(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 639 606 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
**26.05.2010 Patentblatt 2010/21**

(21) Anmeldenummer: **04738681.8**

(22) Anmeldetag: **17.06.2004**

(51) Int Cl.:
***G21F 9/16*** *(2006.01)* ***G21F 9/30*** *(2006.01)*
***G21F 1/10*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
**PCT/DE2004/001230**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
**WO 2005/006349 (20.01.2005 Gazette 2005/03)**

(54) **VERBESSERTES VERFAHREN ZUM EINSCHLUSS VON SONDERABFALL**

IMPROVED METHOD FOR THE CONTAINMENT OF SPECIAL WASTE

AMELIORATION APPORTEE A UN PROCEDE DE CONFINEMENT DE DECHETS SPECIAUX

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **27.06.2003 DE 10329170**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
**29.03.2006 Patentblatt 2006/13**

(73) Patentinhaber: **Polybern GMBH**
**46395 Bocholt (DE)**

(72) Erfinder:
- **SCHLÜSENER, Petra**
  **46399 Bocholt (DE)**
- **SONDERMANN, Martin**
  **46414 Rhede (DE)**

(74) Vertreter: **Viering, Jentschura & Partner**
**Postfach 22 14 43**
**80504 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 0 072 429**
**CH-A- 655 198**
**DE-A- 2 717 656**
**US-A- 4 234 447**
**US-A- 4 594 186**
**US-A- 4 859 367**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 639 606 B1

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einschluss von Sonderabfall und insbesondere von radioaktivem Abfall.

**[0002]** Bei bekannten Verfahren zum Einschluss von Sonderabfall, insbesondere von radioaktivem Abfall, werden in der Regel durch Heißverglasung bzw. durch Immobilisierung dieser Abfälle in Beton auf Zementbasis, in Bitumen oder in Harzen feste Erzeugnisse erhalten. Die nach diesen Verfahren gewonnenen Erzeugnisse haben jedoch in Bezug auf das Gewicht, die chemische Beständigkeit, die Temperaturbeständigkeit, die Elastizität, die Einarbeitung von Hilfsstoffen, die Emissionen bei der Einarbeitung, die Verarbeitungstemperatur und den Einbau von Kontrollsystemen z.T. erhebliche Nachteile.

**[0003]** Eine der genannten Möglichkeiten, organische Polymere als Hülle oder Bindemittel für problematische Abfälle zu verwenden, ist das Eingießen oder das gemeinsame Extrudieren der Abfallstoffe mit vorgefertigten Polymeren. Eine weitere Methode beruht auf der Umwandlung von Monomeren zu Polymeren. Diese Umwandlung kann je nach Reaktionstyp entweder eine Polymerisation, eine Polykondensation oder eine Polyaddition sein, wobei ein mechanischer Einschluss gelöster oder dispergierter Abfallstoffe erzielt wird.

**[0004]** In DE 3208688 C2 wird ein Verfahren zur Konditionierung radioaktiver Abfälle beschrieben, bei dem die Abfälle in eine annähernd reine Polyesterharzmatrix eingeschlossen werden. In DT 2363474 B2 wird ein Verfahren zum Bereiten von im wesentlichen organischen, radioaktive oder toxische Stoffe enthaltenden Abfallflüssigkeiten beschrieben, bei dem die Abfallflüssigkeiten im wesentlichen mit einer Mono- und einer Polyvinylverbindung gemischt und anschließend in ein festes Polymerisat überführt werden. In DT 2644472 A1 wird ein Verfahren zum Einkapseln von radioaktiven Abfällen beschrieben (DOW CHEMICALS-Verfahren), bei dem die gelösten oder suspendierten Abfälle in eine reine Vinyl- und/oder Polyesterharzmatrix eingeschlossen werden. In DT 2212574 wird ein Verfahren zur Konditionierung radioaktiver Abfälle beschrieben, bei dem die Abfälle in ein polymerisierbares Harz eingemischt und anschließend mit einem Monomeren zu einem festen Block copolymerisiert werden. In DE 3840794 C2 wird ein Verfahren zur Herstellung eines festen Abfallproduktes mit möglichst geringem Wassergehalt zur Endlagerung radioaktiver Stoffe beschrieben, bei dem die Abfälle in das aushärtbare Matrixmaterial Trolit®, ein zeolith- oder feldspatähnlich aufgebautes Silikoaluminat, eingebettet werden.

**[0005]** Eine weitere Möglichkeit, problematische Abfälle zu konditionieren, ist das Einbinden der Abfallstoffe in eine Glasmatrix.

**[0006]** In der Japanischen Patentveröffentlichung Nr. 62-124,500/1987 wird ein Verfahren mit niedrig schmelzender Verglasung, bei dem ein radioaktives Iod enthaltender fester Abfall versiegelt und in einem Glas verfestigt wird, das bei einer Temperatur von 480 ˚C erweichen kann, beschrieben. In DE 69231742 T2 wird ein Verfahren und Vorrichtung zum Verglasen von asbestenthaltendem Abfall, infiziertem Abfall, toxischen Materialien und radioaktivem Abfall beschrieben, bei dem die Abfallstoffe in einem Ofen bei mindestens 900 ˚C in einer Silikatschmelze eingeschmolzen und anschließend in portionierter Form ausgehärtet werden. In DE 4305318 A1 wird ein Verfahren zur Entsorgung von Abfallstoffen beschrieben, bei dem die Abfallstoffe aufgeschmolzen oder in ein Schmelzbad verbracht werden und die Schmelze schockartig abgekühlt wird, so dass eine glasartige Schlacke entsteht.

**[0007]** Des weiteren werden für den Transport und/oder die Zwischen- und/oder Endlagerung von Sonderabfall und insbesondere von radioaktivem Abfall spezielle Behälter verwendet. Derartige Behälter sind üblicherweise aus Metall, aus zementgebundenem Beton oder aus einer Kombination dieser Materialien aufgebaut.

**[0008]** In DE 19725922 C2 wird ein Verfahren zur Herstellung eines Behälters beschrieben, bei dem zwischen ein Innen- und ein Außenrohr aus Metall ein mit Zuschlägen versehener Zement unter Bildung eines Behälters eingefüllt wird. In DE 19512574 A1 wird ein Transport- und/oder Lagerbehälter für radioaktives Lagergut beschrieben, der für eine zusätzliche thermische Behandlung des Lagerguts ausgebildet ist und dessen Außenbehälter aus Metall und/oder Beton besteht. In DE 3439092 A1 wird ein radioaktiver Doppelgroßcontainer als endlagerungsfähiges Abfallgebinde beschrieben, der aus einem inneren und einem äußeren Container aufgebaut ist und aus radioaktiven Stoffen und Zementbrei hergestellt wird. In DE 3212507 A1 wird ein Gebinde für die Lagerung radioaktiver Substanzen mit einer die Substanzen umgebenden keramischen Korrosionsschutzschicht beschrieben, wobei eine fließfähige Masse auf Keramikbasis verwendet wird. In DE 2905094 C2 wird ein Abschirmtransport- und/oder Abschirmlagerbehälter für radioaktive Abfälle beschrieben ("Castorbehälter"), wobei Behältermantel und Behälterboden einstückig aus Gusseisen gegossen sind. In DE 19952130 A1 wird ein Abschirmbehälter für den Transport und die Lagerung von schwach- bis mittelradioaktiven Abfällen beschrieben, bei dem der Abstandszwischenraum zwischen einem Stahlblechaußen- und einem Stahlblechinnenliner mit Beton verfüllt ist.

**[0009]** Ein gemeinsamer Nachteil der oben beschriebenen Verfahren, der Behälter und Gebinde ist unter anderem, dass eine Steuerung bzw. Optimierung der thermoplastischen, elastomeren, duroplastischen und/oder anderer Eigenschaften, vor allem in Bezug auf die chemische und/oder physikalische Beständigkeit, des verwendeten Einschlussmaterials als auch der Einschlussbehältnisse je nach den Anforderungen nicht möglich ist. Eine solche Steuerung der Eigenschaften ist jedoch, z.B. bei der geologischen Endlagerung aufgrund wechselnder geologischer Rahmenbedin-

gungen, wünschenswert.

**[0010]** Aufgabe der Erfindung ist es, Einschlussmöglichkeiten von Sonderabfall zu ermöglichen bzw. einen Behälter oder ein Gebinde zur Verfügung zu stellen, welche die oben genannten Nachteile nicht haben oder deutlich verringern.

**[0011]** Diese Aufgabe wird gelöst durch Bereitstellung eines Verfahrens zum Einschluss von Sonderabfall, wobei der Sonderabfall, vorzugsweise in Teilchenform, mit einer härtbaren Mischung umschlossen wird und diese den Sonderabfall umschließende Mischung einer Härtungsbehandlung unter Bildung von Polymerbeton unterzogen wird, wobei man die den Sonderabfall einschliessende Mischung in einen Behälter aus Polymerbeton, der aus der gleichen härtbaren Mischung herstellbar ist, einschließt, wobei die härtbare Mischung zumindest a) 10-50 Gew.-% mindestens eines härtbaren Harzes, und b) 50-90 Gew.-% mindestens eines eine Grundmatrix bildenden inerten anorganischen Füllstoffes in Teilchenform umfasst, wobei die Bestandteile a) und b) zusammen 100 Gew.-% ergeben.

**[0012]** Gemäß des Verfahren wird somit eine Behälterhülle um einen Formling, der den Sonderabfall einschließt, gebildete wobei Behälterhülle und Formling aus Polymerbeton hergestellt sind. Dabei kann die Behälterhülle vorgefertigt sein oder stufenweise, d.h. in Schichten, oder gleichzeitig zum Aushärten des Formlings ausgehärtet werden.

**[0013]** In einer bevorzugten Ausführungsform härtet man zunächst die den Sonderabfall einschließende härtbare Mischung zu einem festen Formling aus und schließt den so gebildeten Formling in den Behälter aus Polymerbeton ein.

**[0014]** Vorzugsweise sieht das Verfahren auch einen Schritt zum Versiegeln des Behälters vor, um die Einfüllöffnung für den Formling oder die auszuhärtende Formlingmasse durch einen Deckel oder Kontrollöffnungen zu verschließen und dann den Behälter insgesamt, falls erforderlich mit einer Versiegelungschicht zu versehen.

**[0015]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist gut geeignet, als Sonderabfall chemotoxischen oder radioaktiven Abfall zu einzuschließen. Dabei kann der radioaktive Abfall auch in Form von abgebrannten Brennelementen in die auszuhärtende Masse, die den Sonderabfall einschließt, eingebracht werden. Hierzu kann in der auszuhärtenden Masse, die den Sonderabfall einschließt, mindestens einen Hohlraum zur Aufnahme eines Brennelementes ausgebildet werden.

**[0016]** Durch den erfindungsgemäßen Einschluss von Sonderabfall wird eine Verfestigung und Immobilisierung der eingeschlossenen Abfallstoffe erreicht.

**[0017]** "Sonderabfall" im Sinne der vorliegenden Erfindung schließt toxischen, kanzerogenen, umweltgefährdenden, sonstigen gefährlichen und insbesondere radioaktiven Abfall ein.

**[0018]** Mit "Immobilisierung" ist hier sowohl chemische und/oder physikalische Immobilisierung gemeint. Unter "chemischer Immobilisierung" wird die Verringerung der Mobilität der Abfallstoffe durch starke oder schwache chemische Wechselwirkung, z. B. durch kovalente Bindung oder Fällung, oder z. B. durch Adsorption und Adsorption, verstanden. Unter "physikalischer Immobilisierung" wird eine Verringerung der Wasserwegsamkeit bzw. Auslaugung durch eine "innere" hydraulische Barriere verstanden (unter 10-8 m/s Durchlässigkeitsbeiwert in der Triaxialzelle).

**[0019]** "Verfestigung" meint hier eine Erhöhung der mechanischen Festigkeit, erkennbar durch eine Erhöhung der Druckfestigkeit, der Scherfestigkeit und/oder durch eine Verringerung des Penetrationsvermögens.

**[0020]** "Polymerbeton" bezeichnet im Sinne der Erfindung einen nicht zementgebundenen Kunstharzbeton, in dem durch chemische Reaktion(en) spezifische härtbare Harze (ca. 10-50 Gew%), gegebenenfalls organische (ca. 0-40 Gew%) und vor allem anorganische (ca. 50-90 Gew%) Füllstoffe in einer Matrix verfestigt und miteinander verbunden sind.

**[0021]** Die Erfindung, nämlich das Verwenden von Polymerbeton zum Einschluss von Abfallstoffen, bietet gegenüber bisher bekannten Einschlußverfahren, wie das Verwenden von zementgebundenem Beton oder Glas, mehrere Vorteile.

**[0022]** So ist Polymerbeton im Vergleich zu zementgebundenem Beton leicht, insbesondere in saurer Umgebung (pH-Wert <7), chemisch resistent, elastisch, auch bei Temperaturen von ca. 50-150 ˚C beständig, erlaubt eher den Einbau sonstiger Füllstoffe und wird bei niedrigerer Temperatur (<50 vs. <80 ˚C) verarbeitet.

**[0023]** Im Vergleich zu Glas ist Polymerbeton leicht, elastisch, erlaubt eher den Einbau sonstiger Füllstoffe, wird bei niedrigerer Temperatur (<50 ˚C vs. <500 ˚C) verarbeitet und verursacht bei der Einarbeitung der Abfallstoffe wenig Emissionen. Ein weiterer entscheidender Vorteil ist, dass die Einarbeitung von Kontrollsystemen bei Glas nicht möglich ist.

**[0024]** Im Gegensatz zur erfindungsgemäßen Verwendung von Polymerbeton eignet sich Metall nur als Ummantelungs- oder Behältermaterial und nicht zur Immobilisierung. Ein weiterer Vorteil von Polymerbeton ist dessen Korrosionsbeständigkeit und geringeres Gewicht im Vergleich zu Metall. Die oben genannten Vorteile fasst Tabelle 1 zusammen.

Tabelle 1.

| Eigenschaft | Glas | Beton auf Zementbasis | polymerbeton |
|---|---|---|---|
| Gewicht | schwer (ca. 2.2 kg/l) | schwer (ca. 2.5 kg/l) | leicht (ca. 1.5 kg/l) |
| Chemische Beständigkeit | gut bis pH-Wert <11-12 | schlecht insb. bei pH-Wert <7 | gut |
| Elastizität | plastisch, unelastisch | plastisch, unelastisch | Elastizität einstellbar |

(fortgesetzt)

| Eigenschaft | Glas | Beton auf Zementbasis | polymerbeton |
|---|---|---|---|
| Temperatur-beständigkeit | beständig -40<T<150 ˚C | beständig -10<T<50 ˚C | beständig je nach Füllstoff und Harzauswahl -10 <T<150 ˚C |
| Einbau von Füllstoffen (z.B. Blei) | schlecht oder nicht möglich | schlecht oder nicht möglich | möglich |
| Emissionen bei Einarbeitung | groß | klein | klein |
| Verarbeitungs-temperatur | bis 500 ˚C | < 80 ˚C | < 50 ˚C |
| Einarbeitung von Kontroll-systemen | nicht möglich | nur teilweise möglich | möglich |

**[0025]** Das erfindungsgemäße Verfahren und dessen Ausführungsformen zum Einschluss von Sonderabfall in Polymerbeton bieten gegenüber bekannten Verfahren auf der Basis von Metall, Metall/Zement bzw. Zement weitere Vorteile.

**[0026]** So wirken sich etwa im Bereich der passiven Sicherheit geologische Einflüsse wie Druck (Tabelle 2A), Temperatur (Tabelle 2B) oder chemisch-physikalische Wechselwirkungen (Tabelle 2C) nicht oder kaum sicherheitsgefährdend auf den eingeschlossenen Sonderabfall aus.

**[0027]** Die besser gewährleistete kurz-, mittel- und langfristige "Rückholbarkeit" des eingeschlossenen Sonderabfalls aus Lagerstätten ist bei Anwendung der Ausführungsformen der Erfindung gegenüber bekannten Verfahren auf der Basis von Metall, Metall/Zement bzw. Zement von Vorteil (Tabelle 3).

Tabelle 2. Passive Sicherheit

| ***Immobilisat*** | ***A*** | ***B*** | ***C*** |
|---|---|---|---|
| *Metall* | ○ | + | - |
| *Metall/Zement* | + | ○ | - |
| *Zement* | - - | - - | - - |
| *Polymerbeton* | + | ○ | + + |
| *Metall/Polymerbeton* | + + | + | + + |

Tabelle 3. Rückholbarkeit

| ***Immobilisat*** | *kurzfristig* | *mittelfristig* | *langfristig* |
|---|---|---|---|
| *Metall* | + | ○ | - |
| *Metall/Zement* | + | ○ | - |
| *Zement* | - - | - - | - - |
| *Polymerbeton* | + + | + | ○ |
| *Metall/Polymerbeton* | + + | + + | + |
| ++: sehr gut, +: gut, ○: ausreichend, -: mangelhaft, --: ungenügend | | | |

**[0028]** Gemäß der Erfindung wird als härtbares Harz, vorzugsweise ein härtbares niedermolekulares Reaktionsharz, besonders bevorzugt ein radikalisch härtbares niedermolekulares Reaktionsharz, aus der Gruppe, die ungesättigtes Polyesterharz, Vinylesterharz, Epoxidharz, Phenolharz, Siliconharz, Melaminharz, Harnstoffharz, Acrylatharz, Furanharz, Polyurethanharz, oder Mischungen davon umfasst, ausgewählt, wobei bevorzugt Vinylesterharz in Kombination mit einem speziellen Peroxidhärtungssystem (Diacylperoxid, Ketonperoxid, Alkylhydroperoxide, Dialkylperoxide, Peroxyketale, Alkylperester, Peroxydicarbonate und/oder Peroxycarbonatester, teilweise in Kombination mit speziellen Reaktionsbeschleunigern (auf z.B. Cobalt-, Vanadium- oder Aminbasis) sowie speziellen Reaktionsinhibitoren (auf z.B.

Chinonbasis) unter Warm- oder Kaltaushärtungsbedingungen eingesetzt wird. Es können je nach Anforderung auch Kombinationen zum Einsatz kommen.

**[0029]** Ferner wird erfindungsgemäß als inerter anorganischer Füllstoff eine inerte anorganische Siliciumverbindung oder ein anderes Betonzuschlagmittel, ausgewählt aus, der Gruppe, die Quarzsand, Sand, Kies, Splitt, Schotter, Metallschlacken, Steinmehl, Klinker-Bruch, Bimsstein, Kieselgur, Tuff, Flugasche, Glimmer, Spat, in reiner Form als auch Recyclate oder Mischungen davon, vorzugsweise Quarzsand, umfasst, verwendet. Insbesondere wird Quarzsand als inerter anorganischer Füllstoff verwendet.

**[0030]** In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform enthält die härtbare Mischung zusätzlich bis zu 40 Gew.-% eines organischen Füllstoffes, vorzugsweise einen Kunststoff, ausgewählt aus der Gruppe, die thermoplastische, elastomere und duroplastische Kunststoffe oder Mischungen davon umfasst.

**[0031]** Die genannten Kunststoffe sind Bestandteil der Polymerbetonmischung, um die thermoplastischen, elastomeren und/oder duroplastischen Materialeigenschaften des Polymerbetons je nach Anforderung zu optimieren. So läßt sich z.B. mittel- bis langfristig die Sicherheit des eingeschlossenen Abfalls erhöhen, wenn z.B. im Falle der geologischen Endlagerung von radioaktiven Abfällen Druck durch geologische Verschiebungen, Sackungen, etc. auf die Abfallgebinde einwirkt. Entsprechende Abfallgebinde aus zementgebundenem Beton oder solche mit einer Metallummantelung könnten durch einen solchen Druck zum Aufbrechen oder -platzen gebracht werden.

**[0032]** Als thermoplastische, elastomere oder duroplastische Kunststoffe werden erfindungsgemäß Polyethylen, Polypropylen, Kautschuk, eine härtbare Formmasse wie Acrylate, ein Aminoplast, ein Polyurethan, Polyvinylchlorid, Polystyrol und insbesondere fluorierte Polymere wie PVDF oder PTFE oder Mischungen davon verwendet. Alle genanten Kunststoffe können auch als geschäumtes Material, z.B. zur Gewichtsreduzierung oder Isolierung, eingesetzt werden.

**[0033]** Nach der Erfindung enthält die härtbare Mischung darüber hinaus zusätzlich bis zu 40 Gew.-% eines Zusatzstoffes, ausgewählt aus der aus der Gruppe, die Metall und Erdalkalimetall sowie deren Salze und Oxide, Blei, Borat, Aluminiumhydroxid, Pigment, Zementfarbe, Asbest-, Glas-, Stahl-, Kohlenstofffasern, Mikroglaskugeln, Graphit, Ruß oder Mischungen davon umfasst.

**[0034]** So dienen etwa Schwermetalle wie Blei oder Borverbindungen (z.B. Borcarbid) zur Adsorption von radioaktiver Strahlung, werden Metalle zur Optimierung der Wärmeleitfähigkeit der Polymerbetonmischung zugegeben, dient z.B. Aluminiumhydroxid zur Verbesserung des Polymerbetonverhaltens im Brandfall oder werden Mikroglaskugeln der Polymerbetonmischung zur Reduzierung des Gewichts zugegeben.

**[0035]** In weiteren Ausführungsformen schließt die oben genannte Härtungsbehandlung die Verwendung eines Reaktionsstarters, eines Härters, eines Beschleunigers und/oder eines chemisch-physikalischen Verfahrens, insbesondere eine UV-Bestrahlung oder Temperierung, oder eine Kombination davon ein.

**[0036]** Entsprechend der Erfindung wird als Reaktionsstarter, welcher vorzugsweise in die härtbare Mischung vor der Härtungsbehandlung eingearbeitet wird, eine Peroxid-Verbindung oder ein Peroxidhärtungssystem ausgewählt aus Diacylperoxid, Ketonperoxid, Alkylhydroperoxide, Dialkylperoxide, Peroxyketale, Alkylperester, Peroxydicarbonate und/oder Peroxycarbonatester, teilweise in Kombination mit speziellen Reaktionsbeschleunigern (auf z.B. Cobalt-, Vanadium- oder Aminbasis) sowie speziellen Reaktionsinhibitoren, insbesondere auf Chinonbasis, unter Warm- oder Kaltaushärtungsbedingungen verwendet. Es können je nach Anforderung auch Kombinationen zum Einsatz kommen.

**[0037]** Eine weitere Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass der Sonderabfall in die Matrix des Polymerbetons, vorzugsweise durch Einarbeiten des Sonderabfalls in die härtbare Mischung, Zugabe eines Reaktionsstarters und anschließenden Ausbildens eines festen Formlings, integriert wird.

**[0038]** Bei dieser sogenannten "Loskörperimmobilisierung" werden die Abfälle von der Polymerbetonmischung in eine viskose Matrix eingebunden. Diese Matrix wird z.B. durch Zugabe eines Reaktionsstarters und mindesten einer anschließenden chemischen Reaktion, etwa einer Polymerisation, einer Polykondensation und/oder einer Polyaddition, verfestigt. Die Loskörperimmobilisierung eignet sich im Bereich der Immobilisierung von Abfällen, bei denen das Vorhandensein eines Schutzmantels, z.B. einer Stahl- oder Kunststoffummantelung, nicht erforderlich ist. Als Beispiel wäre hier die Anwendung im Bereich der Immobilisierung von Asbestfasern denkbar. Bei Abfällen, die aufgrund ihrer chemisch-physikalischen Eigenschaften besonders hohe Sicherheitsvorkehrungen erforderlich machen, ist dieses Verfahren weniger geeignet.

**[0039]** In einer Weiterentwicklung der oben beschriebenen Loskörperimmobilisierung wird erfindungsgemäß der in die Matrix des Polymerbetons integrierte Sonderabfall von einer festen Ummantelung eingeschlossen, vorzugsweise durch Ausbilden des festen Formlings in einem geschlossenen oder verschließbaren Behälter aus vorzugsweise Metall, Kunststoff oder Beton.

**[0040]** Bei dieser "Immobilisierung mit Schutzbehälter" wird der Sonderabfall wie bei der Loskörperimmobilisierung in eine Verfestigungsmatrix eingebunden, aber anschließend zusätzlich von einer Schutzhülle, z.B. einer Stahl- oder Kunststoffummantelung, eingeschlossen. Dabei bildet sich zwischen der verfestigten Matrix und dem Schutzbehälter keine feste Verbindung aus. Ausgehend von obiger Beschreibung zur Herstellung des Loskörperimmobilisats wird dieses hier nicht aus der Form genommen, sondern in einem "verlorenen" Gebinde zur Aushärtung gebracht. Das Gebinde dient als Schutzmantel vor Einflüssen, die sich aus der direkten Umgebung ergeben könnten, wie z.B. Temperatur oder

Auslaugung. Bei Abfällen, die aufgrund ihrer chemisch-physikalischen Eigenschaften besonders hohe Sicherheitsvorkehrungen erforderlich machen, ist dieses Verfahren gut geeignet.

**[0041]** In einer Ausführungsform der Erfindung wird der in die Matrix des Polymerbetons integrierte Sonderabfall von Polymerbeton umschlossen.

**[0042]** In einer speziellen Form dieses Verfahrens bildet der Polymerbeton, in dessen Matrix der Sonderabfall integriert ist, und der diesen umschließende Polymerbeton, vorzugsweise durch gleichzeitige Hätungsbehandlungen, eine feste Verbindung aus.

**[0043]** Bei diesem Immobilisierungs-Verfahren werden die Sonderabfälle in eine Verfestigungsmatrix eingebunden und der verfestigte Körper wird von einer Schutzmatrix eingeschlossen. Im Gegensatz zur Immobilisierung mit Schutzbehälter entsteht zwischen der verfestigten Innenmatrix und der Schutzmatrix durch die vorzugsweise zeitgleiche Aushärtung der Polymerbetonmischungen eine feste Verbindung. Eine Möglichkeit, ein Gebinde dieser Art herzustellen wird im folgenden Ausführungsbeispiel beschrieben.

**[0044]** Nach der Erfindung wird der Polymerbetonbehältier als Transport-, Zwischenlager- und/oder Endlagerbehälter für Sonderabfall verwendet.

**[0045]** Ein Vorteil eines solchen Behälters ist, dass er im Bereich der Dauer- und Endlagerung im Gegensatz zu einem metallischen Behälter nicht der Gefahr der Korrosion ausgesetzt ist. Diese Gefahr besteht besonders in salinarer Umgebung, d.h. bei einer Lagerung in Salzstöcken. Die Korrosionsgefahr kann durch spezielle Verarbeitung, z.B. durch Legierungszuschläge und/oder Lackierung, reduziert jedoch langfristig nicht ausgeschlossen werden. Auch gegenüber Außenschutzbehältern aus zementgebundenem Beton bieten Schutzbehälter aus Polymerbeton aufgrund Ihrer besseren Resistenz- und Elastizitätseigenschaften deutliche Vorteile.

**[0046]** In den oben beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung werden gegebenenfalls erfindungsgemäß integrierte Meß- und Kontrollsysteme, vorzugsweise eine integrierte Drucküberwachungsvorrichtung, eine integrierte Elektroüberwachungsvorrichtung zur Erfassung signifikanter und relevanter Qualitäts- und Überwachungsmekmale wie Temperatur, Strahlungsdosis u.a. und/oder eine integrierte Leckage-Mess-Vorrichtung, etwa mit Hilfe einer Kupferverdrahtung zur Leitfähigkeitsmessung, eingebaut.

**[0047]** Im Bereich "Überwachung und Kontrolle" besteht gegenüber bekannten Verfahren auf der Basis von Metall, Metall/Zement bzw. Zement ein Vorteil darin, dass kurz-, mittel- und langfristig eine gefahrlose Überwachung und Kontrolle des eingeschlossenen Abfalls möglich ist (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4. Überwachung und Kontrolle

| ***Immobilisat*** | *kurzfristig* | *mittelfristig* | *langfristig* |
|---|---|---|---|
| *Metall* | + | ○ | - |
| *Metall/Zement* | ○ | - | - - |
| *Zement* | - | - - | - - |
| *Polymerbeton* | + | ○ | ○ |
| *Metall/Polymerbeton* | + + | + + | + |
| ++: sehr gut, +: gut, ○ : ausreichend, -: mangelhaft, --: ungenügend | | | |

**[0048]** Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind der Beschreibung der Ausführungsbeispiele zu entnehmen.

**[0049]** Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen und mit Hilfe beigefügter Figuren erläutert. Es zeigen:

**Figur 1** Arbeitsschritte des Verfahrens "Loskörperimmobilisierung".

**Figur 2** Arbeitsschritte des Verfahrens "Immobilisierung mit Aussenbehälter"

**Figur 3** Arbeitsschritte des Verfahrens "Einsatz von Polymerbeton als Aussenbehälter"

**Figur 4** Arbeitsschritte des Verfahrens "Rohr-in-Rohr-Immobilisierung"

**Figur 5** Arbeitsschritte des Verfahrens "Immobilisierung von Brennstäben in Polymerbeton"

**[0050]** Gemäß **Figur 1** kann der Einschluss der Abfälle erzielt werden durch :

a) Einarbeiten der Abfälle in eine Polymerbetonmischung: Hierbei setzt sich beispielsweise die Mischung wie folgt zusammen: 40 Gew% fester leicht belasteter radioaktiver trockener Abfall (z.B. belastete Aktivkohle aus der Abluftreinigung), 30 Gew% mit 1-2 Gew% tertiärem Amin (10%ig) vorbeschleunigtes Vinylesterharz, 20 Gew% Quarzsand, 5 Gew% Aluminiumoxid zur Reduzierung der Brennbarkeit, 2 Gew% pulverförmiges Polyethylen-Recyclat zur Steigerung der elastischen Eigenschaften, 2-5 Gew% Dibenzoylperoxid (50 %ig) oder Cumolhydroperxoid (80%ig) zur Reaktionsaktivierung. Beim Mischungsahsatz ist durch das entsprechende Rührwerkzeug 101 die Homogenität der Mischung im Ansatzbehälter 102 sicher zu stellen.

b) Einbringen und Aushärten der Mischung in einem Aushärtungsbehälter bzw. in einer Aushärtungsform 103: Hierbei wird ein Rundbehälterschalensystem eingesetzt, d.h. ein mit Trennmittel auf Paraffinbasis vorbehandelter Rundbehälter, der sich in zwei Halbschalen trennen lässt, wird bis zu einer bestimmten Füllhöhe gefüllt. Anschließend wird der Gesamtbehälter auf einen Vibrationstisch platziert und für eine Dauer von mindestens 1-2 h einer gleichmäßigen Vibration ausgesetzt. Zur Reduzierung der Aushärtungszeit und zur Vergleichmäßigung der Aushärtung wird dies bei einer Temperatur von 40 ˚C vorgenommen.

c) Herausnehmen des festen Formlings 104 aus der Aushärtungsform 103: Nachdem der Formling ausgehärtet ist, wird er aus der Doppelhalbschalenform herausgenommen.

d) Zuführen des Loskörperimmobilisates einer entsprechenden Verwendung: Der feste Formling 104 entspricht somit den Anforderungen für die weitere Lagerung bzw. Deponierung.

**[0051]** Gemäß **Figur 2** kann der Einschluss der Abfälle erzielt werden durch:

a) Einarbeiten der Abfälle in eine Polymerbetonmischung: Hierbei wird z.B. mittelradioaktivbelastetes nicht trockenes (Restfeuchte ca. 10%) Verbrauchsmaterial wie Arbeitskleidung, Arbeitschutzausrüstung wie Handschuhe, Putz- und Reinigungsmaterial mit einem Gewichtsanteil von 30 Gew% homogen in eine 1 %ig vorbeschleunigte (auf Basis Cobaltoctoat und tertiärem Amin) Polyesterharzmischung (25 Gew%) homogen eingearbeitet. Anschließend wird anorganisches Füllmaterial (30% Asbestfasern) und 5-8% Quarzsand, 5% Ruß zur Wärmeleitfähigkeit und Verhinderung der Bildung von Wärmenestern und 2-5 Gew% Methylethylketonperoxid (45 Gew%ig) eingearbeitet. Beim Mischungsansatz ist durch das entsprechende Rührwerkzeug 101 die Homogenität der Mischung im Ansatzbehälter 102 sicher zu stellen.

b) Einbringen und Aushärten der Mischung in einen Aushärtungsbehälter 105: Der Behälter (z.B. 200 1 Stahl-Sicken-Deckelfass) wird bis zu einer definierten Füllhöhe gefüllt. Darauf wird der Gesamtbehälter auf einen Vibrationstisch platziert und für eine Dauer von mindestens 1-3 h einer gleichmäßigen Vibration ausgesetzt. Zur Reduzierung der Aushärtungszeit und zur Vergleichmäßigung der Aushärtung wird dies bei einer Temperatur von 80 ˚C vorgenommen.

c) Versiegeln und Zuführen des Behälters einer entsprechenden Verwendung: Nachdem der Deckel 106 geschlossen und versiegelt ist, kann das Fass der weiteren Lagerung bzw. Deponierung zugeführt werden.

**[0052]** Gemäß **Figur 3** kann der Einschluss z.B. toxischer Abfälle erzielt werden durch:

a) Ansetzen einer den Anforderungen entsprechenden Polymerbetonmischung: Hierbei setzt sich beispielsweise die Mischung wie folgt zusammen: 20 Gew% mit 2 Gew% an tertiärem Amin (10%ig) vorbeschleunigtes Vinylesterharz, als Füllmaterial 65 Gew% Quarzsand, 10 Gew% Aluminiumoxid zur Reduzierung der Brennbarkeit, 2 Gew% pulverförmiges Polyethylen-Recyclat zur Steigerung der elastischen Eigenschaften, 2-5 Gew% Dibenzoylperoxid (50 %ig) oder Cumolhydroperxoid (80%ig) zur Reaktionsaktivierung. Beim Mischungsansatz ist durch das entsprechende Rührwerkzeug 101a die Homogenität der Mischung im Ansatzbehälter 102a sicher zu stellen.

b) Herstellen eines Polymerbetonbehälters 107: Nachdem der Polymerbetonbehälter mittels Formenbau und Temperierung bei 50 ˚C auf dem Vibrationstisch hergestellt und innerhalb von 1-3 Stunden ausgehärtet ist, wird er im Innenbereich mit einer Polyurethanschicht zusätzlich versiegelt. Zusätzlich wird im Formenbau als Mess- und Kontrollsystem eine Kupferschleife zur Leitfähigkeits- und somit Leckagemessung in die Aushärtungsform mit eingelegt.

c) Einbringen des konditionierten oder unkonditionierten Abfalls in den Polymerbetonbehälter: In den ausgehärteten Polymerbetonbehälter wird eine chemotoxische dioxinbelastete oder radioaktiven Abfall enthaltende Masse eingelassen. Beim Mischungsansatz ist durch das entsprechende Rührwerkzeug 101b die Homogenität der Mischung

im Ansatzbehälter 102b sicher zu stellen.

d) Versiegeln des Polymerbetonbehälters 107 und Zuführen des eingeschlossenen bzw. gekapselten Abfalls einer entsprechenden Verwendung: Nachdem der Deckel 108 aufgegeben und mittels Klebstoff auf Epoxidharzbasis versiegelt ist, kann der Behälter der weiteren Lagerung bzw. Deponierung zugeführt werden.

**[0053]** Gemäß **Figur 4** kann der Einschluss der Abfälle erzielt werden durch verfahrenstechnische Kombination der Beispiele aus Figur 2 und Figur 3 mit der Modifizierung der Parallelaushärtung:

a) Einarbeiten der Abfälle in eine Polymerbetonmischung: Ansatz einer vorbeschleunigten (1%ig auf Basis Cobaltoctoat und tertiärem Amin) Vinylesterharzmischung (20 Gew%) zu einem Quarzsandanteil von 20 Gew% als Füllstoff, einem Graphitanteil von 20 Gew% zur Wärmeableitung, einem Blei/Boratanteil von 20% zur Strahlungsadsorption und einem Anteil von 15 Gew% Aluminiumoxid zur Thermostabilität.

b) Anfertigen einer weiteren Polymerbetonmischung, welche keine Abfälle enthält: Ansatz einer hochwertigen Harzmischung analog dem Beispiel aus Figur 3.

c) Einbringen letzterer Polymerbetonmischung in eine Außenform 109 bis zu einer gewissen Füllhöhe und teilweises Aushärten dieser Mischung analog zu der analog zu der Herstellung in Figur 3.

d) Positionieren einer unten offenen Innenform 110 in der Außenform 109 analog zu der Herstellung in Figur 3.

e) Einbringen der keinen Abfall enthaltenen Polymerbetonmischung in den Innen- (zur Bodenabdeckung) und in den Außenformzwischenraum 111 analog zu der Herstellung in Figur 3.

f) Anschließendes Einbringen der Abfall enthaltenden Polymerbetonmischung in den von der Innenform 110 gebildeten Hohlraum 112 und nachfolgendes Entfernen der Innenform: Einbringen der unter a) genannten Mischung in den Innenrohrbereich.

g) Einbringen weiterer keinen Abfall enthaltenden Polymerbetonmischung in die Außenform vor vollständiger Aushärtung der schon eingefüllten Mischungen zum Zwecke des vollständigen Einschlusses der Abfall enthaltenen Polymerbetonmischung analog zu der Herstellung in Figur 3.

h) Aushärten der Mischungen unter Erhalt eines festen Formlings analog zu der Herstellung in Figur 3.

**[0054]** Im Bereich der Mess- und Kontrollsysteme werden in den Außenpolymerbetonbereich vor der Endaushärtung Messhülsen zum Einbau von Thermofühlern und Strahlungsmesssonden mit eingearbeitet.

**[0055]** Gemäß **Figur 5** kann der direkte Einschluss hoch radioaktiv belasteten Materials, z.B. Brennstäbe, erzielt werden durch:

a) Einarbeiten der Abfälle in eine Polymerbetonmischung: Ansatz einer vorbeschleunigten (1%ig auf Basis Cobaltoctoat und tertiärem Amin) Vinylesterharzmischung (20 Gew%) zu einem Quarzsandanteil von 20 Gew% als Füllstoff, einem Graphitanteil von 20 Gew% zur Wärmeableitung, einem Blei/Boratanteil von 20% zur Strahlungsadsorption und einem Anteil von 15 Gew% Aluminiumoxid zur Thermostabilität.

b) Anfertigen einer weiteren Polymerbetonmischung, welche keine Abfälle enthält: Ansatz einer hochwertigen Harzmischung analog dem Beispiel aus Figur 3.

c) Einbringen letzterer Polymerbetonmischung in eine Außenform 109 bis zu einer gewissen Füllhöhe und teilweises Aushärten dieser Mischung analog zu der Herstellung in Figur 3.

d) Positionieren einer unten offenen Innenform 110 in der Außenform analog zu der Herstellung in Figur 3.

e) Einbringen der keinen Abfall enthaltenen Polymerbetonmischung in den Innen- (zur Bodenabdeckung) und in den Außenformzwischenraum 111 analog zu der Herstellung in Figur 3.

f) Anschließendes Einbringen der Abfall enthaltenden Polymerbetonmischung in den von der Innenform gebildeten Hohlraum 112 und nachfolgendes Entfernen der Innenform: Einbringen der unter a) genannten Mischung mit gleich-

zeitiger Positionierung der Brennstäbe 114 im Innenrohrbereich (siehe Ablaufskizze in Figur 5).

g) Einbringen weiterer keinen Abfall enthaltenden Polymerbetonmischung in die Außenform vor vollständiger Aushärtung der schon eingefüllten Mischungen zum Zwecke des vollständigen Einschlusses der Abfall enthaltenen Polymerbetonmischung analog zu der Herstellung in Figur 3.

h) Aushärten der Mischungen unter Erhalt eines festen Formlings 115 analog zu der Herstellung in Figur 3.

**[0056]** Im Bereich der Mess- und Kontrollsysteme werden in den Außenpolymerbetonbereich vor der Endaushärtung Messhülsen zum Einbau von Thermofühlern und Strahlungsmesssonden mit eingearbeitet.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Einschluss von Sonderabfall, wobei der Sonderabfall, vorzugsweise in Teilchenform, mit einer härtbaren Mischung umschlossen wird und diese den Sonderabfall umschließende Mischung einer Härtungsbehandlung unter Bildung von Polymerbeton unterzogen wird, wobei man die den Sonderabfall einschliessende Mischung in einen Behälter aus Polymerbeton, der aus der gleichen härtbaren Mischung herstellbar ist, einschliesst, wobei die härtbare Mischung zumindest a) 10-50 Gew.-% mindestens eines härtbaren Harzes, und b) 50-90 Gew.-% mindestens eines eine Grundmatrix bildenden inerten anorganischen Füllstoffes in Teilchenform umfasst, wobei die Bestandteile a) und b) zusammen 100 Gew.-% ergeben.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei man die den Sonderabfall einschließende härtbare Mischung zu einem festen Formling aushärten und der Formling in den Behälter aus Polymerbeton eingeschlossen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei man die den Sonderabfall einschließende härtbare Mischung in der Ummantelung aus härtbarer Mischung, in die kein Sonderabfall eingemengt ist, aushärtet, wobei die den Sonderabfall enthaltende Mischung die innere Phase (Kern) bildet.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei man die den Sonderabfall einschließende härtbare Mischung nach oder gleichzeitig zum Aushärten der Ummantelung aus härtbarer Mischung, in die kein Sonderabfall eingemengt ist, aushärtet.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, wobei man die den Sonderabfall einschließende härtbare Mischung schichtweise nach dem schichtweisen Aushärten der Ummantelung aus härtbarer Mischung, in die kein Sonderabfall eingemengt ist, aushärtet.

6. Verfahren nach einem Ansprüche 1 bis 5, wobei man den Behälter aus Polymerbeton versiegelt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei man den Behälter aus Polymerbeton mit einer verschließbaren Kontrollöffnung versieht.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Sonderabfall chemotoxischer oder radioaktiver Abfall ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei der radioaktive Abfall in Form von abgebrannten Brennelementen in die auszuhärtende Masse, die den Sonderabfall einschließt, eingebracht wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei man in der auszuhärtenden Masse, die den Sonderabfall einschließt, mindestens einen Hohlraum zur Aufnahme eines Brennelementes ausbildet.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei man mindestens ein Meß- und Kontrollsystem, ausgewählt aus einer Drucküberwachungsvorrichtung, einer Elektroüberwachungsvorrichtung und einer Leckage-Mess-Vorrichtung oder Kombinationen davon, in der auszuhärtenden Masse, die den Sonderabfall einschließt, vor dem Aushärten anordnet.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das härtbare Harz ein härtbares niedermolekulares Reaktionsharz, bevorzugt ein radikalisch härtbares niedermolekulaces Reaktionsharz ist, das aus der Gruppe, die ungesättigtes Polyesterharz, Vinylesterharz, Epoxidharz, Phenolharz, Siliconharz, Melaminharz, Harnstoffharz,

Acrylatharz, Furanharz, Polyur-ethanharz oder Mischungen davon, bevorzugt Vinylesterharz, umfasst, ausgewählt wird.

**13.** Verfahren nach Anspruch 12, wobei als thermoplastischer, elastomerer oder duroplastischer Kunststoff Polyethylen, Polypropylen, Kautschuk, eine härtbare Formmasse, insbesondere Acrylat, Aminoplast, Polyurethan, Polyvinylchlorid, Polystyrol, bevorzugt fluorierte Polymere wie PVDF oder PTFE, oder Mischungen davon, verwendet wird.

**14.** Verfahren nach Anspruch 13, wobei der thermoplastische, elastomere oder duroplastische Kunststoff in geschäumter Form verwendet wird.

**15.** Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei als inerter anorganischer Füllstoff eine inerte anorganische Siliciumverbindung oder ein Betonzuschlagmittel, ausgewählt aus der Gruppe, die Quarzsand, Sand, Kies, Splitt, Schotter, Metallschlacken, Steinmehl, Klinker-Bruch, Bimsstein, Kieselgur, Tuff, Flugasche, Glimmer, Spat, in reiner Form als auch als Recyclate oder Mischungen davon, vorzugsweise Quarzsand, umfasst, eingesetzt wird.

**16.** Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die härtbare Mischung zusätzlich bis zu 40 Gew.-% eines organischen Füllstoffes, vorzugsweise eignen Kunststoff, ausgewählt aus der Gruppe, die thermoplastische, elastomere und duroplastische Kunststoffe oder Mischungen davon umfasst, in Teilchenform enthält.

**17.** Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die härtbare Mischung zusätzlich bis zu 40 Gew.-% zumindest eines zusatzstoffes, ausgewählt aus der Gruppe, die Metalle und Erdalkalimetalle sowie deren Salze und Oxide, Blei, Borverbindungen, insbesondere Borcarbid oder Alkaliborat, Aluminiumhydroxid, Pigment, Zementfarbe, Asbest-, Glas-, Stahl-, Kohlenstofffasern, Mikroglaskugeln, Graphit, Ruß oder Mischungen davon umfasst, in Teilchenform enthält.

**18.** Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Härtungsbehandlung die Verwendung eines Reaktionsstarters, eines Härters, eines Beschleuniger-/Inhibitorsystems und/oder eines chemisch-physikalischen Verfahrens, insbesondere eine Bestrahlung mit UVe-Licht, IR-Stxahlung oder Mikrowellen oder Temperierung, oder eine Kombination davon einschließt.

**19.** Verfahren nach Anspruch 18, wobei als Reaktionsstarter, welcher vorzugsweise in die härtbare Mischung vor der Härtungsbehandlung eingearbeitet wird, eine PeroxidVerbindung oder ein Peroxidhärtungssystem, ausgewählt aus Diacylperoxid, Ketonperoxid, Alkylhydroperoxide, Dialkylperoxide, Peroxyketale, Alkylperester, Peroxydicarbonate und/oder Peroxycarbonatester, gegebenenfalls in Kombination mit Reaktionsbeschleunigern, insbesondere auf Cobalt-, Vanadium- oder Aminbasis), sowie Reaktionsinhibitoren, insbesondere auf Chinonbasis, oder Kombinationen davon, unter Warm- oder Kaltaushärtungsbedinqungen eingesetzt wird.

## Claims

**1.** A method for the containment of special waste, wherein the special waste, preferably in particulate form, is enveloped in a curable mixture and that mixture enveloping the special waste is subjected to a curing treatment forming polymer concrete, wherein the mixture enclosing the special waste is enclosed in a container consisting of polymer concrete which can be made from the same curable mixture, wherein the curable mixture comprises at least a) 10-15 % by weight of at least one curable resin and b) 50-90 % by weight of at least one inert inorganic filler in particulate form forming a base matrix, wherein the components a) and b) together add up to 100 % by weight.

**2.** A method according to claim 1, wherein the curable mixture enclosing the special waste is cured to form a solid moulded article and the moulded article is enclosed in the container consisting of polymer concrete.

**3.** A method according to claim 1, wherein the curable mixture in the casing consisting of curable mixture in which no special waste is incorporated and which encloses the special waste is cured, wherein the mixture that comprises the special waste forms the inner phase (core).

**4.** A method according to claim 3, wherein the curable mixture enclosing the special waste is cured after or simultaneously with the curing of the casing consisting of curable mixture in which no special waste is incorporated.

5. A method according to claim 3 or 4, wherein the curable mixture enclosing the special waste is cured layer by layer after the layer-by-layer curing of the casing consisting of curable mixture in which no special waste is incorporated.

6. A method according to any one of claims 1 to 5, wherein the container consisting of polymer concrete is sealed.

7. A method according to any one of claims 1 to 5, wherein the container consisting of polymer concrete is provided with a closable inspection opening.

8. A method according to any one of the preceding claims, wherein the special waste is chemotoxic or radioactive waste.

9. A method according to claim 8, wherein the radioactive waste is introduced into the mass to be cured, which encloses the special waste, in the form of spent fuel elements.

10. A method according to claim 9, wherein at least one cavity for receiving a fuel element is formed in the mass to be cured which encloses the special waste.

11. A method according to any one of the preceding claims, wherein at least one measuring and inspection system selected from a pressure monitoring device, an electrical monitoring device and a leakage-measuring device or combinations thereof is arranged in the mass to be cured, which encloses the special waste, before the curing operation.

12. A method according to any one of the preceding claims, wherein the curable resin is a curable low-molecular-weight reaction resin, preferably a free-radical-curable low-molecular-weight reaction resin, selected from the group comprising unsaturated polyester resin, vinyl ester resin, epoxy resin, phenolic resin, silicone resin, melamine resin, urea resin, acrylate resin, furan resin, polyurethane resin or mixtures thereof, preferably vinyl ester resin.

13. A method according to claim 12, wherein there is used as thermoplastic, elastomeric or thermosetting plastics material polyethylene, polypropylene, natural rubber, a curable moulding composition, especially acrylate, aminoplast, polyurethane, polyvinyl chloride, polystyrene, preferably fluorinated polymers such as PVDF or PTFE, or mixtures thereof.

14. A method according to claim 13, wherein the thermoplastic, elastomeric or thermosetting plastics material is used in expanded form.

15. A method according to any one of the preceding claims, wherein there is used as inert inorganic filler an inert inorganic silicon compound or a concrete additive selected from the group comprising quartz sand, sand, gravel, stone chippings, ballast, metal slags, stone powder, broken clinker, pumice, kieselguhr, tufa, flue ash, mica, spar, in pure form and as recycled material or mixtures thereof, preferably quartz sand.

16. A method according to any one of the preceding claims, wherein the curable mixture additionally contains up to 40 % by weight of an organic filler, preferably a plastics material, selected from the group comprising thermoplastic, elastomeric and thermosetting plastics materials or mixtures thereof, in particulate form.

17. A method according to any one of the preceding claims, wherein the curable mixture additionally contains up to 40 % by weight of at least one additive selected from the group comprising metals and alkaline earth metals and salts and oxides thereof, lead, boron compounds, especially boron carbide or alkali metal borate, aluminium hydroxide, pigment, cement colour, asbestos fibres, glass fibres, steel fibres, carbon fibres, glass microspheres, graphite, soot or mixtures thereof, in particulate form.

18. A method according to any one of the preceding claims, wherein the curing treatment includes the use of a reaction initiator, a hardener, an accelerator/inhibitor system and/or a physicochemical process, especially irradiation with UV light, IR radiation or microwaves or tempering, or a combination thereof.

19. A method according to claim 18, wherein there is used as reaction initiator, which is preferably incorporated into the curable mixture before the curing treatment, a peroxide compound or peroxide curing system selected from diacyl peroxide, ketone peroxide, alkyl hydroperoxides, dialkyl peroxides, peroxyketals, alkyl peresters, peroxydicarbonates and/or peroxycarbonate esters, where appropriate in combination with reaction accelerators, especially those based on cobalt, vanadium or amine, and reaction inhibitors, especially those based on quinone, or combi-

nations thereof, under warm or cold curing conditions.

## Revendications

1. Procédé pour le confinement de déchets spéciaux, dans lequel les déchets spéciaux, qui se présentent de préférence sous la forme de particules, sont incorporés à un mélange durcissable et ce mélange incorporant les déchets spéciaux est soumis à un traitement de durcissement en formant un béton polymère, dans lequel procédé on enferme le mélange incorporant les déchets spéciaux dans un récipient constitué de béton polymère, qui peut être fabriqué à partir du même mélange durcissable, dans lequel le mélange durcissable comprend au moins a) 10 à 50 % en poids d'au moins une résine durcissable et b) 50 à 90 % en poids d'au moins une charge inorganique inerte sous forme particulaire formant une matrice de base, et dans lequel les composants a) et b) représentent conjointement 100 % en poids.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le mélange durcissable incorporant les déchets spéciaux est durci de manière à former un moulage solide et le moulage est enfermé dans le récipient en béton polymère.

3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le mélange durcissable incorporant les déchets spéciaux est durci dans l'enceinte constituée d'un mélange durcissable auquel n'a été mélangé aucun déchet spécial, le mélange contenant les déchets spéciaux constituant la phase interne (noyau).

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel le mélange durcissable incorporant les déchets spéciaux est durci après ou en même temps que l'on procède au durcissement de l'enceinte constituée du mélange durcissable auquel n'a été mélangé aucun déchet spécial.

5. Procédé selon la revendication 3 ou 4, dans lequel le mélange durcissable incorporant les déchets spéciaux est durci en couches après que l'on a effectué le durcissement en couches de l'enceinte constituée du mélange durcissable auquel n'a été mélangé aucun déchet spécial.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le récipient en béton polymère est scellé.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le récipient en béton polymère est scellé avec une ouverture de contrôle qui peut être fermée.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les déchets spéciaux sont des déchets chimiotoxiques ou radioactifs.

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel les déchets radioactifs sont incorporés à la masse à durcir contenant les déchets spéciaux, sous la forme d'éléments combustibles brûlés.

10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel on élabore, dans la masse à durcir qui contient les déchets spéciaux, au moins une cavité destinée à accueillir un élément combustible.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on aménage, avant l'étape de durcissement, au moins un système de mesure et de contrôle, choisi parmi un dispositif de surveillance de la pression, un dispositif de surveillance électrique et un dispositif de mesure des fuites ou une combinaison de ceux-ci, dans la masse à durcir qui contient les déchets spéciaux.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la résine durcissable est une résine réactive durcissable de faible poids moléculaire, de préférence une résine réactive de faible poids moléculaire durcissable par voie radicalaire, qui est choisie dans le groupe comprenant, sous forme insaturée, une résine de polyester, une résine de vinylester, une résine époxyde, une résine phénolique, une résine de silicone, une résine de mélamine, une résine à base d'urée, une résine acrylique, une résine à base de furanne, une résine de polyuréthanne ou des mélanges de celles-ci, de préférence, une résine de vinylester.

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel on utilise comme matériau synthétique thermoplastique, élastomère ou duroplastique, du polyéthylène, du polypropylène, du caoutchouc, une masse de moulage durcissable, en particulier, de l'acrylate, un aminoplaste, du polyuréthanne, du poly(chlorure de vinyle), du polystyrène, de préférence

un polymère fluoré, tel que le PVDF ou le PTFE, ou des mélanges de ceux-ci.

**14.** Procédé selon la revendication 13, dans lequel le matériau synthétique thermoplastique, élastomère ou duroplastique est utilisé sous forme expansée.

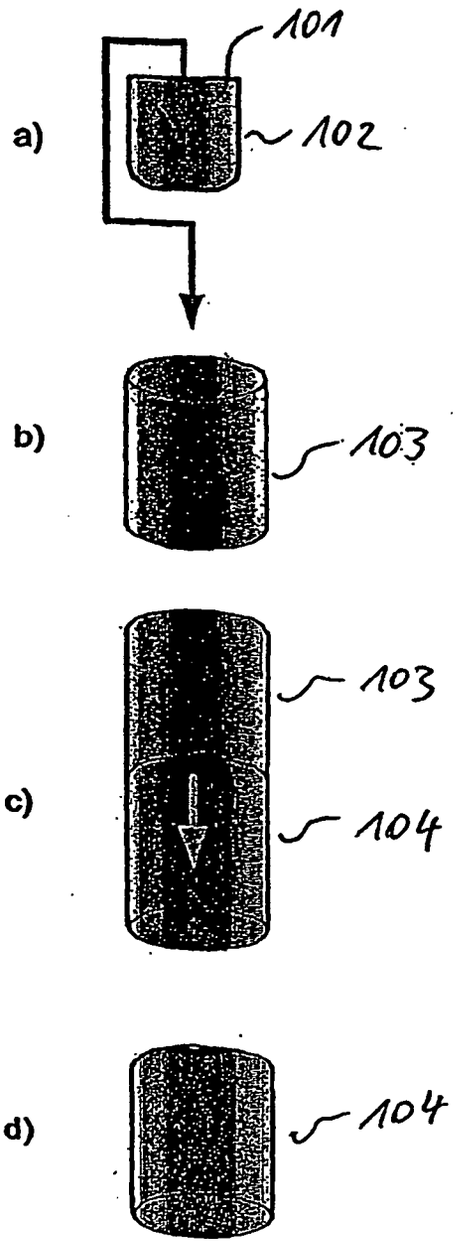
**15.** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on utilise comme charge inorganique inerte, un composé de silicium inorganique inerte ou un agent auxiliaire pour le béton, choisi dans le groupe comprenant le sable de quartz, le sable, le gravier fin, le gravier, le gros gravier, les scories métalliques, la roche pulvérisée, les fragments de briques, la pierre ponce, le kieselgur, le tuf, les cendres volantes, le mica, le spath, sous forme pure comme sous forme recyclée ou des mélanges de ceux-ci, de préférence du sable de quartz.

**16.** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le mélange durcissable contient, en outre, jusqu'à 40 % en poids d'une charge organique, de préférence, un matériau synthétique choisi dans le groupe comprenant les matériaux synthétiques thermoplastiques, élastomères et duroplastiques ou des mélanges de ceux-ci, sous forme de particules.

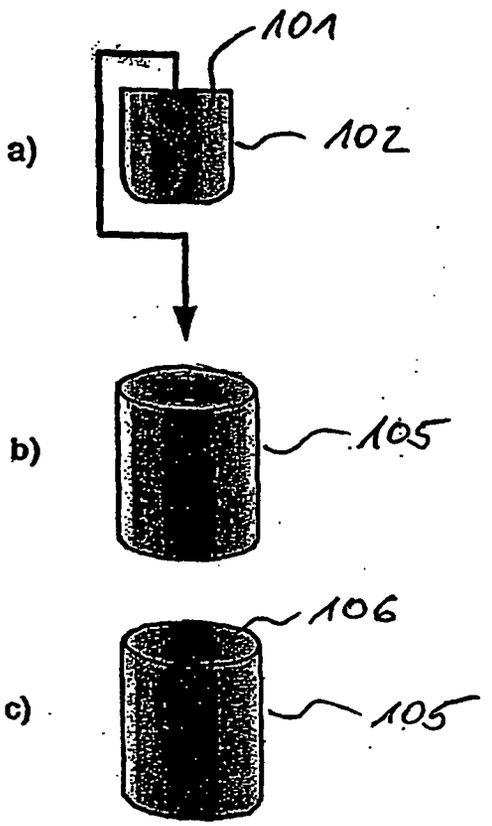
**17.** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le mélange durcissable contient en outre jusqu'à 40 % en poids d'au moins un additif choisi dans le groupe comprenant les métaux et les métaux alcalinoterreux, ainsi que leurs sels et leurs oxydes, le plomb, des composés de bore, en particulier, le carbure de bore ou un borate alcalin, l'hydroxyde d'aluminium, un pigment, un colorant de ciment, des fibres d'amiante, de verre, d'acier et de carbone, des microbilles de verre, le graphite, la suie ou des mélanges de ceux-ci, sous forme de particules.

**18.** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le traitement de durcissement comprend l'utilisation d'un initiateur de réaction, d'un agent durcissant, d'un système à base d'accélérateur/inhibiteur et/ou d'un procédé physicochimique, en particulier, un rayonnement à base de lumière UV, un rayonnement infrarouge ou des micro-ondes ou un équilibrage de température, ou encore une combinaison de ceux-ci.

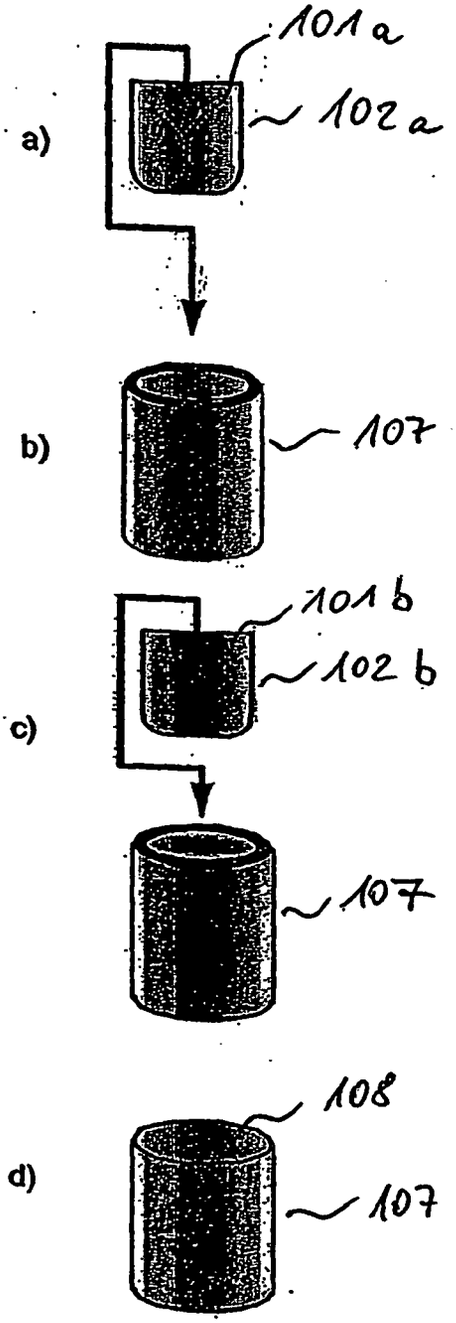
**19.** Procédé selon la revendication 18, dans lequel on utilise comme initiateur de réaction, lequel est incorporé de préférence au mélange durcissable avant le traitement de durcissement, un composé de peroxyde ou un système de durcissement à base de peroxyde choisi parmi un peroxyde de diacyle, un peroxyde de cétone, des hydroperoxydes d'alkyle, des peroxydes de dialkyle, des peroxyacétals, des peresters d'alkyle, des peroxydicarbonates et/ou des esters de peroxycarbonates, éventuellement en combinaison avec des accélérateurs de réaction, en particulier à base de cobalt, de vanadium ou d'amine), ainsi que des inhibiteurs de réaction, en particulier, à base de quinone, ou des combinaisons de ceux-ci, dans des conditions de durcissement à chaud ou à froid.



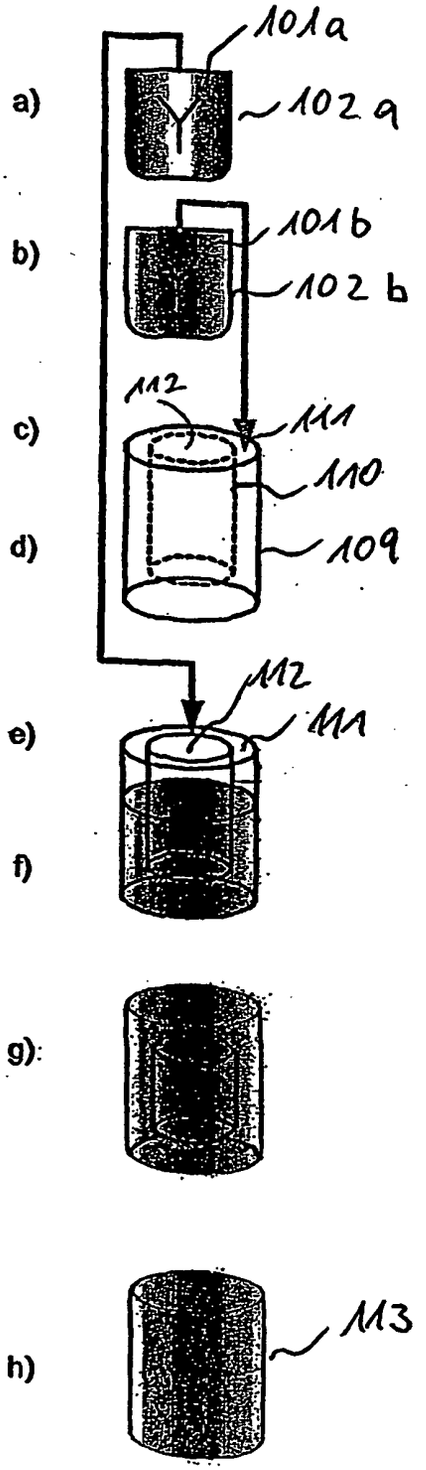

Figur 1



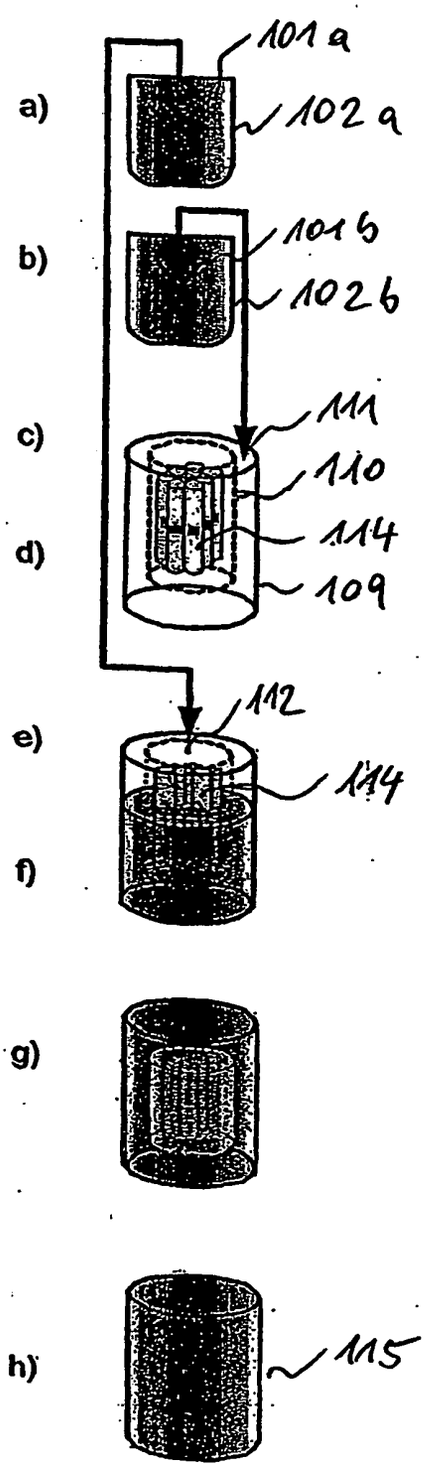

Figur 2




Figur 3




Figur 4




Figur 5

## IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

### In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente


- DE 3208688 C2 **[0004]**
- DE 2363474 B2 **[0004]**
- DE 2644472 A1 **[0004]**
- DE 2212574 **[0004]**
- DE 3840794 C2 **[0004]**
- JP 621245001987 B **[0006]**
- DE 69231742 T2 **[0006]**
- DE 4305318 A1 **[0006]**
- DE 19725922 C2 **[0008]**
- DE 19512574 A1 **[0008]**
- DE 3439092 A1 **[0008]**
- DE 3212507 A1 **[0008]**
- DE 2905094 C2 **[0008]**
- DE 19952130 A1 **[0008]**