



(11)

**EP 2 706 536 A1**

(12)

# **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**12.03.2014 Patentblatt 2014/11**

(51) Int Cl.:  
**G21F 7/015<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **12183888.2**

(22) Anmeldetag: **11.09.2012**

(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**

(72) Erfinder: **Stratmann, Werner**  
**32457 Porta Westfalica (DE)**

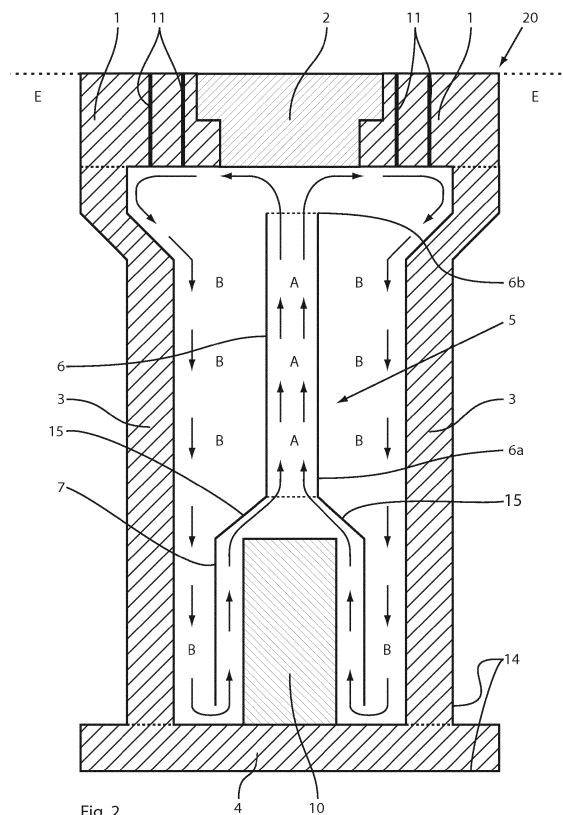
(74) Vertreter: **Zenz**  
**Patent- und Rechtsanwälte**  
**Rüttenscheider Straße 2**  
**45128 Essen (DE)**

(71) Anmelder: **STEAG Energy Services GmbH**  
**45128 Essen (DE)**

(54) **Oberflächennahes Langzeit-Zwischenlager zur Einlagerung von wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen mit passiver Wärmeabfuhr und Verfahren zur Einlagerung in einem Langzeit-Zwischenlager**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein oberflächennahes Langzeit-Zwischenlager zur Einlagerung von wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen sowie ein entsprechendes Verfahren.

Aktuelle oberirdische Zwischenlager sind für eine maximale Betriebsdauer von 40 Jahren ausgelegt, wobei davon auszugehen ist, dass in dieser Zeitspanne kein Endlager errichtet sein wird. Zur Überbrückung der sich ergebenden zeitlichen Lücke stellt die Erfindung ein Oberflächennahes Langzeit-Zwischenlager zur Einlagerung von wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen bereit. Dieses umfasst eine Bodenplatte (4), eine Seitenwandung (3) und eine Abdeckung (1), die einen Lagerbereich begrenzen, und zumindest eine in dem Lagerbereich angeordnete Fluidleiteinrichtung (5) mit zumindest einem Kaminabschnitt (6) und zumindest einem Basisabschnitt (7), wobei der Basisabschnitt (7) in einem Behälter (10) angeordneten wärmeentwickelnden radioaktiven Abfall teilweise umgibt. Die Fluidleiteinrichtung (5) definiert einen ersten Strömungsweg (A) für erwärmtes Fluid und einen zweiten Strömungsweg (B) für abgekühltes Fluid und führt erwärmtes Fluid über ein Fluidaustrittende (6b) der Abdeckung (1) zu, welche Wärme aus dem erwärmten Fluid aufnimmt, wobei die Fläche der Abdeckung (1) von der Wärmeleistung des wärmeentwickelnden radioaktiven Abfalls (10) abhängig ist.



**EP 2 706 536 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein oberflächennahes Langzeit-Zwischenlager zur Einlagerung von wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen mit passiver Wärmeabfuhr sowie ein entsprechendes Verfahren.

**[0002]** Bei der Zwischenlagerung von wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen hat neben der Strahlungsabschirmung die sichere Wärmeabfuhr höchste Priorität. Beispielsweise weisen die für die trockene Zwischenlagerung vorgesehenen Transport- und Lagerbehälter mit passiver Wärmeabfuhr zu Beginn der Zwischenlagerung Wärmeleistungen von bis zu 40 kW auf. Nach einer 40-jährigen Lagerzeit klingt die Nachzerfallsleistung innerhalb des Transport- und Lagerbehälters lediglich auf Werte zwischen ca. 15 und 20 kW ab, d.h. eine weitere Kühlung der Transport- und Lagerbehälter ist unbedingt erforderlich.

**[0003]** Zurzeit zugelassene oberirdische Zwischenlagertypen sind auf eine maximale Betriebslaufzeit von 40 Jahren ausgelegt. Nach Ablauf dieser maximalen Betriebslaufzeit müssen die eingelagerten Abfälle aus dem Lager entfernt werden, bevor diese zurück gebaut werden kann. Nach aktuellem Stand der Endlagerfindung kann jedoch davon ausgegangen werden, dass diese noch bis zu 70 Jahre in Anspruch nehmen wird, d.h. es klafft eine zeitliche Lücke zwischen einer möglichen Inbetriebnahme eines Endlagers und des Ablaufs der maximalen Betriebslaufzeit aktuell betriebener Zwischenlager. Zur Überbrückung dieser zeitlichen Lücke ist es nach heutigem Kenntnisstand notwendig, weitere oberirdische Zwischenlager zu errichten und den wärmeentwickelnden Abfall in ein neues Zwischenlager zu verbringen.

**[0004]** Ein weiterer Nachteil oberirdischer Zwischenlager ist, dass diese "offen" gegenüber der Umgebung sind, damit ein permanenter Luftstrom zur Kühlung der Transport- und Lagerbehälter möglich ist. Dazu weisen die oberirdischen Zwischenlager große Lüftungsöffnungen auf, die gegen Einwirkungen von außen zu schützen sind.

**[0005]** Zu den wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen gehören vor allem abgebrannte Brennelemente sowie hochradioaktive flüssige Abfälle (Spaltproduktlösungen) aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente, die aufkonzentriert und in Glas eingeschmolzen werden.

**[0006]** Temperaturberechnungen zeigen, dass bei einer unterirdischen Lagerung mit lediglich einer passiven Wärmeabfuhr über die Wärmeleitung in umliegende Bodenschichten mit bekannten Zwischenlagern eine sichere Wärmeabfuhr bei Einhaltung behälterspezifischer Maximaltemperaturen nicht gewährleistet werden kann.

**[0007]** Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein alternatives Langzeit-Zwischenlager mit einer passiven Wärmeabfuhr sowie ein entsprechendes Lagerverfahren zur Verfügung zu stellen.

**[0008]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß von einem Langzeit-Zwischenlager gemäß Anspruch 1 gelöst.

**[0009]** Das erfindungsgemäße Langzeit-Zwischenlager ist unterirdisch, aber oberflächennah im Erdboden angeordnet, und zwar derart, dass die von dem eingelagerten Abfall erzeugte Wärme an die Oberfläche abgeführt werden kann.

**[0010]** Das oberflächennahe Langzeit-Zwischenlager umfasst eine Bodenplatte, eine Seitenwandung und eine Abdeckung, die einen Lagerbereich begrenzen. In dem Lagerbereich ist zumindest eine Fluidleiteinrichtung angeordnet. Die Fluidleiteinrichtung umfasst zumindest einen Kaminabschnitt mit einem Fluideintrittende und einem Fluidaustrittende und zumindest einen Basisabschnitt, wobei der Basisabschnitt in einem Behälter angeordneten wärmeentwickelnden radioaktiven Abfall teilweise umgibt.

**[0011]** Die Fluidleiteinrichtung definiert einen ersten Strömungsweg für erwärmtes Fluid und einen zweiten Strömungsweg für abgekühltes Fluid und führt erwärmtes Fluid über das Fluidaustrittende des Kaminabschnittes der Abdeckung zu, welche Wärme aus dem zugeführten erwärmten Fluid aufnimmt und der Oberfläche zuführt. Die Fläche der Abdeckung ist dabei von der Wärmeleistung des eingelagerten Abfalles abhängig, d.h. dass bei Einlagerung von radioaktivem Abfall mit einer hohen Wärmeleistung eine Abdeckung mit einer größeren Fläche vorzusehen ist, so dass eine ausreichende Fläche zur Aufnahme der Wärme aus dem erwärmten Fluid und Abgabe der Wärme bereitsteht.

**[0012]** Bei dem erfindungsgemäßen Langzeit-Zwischenlager umgibt der Basisabschnitt den wärmeentwickelnden Abfall zumindest teilweise, wobei der wärmeentwickelnde radioaktive Abfall das ihn umgebende Fluid aufwärmt, dessen Dichte mit der Erwärmung abnimmt und geringer ist bzw. wird als die Dichte des Fluides außerhalb des Basisabschnitts. Die verminderte Dichte des erwärmten Fluides führt zu einem Auftrieb innerhalb der Fluidleiteinrichtung und zu einem Unterdruck bei dem unteren Bereich des Basisabschnitts, wodurch neues Fluid in den Basisabschnitt gesaugt wird und den wärmeentwickelnden radioaktiven Abfall kühlt, wobei diese positive Rückkopplung zu einer Selbsterhaltung des Fluidkreislaufes führt.

**[0013]** Bei dem erfindungsgemäßen Zwischenlager wird mit der Fluidleiteinrichtung die natürliche thermische Strömung des Fluides gerichtet und bei dem Fluidaustrittende des Kaminabschnitts der Abdeckung zugeführt. Die Abdeckung nimmt die Wärme auf, und aufgrund der oberflächennahen Anordnung kann die Abdeckung die Wärme an die Oberfläche abführen. Bei der Aufnahme der Wärme aus dem Fluid kühlt dieses ab und "fällt" auf dem Strömungsweg für abgekühltes Fluid in den unten Abschnitt des Zwischenlagers zurück.

**[0014]** Das erfindungsgemäße Zwischenlager ist, im Gegensatz zu bekannten oberirdischen Zwischenlagern, "geschlossen", das kühlende Fluid wird in einem geschlossenen System zirkuliert. Aufgrund dieses geschlossenen Systems und der unterirdischen Anordnung ergibt sich eine erhöhte Sicherheit, auch gegen beispiels-

weise terroristische Einwirkungen. Die erfindungsgemäße geschlossene Ausführung und die oberflächennahe aber unterirdische Ausführung tragen ferner dazu bei, dass erfindungsgemäße Zwischenlager wesentlicher einfacher und damit wesentlich kostengünstiger gesichert werden können.

**[0015]** Die die Wärme der Oberfläche zuführende Abdeckung kann ebenerdig angeordnet sein, wobei in diesem Fall die aufgenommene Wärme direkt an die Umgebungsluft abgegeben wird. Alternativ kann über der Abdeckung ein die Wärme transportierendes Medium angeordnet sein, so dass in diesem Fall die Wärme unter Zwischenschaltung des Mediums der Oberfläche zugeführt wird.

**[0016]** Das erfindungsgemäße Langzeit-Zwischenlager ermöglicht somit eine unterirdische Lagerung von wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen bei lediglich passiver Kühlung der eingelagerten Behälter in einem geschlossenen System, da aufgrund der Fluidleiteinrichtung eine größere und zur Kühlung ausreichende Fluidmenge an dem wärmeentwickelnden Abfall entlangstreicht. Bei dem erfindungsgemäßen Zwischenlager ist keine kostenintensive aktive Kühlung notwendig, die Lagersicherheit ist gegenüber einem oberirdischen Zwischenlager erhöht und gleichzeitig ist die Rückholbarkeit der Abfälle aus dem Zwischenlager gewährleistet, wobei diese aufgrund der oberflächennahen Ausführung des Zwischenlagers kostengünstig realisierbar ist.

**[0017]** Wesentlich bei der Erfindung ist, dass die Wärme über die Abdeckung an die Oberfläche abgeführt wird, wobei dies unter Zwischenschaltung eines Mediums geschehen kann. Eine ausreichende Wärmeübertragung von dem Fluid an die Abdeckung ist somit zu gewährleisten. Die Wärmeübertragung kann beispielsweise durch die Fläche des Abdeckung gesteuert werden, d.h. je größer die Fläche der Abdeckung, also der Kontaktbereich Abdeckung /Fluid, desto mehr Wärme kann an die Abdeckung übertragen werden.

**[0018]** Der Basisabschnitt und der Kaminabschnitt können zylinderförmig ausgebildet sein, wobei die Querschnittsfläche des Kaminabschnitts der Querschnittsfläche des Basisabschnitts entsprechen kann. Da der Basisabschnitt den wärmeentwickelnden Abfall zum Teil umgibt bedingt eine solche Ausführung, dass die durchströmbare Querschnittsfläche im Kaminabschnitt größer als die durchströmbare Querschnittsfläche im Basisabschnitt in dem Bereich ist, in welchem der Basisabschnitt umgibt, wodurch sich das Fluid in dem Kaminabschnitt aufgrund der größeren durchströmbaren Querschnittsfläche verlangsamt.

**[0019]** Über die Fluidleiteinrichtung wird erwärmtes Fluid der Abdeckung, d.h. der Unterseite der Abdeckung, zugeführt. Um eine zuvor erwähnte Verlangsamung des Fluides in dem Kaminabschnitt zu vermeiden und somit eine möglichst große Fläche mit erwärmten Fluid beaufschlagen zu können, ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Langzeit-Zwischenlagers vorgesehen, dass der Fluidströmungswi-

derstand in dem Basisabschnitt dem Fluidströmungswiderstand in dem Kaminabschnitt im Wesentlichen entspricht.

**[0020]** Dies kann dadurch erreicht werden, dass die durchschnittliche "aktive" durchströmbare Querschnittsfläche des Basisabschnitts der durchschnittlichen durchströmbaren Querschnittsfläche des Kaminabschnitts entspricht. Die durchschnittliche Querschnittsfläche ist die Summe der Querschnittsflächen pro Längeneinheit dividiert durch die Anzahl der Längeneinheiten. Die Querschnittsfläche des "freien" Basisabschnitts wird dadurch vermindert, dass dieser radioaktiven Abfall umgibt. Unter "aktiver" durchströmbarer Querschnittsfläche ist im Rahmen dieser Anmeldung die verbleibende Querschnittsfläche zwischen der Wandung des Basisabschnitts und dem radioaktiven Abfall gemeint, welche zum Durchströmen von kühlendem Fluid zur Verfügung steht. Bei dieser "aktiven" Querschnittsfläche kann es sich bei runder Ausgestaltung des Basisabschnitts und der Lagerbehälter um einen Ringraum handeln.

**[0021]** Um einen strömungstechnisch günstigen Übergang zwischen den beiden Abschnitten zu erreichen, kann zwischen dem Kaminabschnitt und dem Basisabschnitt ein Übergangsabschnitt mit einer sich zum Kaminabschnitt hin verjüngenden Querschnittsfläche angeordnet sein.

**[0022]** Alternativ kann die Fluidleiteinrichtung so gestaltet sein, dass sich diese von dem unteren Ende des Basisabschnitts hin zu dem Fluidaustrittende des Kaminabschnitts (konstant) verjüngt.

**[0023]** Die Abdeckung kann zur Steigerung der Wärmeleitfähigkeit Einlagen, beispielsweise aus Stahl, umfassen. Die Anzahl und die Ausgestaltung dieser Einlagen ist abhängig von der Wärmeleistung des eingelagerten Abfalles, von der Fläche der Abdeckung und von dem Medium, an welches die Abdeckung die aus dem erwärmten Fluid aufgenommene Wärme abführt.

**[0024]** Zur Steigerung der Wärmeaufnahme der Unterseite der Abdeckung und/oder der Wärmeabgabe der Oberseite der Abdeckung weist bei einer bevorzugten Ausführungsform das oberflächennahe Langzeit-Zwischenlager an der Ober- und/oder Unterseite der Abdeckung oberflächenvergrößernde Elemente auf.

**[0025]** Regelmäßig ist es unerwünscht, dass in den Untergrund eingebrachte Konstruktionen diesen erwärmen, da dies regelmäßig zu einer nicht gewünschten Erwärmung des Grundwassers führt. Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen oberflächennahen Langzeit-Zwischenlagers ist es daher bevorzugt, dass die Wandung und/oder die Bodenplatte eine äußere thermische Isolierschicht aufweisen.

**[0026]** Der wärmeentwickelnde radioaktive Abfall wird regelmäßig in Lager- und Transportbehältern gelagert. Diese sind üblicherweise zylinderförmig und die größte Wärmemenge wird über die Zylinderwandung abgegeben. Werden mehrere solcher Behälter nebeneinander gestellt muss auch zwischen diesen für eine entsprechende Zuführung und auch Ableitung von kühlendem

Fluid gesorgt werden.

**[0027]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform des oberflächennahe Langzeit-Zwischenlagers ist es daher vorgesehen, dass mit dem zweiten Strömungsweg ein Fluidkanal mit einer Mehrzahl von Fluidaustrittsöffnungen gekoppelt ist, wobei der zweite Fluidkanal derart ausgebildet ist, dass auf diesem den wärmeentwickelnden Abfall enthaltene Behälter gelagert werden können. Aufgrund der Mehrzahl von Fluidaustrittsöffnungen des Fluidkanals ist sichergestellt, dass auch zwischen den einzelnen Behältern mit dem wärmeentwickelten Abfall gekühltes, über den zweiten Strömungsweg zugeführtes Fluid den Behältern zugeführt wird. Auf diese Weise ist es gewährleistet, dass auch bei der Einlagerung von mehreren Behältern nebeneinander für eine ausreichende Wärmeabfuhr gesorgt ist.

**[0028]** Die vorgenannte Aufgabe wird ferner gelöst durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 7.

**[0029]** Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren zum oberflächennahen Lagern von wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen wird ein Lager mit einer Bodenplatte, einer Seitenwandung und einer Abdeckung bereitgestellt. Die Bodenplatte, die Seitenwandung und die Abdeckung können einstückig bereitgestellt werden, wobei in einem solchen Fall die Abdeckung eine mit einem Deckel verschließbare Öffnung aufweist.

**[0030]** In das so bereitgestellte Lager wird zumindest ein den wärmeentwickelnden radioaktiven Abfall enthaltener Behälter eingebracht.

**[0031]** Zumindest eine Fluidleiteinrichtung mit zumindest einem Kaminabschnitt mit einem Fluideintrittende und einem Fluidaustrittende und zumindest einem Basisabschnitt wird derart über dem Behälter angeordnet, dass dieser teilweise von dem Basisabschnitt umgeben wird. Die Fluidleiteinrichtung definiert dabei einen ersten Strömungsweg für erwärmtes Fluid und einen zweiten Strömungsweg für abgekühltes Fluid.

**[0032]** Mittels der Fluidleiteinrichtung wird erwärmtes Fluid über den ersten Strömungsweg am Fluidaustrittende des Kaminabschnittes der Abdeckung zugeführt und gibt Wärme an die Abdeckung ab. Schließlich wird abgekühltes Fluid über den zweiten Strömungsweg wieder dem zumindest einen Behälter mit wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen zugeführt.

**[0033]** Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Verfahren zu einer verbesserten passiven Kühlung von wärmeentwickelndem Abfall bereitgestellt. Die Fluidleiteinrichtung sorgt für eine gesteigerte Zirkulation des Fluides in dem Lager, so dass eine größere Wärmemenge von dem eingelagerten Abfall abgeführt werden kann, wobei dazu keine aktiven Hilfsmittel, wie beispielsweise Ventilatoren, notwendig sind. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die Senkung der Betriebskosten der Lagerung sowie der Absicherung gegen ein Stromausfall von Vorteil, da bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nach dem Einlagern als solches kein weiterer Strom zur Kühlung des eingelagerten Abfalles benötigt wird.

**[0034]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform des er-

findungsgemäßen Verfahrens ist mit dem zweiten Strömungsweg ein Fluidleitkanal mit einer Mehrzahl von Fluidaustrittsöffnungen gekoppelt, wobei auf dem Fluidleitkanal eine Mehrzahl von den Abfall enthaltenden Behältern gelagert wird und den Behältern über die Fluidaustrittsöffnungen gekühltes Fluid zugeführt wird, wobei die genaue Art der Zuführung von der Anordnung der Behälter abhängig ist. Werden beispielsweise mehrere Behälter nebeneinander auf den Fluidleitkanal gelagert, so wird zwischen den Behältern über die Fluidaustrittsöffnungen gekühltes Fluid zugeführt.

**[0035]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Fluidströmungswiedertand in dem Kaminabschnitt entsprechend dem Fluidströmungswiderstand in dem Basisabschnitt eingestellt. Dies wird erreicht, indem die durchschnittliche durchströmbare "aktive" Querschnittsfläche des Basisabschnitts der durchschnittlichen Querschnittsfläche des Kaminabschnitts entspricht, wobei bei dem Übergang Basisabschnitt / Kaminabschnitt ein Übergangsabschnitt angeordnet werden kann, um für einen strömungstechnisch günstigen Übergang zwischen den Abschnitten zu sorgen.

**[0036]** Im Nachfolgenden wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele näher erläutert, wobei

Figur 1 eine Schnittansicht einer ersten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen oberflächennahen Lagers zeigt,

Figur 2 eine Schnittansicht einer zweiten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen oberflächennahen Lagers zeigt, und

Figur 3 eine Schnittansicht einer dritten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen oberflächennahen Lagers zeigt.

**[0037]** Figur 1 zeigt eine Schnittansicht einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen oberflächennahen Langzeit-Zwischenlagers. Das eigentliche Lager 20 umfasst eine Bodenplatte 4, eine Wandung 3 sowie eine Abdeckung 1, wobei die Bodenplatte 4, die Wandung 3 sowie die Abdeckung 1 bei der gezeigten Ausführungsform einstückig ausgebildet sind. Anhand der Strichlinien bei den Übergängen zwischen der Bodenplatte zu der Wandung und von der Wandung zu der Abdeckung soll angedeutet sein, dass die vorgenannten Teile auch separat ausgeführt sein können. Bei der gezeigten Ausführungsform umfasst die Abdeckung 1 eine Beladeöffnung, die mit einem Deckel 2 verschlossen ist. Bei der gezeigten Ausführungsform ist das Lager 20 ebenerdig in den Erdboden E eingelassen, d.h. die Oberseite der Abdeckung 1 bzw. des Deckels 2 schließt mit dem umgebenden Erdboden E ab, i.e. sie sind in Kontakt mit Umgebungsluft.

**[0038]** Das durch die Bodenplatte 4, die Seitenwandung 3 sowie die Abdeckung 1 samt Deckel 2 gebildete Lager 20 ist üblicherweise aus einer für die Lagerung

von wärmeentwickelnden radioaktiven Materialien zugelassenen Betonart hergestellt, wobei die Abschirmfunktion des Betons in Abhängigkeit von der Strahlungsdosis des Abfalles eingestellt werden kann.

**[0039]** Bei der gezeigten Ausführungsform ist die Querschnittsfläche des Lagers im oberen Bereich erweitert, so dass die zum Lagerraum offene Fläche der Abdeckung 1 größer als die zum Lagerraum hin offene Fläche der Bodenplatte 4 ist.

**[0040]** In dem Lager 20 ist der radioaktive Abfall in Behältern 10 auf der Bodenplatte 4 angeordnet, wobei bei der gezeigten Ausführungsform der wärmeentwickelnde radioaktive Abfall in einem Transport- und Lagerbehälter angeordnet ist. In Abhängigkeit von der Abschirmfunktion des Lagers 20 kann auch lediglich ein Lagerbehälter genutzt werden. Die Behälter selber sind (auf nicht gezeigte Weise) gegen ein Verkippen auf der Bodenplatte gesichert.

**[0041]** Über dem Behälter 10 ist eine Fluidleiteinrichtung 5 innerhalb des Lagers angeordnet, wobei diese mit beliebigen (nicht gezeigten) Befestigungsmitteln an der Bodenplatte 4, der Seitenwandung 3 und/oder der Abdeckung 1 samt Deckel befestigt ist. Die Fluidleiteinrichtung 5 umfasst einen unteren Basisabschnitt 7, der den wärmeentwickelnden Abfall in dem Lager- und Transportbehälter 10 weitgehend umgibt.

**[0042]** An den Basisabschnitt 7 schließt sich ein Kaminabschnitt 6 mit einem Fluideintrittsende 6a und einem Fluidaustrittsende 6b an.

**[0043]** Im oberen Teil des Lagers endet der Kaminabschnitt 6 in einer Fluidaustrittsöffnung 6b. Die Fluidleiteinrichtung 5 ist derart über dem wärmeentwickelnden radioaktiven Abfall angeordnet, dass von dem wärmeentwickelnden Abfall erwärmtes Fluid über den Basisabschnitt 7 dem Kaminabschnitt 6 zugeführt wird.

**[0044]** Bei der gezeigten Ausführungsform entspricht die Querschnittsfläche des Kaminabschnittes 6 der Querschnittsfläche des Basisabschnittes 7. Da der Basisabschnitt 7 jedoch den radioaktiven Abfall umgibt, bleibt lediglich ein Ringspalt zwischen der Wandung des Basisabschnitts und dem Abfall, so dass die "aktive" durchströmbare Querschnittsfläche wesentlich kleiner und damit geringer als die durchströmbare Querschnittsfläche des Kaminabschnitts 6 ist. Die größere durchschnittliche Querschnittsfläche des Kaminabschnitts bedingt eine verminderte Geschwindigkeit in dem Kaminabschnitt gegenüber dem Basisabschnitt.

**[0045]** Der Basisabschnitt 7 und der Kaminabschnitt 6 umfassen den ersten Strömungsweg A bzw. definieren diesen. Dieser erste Strömungsweg A für erwärmtes Fluid ist über die Fluidleiteinrichtung getrennt von einem zweiten Strömungsweg B für abgekühltes Fluid zwischen der Fluidleiteinrichtung 5 und der Wandung 3. Das erwärmte Fluid A tritt bei der Fluidauslassöffnung 6b des Kaminabschnittes 6 aus diesem aus und wird von dem Kaminabschnitt der Abdeckung 1 samt Deckel 2 zugeführt. Die in dem erwärmten Fluid enthaltende Wärme wird auf die Abdeckung 1 bzw. den Deckel 2 übertragen,

wobei sich das Fluid abkühlt und über den zweiten Strömungsweg B der Bodenplatte 4 zugeführt wird, wo es schließlich an dem Spalt zwischen dem Basisabschnitt 7 und der Bodenplatte 4 wieder dem wärmeentwickelnden radioaktiven Abfall zugeführt wird bzw. aufgrund des Unterdrucks in diesem Bereich in den Basisabschnitt 7 gesaugt wird.

**[0046]** Bei dem Fluid handelt es sich regelmäßig um Luft, der gegebenenfalls Zusatzgase beigefügt sein können.

**[0047]** Figur 2 zeigt eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Langzeit-Zwischenlagers für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle, wobei bei der Beschreibung dieser Ausführungsform lediglich auf die Unterschiede zu der ersten Ausführungsform eingegangen wird.

**[0048]** Die Luftleiteinrichtung 5 gemäß der zweiten Ausführungsform umfasst ebenfalls einen Basisabschnitt 7 sowie einen Kaminabschnitt 6, wobei die beiden Abschnitte 6, 7 zylinderförmig ausgeführt sind und die durchschnittliche "freie" Querschnittsfläche des Kaminabschnitts 6 geringer als die durchschnittliche "freie" Querschnittsfläche des Basisabschnitts ist. Die freie Querschnittsfläche des Kaminabschnitts 6 entspricht jedoch im Wesentlichen der "aktiven" durchströmbaren Querschnittsfläche des Basisabschnitts 6, wodurch ein geringer Strömungswiderstand über die gesamte Länge der Fluidleiteinrichtung erreicht wird. Dadurch wiederum wird erreicht, dass die Fluidströmungsgeschwindigkeit über die Länge der Fluidleiteinrichtung im Wesentlichen konstant ist.

**[0049]** Das Fluid tritt mit einer (im Vergleich zu der ersten Ausführungsform) höheren Geschwindigkeit aus der Fluidaustrittende 6b des Kaminabschnitts 6 aus und kann gleichmäßig an der Unterseite der Abdeckung verteilt werden.

**[0050]** Bei einer derartigen Gestaltung des Fluidleiteinrichtung kann es vorteilhaft sein, den oberen Teil der Wandung hin zu der Abdeckung zu erweitern, so dass eine größere Abdeckung verwendet werden kann und somit eine größere Wärmemenge über das Fluid der Abdeckung zugeführt werden kann.

**[0051]** Zwischen dem Basisabschnitt 7 und dem Kaminabschnitt 6 ist bei der gezeigten Ausführungsform gemäß Figur 2 ein Übergangsabschnitt 15 vorgesehen, wobei die Querschnittsfläche dieses Abschnitts hin zu dem Fluideintrittende 6a des Kaminabschnitts (kontinuierlich) abnimmt.

**[0052]** Figur 3 zeigt eine dritte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Lagers 20. In dem Lager 20 ist wiederum eine Fluidleiteinrichtung 5 angeordnet, wobei diese bei der in Figur 3 gezeigten Ausführungsform baulich abweichend ausgeführt ist, die Wirkungsweise jedoch die gleiche ist. Bei der dritten Ausführungsform ist die Fluidleiteinrichtung 5 deutlich massiver ausgebildet, wodurch sie die Gesamtfestigkeit des Lagers 20 fördern kann. In der Mitte der Fluidleiteinrichtung 5 ist ein Kaminabschnitt 6 angeordnet, und dieser Kaminabschnitt de-

finiert einen Teil des ersten Strömungswegs A für erwärmtes Fluid. Auch bei dieser Ausführungsform umfasst der Kaminabschnitt 6 ein Fluideintrittende 6a und ein Fluidaustrittende 6b. Bei dem Fluidaustrittende 6b wird das erwärmte Fluid der Abdeckung 1 samt Deckel 2 zugeführt, und überträgt Wärme auf die Abdeckung bzw. den Deckel. Aufgrund des nachdrückenden warmen Fluides entlang des Strömungsweges A wird das erkaltende bzw. abkühlende Fluid in Richtung auf die Wandung 3 gedrückt und wird über einen zweiten Strömungsweg B für abgekühltes Fluid an der Wandung entlang in dem unteren Bereich des Lagers geführt. Auch der zweite Strömungsweg B wird durch die Fluidleiteinrichtung 5 definiert, wobei bei dieser zweiten Ausführungsform der zweiten Strömungsweg B deutlich kleiner ausgeführt ist, die Fluidleiteinrichtung 5 jedoch deutlich massiver, was, wie gesagt, die Gesamtstabilität des Langzeit-Zwischenlagers erhöht.

[0053] Bei der gezeigten dritten Ausführungsform ist der in Transport- und Lagerbehältern 10 angeordnete wärmeentwickelnde radioaktive Abfall auf einem mit dem zweiten Strömungsweg B gekoppelten Fluidkanal 12 gelagert. Dieser Fluidkanal 12 umfasst eine Mehrzahl von Fluidaustrittsöffnungen 13, über welche bei der gezeigten Ausführungsform gekühltes Fluid von unten den Transport- und Lagerbehältern zugeführt wird. Die in Figur 3 gezeigte dritte Ausführungsform ist insbesondere im Hinblick auf die Lagerung von wärmeentwickelndem radioaktiven Abfall in einer Mehrzahl von Transport- und Lagerbehältern 10 geeignet, da über die Fluidaustrittsöffnungen 13 des Fluidleitkanals gekühltes Fluid zwischen den Behältern entlanggeführt werden kann.

[0054] Bei der gezeigten Ausführungsform umfasst der Basisabschnitt 7 der Fluidleiteinrichtung eine Mehrzahl von Fluidaustrittsöffnungen 7a, durch welche Fluid in Richtung auf die Behälter geleitet werden kann.

[0055] Um zu vermeiden, dass das Erdreich, in welchem das Langzeit-Zwischenlager angeordnet ist, übermäßig erwärmt wird, umfasst das Lager eine Isolierbeschichtung 14, die außen an der Bodenplatte 4 und der Wandung 3 angeordnet ist.

## Patentansprüche

1. Oberflächennahes Langzeit-Zwischenlager zur Einlagerung von wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen mit einer Bodenplatte (4), einer Seitenwandung (3) und einer Abdeckung (1), die einen Lagerbereich begrenzen, und zumindest einer in dem Lagerbereich angeordneten Fluidleiteinrichtung (5) mit zumindest einem Kaminabschnitt (6) mit einem Fluideintrittende (6a) und einem Fluidaustrittende (6b) und zumindest einem Basisabschnitt (7), wobei der Basisabschnitt (7) in einem Behälter (10) angeordneten wärmeentwickelnden radioaktiven Abfall teilweise umgibt,

wobei die Fluidleiteinrichtung (5) einen ersten Strömungsweg (A) für erwärmtes Fluid und einen zweiten Strömungsweg (B) für abgekühltes Fluid definiert und erwärmtes Fluid über das Fluidaustrittende (6b) der Abdeckung (1) zuführt, welche Wärme aus dem erwärmten Fluid aufnimmt, wobei die Fläche der Abdeckung (1) von der Wärmeleistung des wärmeentwickelnden radioaktiven Abfalls (10) abhängig ist.

2. Oberflächennahes Langzeit-Zwischenlager zur Einlagerung von wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fluidströmungswiderstand in dem Basisabschnitt (7) dem Fluidströmungswiderstand in dem Kaminabschnitt (6) entspricht.
3. Oberflächennahes Langzeit-Zwischenlager nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abdeckung (1) Einlagen (11) zur Steigerung der Wärmeleitfähigkeit aufweist.
4. Oberflächennahes Langzeit-Zwischenlager nach einem der Ansprüche 1 - 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberseite und / oder die Unterseite der Abdeckung (1) oberflächenvergrößernde Elemente aufweist.
5. Oberflächennahes Langzeit-Zwischenlager nach einem der Ansprüche 1 - 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wandung (3) und / oder die Bodenplatte (4) eine äußere Isolierschicht (14) aufweisen.
6. Oberflächennahes Langzeit-Zwischenlager nach einem der Ansprüche 1 - 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit dem zweiten Strömungsweg (B) ein Fluidleitkanal (12) mit einer Mehrzahl von Fluidaustrittsöffnungen (13) gekoppelt ist.
7. Verfahren zum oberflächennahen Lagern von wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen, wobei

a. ein Lager (20) mit einer Bodenplatte (4), einer Seitenwandung (3) und einer Abdeckung (1) bereitgestellt wird,

b. zumindest ein Behälter (10) mit wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen in das Lager (20) verbracht wird,

c. zumindest eine Fluidleiteinrichtung (5) mit zumindest einem Kaminabschnitt (6) mit einem Fluideintrittende (6a) und einem Fluidaustrittende (6b) und zumindest einem Basisabschnitt (7) derart über dem zumindest einen Behälter (10) angeordnet wird, dass dieser teilweise von dem Basisabschnitt (7) umgeben wird, wobei die Fluidleiteinrichtung (5) einen ersten Strömungsweg (A) für erwärmtes Fluid und einen zweiten Strömungsweg (B) für abgekühltes Fluid definiert,

- d. erwärmtes Fluid über den ersten Strömungsweg (A) am Fluidaustrittende (6b) der Abdeckung (1) zugeführt wird,
- e. das erwärmte Fluid Wärme an die Abdeckung (1) abgibt und dabei abkühlt, und 5
- f. abgekühltes Fluid über den zweiten Strömungsweg (B) dem zumindest einen Behälter (10) mit wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen zugeführt wird. 10
8. Verfahren zum oberflächennahen Lagern von wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen nach Anspruch 7, wobei mit dem zweiten Strömungsweg (B) ein Fluidleitkanal (12) mit einer Mehrzahl von Fluidaustrittsöffnungen (13) gekoppelt ist, 15
- wobei auf dem Fluidleitkanal (12) eine Mehrzahl von Abfall enthaltenden Behältern (10) gelagert wird und den Behältern (10) über die Fluidaustrittsöffnungen (13) gekühltes Fluid zugeführt wird. 20
9. Verfahren zum oberflächennahen Lagern von wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen, nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fluidströmungswiderstand in dem Kaminabschnitt (6) entsprechend dem Fluidströmungswiderstand in dem Basisabschnitt (7) eingestellt wird. 25

30

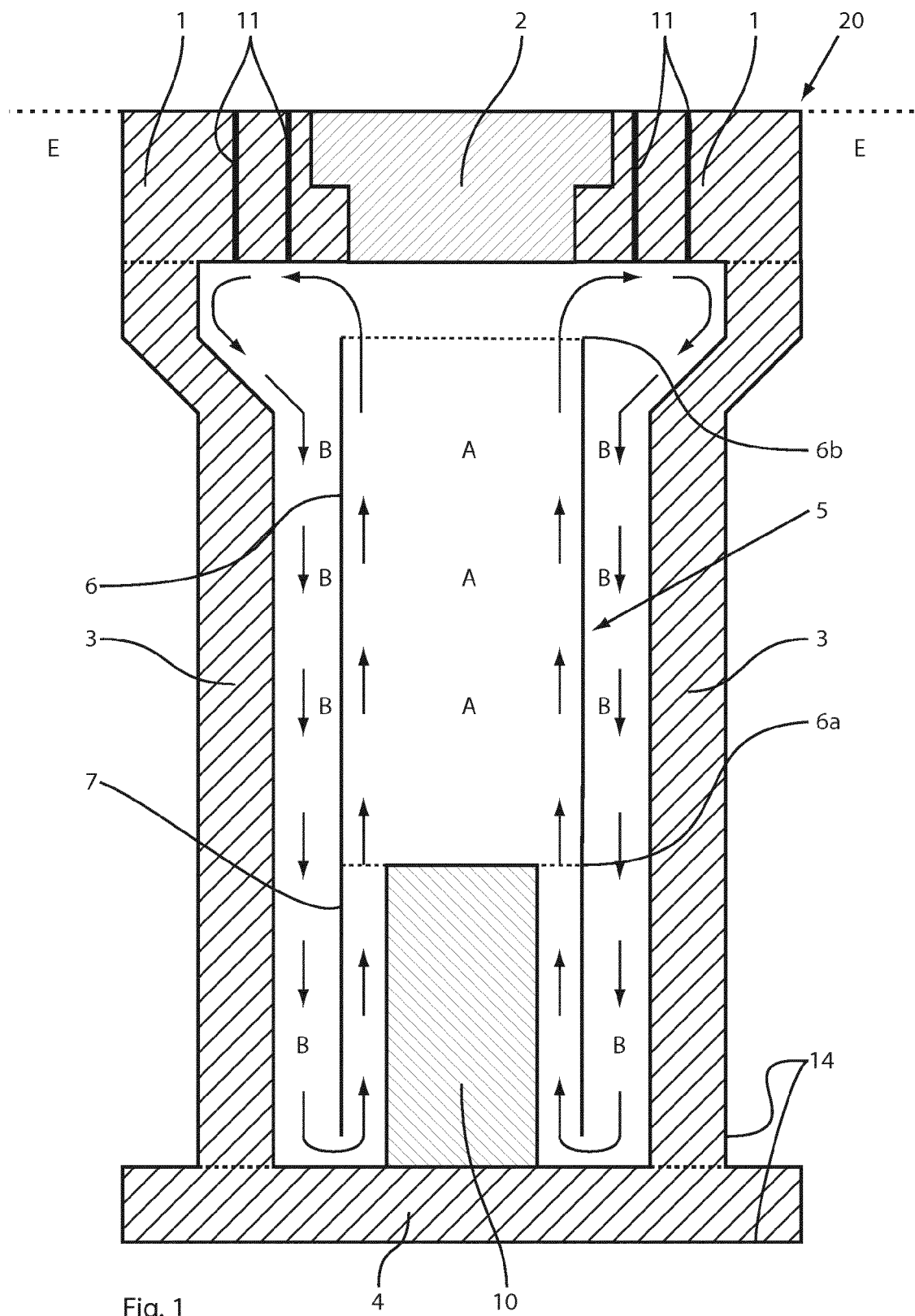
35

40

45

50

55





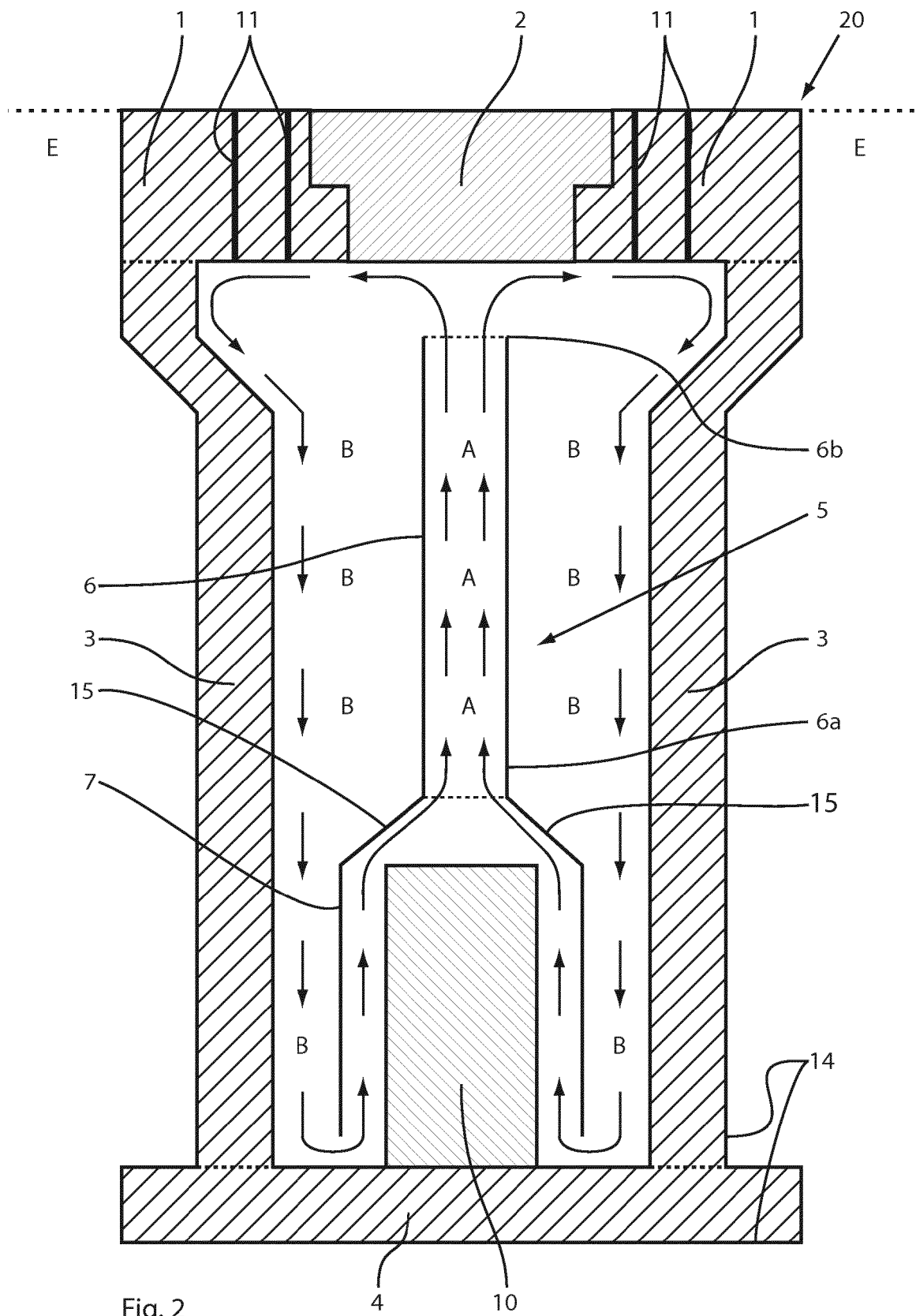


Fig. 2

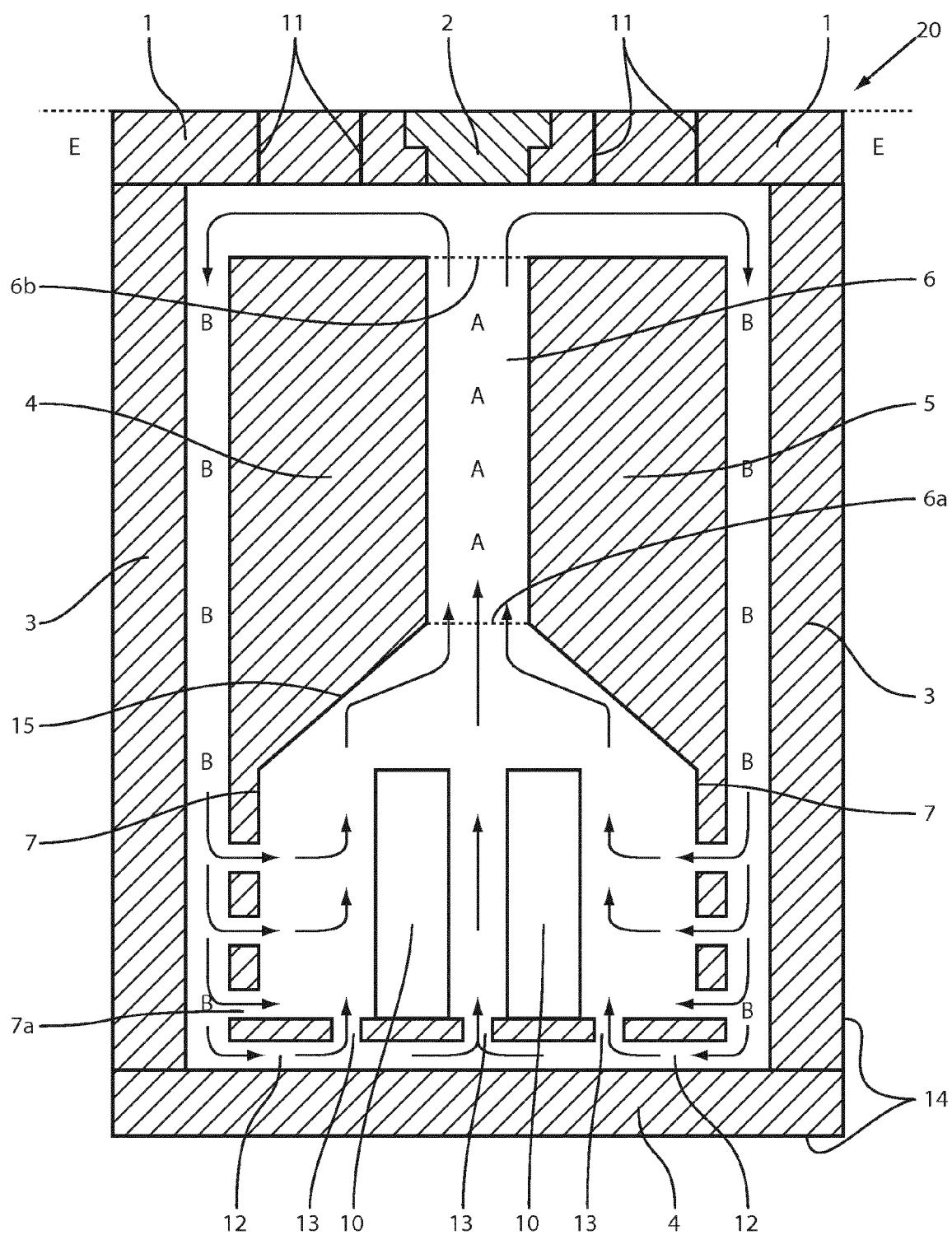


Fig. 3



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 12 18 3888

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2004/028170 A1 (DE CRECY FRANCOIS [FR]) 12. Februar 2004 (2004-02-12) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1,5-8	INV. G21F7/015
A	DE 35 00 989 A1 (KRAFTWERK UNION AG [DE]) 17. Juli 1986 (1986-07-17) * Absatz [0002]; Anspruch 1; Abbildungen *	1,7	
A	WO 98/36423 A1 (HITACHI LTD [JP]; TOUNOSU SHIGEKI [JP]; KITAZAWA SOU [JP]; UMEGAKI KIK) 20. August 1998 (1998-08-20) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1,7	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			G21F
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>6. Dezember 2012</b>	Prüfer <b>Smith, Christopher</b>
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 : mündliche 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	

2  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 12 18 3888

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.

06-12-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2004028170 A1	12-02-2004	EP 1317757 A1	11-06-2003
		FR 2814274 A1	22-03-2002
		JP 2004509327 A	25-03-2004
		TW 533430 B	21-05-2003
		US 2004028170 A1	12-02-2004
		WO 0223555 A1	21-03-2002
-----			
DE 3500989 A1	17-07-1986	KEINE	
-----			
WO 9836423 A1	20-08-1998	JP 3566971 B2	15-09-2004
		WO 9836423 A1	20-08-1998
-----			

EPO FORM P0461

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