

(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
31. Dezember 2003 (31.12.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/001766 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G21F 5/00**
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002073
- (22) Internationales Anmeldedatum:
21. Juni 2003 (21.06.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
102 28 387.7 25. Juni 2002 (25.06.2002) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **POLYGRO TRADING AG** [CH/CH]; Neugasse 7,
CH-6301 Zug (CH).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **TIMPERT, Friedhelm**
[DE/DE]; Am Sonnenhang 18, 21335 Lüneburg (DE).
- (74) Anwälte: **GOSCH, Wolf-Dietrich** usw.; Ballindamm 13,
20095 Hamburg (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AU, CA, CN, IL, IN, JP,
KR, US, ZA.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): eurasisches Patent (AM,
AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- Erklärung gemäß Regel 4.17:**
— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*
- Veröffentlicht:**
— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts*
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.*

(54) Title: CONTAINER SYSTEM FOR THE TRANSPORT AND STORAGE OF HIGHLY REACTIVE MATERIALS

(54) Bezeichnung: BEHÄLTERSYSTEM ZUM TRANSPORT UND ZUR LAGERUNG HOCHRADIOAKTIVER MATERIA-
LIEN

(57) Abstract: The invention relates to a container system for the transport and storage of highly reactive materials, which comprises an outer container (1) that encompasses at least one inner container (2) in which the radioactive material is disposed. The inner container (2) is resiliently received in the inner container so as to absorb shocks. The outer container (1) comprises a cylinder (4) whose jacket (5) consists of prestressed reinforced concrete molded by centrifugal action and is provided with a lid (6) and a bottom plate (7) that consist of reinforced concrete. Like the outer container (1), an intermediate container may consist of prestressed reinforced concrete molded by centrifugal action and may encompass the inner container (2). Preferably, the concrete parts of the outer container (1) and the intermediate container (3) are provided with, e.g., borosilicate as an additional neutron absorber. The resilient mounting of the inner container (3) or the intermediate container (3) consists of a plurality of spring elements (10, 11) that encompass, side by side, in the longitudinal direction of the jacket (5) and on all sides thereof, the intermediate container (3) or the inner container (2). The spring elements (10, 11) for their part are provided with shock absorbers.

(57) Zusammenfassung: Behältersystem zum Transport und zur Lagerung hochradioaktiver Materialien, das aus einem Außenbehälter (1) besteht, der mindestens einen Innenbehälter (2) umschließt, in dem das radioaktive Material angeordnet ist. Dabei ist der Innenbehälter (2) federnd und stoßgedämpft in den Innenbehälter gelagert. Der Außenbehälter (1) besteht aus einem Zylinder (4), dessen Mantel (5) aus vorgespanntem Stahl-Schleuderbeton besteht und mit aus Stahlbeton hergestellten Deckel (6) und Bodenplatte (7) versehen sind. In gleicher Weise wie der Außenbehälter (1) kann ein mittlerer Behälter aus vorgespanntem Stahl-Schleuderbeton bestehen und den Innenbehälter (2) umschließen. Vorzugsweise werden die Betonteile des Außenbehälters (1) und des mittleren Behälters (3) mit z. B. Borosilicat als zusätzlicher Neutronen-Absorber versehen. Die federnde Lagerung des Innenbehälters (2) bzw. des mittleren Behälters (3) besteht aus einer Vielzahl von Federelementen (10, 11), die in Längsrichtung des Mantels (5) nebeneinander den mittleren Behälter (3) bzw. den Innenbehälter (2) allseits umgeben. Die Federelemente (10, 11) sind ihrerseits mit Stoßdämpfern versehen.

WO 2004/001766 A2

Behältersystem zum Transport und zur Lagerung hochradioaktiver Materialien

Entsprechend den IAEA SAFETY STANDARD SERIES - Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material 1996 Edition (Revised) Regulations No. TS-R-1 (ST-1 Revised) der INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY; VIENNA (Deutsche Fassung entsprechend BfS-ET-31/00) Juli 2000 Salzgitter werden an die sog. Typ B Behälter zum Transport und zur Lagerung hochradioaktiver Stoffe sehr hohe Anforderungen gestellt.

Diese Anforderungen sind in der englischen Fassung ST-1, revised, im Detail festgeschrieben. Im wesentlichen sind somit folgende mechanischen, thermischen und radiologischen Nachweise zu erbringen:

Fallversuch aus 9 m Höhe; Dornfallversuch; Erhitzungsprüfung; Wasserdrucktests sowie die Handlingsanforderungen und die Anforderungen aus Analysen vorgekommener Störfälle.

Nach den verkehrsrechtlichen Vorschriften, die weltweit auf den IAEA Regulations basieren und die dem Nachweis der gefahrgutrechtlichen Vorschriften (nach GGVS/ADR, GGVS/RID, GGVSee/JMDG) entsprechen sollen, sind der konstruktiven Auslegung der Versandstücke des Typs B (das sind die Behälter mit einem radioaktiven Inventar oberhalb der Grenzwerte, bei deren Freisetzung noch keine unzulässig hohe Gefährdung auftreten würde) kumulierte mechanische, thermische und radiologische Prüfungen zugrunde zu legen, die die Sicherheit der Behälter auch in schweren Unfällen sicherstellen. Sie sind damit die einzige Kategorie von Gefahrgutverpackungen, bei denen die Sicherheit gegen schwere Unfälle bei der Auslegung berücksichtigt werden muss.

Zu den mechanischen Prüfungen für Typ B - Versandstücke, die herkömmlich massive "Schwerbehälter" sind, gehört die Sequenz 9 m-Fall auf ein unnachgiebiges Fundament und der Fall aus 1 m Höhe auf einen Stahldorn, jeweils in der Position, in der am Behälter die schwerwiegendsten Schäden hervorgerufen werden, was bedeu-

tet, dass für jedes Prüfmuster eine Vielzahl von Fallpositionen beachtet werden muss, da die schwerwiegendste Beanspruchung für unterschiedliche Behälterbauteile oder -bereiche jeweils bei verschiedenen Fallpositionen auftritt. Die an die Fallversuche anschließende thermische Prüfung ist als 30-minütiger Brandversuch mit vollständiger Flammeneinhüllung des Behälters durch ein offen abbrennendes Heizölfeuer definiert, welches den Behälter allseitig mit mindestens 800 °C beaufschlagt. Diese in den IAEA- Regulations festgelegten Prüfanforderungen decken "reale" Unfallsituationen (bis vor dem 11. September 2001) weitgehend mit hohen Sicherheitsreserven ab.

Bei mechanischen Prüfungen ist sehr wesentlich, dass der Behälter auf ein unnachgiebiges Fundament fällt, wie es in dieser Unnachgiebigkeit bei wirklichen Unfällen während des Transportes nicht vorkommt. Da die Behältermasse multipliziert mit der Aufprallverzögerung die auf den Behälter wirkende Stoßkraft ergibt, wirkt beim Aufprall aus 9 m Höhe auf das unnachgiebige Fundament eine Stoßkraft, die bei einem realen nachgiebigeren Fundament erst bei wesentlich höheren Aufprallgeschwindigkeiten erreicht wird. Diese Feststellung, wie auch die Bestätigung, dass insbesondere die Typ B-Versandstücke, die für die Beförderung von abgebrannten Kernbrennstoffen und hochradioaktiven Abfällen benutzt werden, aufgrund ihrer massiven Bauweise über hohe Sicherheitsreserven bei schweren Unfallwirkungen verfügen sollte, wird durch eine Vielzahl von Untersuchungen gestützt.

Darüber hinaus muss der Typ B Behälter den radiologischen Anforderungen entsprechen. Auch diese Anforderungen sind explizit in der ST-1 festgeschrieben.

Auch kann das Behältersystem unter Fortfall dieser Abschirmschicht gegen ionisierende Strahlen z.B. für andere gefährliche Stoffe genutzt werden.

Des weiteren müssen sämtliche Handlingsanforderungen, die beim Umschlag auf der Bahn, der Straße und dem Schiff auftreten, Berücksichtigung finden. Auch die Berücksichtigung von Störfallanalysen müssen entsprechend den IAEA und landesspezifische Anforderungen belegt werden.

Die bisherigen Behälter, speziell CASTOREN halten in verschiedener Hinsicht den Anforderungen der IAEA und den geltenden deutschen Bestimmungen über sicheren Transport und Lagerung nicht stand.

Diese Behältertypen wurden überwiegend als monolithische Objekte aus einem monolithischen Block Kugelgraphit-Gußstahl herausgedreht, ausgehöhlt, mit separaten Bohrlöchern versehen und mit angedrehten Kühlrippen ausgestattet, und sind zur Aufnahme der abgebrannten Brennelemente unter Wasser im Abklingbecken (Nassbeladung), in denen die Brennelemente zur Zwischenabkühlung (min. 5 Jahre) lagern, vorgesehen.

Somit wird der komplette, bearbeitete, immer noch monolithisch dickwandige, zwischen 100 t bis 150 t schwere Behälterblock zur Aufnahme der abgebrannten Brennelemente total ins Abklingbeckenwasser untergetaucht. Mit seiner dem mechanisch bearbeiteten Anthrazitguss charakteristischen spröden Oberfläche muss eine Oberflächenbehandlung vorgenommen werden.

Hier, im kontaminierten Abklingbeckenwasser übernimmt der Kugelgraphitblockbehälter sowohl innen als auch außen starke Kontaminationen auf. Daher ist eine sehr exakte Dekontamination der Außenflächen erforderlich. (1998 führte die verbleibende Außenkontamination zum totalen Handlingsverbot)

Die geforderten Falltests nach IAEA konnten bisher mit dem nackten Behälter nicht dargestellt werden. Der gewählte Werkstoff Kugelgraphit lässt derartig aufzunehmende Kräfte aus Masse multipliziert mit der Beschleunigung wegen des spröden Charakters des Werkstoffes ohne zu zerbersten nicht zu. Der Nachweis konnte entgegen den zwingenden Vorschriften daher nur rechnerisch (mit einer erheblichen Fehlerquote) unrichtig bestimmt werden. Die tatsächlichen Nachweise wurden durch mit Stoßdämpfern versehenen Modellen rechnerisch und praktisch am Pollux- und dem sogenannten Japan-CASTOR-Behälter angeblich erbracht.

Diese Nachweise mit dem Pollux- und dem Japan-CASTOR-Behälter, jeweils ausgerüstet mit großdimensionierten Kopf- und Fußstoßdämpfern ergaben nur

Resultate, die den Dämpfern und nicht der Eigenfestigkeit der Behälter zuzuordnen sind.

Es ergab folgende Erkenntnis: „Nur in Kopf- und Fußstoßdämpfer eingebettete CASTOR-Behälter als integraler Bestandteil des Baumusters stellt ein Typ B-Behältersystem dar.“

Der eigentliche Kugelgraphitbehälter wurde nie einer echten Belastungsprobe unterzogen. Auch die Bedingungen des Flammtests, min 800°C über min. 30 Minuten, wurden nicht erfüllt. Bis heute liegt kein glaubwürdiger Nachweis vor.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Behältersystem der eingangs genannten Art zu schaffen, das die oben dargestellten Anforderungen entsprechend den nationalen und internationalen Vorschriften erfüllt und die für die Nachweise erforderlichen Versuche in der Weise unbeschadet übersteht, dass die Freisetzung von Radioaktivität zuverlässig ausgeschlossen ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Behältersystem aus einem Außenbehälter besteht, der mindestens einen Innenbehälter umschließt, in dem das radioaktive Material angeordnet ist.

Diese Ausführungsform hat den Vorteil, dass sämtliche von Außen auf das Behältersystem einwirkenden schädigenden Einflüsse vollständig oder nahezu vollständig von dem Außenbehälter aufgefangen werden, so dass der Innenbehälter seinerseits von diesen Einflüssen nicht mehr erreicht wird oder aber diese sich jedenfalls nicht so erheblich auf den Innenbehälter auswirken können, dass dieser einer erheblichen Beschädigungsgefahr ausgesetzt wird. Durch die Auswahl entsprechend hoch fester Materialien und trotzdem bedingt elastisch kann der Außenbehälter so gestaltet werden, dass er selbst dann, wenn er selbst beschädigt oder nahezu zerstört wird, er sozusagen ein Opfergefäß für den eigentlichen Behälter dient, der seinerseits vollständig den Anforderungen der IAEA genügt. So kann das Behältersystem auch in der Weise gestaltet sein, dass es zur Sicherung der nicht hinreichend nachgewiesenen Sicherheit handelsüblicher Castor-Behälter in der Weise beiträgt, dass diese

innerhalb eines erfindungsgemäßen Außenbehälters ohne Verwendung von Kopf- und Stoßdämpfern sicher transportiert und gelagert werden können.

Weitere Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden ausführlichen Beschreibung und den beigefügten Zeichnungen, in denen eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung beispielsweise veranschaulicht ist. In den Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1: Einen Längsschnitt durch ein Behältersystem mit einem Außenbehälter, einem mittleren Behälter und einem Innenbehälter;
- Fig. 2: einen Querschnitt durch ein Behältersystem entlang der Linie II-II in Figur 1;
- Fig. 3: einen Längsschnitt durch einen Außenbehälter in Explosionsdarstellung;
- Fig. 4: einen Längsschnitt durch einen mittleren Behälter;
- Fig. 5: einen Längsschnitt durch einen mittleren Behälter mit Innenbehälter;
- Fig. 6: eine Explosionsdarstellung eines mittleren Behälters und eines Innenbehälters im Längsschnitt und
- Fig. 7: einen Längsschnitt durch einen Außenbehälter mit einem von ihm umschlossenen handelsüblichen Castor-Behälter.

Ein erfindungsgemäßes Behältersystem besteht im wesentlichen aus einem Außenbehälter 1, in dem ein Innenbehälter 2 angeordnet ist, der im wesentlichen von einem mittleren Behälter 3 umschlossen ist.

Der Außenbehälter 1 besteht aus einem Zylinder 4, dessen Mantel 5 aus vorgespanntem Stahl-Schleuderbeton besteht. Ferner ist er mit einem Deckel 6 und einer Bodenplatte 7 versehen, die aus Stahlbeton bestehen, vorzugsweise ebenfalls aus vorgespanntem Stahl-Schleuderbeton mit Boroxyd versetzt zur zusätzlichen Moderierung von Neutronen, die aus im Innenbehälter 2 angeordneten radioaktiven Materialien herrühren.

Der Außenbehälter 1 weist in seinem Innenraum 8 an der Innenfläche 9 sowie am Deckel 6 und der Bodenplatte 7 nach innen gerichtete Federelemente 10, 11 auf. Diese Federelemente 10, 11 sind vorzugsweise mit (nicht dargestellten) Stoßdämpfern versehen, wie sie beispielsweise in Eisenbahnwagen-Puffern Verwendung finden.

Die am Mantel 5 angeordneten Federelemente 10 sind rotationssymmetrisch über die Innenfläche 9 verteilt und eine Vielzahl von Federelementen 10 ist in Längsrichtung des Mantels 5 neben- bzw. übereinander angeordnet.

Die am Deckel 6 und der Bodenplatte 7 angeordneten Federelemente 11 sind jeweils gleichmäßig über den Deckel 6 und die Bodenplatte 7 verteilt. Sie weisen vergleichsweise größere Federwege und größere Spannkraft auf als die an der Innenfläche 9 des Mantels 5 vorgesehenen Federelemente 10.

Jedes Federelement 10, 11 ist mit einer (nicht dargestellten) Vorspanneinrichtung versehen, die es in Außenrichtung des Außenbehälters 1 vorspannend beaufschlagt. Dabei können die Vorspanneinrichtungen aus Gewindebolzen bestehen, die den Mantel 5 und den Deckel 6 und die Bodenplatte 7 durchdringen und mit einem Innengewinde in einer Pressscheibe in Eingriff stehen, die das jeweilige Federelement 10, 11 in Richtung auf den Innenraum 8 begrenzt.

Der Innenbehälter 2 ist im wesentlichen von dem mittleren Behälter 3 umgeben, an dessen Mantel 12 und dessen Deckel 13 und Bodenplatte 14 die Federelemente 9, 10 sich federnd abstützen.

Dabei besteht der Mantel 12 des mittleren Behälters 3 aus vorgespanntem Stahl-Schleuderbeton. Auch der Deckel 13 und die Bodenplatte 14 bestehen aus Stahlbeton, vorzugsweise aus vorgespanntem Stahl-Schleuderbeton mit Boroxyd versetzt zur zusätzlichen Moderierung von Neutronen, die aus im Innenbehälter 2 angeordneten radioaktiven Materialien herrühren.

Der mittlere Behälter 3 weist an seiner inneren Mantelfläche 15 und seinem Deckel 13 und seiner Bodenplatte 14 jeweils an ihren Innenflächen 16, 17 Schichten aus Polyethylen 18, 19, 20 auf, die zur Moderierung von Neutronen dienen, die aus radioaktiven Materialien herrühren, die im Innenbehälter 2 angeordnet sind.

Der Innenbehälter 2 ist ebenfalls ein Zylinder, der doppelwandig ausgebildet ist und aus Edelstahl besteht. Zwischen den Innenwandungen 21 und den Außenwandungen 22 seines Mantels 23, seines Deckels 24 und seiner Bodenplatte 25 sind Zwischenräume 26, 27, 28 ausgebildet, in denen ein gamma- und neutronenstrahlenabschirmender Absorber 29 vorgesehen ist. Dabei umschließt der Absorber 29 den Innenraum 30 im wesentlichen so vollständig, dass kein gamma- und neutronenstrahlendurchlassendes Strahlenfenster verbleibt. Der Absorber 29 kann aus abgereichertes Uran (Uranoxyd) oder ähnlichwirkenden Materialien bestehen.

Der Innenbehälter 30 ist sowohl an den Innenflächen 31 der Innenwandungen 21 sowie an den Außenflächen 32 der Außenwandungen 22 mit besonders glatten Oberflächen versehen.

Der Innenbehälter 2 weist an seiner seinem Deckel 24 zugewandten Oberseite 33 einen Ringflansch 34 auf, der den Innenbehälter 2 überkragt und in seinen radialen Außenabmessungen der Außenfläche 35 des mittleren Behälters 3 angepasst ist, so dass die radiale äußere Oberfläche 36 mit der Außenfläche 35 des mittleren Behälters 3 fluchtet.

Der Innenbehälter 2 weist benachbart und innerhalb des Ringflansches 34 einen Befestigungsring 37 auf, der einen Ringspalt zwischen der Innenwandung 21 und der Außenwandung 22 des Innenbehälters 2 verschließt. Der Befestigungsring 37 ist mit

Gewindebohrungen 38 zur Aufnahme von Befestigungsbolzen 39 versehen, die den Deckel 24 des Innenbehälters 2 festlegend durchdringen.

Oberhalb des Deckels 24 des Innenbehälters 2 ist ein Zwischendeckel 40 vorgesehen, der mit Hilfe von Gewindebolzen 41 an dem Ringflansch 34 befestigt ist und der an seiner Unterseite 42 die ihm benachbarte Schicht aus Polyethylen (13) überdeckt.

Der Mantel 5, der Deckel 6 und die Bodenplatte 7 des Außenbehälters 1 sowie der Mantel 12, der Deckel 13 und die Bodenplatte 14 des mittleren Behälters 3 jeweils von Leerrohren 43, 44 durchdrungen sind, in denen Befestigungselemente zum Verspannen und dichten Verschließen des Außenbehälters 1 und des mittleren Behälters 3 angeordnet sind. Die Befestigungselemente 45, 46 bestehen aus Zugankern.

Der Außenbehälter 1 ist benachbart zu seiner Bodenplatte 7 mit Lufteinlassöffnungen 47 und benachbart zu seinem Deckel 6 mit Luftauslassöffnungen 48 versehen, die jeweils in einer Mehrzahl radialsymmetrisch über seinen Mantel 5 verteilt sind. Die Lufteinlassöffnungen 47 und die Luftauslassöffnungen 48 sind verschließbar.

An Stelle des hier dargestellten Innenbehälters 2 mit den Abschirmungen und dem mittleren Behälter kann im Innenraum 8 des Außenbehälters 1 auch ein handelsüblicher Castor-Behälter 49 angeordnet sein und damit einen monolithischen Innenbehälter 50 ausbilden. Die dem CASTOR eigenen Strahlenfenster werden im Innenraum 8 des Außenbehälters 1 durch Schichten aus Polythylen verdeckt.

Der für die Innenbehälter 2 verwendete Edelstahl wird sowohl an seinen Innenwandungen 21 als auch an seinen Außenwandungen 22 besonders glatt hergestellt, um eine etwaige Kontamination so gering wie möglich zu halten bzw. um eine Dekontamination so leicht wie möglich zu gestalten. Die Innenwandungen 21 und die Außenwandungen 22 sind dabei vorzugsweise maximal 40 mm stark. Die in den Zwischenräumen 26, 27, 28 vorgesehenen Absorber 29 bestehen im wesentlichen aus angereichertes Uran (Uranoxyd) oder ähnlichen Baustoffen, die die speziellen Eigenschaften der Gamma- und Neutronenabschirmung nicht nur aus der Masse des

Werkstoffes sondern vorzugsweise auch aus der Werkstoffeigenschaft absorbierend erfüllen.

Die Schichten 18, 19, 20 aus Polyethylen 18, 19, 20 haben ausschließlich die Aufgabe der Neutronenabschirmung. Im Gegensatz zu herkömmlichen Behältern handelt es sich hierbei ebenfalls um einen geschlossenen Behälter. Durch die Aufnahme des Innenbehälters 2 in dem mittleren Behälter 3 entsteht ein weiterer all umfassender Abschirmbehälter mit einem allzusammenhaltenden Corona-Effekt aus vorgespanntem Stahl-Schleuderbeton, wie er beispielsweise in der DE 199 19 703 C2 sehr anschaulich beschrieben ist. Die Verwendung von vorgespannten Stahl-Schleuderbeton führt zu außerordentlich festen, verwindungssteifen und dabei vergleichsweise leichten Baukörpern, die jedenfalls bei geringerem Gewicht wesentlich bessere mechanische Eigenschaften als Kugelgraphit-Gußstahl aufweisen. Auch die Abschirmleistung ist mindestens ebenbürtig. Hinzu kommt, dass vorgespannter Stahl-Schleuderbeton eine höchst homogene glatte äußere Oberfläche aufweist, die ohne eine Farbbeschichtung auskommt und die auch gegebenenfalls ohne großen Aufwand dekontaminiert werden kann.

Der Innenbehälter 2 und der mittlere Behälter 3 weisen im wesentlichen alle erforderlichen Merkmale auf, um für sich genommen schon einem Versandstück nach den IAEA-Bestimmungen zu erfüllen. Um jedoch sicherzustellen, die mechanischen, thermischen und radiologischen Anforderungen auch in den geforderten Testsituationen (Unfalltest, Falltest, Brandtest) zu erfüllen, wird der Innenbehälter 2 und der mittlere Behälter 3 in dem ebenfalls aus vorgespanntem Stahl-Schleuderbeton hergestellten Außenbehälter eingebracht, der in seiner Dimensionierung so groß gestaltet ist, dass er den Innenbehälter 2 und den mittleren Behälter 3 frei schwebend aufnehmen kann.

Dies wird durch die vorgespannten Federelemente 10, 11 bewerkstelligt, die sich an dem mittleren Behälter 3 aus allen Richtungen abstützen. Die aus den genau bemessenen Vorspannfreiräumen erforderlichen Energieverzerrungswege können von den Federwegen der Federelemente 10, 11 proportional aus den Lastfällen verzehrt und in (gedämpfte) Bewegung umgesetzt werden.

Die dabei rotationssymmetrisch über den Mantel 5 des Außenbehälters 1 und in Längsrichtung des Außenbehälters 1 nebeneinander angeordneten Federelemente 10 sind durch ihre Vorspannung so ausgelegt, dass die Masse des Innenbehälters 2 mit dem mittleren Behälter 3 (ca. 80 t) bei horizontaler Lagerung seine mittelpositionsorientierte Lage nur geringfügig verschiebt. Auch in vertikaler Stellung des Außenbehälters 1 werden die darauf angepassten Federelemente 11 am Deckel 6 und der Bodenplatte 7 so ausgelegt, dass sie keine wesentliche Verlagerung des Innenbehälters 2 zulassen. Die jeweilige Federvorspannung ist in jedem Fall so stark, dass das Eigengewicht des Innenbehälters 2 mit dem mittleren Behälter 3 nicht verlagernd wirken.

Das erfindungsgemäße Behältersystem wird wie folgt eingesetzt:

Nachdem sämtliche Federelemente 10, 11 mit ihren Spannelementen 10, 11 soweit vorgespannt werden, dass sie den Mantel 12, den Deckel 13 und die Bodenplatte 14 des mittleren Behälters 3 freigeben, wird dieser aus dem Außenbehälter 1 herausgehoben. Nachdem der Deckel 13 des mittleren Behälters 3, der Zwischendeckel 40 und der Deckel 24 des Innenbehälters 2 entfernt worden sind, wird der mittlere Behälter 3 mit dem Innenbehälter 2 in das Abklingbecken des Atomkraftwerkes abgesenkt und dort wird der Innenraum 30 des Innenbehälters 2 mit den abgebrannten Brennelementen beladen (Nassbeladung).

Nachdem die Beladung abgeschlossen ist, wird der mittlere Behälter 3 gemeinsam mit dem Innenbehälter 2 aus dem Abklingbecken herausgehoben und die Verbindung zwischen Innenbehälter 2 mit dem mittleren Behälter 3 in der Weise gelöst, dass der Innenbehälter 2 aus dem mittleren Behälter 3 herausgehoben wird und in einen weiteren mittleren Behälter 3 eingesenkt wird. Dies hat den Vorteil, dass die an dem erstverwandten mittleren Behälter 3 verbliebene Radioaktivität nicht entfernt werden muss, sondern lediglich diejenigen Bereiche des Ringflansches 34, die unmittelbar im Abklingbecken mit dem radioaktiv belasteten Wasser in Verbindung gebracht worden sind. Zur Beladung eines weiteren Innenbehälters 2 kann der erstverwandte

mittlere Behälter 3 wiederum mit dem Innenbehälter 2 verbunden und in das Abklingbecken gesenkt werden.

Nachdem der Innenbehälter 2 und der mittlere Behälter 3 in den Innenraum 8 des Außenbehälters 1 eingebracht ist, wird der Deckel 6 geschlossen. Daraufhin werden die Federelemente 10, 11 jeweils aufeinander abgestimmt und in der Weise entspannt, dass die Spannelemente herausgedreht werden und die an ihrer Stelle verbleibenden Öffnungen mit entsprechend angepassten Verschlussstopfen versehen werden. Der in dieser Weise mit radioaktivem Material bestückte Außenbehälter ist aufgrund der diversen Abschirmungsmaßnahmen auch ohne jegliche Kontamination außen vollständig strahlungsfrei.

Da abgebrannte Brennelemente noch sehr lange Zeit nach ihrer Nutzung erhebliche Wärmestrahlen absondern, besteht für lange Zeit eine erhebliche thermische Belastung ihrer Umgebung. Dies führt beispielsweise dazu, dass der Innenbehälter 2 und der mittlere Behälter 3 Temperaturen von 300 – 500 °C aufweisen.

Um diese Wärmeenergie nutzen zu können, ist der Außenbehälter 1 benachbart seiner Bodenplatte 7 mit Lufterlassöffnungen 47 versehen, denen korrespondierende Luftauslassöffnungen 48 nahe des Deckels 6 vorgesehen sind. Hierdurch wird durch thermische Auswirkungen (Schwerkraftprinzip) ein Kühleffekt des mittleren Behälters 3 und des Innenbehälters 2 erzielt, wodurch sich die einströmende Luft erwärmt und nach Austritt aus den Luftauslassöffnungen 48 zur Gewinnung von Wärmeenergie verwendet werden kann, so dass eine aufwendige Kühlung und Belüftung des Lagers derartiger Behältersysteme vermieden werden kann. Berechnungen haben ergeben, dass pro Behältersystem mit einer Wärmeenergieausbeute von ca. 20 kw gerechnet werden kann.

Da der mittlere Behälter 3 und der Innenbehälter 2 frei schwebend über die Federelemente 10, 11 in dem Außenbehälter 1 gelagert sind, wird auch zuverlässig eine Übertragung der Wärmeenergie an die Wandungen des Außenbehälters 1 vermieden.

Die Lufteinlassungsöffnungen 47 und Luftauslassöffnungen 48 sind verschließbar ausgebildet, um im Falle eines möglichen Brandes oder für einen Unterwassertest den Innenraum 8 des Außenbehälters 1 wirkungsvoll abzuschirmen.

Das Behältersystem ist durch die Verwendung der hoch festen Materialien und die federnde Aufhängung und damit mechanische Abschirmung des radioaktiven Materials im Innenbehälter 2 und mittleren Behälter 3 gegen jegliche Form mechanischer Einwirkungen von Außen geschützt. Ein im Wege des Fallversuches auf den Außenbehälter 1 einwirkender Schlag oder eine Abfolge von Schlägen wird von diesem ohne größere Beschädigungen aufgenommen, dies insbesondere deshalb, weil lediglich zunächst seine eigene Masse dieser Einwirkung ausgesetzt ist, während der mittlere Behälter 3 und der Innenbehälter 2 lediglich in gedämpfte Bewegungen im Innenraum 8 versetzt werden. Dies geht sogar soweit, dass das Behältersystem auch unversehrt einen Flugzeugabsturz überstehen kann. Es ist so stark dimensioniert, dass es den vorgegebenen Lastfall von 1 t infolge Verzögerung von 300 m/s^2 stand hält. Auch der Herabfall von Deckenkonstruktionen einer Lagerhalle, der einem Flugzeugabsturz nahe kommt, hält das Behältersystem stand. Damit können die nicht hinreichend stabil konstruierten Decken in den genehmigten Zwischenlagern Gorleben, Ahaus und Rügenow weiter genutzt werden.

Auch gegen einen umhüllenden Brand ist das Behältersystem hinreichend geschützt. Nach den IAEA-Regeln muss ein Behälter mindestens einer $800 \text{ }^{\circ}\text{C}$ total umhüllende Flammeneinwirkung über eine Einwirkungszeit von mindestens 30 min. aushalten. Das erfindungsgemäße System hält mindestens 3 Stunden bei einer Umgebungstemperatur von $1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$ stand (New York-Erfordernis).

Bereits der Innenbehälter 2 mit dem mittleren Behälter 3 erbringen alle radiologischen Anforderungen, speziell durch die abgebrannten Kernbrennstoffe. Das angereicherte Uran (Uranoxyd) usw. entfalten eine Abschirmkraft, so dass die außerhalb des Innenbehälters 2 bereits gemessene Aktivität deutlich niedriger ist als vorgeschrieben.

Das Behältersystem ist auch optimal gegen die Einwirkung von panzerbrechenden Geschossen geschützt, wie dies vor dem Hintergrund terroristischer Aktivitäten zu fordern ist. Für den Fall, dass ein panzerbrechendes Geschoss auf den Außenbehälter 1 einwirkt, fängt dieser bereits die Geschossenergie wegen seiner hohen Festigkeit vollständig ab. Selbst für den Fall, dass ein panzerbrechendes Geschoss ein kleines Loch in den Außenbehälter 1 schlagen und die üblicherweise durch eine Hohlladung erzeugte Heißgas-Druckwelle in den Innenraum 8 des Außenbehälters 1 eindringen sollte, würde sich dieses Gas in den Innenraum 8 gleichmäßig verteilen und ebenfalls gleichmäßig von Außen auf den mittleren Behälter 3 und den Ringflansch 34 des Innenbehälters 2 einwirken, ohne dort irgendwelchen Schaden anrichten zu können.

Der kurzfristige sich aufbauende Überdruck entweicht auch durch die Lufteinlass- 47 und Luftauslassöffnungen 48.

Die zuvor geschilderten Vorzüge des Behältersystems können auch ausgenutzt werden, um die nach den bisher geltenden Vorschriften nicht bzw. nicht mehr zulässigen Castor-Behälter 49 weiter verwenden zu können. Diese müssten ansonsten ausgemustert werden, wodurch angesichts der vergleichsweise hohen Stückzahl bereits existierender Behälter ein erheblicher volkswirtschaftlicher Schaden entstünde. Deswegen ist der Außenbehälter 1 in seinen Abmessungen auch so gestaltet, dass er einen entsprechenden Castor aufnehmen und abfedern und dabei die bisher verwendeten Transport-Handlings- und Lagereinrichtungen auch dafür weiter nutzen kann.

Behältersystem zum Transport und zur Lagerung hochradioaktiver Materialien**Patentansprüche:**

1. Behältersystem zum Transport und zur Lagerung hochradioaktiver Materialien, dadurch gekennzeichnet, dass es aus einem Außenbehälter (1) besteht, der mindestens einen Innenbehälter (2) umschließt, in dem das radioaktive Material angeordnet ist.
2. Behältersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenbehälter (2) federnd in dem Außenbehälter (1) gelagert ist.

3. Behältersystem nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Außenbehälter aus einem Zylinder (4) besteht, dessen Mantel (5) aus vorgespanntem Stahl-Schleuderbeton besteht unter Zugabe von z.B. Boroxyd als zusätzlichen Neutronen-Absorber.
4. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Außenbehälter einen Deckel (6) und eine Bodenplatte (7) aufweisen, die aus Stahlbeton bestehen unter Zugabe von z.B. Boroxyd als zusätzlicher Neutronen-Absorber.
5. Behältersystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Deckel (6) und die Bodenplatte (7) aus vorgespanntem Stahl-Schleuderbeton bestehen unter Zugabe von z.B. Boroxyd als zusätzlichen Neutronen-Absorber.
6. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass an der Innenfläche (9) des Mantels (5), an dem Deckel (6) und an der Bodenplatte (7) jeweils in den Innenraum (8) des Außenbehälters (1) gerichtete Federelemente (10, 11) angeordnet sind.
7. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Federelemente (10, 11) mit Stoßdämpfern versehen sind.
8. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die an dem Deckel (6) und der Bodenplatte (7) vorgesehenen Federelemente (11) lange Federwege und hohe Spannkraft aufweisen.
9. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die an dem Mantel (5) angeordneten Federelemente (10) kurze Federwege und vergleichsweise geringere Spannkraft aufweisen.
10. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die am Mantel (5) angeordneten Federelemente (10) rotationssymmetrisch über dessen Innenfläche (9) verteilt sind.

11. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vielzahl von Federelementen (10) in Längsrichtung des Mantels (5) nebeneinander angeordnet sind.
12. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Federelement (10, 11) mit einer Vorspanneinrichtung versehen ist, die es in Außenrichtung des Außenbehälters (1) vorspannend beaufschlagt.
13. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorspanneinrichtungen aus Gewindebolzen bestehen, die den Mantel (5), den Deckel (6) und die Bodenplatte (7) durchdringen und mit einem Innengewinde in einer Pressscheibe im Eingriff stehen, die das Federelement (10, 11) in Richtung auf den Innenraum begrenzt.
14. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenbehälter (2) von einem mittleren Behälter (3) im wesentlichen umgeben ist, an dessen Mantel (12), dessen Deckel (13) und Bodenplatte (14) sich die Federelemente (10, 11) federnd abstützen.
15. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Mantel (12) des mittleren Behälters (3) aus vorgespanntem Stahl-Schleuderbeton besteht unter Zugabe von z.B. Boroxyd als zusätzlichen Neutronen-Absorber.
16. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Deckel (13) und die Bodenplatte (14) des mittleren Behälters (3) aus Stahl-Schleuderbeton bestehen unter Zugabe von z.B. Boroxyd als zusätzlichen Neutronen-Absorber.
17. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Deckel (13) und die Bodenplatte (14) des mittleren Behälters (3) aus vorgespanntem Stahl-Schleuderbeton bestehen unter Zugabe von z.B. Boroxyd als zusätzlichen Neutronen-Absorber.

18. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der mittlere Behälter (3) an seiner inneren Mantelfläche (15), seinem Deckel (13) und seiner Bodenplatte (14) an ihren Innenflächen (15, 16, 17) mit einer Schicht aus Polyethylen (18, 19, 20) zur Moderierung von Neutronen versehen ist, die aus im Innenbehälter (2) angeordneten radioaktiven Materialien herrühren.
19. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenbehälter (2) doppelwandig ausgebildet ist und in seinen zwischen Innenwandungen (21) und Außenwandungen (22) seines Mantels (23), seines Deckels (24) und seiner Bodenplatte (25) ausgebildeten Zwischenräumen (26, 27, 28) einen Gamma- und Neutronenstahlen abschirmenden Absorber (29) aufweist.
20. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Absorber (29) den Innenraum (30) des Innenbehälters (2) im wesentlichen vollständig umschließt.
21. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Absorber (29) aus abgereichertem Uran (Uranoxid) oder ähnlich wirkendem Material besteht.
22. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenbehälter (2) aus Edelstahl mit kontaminationsmindernden glatten Oberflächen besteht.
23. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenbehälter (2) an seiner seinem Deckel (24) zugewandten Oberseite einen Ringflansch (24) aufweist, der den Innenbehälter (2) überkragt und in seinen radialen Außenabmessungen der Außenfläche des Mantels (12) des mittleren Behälters (3) angepasst ist.
24. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenbehälter (2) benachbart und innerhalb des Ringflansches (34) einen Ringspalt zwischen der Innenwandung (21) und der Außenwandung (22) abschließenden

Befestigungsring (37) aufweist, der mit Gewindebohrungen (38) zur Aufnahme von Befestigungsbolzen (39) versehen ist, die den Deckel (24) des Innenbehälters (2) festlegend durchdringen.

25. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass oberhalb des Deckels (24) des Innenbehälters (2) ein Zwischendeckel (40) vorgesehen ist, der mit Hilfe von Gewindebolzen (41) an dem Ringflansch (34) befestigt ist und der an seiner Unterseite (42) die ihm benachbarte Schicht aus Polyethylen (13) überdeckt.
26. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Mäntel (5, 12), die Deckel (6, 13) und die Bodenplatten (7, 14) des Außenbehälters (1) und des mittleren Behälters (3) in Längsrichtungen der Mäntel (5, 12) jeweils von Leerrohren (43, 44) durchdrungen sind, in denen Befestigungselemente (45, 46) zum Verspannen und dichten Verschließen des Außenbehälters (1) und des mittleren Behälters (3) angeordnet sind.
27. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Befestigungselemente (45, 46) aus Zugankern bestehen.
28. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass der Außenbehälter (1) benachbart zu seiner Bodenplatte (7) Lufteinlassöffnungen (47) und benachbart zu seinem Deckel (6) Luftauslassöffnungen (48) aufweist, die jeweils in einer Mehrzahl radialsymmetrisch über seinen Mantel (5) verteilt sind.
29. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Lufteinlassöffnungen (47) und die Luftauslassöffnungen (48) verschließbar sind.
30. Behältersystem nach Anspruch 1 bis 13, 27 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass der im Außenbehälter (1) angeordnete Innenbehälter (2) aus einem handelsüblichen sogenannten Castor-Behälter (49) besteht.

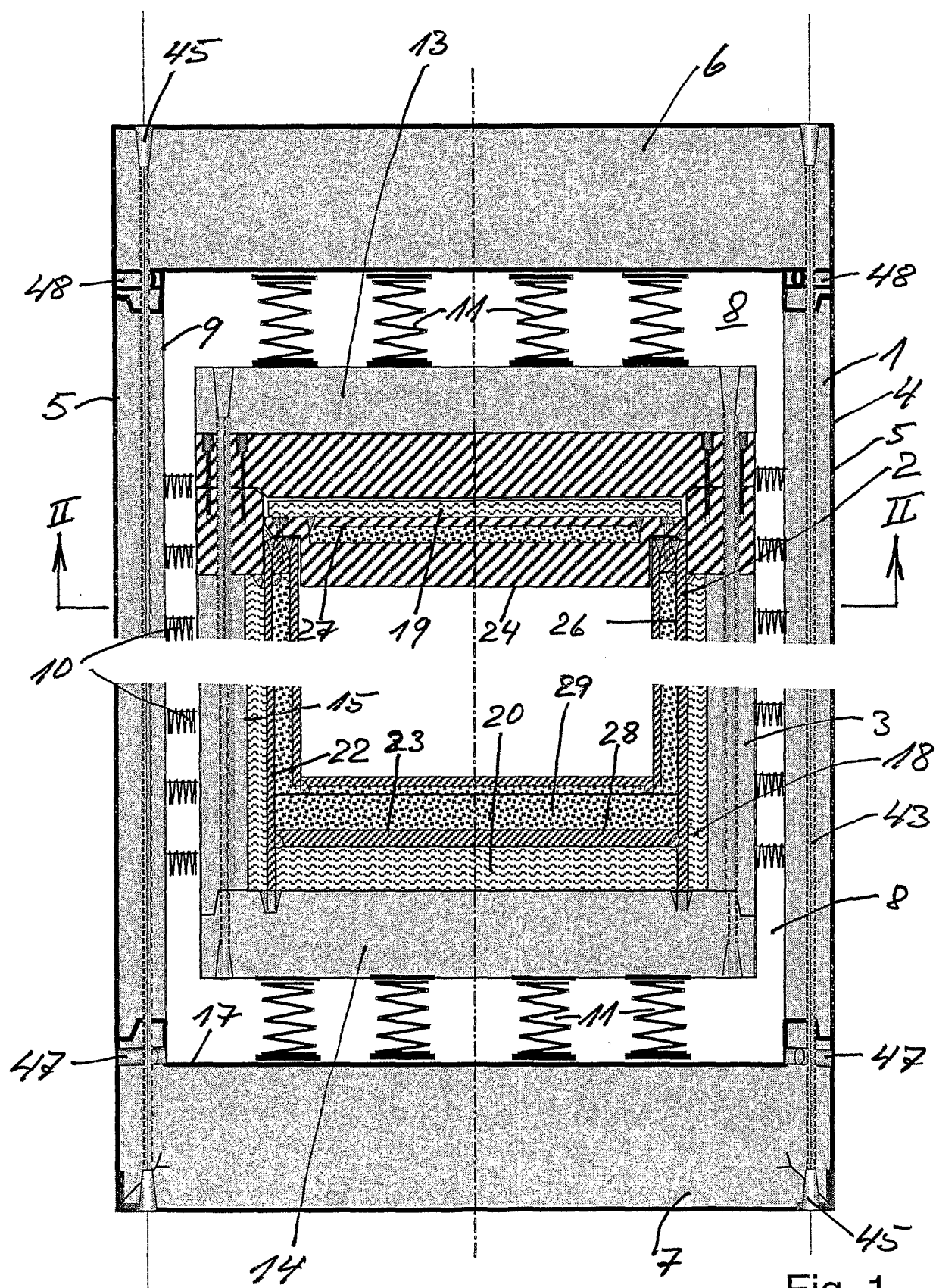


Fig. 1

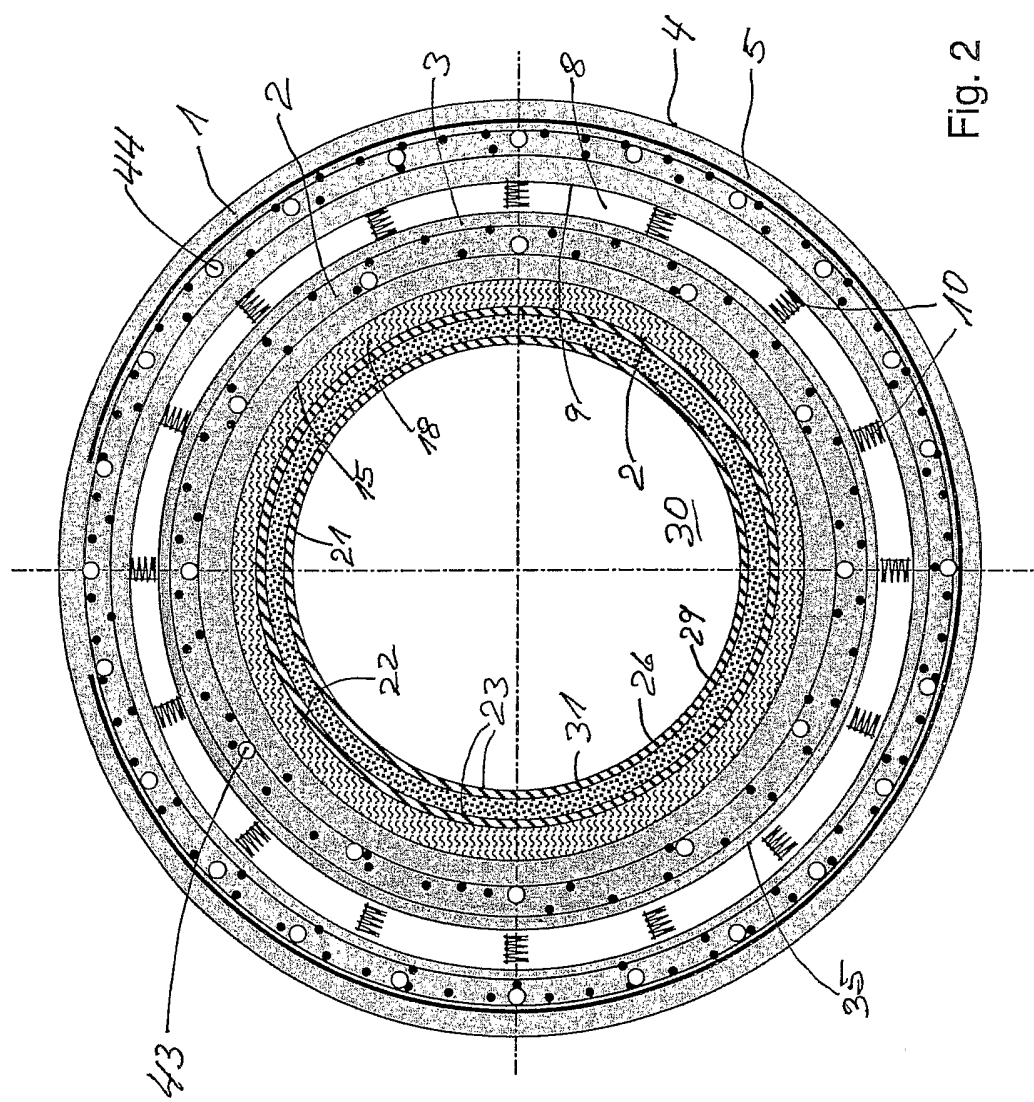


Fig. 2

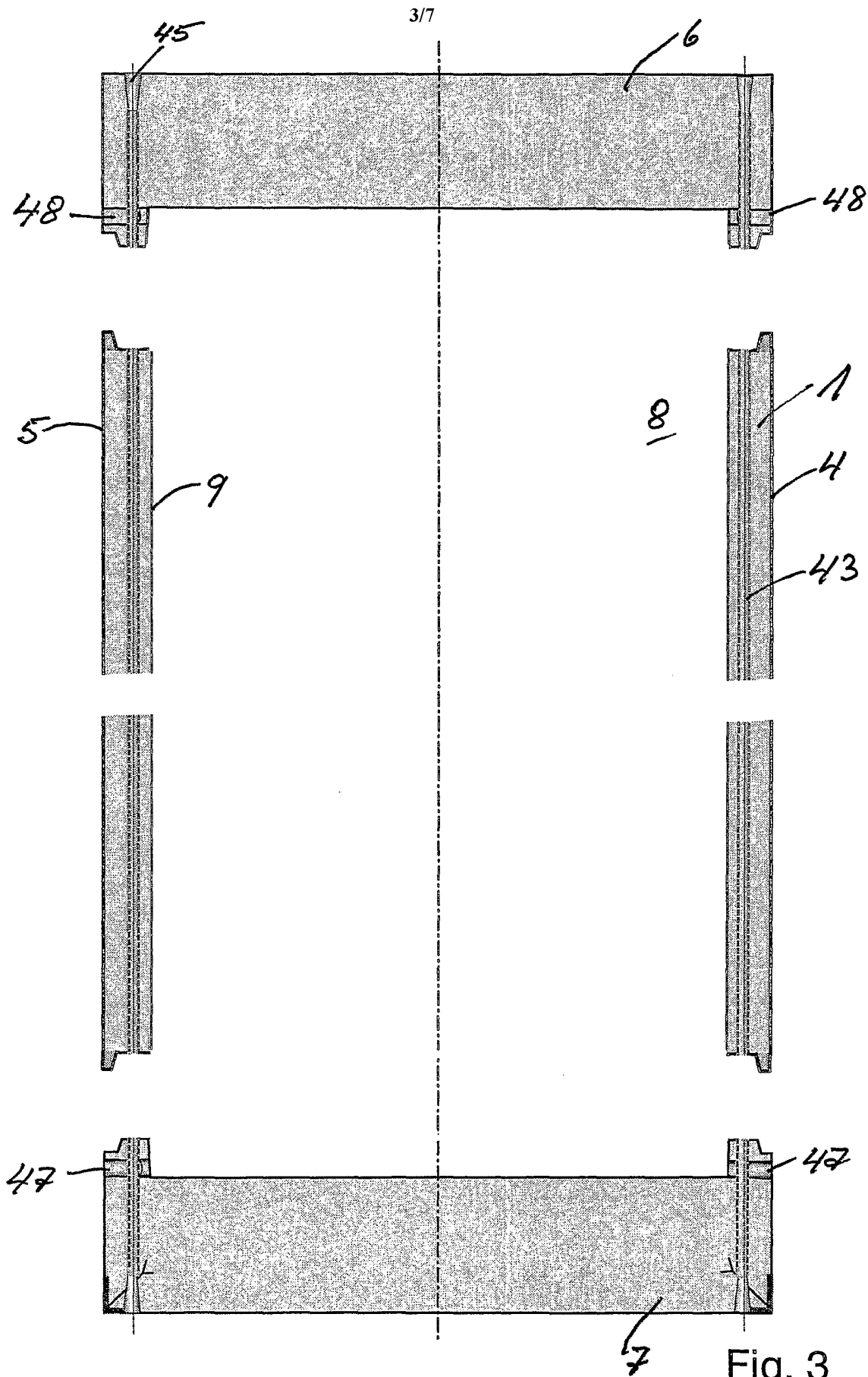


Fig. 3

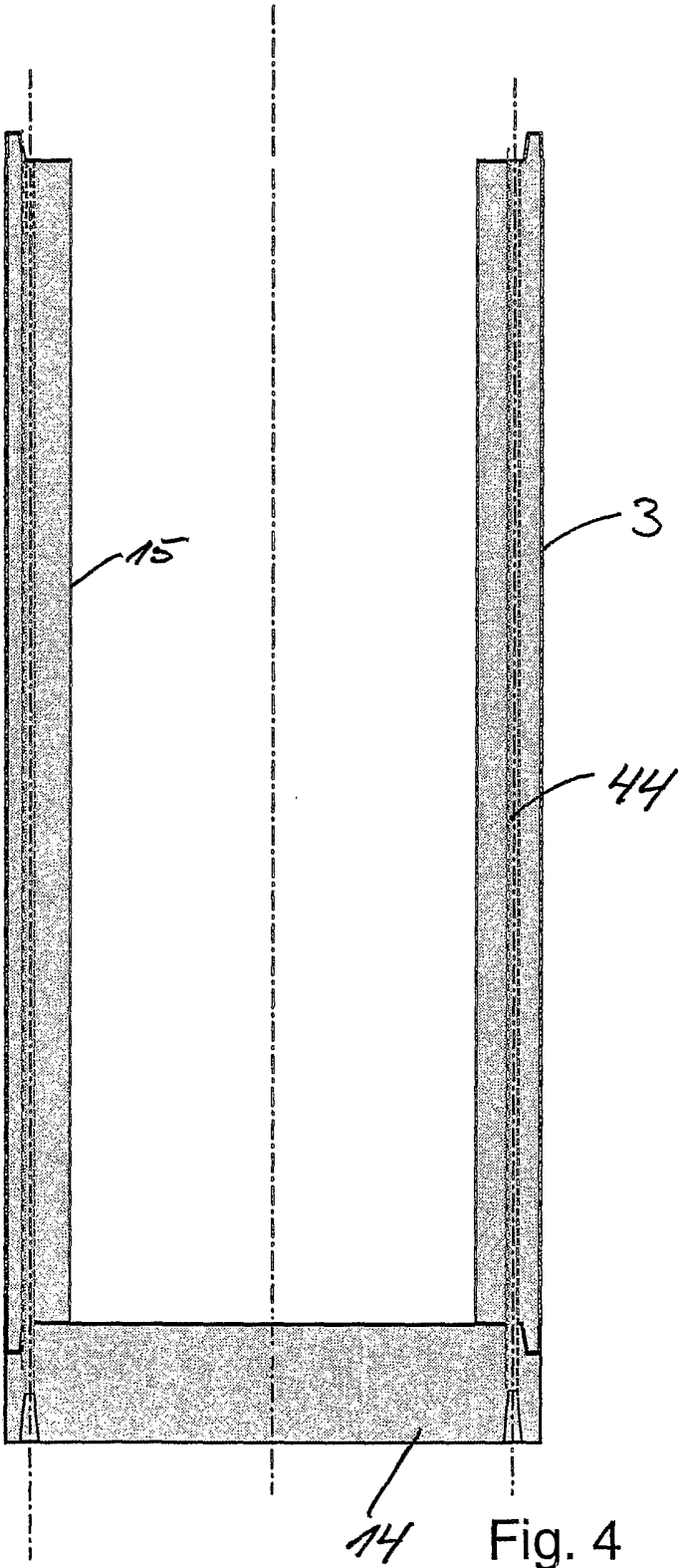
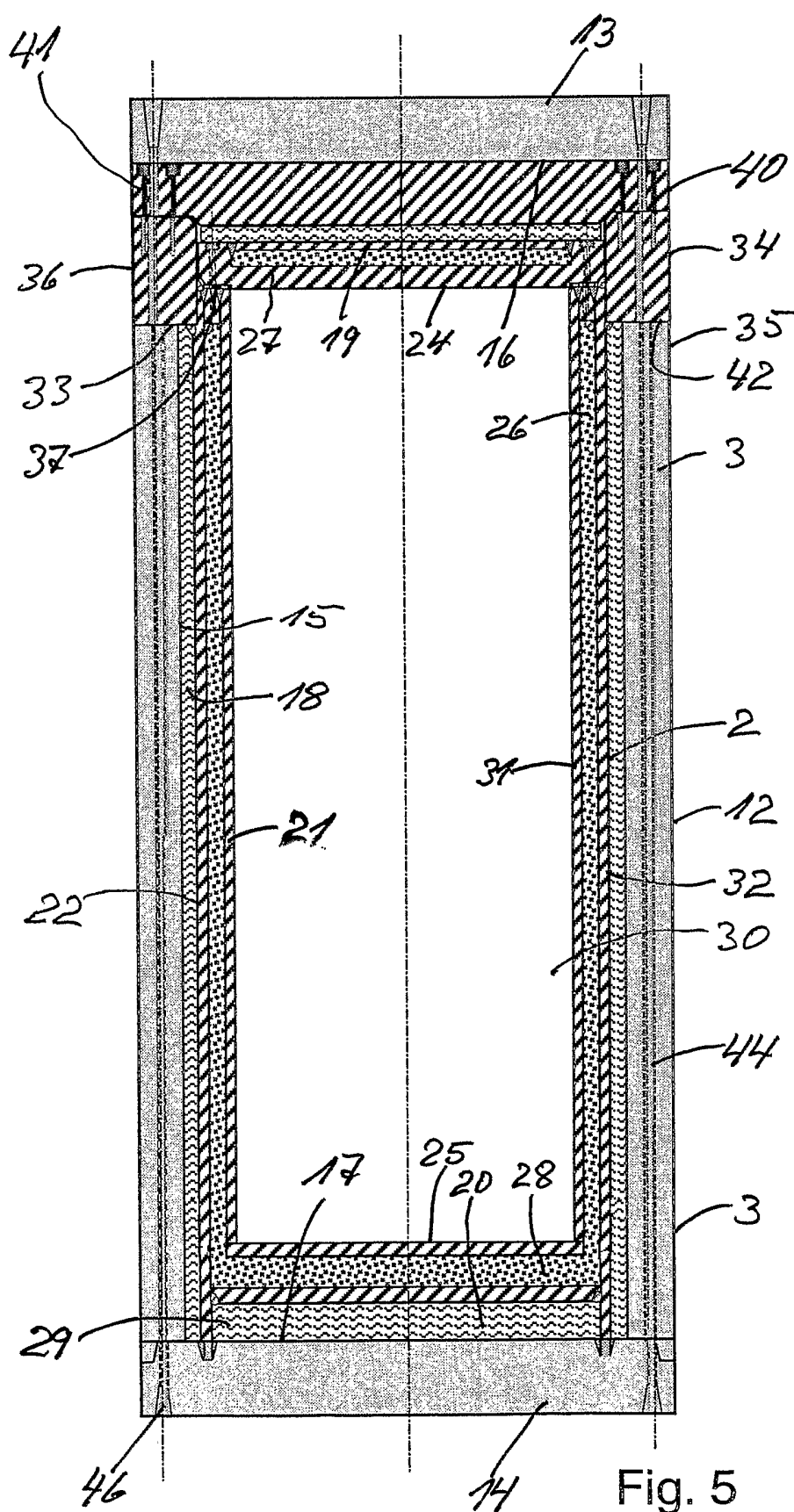
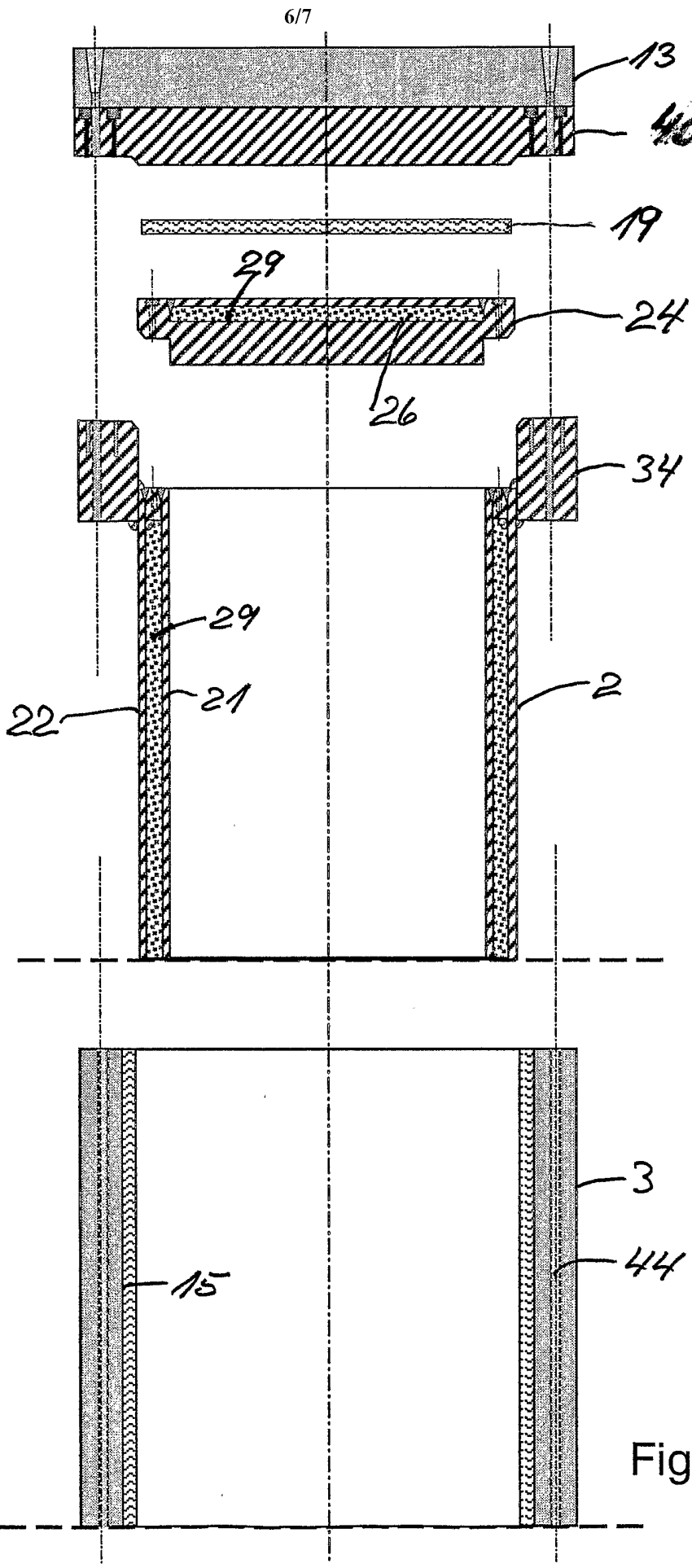


Fig. 4





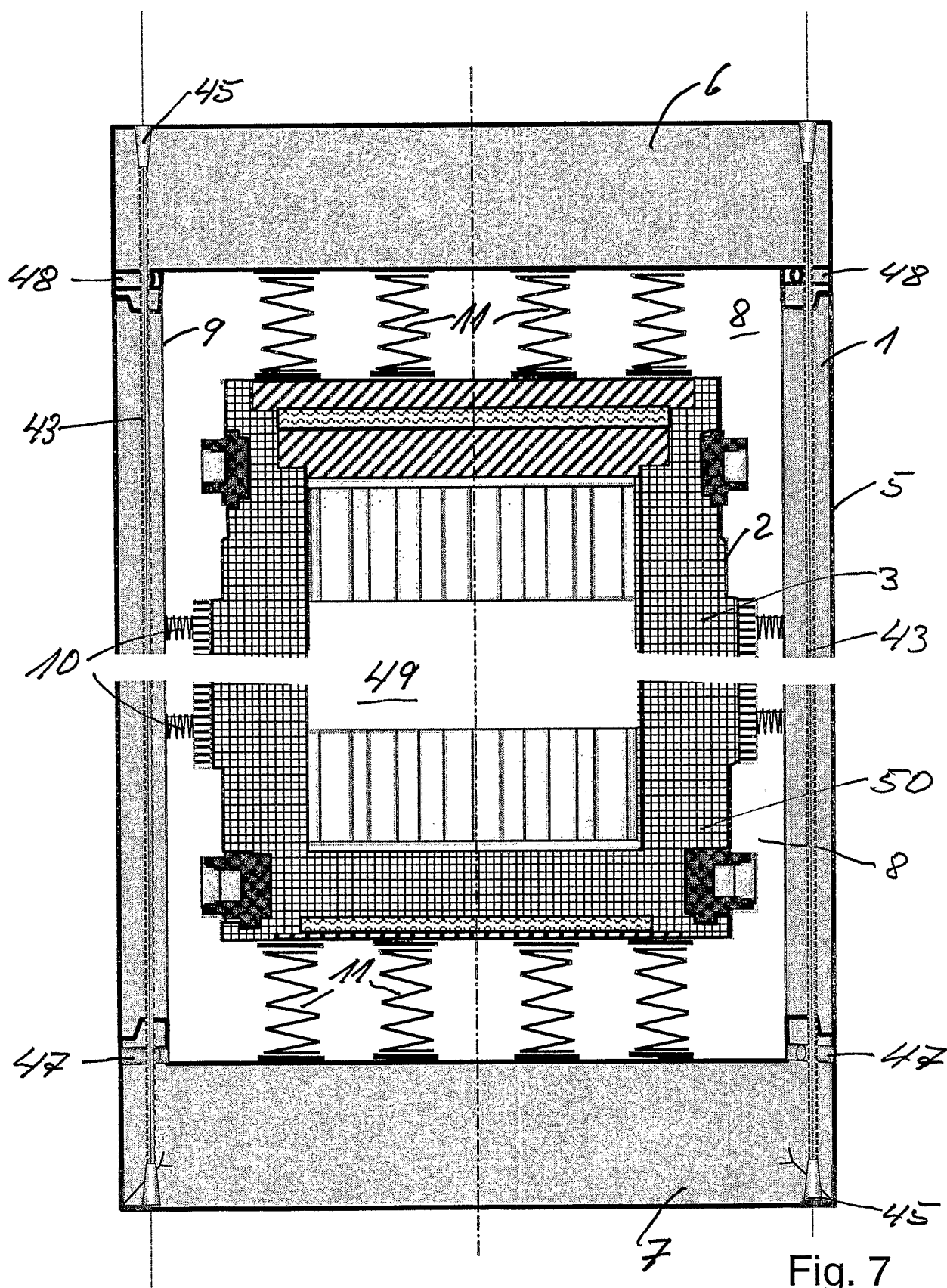


Fig. 7