 40 zuzurechnen.

[0026] Zur Lösung des Problems lehrt die Erfindung ferner ein Verfahren zur Herstellung eines Behälters für die Aufnahme von radioaktivem Inventar, insbesondere zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Behälters, wobei der Behälter einen Behälterboden, einen Behältermantel und einen Behälterdeckel umfasst, wobei der Behälter einen Innenraum zur Aufnahme des radioaktiven Inventars umschließt, wobei zwischen dem Behälterdeckel und dem Inventar wenigstens eine plastisch verformbare Schicht angeordnet wird, wobei die plastisch verformbare Schicht derart ausgebildet wird, dass Auf-

prallkräfte wenigstens eines Großteils des Inventars auf wenigstens einen Großteil der Fläche der plastisch verformbaren Schicht gleichmäßig verteilbar sind. Wie oben bereits dargelegt, kann der Behälter nach besonders bevorzugter Ausführungsform der Erfindung auch eine innenseitige Bleiabschirmung aufweisen, wobei die Bleiabschirmung zweckmäßigerweise an der Innenseite des Behälterdeckels und/oder an der Innenseite des Behältermantels und/oder an der Innenseite des Behälterbodens angeordnet ist.

[0027] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass die plastisch verformbare Schicht aus einem Metallschaum besteht bzw. im Wesentlichen aus einem Metallschaum besteht. Gemäß besonders empfohlener Ausführungsform besteht die plastisch verformbare Schicht aus einem Aluminiumschaum bzw. im Wesentlichen aus einem Aluminiumschaum. Vorzugsweise wird der Metallschaum mittels eines Treibmittels aufgeschäumt. Das Treibmittel ist bevorzugt Titanhydrid. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist der Metallschaum durch das Aufschäumen mit dem Behälterdeckel oder mit dem Bleiabschirmungsdeckel bzw. mit dem am Bleiabschirmungsdeckel angeordneten flächigen Halteelement stoffschlüssig verbunden. Vorzugsweise wird der Metallschaum durch das Aufschäumen auch mit einem Lastverteiler stoffschlüssig verbunden. Die Befestigung bzw. Verbindung der plastisch verformbaren Schicht bzw. des Metallschaums kann grundsätzlich auch über Schraubverbindungen stattfinden.

[0028] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die plastisch verformbare Schicht zu einer erheblichen Vereinfachung des Behälters führt. Eine weitere Folge ist, dass der Stoßdämpfer in Form der plastisch verformbaren Schicht eine geringere Höhe aufweist, wodurch mehr nutzbarer Raum zur Verfügung steht. Insbesondere erlaubt die Verwendung von Metallschaum eine wirtschaftliche Herstellung des Stoßdämpfers, welcher die kinetische Energie nahezu vollständig aufnehmen kann. Mittels Kapselungen oder Beschichtungen können die Metallschäume besonders langlebig gestaltet werden. Lastverteiler erlauben eine flächige Verteilung der Aufprallkräfte und vermeiden ein Durchstanzen der plastisch verformbaren Schicht. Hierdurch kann die plastisch verformbare Schicht gefahrlos noch dünner gestaltet werden.

[0029] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung näher erläutert. Es zeigt in schematischer Darstellung:

- Fig. 1 einen Querschnitt eines erfindungsgemäßen Behälters,
 Fig. 2 den Gegenstand gemäß Fig. 1 in einer anderen Ausführungsform und
 Fig. 3 den Gegenstand nach Fig. 1 in einer weiteren Ausführungsform.

[0030] In Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßer Behälter mit einem Behälterboden 2, einem Behältermantel 3 und einem Behälterdeckel 4 ersichtlich. Der Behälter ist hohlzylindrisch ausgeführt und umschließt einen Innenraum 5, in welchem ein nur symbolisch dargestelltes radioaktives Inventar 1 befindlich ist. Der Behälter ist kopfüber dargestellt, um die Situation eines Deckelflachfalls zu verdeutlichen. Im Zeitpunkt des Aufpralls auf eine massive Unterlage trifft das Inventar 1 zeitlich verzögert auf den Behälterdeckel 4 auf, weshalb erhebliche Kräfte auf den Behälterdeckel 4 einwirken. Der Behälterdeckel 4 ist über Schraubverbindungen 8 in Form von 24 M36-Schrauben mit dem Behältermantel 3 verbunden. Die Behälterwände 2, 3, 4 bestehen aus Gusseisen der Qualität GGG 40. Der Behältermantel 3 weist eine Dicke von 160 mm auf, wohingegen der Behälterboden 2 und der Behälterdeckel 4 eine Dicke von jeweils 180 mm aufweisen. Der hohlzylindrische Innenraum 5 weist eine Höhe von 1140 mm auf und besitzt einen Durchmesser von 740 mm.

[0031] Auf der Innenseite des Behälterdeckels 4 ist eine plastisch verformbare Schicht 6 in Form eines Aluminiumschaums befestigt. Der Aluminiumschaum wurde mittels des Treibmittels Titanhydrid aufgeschäumt. Die beim Aufschäumen aufgewendete Wärmeenergie führte zur Verflüssigung des Aluminiums und bei Erkalten des Aluminiumschaums zugleich auch zu einer Befestigung an der Innenseite des Behälterdeckels 4. Beim Aufschäumen wurde der Aluminiumschaum der plastisch verformbaren Schicht 6 nach oben hin durch einen Lastverteiler 7 in Form einer Lastverteilerplatte begrenzt. Demzufolge ist der Lastverteiler 7 auf die gleiche Weise wie der Behälterdeckel 4 mit dem Aluminiumschaum verbunden.

[0032] Der Aluminiumschaum ist in alle Raumrichtungen ungefähr gleich gut plastisch verformbar und daher isotrop. Der Aluminiumschaum ist geschlossenporig und zwecks Wasserdichtheit gekapselt. Er weist eine Dichte von $0,7 \text{ g/cm}^3$, eine Stärke von 70 mm sowie einen Durchmesser bei einer kreisförmigen Fläche von 585 mm auf. Die $0,2 \%$ -Dehngrenze des Lastverteilers 7 in Form einer kreisförmigen Lastverteilerplatte aus Feinkornbaustahl beträgt 1100 MPa. Die Stärke des Lastverteilers 7 beträgt 20 mm.

[0033] In Fig. 2 ist eine andere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Behälters dargestellt. Die gleichen Komponenten wie in Fig. 1 sind hier mit entsprechenden gleichen Bezugszeichen versehen. Dieser Behälter gemäß Fig. 2 weist im Vergleich zu der Ausführungsform nach Fig. 1 eine zusätzliche innere Bleiabschirmung 9 auf. Dabei ist diese Bleiabschirmung 9 behälterinnenseitig sowohl am Behälterboden als auch am Behältermantel sowie als Bleiabschirmungsdeckel 10 am Behälterdeckel 4 angeordnet. Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 wird der Bleiabschirmungsdeckel 10 mittels eines Haltebleches 11 am Behälterdeckel 4 gehalten bzw. fixiert. Zweckmäßigerweise und im Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 ist also zwischen der plastisch verformbaren

Schicht 6 - bevorzugt in Form des Aluminiumschaums - und dem Behälterdeckel 4 das Aggregat aus Bleiabschirmungsdeckel 10 und Halteblech 11 zwischengeschaltet. **[0034]** In der Ausführungsform nach Fig. 3 wird auf das Halteblech 11 verzichtet. Stattdessen wird hier der Bleiabschirmungsdeckel 10 mit Hilfe des Lastverteilers 7 bzw. mit Hilfe der Lastverteilerplatte am Behälterdeckel 4 gehalten bzw. fixiert. Entsprechende in Fig. 3 angeordnete Schraubverbindungen reichen hier von dem Lastverteiler 7 bzw. von der Lastverteilerplatte bis in den Behälterdeckel 4.

Patentansprüche

1. Behälter für die Aufnahme von radioaktivem Inventar (1), umfassend einen Behälterboden (2), einen Behältermantel (3) und einen Behälterdeckel (4), wobei der Behälter einen Innenraum (5) zur Aufnahme des radioaktiven Inventars (1) umschließt, wobei zwischen dem Behälterdeckel (4) und dem Inventar (1) wenigstens eine plastisch verformbare Schicht (6) angeordnet ist, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) derart ausgebildet ist, dass Aufprallkräfte wenigstens eines Großteils des Inventars (1) auf wenigstens einen Großteil der Fläche der plastisch verformbaren Schicht (6) gleichmäßig verteilbar sind.
2. Behälter nach Anspruch 1, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) in senkrechter Richtung eine spezifische Energieaufnahme von 10 bis 50 J/cm³, vorzugsweise von 15 bis 40 J/cm³ und besonders vorzugsweise von 20 bis 30 J/cm³ aufweist.
3. Behälter nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) isotrop verformbar ist.
4. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) ein Metallschaum ist.
5. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) Aluminium aufweist.
6. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) gekapselt und/oder beschichtet ist.
7. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) eine Stärke von 30 bis 200 mm, vorzugsweise von 40 bis 150 mm und besonders vorzugsweise von 50 bis 100 mm aufweist.
8. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) kreis- oder ring-

förmig ausgebildet ist.

9. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) unmittelbar an der Innenseite des Behälterdeckels (4) befestigt ist.
10. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei zwischen der plastisch verformbaren Schicht (6) und dem Behälterdeckel (4) ein Bleiabschirmungsdeckel (10) - und vorzugsweise ein flächiges Halteelement des Bleiabschirmungsdeckels (10) - zwischengeschaltet ist und wobei die plastisch verformbare Schicht (6) unmittelbar am Bleiabschirmungsdeckel (10) bzw. an dem flächigen Halteelement befestigt ist.
11. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Seitenwände der plastisch verformbaren Schicht (6) wenigstens bereichsweise an ein Fluid angrenzen.
12. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei ein Lastverteiler (7) zwischen der plastisch verformbaren Schicht (6) und dem Inventar (1) angeordnet ist.
13. Behälter nach Anspruch 12, wobei der Lastverteiler (7) eine Lastverteilerplatte umfasst.
14. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei der Behälterdeckel (4) mittels reversibler Befestigungsmittel an dem Behältermantel (3) befestigt ist.
15. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei der Behältermantel (3) eine Stärke von 100 bis 350 mm, vorzugsweise von 120 bis 250 mm und besonders vorzugsweise von 140 bis 180 mm aufweist.
16. Verfahren zur Herstellung eines Behälters für die Aufnahme von radioaktivem Inventar (1), insbesondere zur Herstellung eines Behälters gemäß wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei der Behälter einen Behälterboden (2), einen Behältermantel (3) und einen Behälterdeckel (4) umfasst, wobei der Behälter einen Innenraum (5) zur Aufnahme des radioaktiven Inventars (1) umschließt, wobei zwischen dem Behälterdeckel (4) und dem Inventar (1) wenigstens eine plastisch verformbare Schicht (6) angeordnet wird, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) derart ausgebildet wird, dass Aufprallkräfte wenigstens eines Großteils des Inventars (1) auf wenigstens einen Großteil der Fläche der plastisch verformbaren Schicht (6) gleichmäßig verteilbar sind.

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

1. Behälter für die Aufnahme von radioaktivem Inventar (1), umfassend einen Behälterboden (2), einen Behältermantel (3) und einen Behälterdeckel (4), wobei der Behälter einen Innenraum (5) zur Aufnahme des radioaktiven Inventars (1) umschließt, wobei zwischen dem Behälterdeckel (4) und dem Inventar (1) wenigstens eine plastisch verformbare Schicht (6) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die plastisch verformbare Schicht (6) derart ausgebildet ist, dass Aufprallkräfte wenigstens eines Großteils des Inventars (1) auf wenigstens einen Großteil der Fläche der plastisch verformbaren Schicht (6) gleichmäßig verteilbar sind, indem ein Lastverteiler (7) zwischen der plastisch verformbaren Schicht (6) und dem Inventar (1) angeordnet ist, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) ein Metallschaum ist.
2. Behälter nach Anspruch 1, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) isotrop verformbar ist.
3. Behälter nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) Aluminium aufweist.
4. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) gekapselt und/oder beschichtet ist.
5. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) eine Stärke von 30 bis 200 mm, vorzugsweise von 40 bis 150 mm und besonders vorzugsweise von 50 bis 100 mm aufweist.
6. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) kreis- oder ringförmig ausgebildet ist.
7. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) unmittelbar an der Innenseite des Behälterdeckels (4) befestigt ist.
8. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei zwischen der plastisch verformbaren Schicht (6) und dem Behälterdeckel (4) ein Bleiabschirmungsdeckel (10) - und vorzugsweise ein flächiges Halteelement des Bleiabschirmungsdeckels (10) - zwischengeschaltet ist und wobei die plastisch verformbare Schicht (6) unmittelbar am Bleiabschirmungsdeckel (10) bzw. an dem flächigen Halteelement befestigt ist.
9. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Seitenwände der plastisch verformbaren Schicht (6) wenigstens bereichsweise an ein Fluid angrenzen.
10. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der Lastverteiler (7) eine Lastverteilerplatte umfasst.
11. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der Behälterdeckel (4) mittels reversibler Befestigungsmittel an dem Behältermantel (3) befestigt ist.
12. Behälter nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der Behältermantel (3) eine Stärke von 100 bis 350 mm, vorzugsweise von 120 bis 250 mm und besonders vorzugsweise von 140 bis 180 mm aufweist.
13. Verfahren zur Herstellung eines Behälters für die Aufnahme von radioaktivem Inventar (1), insbesondere zur Herstellung eines Behälters gemäß wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei der Behälter einen Behälterboden (2), einen Behältermantel (3) und einen Behälterdeckel (4) umfasst, wobei der Behälter einen Innenraum (5) zur Aufnahme des radioaktiven Inventars (1) umschließt, wobei zwischen dem Behälterdeckel (4) und dem Inventar (1) wenigstens eine plastisch verformbare Schicht (6) angeordnet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die plastisch verformbare Schicht (6) derart ausgebildet wird, dass Aufprallkräfte wenigstens eines Großteils des Inventars (1) auf wenigstens einen Großteil der Fläche der plastisch verformbaren Schicht (6) gleichmäßig verteilbar sind, indem ein Lastverteiler (7) zwischen der plastisch verformbaren Schicht (6) und dem Inventar (1) angeordnet ist, wobei die plastisch verformbare Schicht (6) ein Metallschaum ist.

Fig. 1

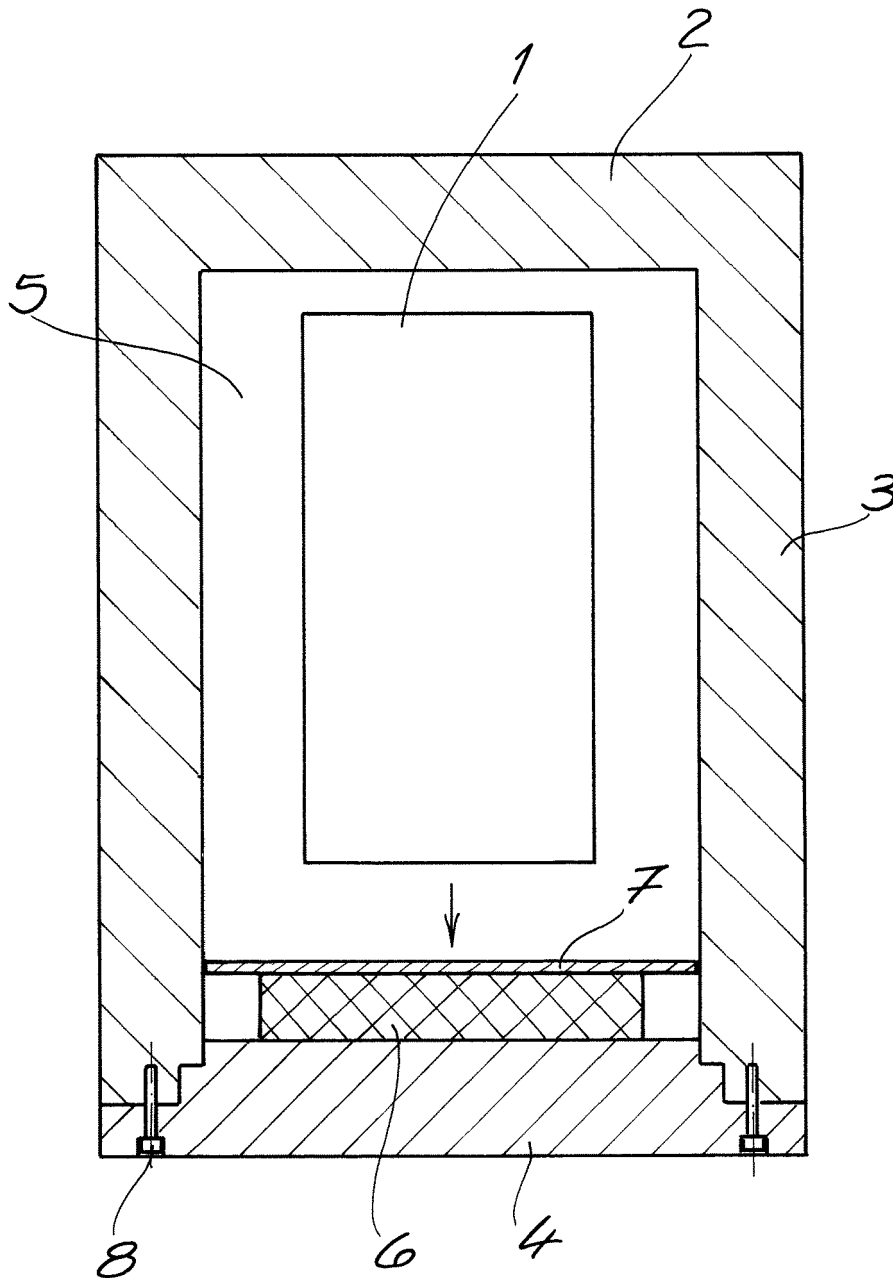


Fig. 2

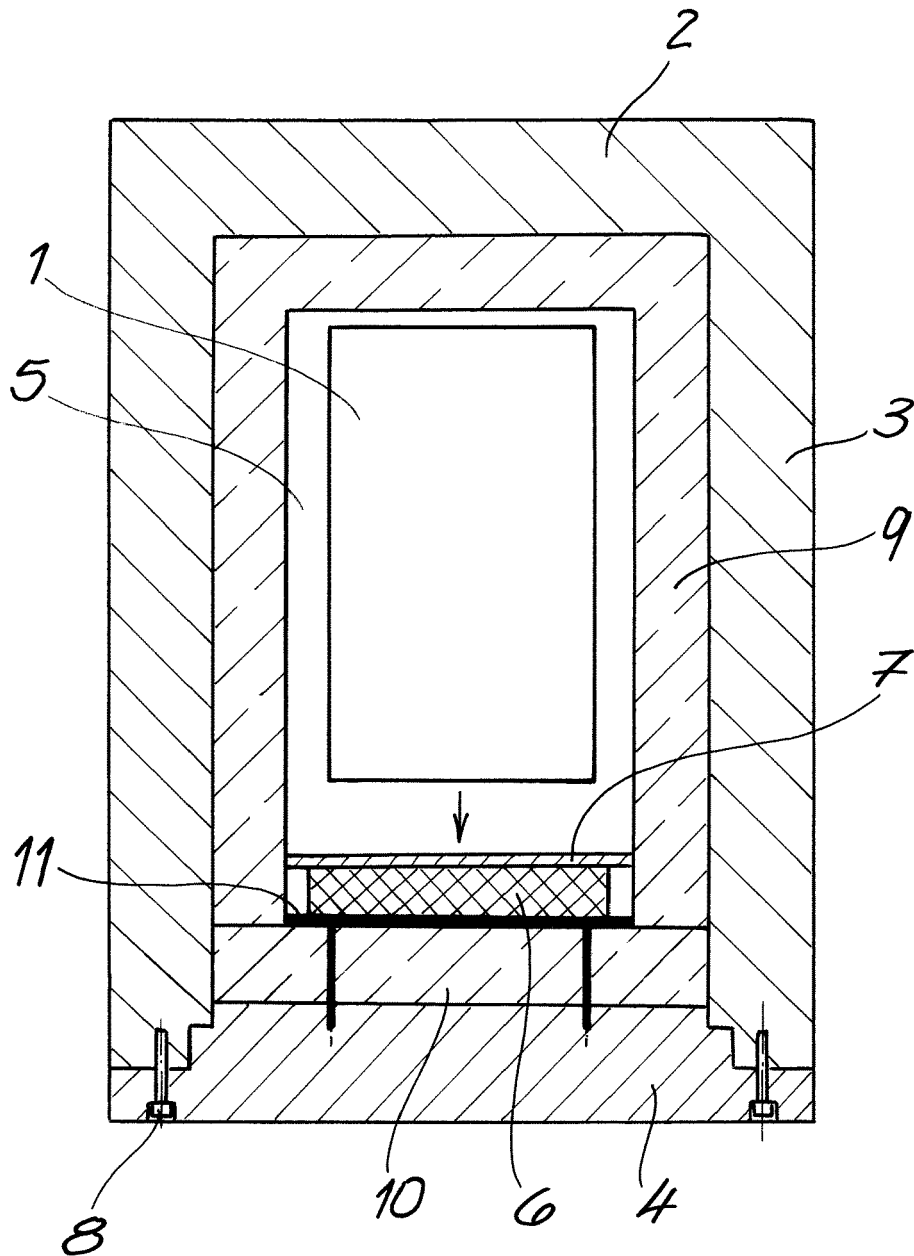
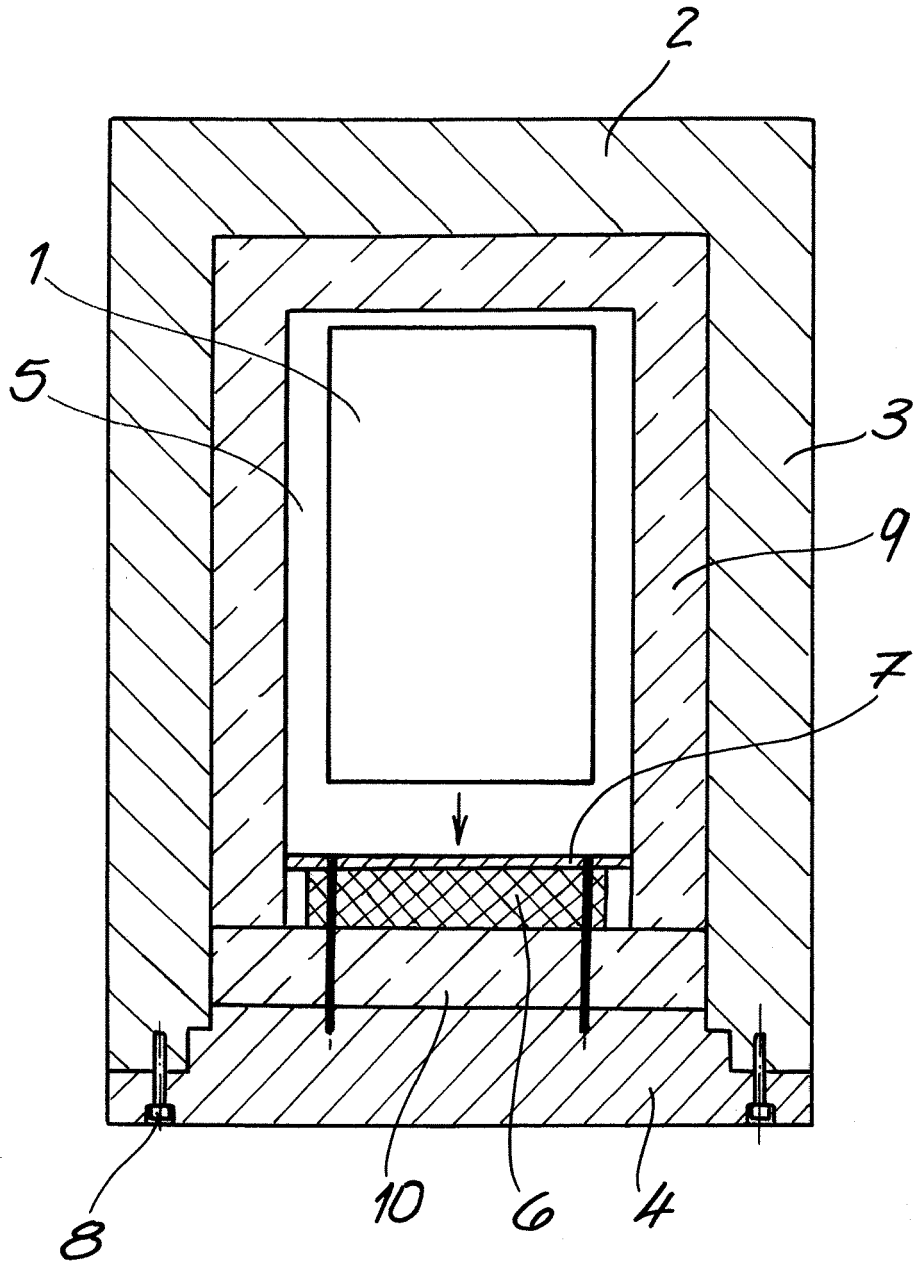


Fig. 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 15 15 6784

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
E	WO 2015/032848 A1 (TN INT [FR]) 12. März 2015 (2015-03-12) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,3-6 * * Seite 7, Zeile 5 - Seite 11, Zeile 7 * -----	1,3,5,6, 8,9, 11-14,16	INV. G21F5/08 G21F5/12
X	EP 2 827 336 A1 (GNS GES FÜR NUKLEAR SERVICE MBH [DE]) 21. Januar 2015 (2015-01-21) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * * Absätze [0007], [0023] - [0028] * -----	1,2,4, 6-9,11, 14-16	
X	CN 203 026 182 U (UNIV NORTH CHINA ELEC POWER) 26. Juni 2013 (2013-06-26) * Absätze [0023] - [0028]; Abbildungen 3,4 * -----	1-4,6,8, 10,14,16	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			G21F
1 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 29. Juli 2015	Prüfer Manini, Adriano
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 15 6784

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

29-07-2015

10
15
20
25
30
35
40
45
50
55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2015032848 A1	12-03-2015	FR 3010226 A1 WO 2015032848 A1	06-03-2015 12-03-2015
EP 2827336 A1	21-01-2015	KEINE	
CN 203026182 U	26-06-2013	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82