



<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : C04B 14/36</p>	<p>A2</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/10935 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 2. März 2000 (02.03.00)</p>
--	------------------	--

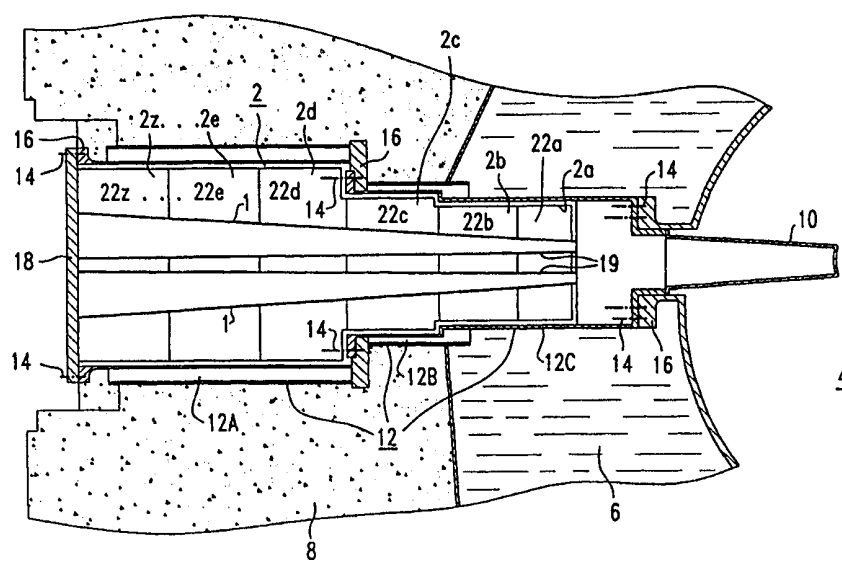
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/02499 (22) Internationales Anmeldedatum: 11. August 1999 (11.08.99) (30) Prioritätsdaten: 198 38 134.4 21. August 1998 (21.08.98) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): VANVOR, Dieter [DE/DE]; Im Zollstock 17, D-91093 Heßdorf (DE). (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: AU, BR, CA, CN, CZ, JP, KR, RU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i></p>
--	--

(54) Title: RADIATION PROTECTIVE CONCRETE AND RADIATION PROTECTIVE CASING

(54) Bezeichnung: STRAHLENSCHUTZBETON UND STRAHLENSCHUTZMANTEL

(57) Abstract

In order to obtain maximum shielding from heat and radiation, a radiation protective casing (2) is provided with a wall area (2a-2z) that is made of radiation protective concrete (22a-22z) that includes a first aggregate containing boron with a particle size of up to 1 mm, in addition to a second metal aggregate with a particle size of up to 7 mm. In a first embodiment, the amount of the first aggregate containing boron included in the radiation protective concrete is at least 5.0 wt. % and more particularly at least 7.8 %. In a second embodiment, the proportion of the second metal aggregate in the radiation protective concrete (22b) is 80-90 wt. %, more particularly 85-90 %. In the gap, the proportion of the first aggregate containing boron can range from 1.0 to 1.5 wt. %.



(57) Zusammenfassung

Zur Erzielung einer möglichst hohen wärme- und strahlungsabsorbierenden Abschirmwirkung weist erfindungsgemäß ein Strahlenschutzmantel (2) einen Wandbereich (2a bis 2z) auf, der aus einem mit einem ersten, borhaltigen Zuschlagstoff mit einer Korngröße bis zu 1 mm und mit einem zweiten, metallischen Zuschlagstoff mit einer Korngröße bis zu 7 mm versehenen Strahlenschutzbeton (22a bis 22z) gebildet ist. In einer ersten Ausführungsform beträgt der Gehalt an erstem, borhaltigem Zuschlagstoff im Strahlenschutzbeton (22a) mindestens 5,0 Gew.-%, insbesondere mindestens 7,8 Gew.-%. Der Strahlenschutzbeton (22b) weist in einer zweiten Ausführungsform einen Anteil des zweiten, metallischen Zuschlagstoffs aus dem Bereich zwischen 80 und 90 Gew.-% auf, insbesondere aus dem Bereich zwischen 85 und 89 Gew.-%. Der Anteil des ersten, borhaltigen Zuschlagstoffs kann dabei im Intervall zwischen 1,0 und 1,5 Gew.-% liegen.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshjan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Beschreibung

Strahlenschutzbeton und Strahlenschutzmantel

- 5 Die Erfindung betrifft einen Strahlenschutzbeton und einen Strahlenschutzmantel zur Abschirmung von Strahlung einer Strahlungsquelle, insbesondere zur Abschirmung von Neutronen- und Gammastrahlung.
- 10 Zur Abschirmung einer Strahlungsquelle, von der ionisierende Strahlung und/oder Neutronenstrahlen emittiert werden, z. B. der Strahlung im Bereich eines Strahlkanals einer Reaktoranlage, einer Spallationsneutronenquelle oder der Strahlung aus einer medizinischen Vorrichtung, werden üblicherweise als Ab-
- 15 schirmmaterialien Stahl, Gußwerkstoffe, Polyethylen-Schichten, Blei, Bleilegierungen sowie Kombinationen dieser Materialien verwendet. Durch die Dotierung dieser Werkstoffe mit sogenannten Neutronengiften, wie z.B. Bor, insbesondere Bor-
- 20 isotop 10, oder Cadmium sind derartige Abschirmmaterialien zur Abschirmung von Neutronen besonders geeignet. Dabei werden die Neutronen in Abhängigkeit von der gewählten Neutronengiftkonzentration, z.B. Borkonzentration, und der Neutronenenergie in stärkerem oder schwächerem Maße absorbiert.
- 25 Art, Größe und Leistung der Strahlungsquelle bestimmen maßgeblich die Konstruktion, die Materialauswahl und die Materialanordnung der Abschirmung. Üblicherweise wird die erforderliche Gesamtdicke der Abschirmung durch die Intensität der Strahlung am Eingang der Abschirmung und die gewünschte
- 30 Schwächung der Intensität über die Dicke der Abschirmung sowie die spezifische Abschirmeffektivität der ausgewählten Abschirmmaterialien bestimmt.
- 35 Um bei einer besonders starken Strahlungsquelle, z. B. einem Strahlkanal einer Reaktoranlage, einen wirksamen Schutzmantel gegen die auftretende Wärme, Neutronen- und Gammastrahlung erzielen zu können, weist die Abschirmung infolge ihrer dann

erforderlichen hohen Gesamtdicke üblicherweise ein besonders großes Volumen auf. Darüber hinaus ist bei Reaktoranlagen oder Spallationsneutronenquellen der Schutzmantel oder die Schutzbarriere in mehrere Bereiche oder Schichten verschiedenartiger Materialien unterteilt. Beispielsweise wird der Reaktorkern durch laufend gekühltes Wasser als erste Schicht des Schutzmantels gekühlt und abgeschirmt. An diese erste Schicht schließt sich üblicherweise eine zweite Schicht aus Feststoffen an, vorzugsweise Beton mit vergleichsweise hoher Dichte. Demzufolge müssen die einzelnen aus Feststoffen gebildeten Schichten des Schutzmantels sowohl gegenüber flüssigem als auch gegenüber dampfförmigen Wasser korrosionsbeständig sein. Dazu wird der als Abschirmmaterial ausgewählte Feststoff vorwiegend mit veredelten Metallen ummantelt oder verkapselt. Dies ist hinsichtlich der konstruktiven Ausführung sowie der Montage besonders aufwendig.

Nachteilig ist darüber hinaus, daß durch einen komplexen Aufbau der Strahlungsquelle bedingte Hohlräume aufgrund der festen Abschirmmaterialien nicht oder nicht vollständig für die Abschirmung genutzt werden können. Dies führt dazu, daß die Abmessungen aufgrund der zu erzielenden und durch Verordnungen vorgeschriebenen Abschirmwirkung besonders großvolumig sind und ein derartiger Schutzmantel besonders aufwendig ist.

Aus einem Fachartikel aus der Zeitschrift „Beton“ 10/78, Seiten 368 bis 371, mit dem Titel „Strahlenschutzbetone - Merkblatt für das Entwerfen, Herstellen und Prüfen von Betonen des bautechnischen Strahlenschutzes“ ist es bekannt, einem Beton borhaltige Stoffe als Zusatzstoffe zuzusetzen. Solche borhaltigen Stoffe sind beispielsweise Colemanit, Borcalzit, Borfritte und Borkarbid. Außerdem sind in dem genannten Fachartikel metallische Schwerzuschläge, wie z.B. Eisengranalien oder Stahlsand, beschrieben.

Bislang war man davon ausgegangen, daß die borhaltigen Zuschlagstoffe einerseits und die metallischen Schwerzuschläge

andererseits dem Beton nur zu einem sehr geringen Anteil zugegeben werden können, ohne z.B. das Abbinden des Betons nachteilig zu beeinflussen. Mit den in dem genannten Fachartikel beschriebenen Strahlenschutzbetonen war nach bisherigem
5 Kenntnisstand der Fachwelt ein Strahlenschutzmantel ebenfalls nur mit großen Abmessungen herstellbar.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Strahlenschutzbeton anzugeben, mit dem unter Berücksichtigung einer
10 möglichst hohen strahlungsabsorbierenden Abschirmwirkung ein Strahlenschutzmantel mit besonders kleinem Volumen herstellbar ist. Dies soll bei besonders hoher Einbauflexibilität, verbunden mit besonders geringem Anschaffungs- und Herstellungsaufwand, erreichbar sein. Zu diesem Zweck soll auch
15 ein Strahlenschutzmantel angegeben werden.

Diese Aufgabe wird in einer ersten Ausführungsform erfindungsgemäß gelöst durch einen Strahlenschutzbeton, der mit einem Gehalt von mindestens 5,0 Gew.-%, insbesondere von mindestens 7,8 Gew.-%, einen ersten, borhaltigen Zuschlagstoff mit einer Korngröße bis zu 1 mm enthält, und der einen zweiten, metallischen Zuschlagstoff mit einer Korngröße bis zu 7
20 mm enthält.

25 Der Strahlenschutzbeton der ersten Ausführungsform ist besonders zur Abschirmung starker Neutronenstrahlung geeignet.

Die genannte Aufgabe wird in einer zweiten Ausführungsform gemäß der Erfindung gelöst durch einen Strahlenschutzbeton,
30 der einen ersten, borhaltigen Zuschlagstoff mit einer Korngröße bis zu 1 mm enthält, und der mit einem Gehalt zwischen 80 und 90 Gew.-% einen zweiten metallischen Zuschlagstoff mit einer Korngröße bis zu 7 mm enthält.

35 Im Strahlenschutzbeton der zweiten Ausführungsform liegt der erste, borhaltige Zuschlagstoff vorzugsweise mit einem Anteil oder Gehalt zwischen 1,0 und 1,5 Gew.-% vor. Der Anteil des

zweiten metallischen Zuschlagstoffs liegt bevorzugt im Intervall von 85 bis 89 Gew.-%.

5 Der Strahlenschutzbeton der zweiten Ausführungsform ist besonders zur Abschirmung von starker Gammastrahlung geeignet.

Versuche haben wider Erwarten und zum Erstaunen der Fachwelt gezeigt, daß der Strahlenschutzbeton beider Ausführungsformen trotz des hohen Gehalts an erstem borhaltigem Zuschlagsstoff
10 bzw. des hohen Gehalts an zweitem metallischem Zuschlagsstoff herstellbar und technisch einsetzbar ist.

Der Strahlenschutzbeton nach der Erfindung eignet sich besonders zur Herstellung eines Strahlenschutzmantels, bei dem ein
15 Wandbereich aus dem Strahlenschutzbeton wenigstens einer der beiden Ausführungsformen gebildet ist.

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, daß zur Erzielung einer besonders großen Abschirmwirkung bei minimalem Volumen ein derartiges Abschirmmaterial oder Strahlenschutzmaterial
20 benutzt werden sollte, welches auch in kompliziert ausgebildete Hohlräume einfüllbar ist und somit eine abschirmende Wirkung bereits in unmittelbarer Nähe der Strahlungsquelle erzielt. Dabei sollte die Zusammensetzung des Abschirmmaterials derart ausgebildet sein, daß eine unmittelbare Beaufschlagung durch Strahlung realisierbar ist. Mit anderen Worten: Die Abschirmung sollte besonders temperatur- und strahlungsfest sein, wodurch auch ein Einsatz unmittelbar an der Strahlungsquelle und somit unter extremen Umgebungsbedingungen
30 möglich ist. Darüber hinaus ist das durch die Zusammensetzung des Abschirmmaterials bestimmte Potential zur Eigenaktivierung zu berücksichtigen. D.h. bedingt durch hohe Gammastrahlung können Bestandteile der Zuschlagstoffe bei entsprechend langen Bestrahlungszeiträumen aktiviert und
35 selbst zu strahlenden Substanzen werden.

Ausgehend davon ist der Strahlenschutzmantel aus einem Beton gebildet, der durch seine chemische Zusammensetzung und die verwendete Korngröße der eingesetzten Chemikalien eine gewünschte hohe Abschirmwirkung und geringem Potential zur Eigenaktivierung erzielt. Hinsichtlich der gewünschten Abschirmwirkung ist das Verhältnis von Gamma- zu Neutronenstrahlungsanteil in der Gesamtstrahlungsintensität der Strahlungsquelle maßgebend. Je höher der Gammastrahlungsanteil ist, um so höher ist die Rohdichte des Betons im abgebundenen Zustand gemäß DIN 1045 zu wählen. Dies ist bei der zweiten Ausführungsform durch einen hohen Anteil des zweiten, metallischen Zuschlagstoffs erreicht, der die Dichte des als Abschirmmaterial verwendeten Betons beeinflusst. Dagegen ist für einen hohen Anteil an Neutronenstrahlung bei der ersten Ausführungsform der Anteil des ersten, borhaltigen Zuschlagstoffs, der als Neutronengift wirkt, besonders hoch gewählt. Dabei kann zusätzlich vorteilhafterweise eine Mindestroh-dichte von etwa 3000 kg/m^3 eingestellt werden, da sonst bei Absorption von Neutronenstrahlung eine sekundäre Gammastrahlung entstehen kann.

Die Strahlenschutzbetone der ersten und zweiten Ausführungsform sind vorteilhafterweise Betonmischungen, die als Basis-elemente einen Zement mit hohem Kristallwassergehalt und Wasser (sogenanntes Anmachwasser), den ersten borhaltigen Zuschlagstoff als sogenanntes Neutronengift und den zweiten metallischen Zuschlagstoff zur Erzielung der gewünschten Roh-dichte enthält.

Zur weiteren Erhöhung der Rohdichte oder zur Erhöhung des Kristallwassergehaltes dient bei den Strahlenschutzbetonen nach der Erfindung vorzugsweise ein dritter, metallischer bzw. ein vierter, mineralischer Zuschlagstoff. Darüber hinaus sind zweckmäßigerweise ein Fließmittel und/oder ein Verzögerungsmittel als Hilfsstoff vorgesehen. Die Zugabe von Fließ- und Verzögerungsmitteln verbessert die Verarbeitbarkeit der

Betonmischung, insbesondere ab einer Rohdichte von ca. 4000 kg/m³.

5 Dieser Beton nimmt nahezu kein Wasser auf, so daß annähernd keine Korrosion der metallischen Zuschlagstoffe auftritt. Durch Zumischung des vierten, mineralischen Zuschlagstoffs, vorzugsweise Serpentin, wird darüber hinaus erzielt, daß das bei der Herstellung des Betons zugeführte Wasser auch bei höheren Temperaturen nicht abgegeben wird. Vielmehr wird ein
10 großer Teil des Wassers in Form von Kristallwasser in der Betonmischung gebunden. Serpentin zeichnet sich durch seine besonders gute Bindungseigenschaft einer besonders großen Menge Wasser in Form von Kristallwasser aus. Dies bewirkt eine verbesserte Korrosionsbeständigkeit im Vergleich zu Standardbe-
15 ton bei gleichzeitig besonders guten Eigenschaften zur Verarbeitbarkeit und Herstellbarkeit. Diese wiederum ermöglichen, daß Abschirmkörper in beliebiger Form herstellbar sind. Diese Abschirmkörper oder Betonblöcke bilden in gewünschter Anzahl und Schichtung den Strahlenschutzmantel.

20 Das Bor dient wegen seines hohen Einfangquerschnitts für Neutronen (insbesondere thermische Neutronen) hauptsächlich als Neutronenabsorber und erwärmt sich entsprechend. Jedoch ist Bor sehr leicht, weniger wärmeleitend und schwächer absorbierend für Gammastrahlung als viele andere Materialien. Als
25 zweiter Zuschlagstoff werden jedoch Metalle verwendet, die häufig reflektierend auf Neutronenstrahlung wirken. Daher kann über die Mengenverhältnisse der Zuschlagstoffe Absorption, Moderation und Reflexion der Neutronenstrahlung entsprechend den jeweiligen Anforderungen eingestellt werden,
30 wobei gleichzeitig auch die erforderliche Dichte, Ableitung der Wärme und Gammaabsorption erreicht werden.

35 Die Erzielung einer geeigneten Rohdichte wird durch die Kombination der gewählten Zuschlagstoffe und einer geeigneten Wahl ihrer Korngröße bewirkt. Die jeweilige Korngröße der Zuschlagstoffe kann dabei so gewählt werden, daß der Beton hin-

sichtlich der Verarbeitung und der zu erzielenden Eigenschaften, wie z. B. Moderation und Absorption, eine möglichst hohe Einbauflexibilität bzw. eine möglichst effektive Abschirmwirkung aufweist. Dazu weisen die Zuschlagstoffe vorzugsweise
5 sowohl fein- als auch grobkörnige Anteile auf. Als besonders vorteilhaft hat sich erwiesen, daß der erste, borhaltige Zuschlagstoff feinkörniger als der zweite, metallische Zuschlagstoff ist, wobei der feinkörnige erste Zuschlagstoff einen mittleren Korndurchmesser von ca. 1 mm und der grobkörnige zweite Zuschlagstoff einen mittleren Korndurchmesser von
10 ca. 7 mm aufweisen.

Für verschiedene Anwendungsfälle des Strahlenschutzmantels nach der Erfindung hat sich erwiesen, zwei Grenzfälle bezüglich der Strahlungsart zu betrachten:
15

- a) überwiegend Neutronenstrahlung mit Restanteil von Gammastrahlung und unter Berücksichtigung der entstehenden Sekundär-Gammastrahlung, und
- b) überwiegend Gammastrahlung mit Restanteilen von Neutronenstrahlung.
20

Für den Fall a) ist die gewünschte Abschirmwirkung bevorzugt mit einem möglichst hohen Anteil an Neutronengift im Abschirmbeton erreicht, wobei dieser eine Mindestdichte zur Abschirmung der Sekundär-Gammastrahlung aufweisen sollte. Für
25 den Fall a) ist besonders der Strahlenschutzbeton der ersten Ausführungsform geeignet.

Für den Fall b) ist die gewünschte Abschirmung von Gammastrahlung bevorzugtermaßen durch eine möglichst hohe Rohdichte des Betons (Abschirmbeton) erreicht, wobei dieser Abschirmbeton einen Mindestanteil an einem Neutronengift zur Abschirmung der Rest-Neutronenstrahlung aufweisen sollte. Hierzu ist der Strahlenschutzbeton der zweiten Ausführungsform bevorzugt.
35

Der entsprechende aus einem der Betone gebildete Wandbereich kann in der Art eines Schichtaufbaus mit anderen jeweils eine andere Betonmischung umfassende Abschirmschichten des Strahlenschutzmantels kombiniert werden. Dabei unterscheiden sich die einzelnen Abschirmschichten je nach ihrer Zusammensetzung in der erzielten Abschirmwirkung. Beispielsweise können Abschirmschichten mit gegenüber dem Wandbereich niedrigerer Rohdichte und erhöhtem Bor-Anteil vorgesehen sein, um gegenüber Neutronen längerer Reichweite einen höheren Schutz zu erhalten.

Zur Abschirmung, insbesondere zur Absorbierung, der von der Strahlungsquelle ausgehenden Neutronenstrahlung wird vorteilhafterweise das Bor im ersten Zuschlagstoff in Form eines borhaltigen Minerals, insbesondere Boroxid enthaltenes Colemanit, eingesetzt. Der Bor-Anteil im ersten Zuschlagstoff beträgt wenigstens 20 Gew.-%, bevorzugt zwischen 30 und 50 Gew.-% (berechnet als Boroxid). Durch die Beimischung von Colemanit (natürlich vorkommendes Mineral) mit einem Boroxid-Anteil bis zu 41 Gew.-% wird demzufolge eine besonders hohe Absorptionseigenschaft für thermische Neutronen des Strahlenschutzmantels erzielt.

Zur Erzielung einer besonders hohen Rohdichte des Betons ist zweckmäßigerweise als zweiter, metallischer Zuschlagstoff Eisengranulat oder Stahlgranulat vorgesehen. Durch die Verwendung von Stahlgranulat mit einer Rohdichte bis zu 7850 kg/m^3 als grobkörniges Material mit einer Korngröße von 0,3 mm bis 7 mm ist die Rohdichte des erzeugten Betons maßgeblich bestimmt. Darüber hinaus ist durch die gewählte Korngröße der Beton, auch für kleinere Abmessungen des Strahlenschutzmantels, besonders einfach herstellbar und verarbeitbar.

Um eine besonders gute Bindung des Eisen- oder Stahlgranulats in dem Beton zu erzielen und um darüber hinaus eine besonders hohe Druck- und Spaltzugfestigkeit zu erzielen, ist vorzugsweise ein dritter Zuschlagstoff, insbesondere Barytsand, vor-

gesehen, der bevorzugt eine Korngröße bis zu 1 mm hat und demzufolge besonders feinkörnig ist. Durch gezielte Zumischung von Barytsand ist eine geforderte Druck- und Spaltzugfestigkeit einstellbar, die es erlaubt, den Beton sowohl in tragenden Bereichen von Betonstrukturen als auch in statisch belasteten Betonblöcken einzusetzen.

Für den Grenzfall a), d.h. für eine besonders hohe Abschirmung von Neutronenstrahlen, ist der Wandbereich des Strahlenschutzmantels vorzugsweise aus dem Strahlenschutzbeton der ersten Ausführungsform gebildet. Dieser Strahlenschutzbeton ist insbesondere ein erster Beton, der einen Mindestgehalt an Zement zwischen 8 und 9 Gew.-%, einen Mindestgehalt an Wasser (Anmachwasser) zwischen 4,5 und 6,5 Gew.-%, einen Mindestgehalt des ersten Zuschlagstoffs (Colemanit) von mindestens 7,8 Gew.-% bis zum gleichen Anteil wie der gewählte Anteil des Zements, einen Mindestgehalt des zweiten Zuschlagstoffs (Eisen- oder Stahlgranulat) zwischen 30 und 35 Gew.-% und einen Mindestgehalt des vierten, mineralhaltigen Zuschlagstoffs (Serpentin) zwischen 40 und 50 Gew.-% aufweist. Hilfsstoffe sind bei dieser ersten Betonmischung nicht notwendig. Die Gew.-% Angaben beziehen sich auf die Einwaage abzüglich des bei 80°C austreibbaren Wassers.

Der besonders hohe Wasseranteil bei dem ersten Beton bewirkt - bedingt durch die Bindung des Anmachwassers in Form von Kristallwasser - eine besonders hohe Abbremsung von Neutronenstrahlung. Dieser wird darüber hinaus durch den Colemanit-Anteil verstärkt. Mit anderen Worten: Je höher die Colemanit- und Wasser-Anteile sind, um so besser erfüllt dieser erste Beton seine Abschirmeigenschaft gegenüber Neutronenstrahlung.

Vorteilhafterweise weist dieser erste Beton oder der Strahlenschutzbeton einer der beiden Ausführungsformen eine Rohdichte von etwa 3000 kg/m³ auf. Insbesondere durch die Verwendung von Eisen- oder Stahlgranulat mit einer bestimmten Korngröße als zweitem Zuschlagstoff wird die angegebene Min-

- destrohdichte erzielt. Die erzielte Rohdichte bewirkt zusätzlich eine hinreichende Abschirmwirkung der Gammastrahlung. Durch Zugabe des vierten Zuschlagsstoffs -Serpentin- wird der Kristallwassergehalt der Betonmischung wesentlich erhöht und die Bindung innerhalb des Beton so verbessert, daß dieser besonders druck- und spaltzugfest ist. Aufgrund des besonders hohen Anteils an Serpentin wird der erste Beton nachfolgend als "Serpentin-Beton" bezeichnet.
- 10 Um den Wasseranteil der Zuschlagstoffe für den Serpentin-Beton gering zu halten, weist der dritte Zuschlagstoff bevorzugt eine Korngröße bis zu 7 mm auf. Dabei hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn der dritte Zuschlagstoff mit zwei unterschiedlichen Korngrößen beigemischt wird. Vor-
- 15 teilhafterweise liegt der Mindestgehalt des dritten Zuschlagstoffs mit einer ersten Korngröße bis zu 3 mm zwischen 12 und 16 Gew.-%. Bei einer zweiten Korngröße zwischen 3 bis 7 mm liegt der Mindestgehalt zwischen 28 und 34 Gew.-%. Die Angabe der Korngröße bezieht sich auf den geometrischen Mittelwert, wie er sich beim Zerkleinern von Mineralien oder beim ent-
- 20 sprechenden Herstellungsprozeß im Schüttgut einstellt. Insbesondere kann aber die angegebene Obergrenze durch die Maschenweite eines entsprechenden Siebes eingestellt sein.
- 25 Für den Grenzfall b), d.h. für eine hohe Absorption der Gammastrahlung des Strahlenschutzmantels, ist der Wandbereich vorzugsweise aus dem Strahlenschutzbeton der zweiten Ausführungsform gebildet. Dieser Strahlenschutzbeton ist insbesondere ein zweiter Beton, der einen Mindestgehalt an Zement
- 30 zwischen 4 und 4,5 Gew.-%, einen Mindestgehalt an Wasser zwischen 1,5 und 2,5 Gew.-%, einen Mindestgehalt des ersten Zuschlagstoffs (Colemanit) zwischen 1 und 1,5 Gew.-%, einen Mindestgehalt des zweiten Zuschlagstoffs (Eisen- oder Stahlgranulat) zwischen 85 und 89 Gew.-%, einen Mindestgehalt des
- 35 dritten Zuschlagstoffs (Barytsand) zwischen 4,5 und 5 Gew.-% sowie einen Mindestgehalt an mindestens einem Hilfsstoff von 0,1 bis 0,15 Gew.-% aufweist. Die Gew.-% Angaben beziehen

sich auf die Einwaage abzüglich des bei 80°C austreibbaren Wassers des Betons.

Vorteilhafterweise weist dieser zweite Beton oder der Strahlenschutzbeton einer der beiden Ausführungsformen eine Rohdichte von etwa 6000 kg/m³ auf. Insbesondere durch die Verwendung von Stahlgranulat mit einer bestimmten Korngröße als zweitem Zuschlagstoff, der den Hauptbestandteil des Betons bildet, wird eine besonders hohe Rohdichte erzielt. Die hohe Rohdichte bewirkt wiederum eine besonders hohe Abschirmung der entstehenden Gammastrahlung. Durch Bindung des Wassers (Anmachwasser) in Form z. B. von Kristallwasser sowie die bereits in den Rohmaterialien, im Serpentin, enthaltenen Kristallwasseranteile wird desweiteren auch in diesem Fall eine Abbremsung (Moderation) der Neutronenstrahlung erreicht. Ferner weist der Beton bedingt durch den Colemanit-Anteil eine gute Absorptionseigenschaft von Neutronenstrahlung auf. Durch Zugabe des dritten Zuschlagstoffs (Barytsand) wird die Bindung innerhalb des Betons so verbessert, daß dieser besonders gute Druck- und Spaltzugfestigkeiten erreicht. Für eine besonders schnelle und einfache Verarbeitung des Betons sind bevorzugt als Hilfsstoff ein Fließmittel und/oder ein Verzögerungsstoff vorgesehen. Die Zugabe dieser Hilfsstoffe ist abhängig von der Menge des zugegebenen Colemanits, welcher einen besonders starken Einfluß auf die Verarbeitbarkeit des zweiten Betons hat. Dieser zweite, für den Grenzfall b) als Hauptbestandteil Eisen- oder Stahlgranulat aufweisende Beton wird als "Stahlgranulatbeton" bezeichnet.

Bei der Wahl des Betons hinsichtlich der Mindestgehalte seiner Bestandteile sind eine Vielzahl von verschiedenen zu erreichenden Eigenschaften bei unterschiedlichen Einflüssen zu berücksichtigen, z. B. Art der abzuschirmenden Strahlung, Dosisleistung vor und nach der Abschirmung oder dem Strahlenschutzmantel, Neutronenstrahlungsanteil sowie deren Energieniveau, Langzeitkorrosion unter den Verhältnissen einer besonders starken Strahlungsquelle, etc. Um beispielsweise eine

besonders hohe Abschirmung von Neutronenstrahlen mit einem guten Schutz gegen Gammastrahlen zu kombinieren, können mehrere unterschiedliche Zusammensetzungen des Betons, insbesondere mehrere Abschirmschichten jeweils aus einem unterschiedlichen Mengenanteile der Zuschlagstoffe enthaltenden Beton, 5 kombiniert werden.

In besonders vorteilhafter Ausgestaltung umfaßt zumindest ein Teil des Strahlenschutzmantels eine erste, mit dem ersten Beton (Serpentin-Beton) versehene Schicht und eine zweite, mit dem zweiten Beton (Stahlgranulatbeton) versehene Schicht. 10 Durch einen derartigen zweischichtigen Strahlenschutzmantel ist gewährleistet, daß durch eine entsprechend gewählte Dicke der jeweiligen Schicht oder durch eine bestimmte Anzahl von Schichten Mindest- und Höchstgrenzen für die noch verbleibende Strahlung nach diesen Schichten erfüllt ist. Dies ermöglicht, daß Sicherheitsanforderungen bezüglich der Strahlungsbelastung von Mensch und Maschine eingehalten werden. 15

Ein derartig aus Beton aufgebauter Strahlenschutzmantel eignet sich besonders vorteilhaft zur mittelbaren und / oder unmittelbaren Abschirmung einer Strahlungsquelle, einer Röntgenvorrichtung, eines eine Strahlungsquelle aufweisenden Raumes oder eines Strahlkanals in einer Reaktoranlage. Beispielsweise eignet sich der Strahlenschutzmantel sowohl zur unmittelbaren Abschirmung einer Strahlungsquelle in Form einer Verschalung als auch zur mittelbaren Abschirmung einer Strahlungsquelle in einem Raum in Form einer Wand oder eines Fußbodens. 20 25

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigt die Figur eine schematische Darstellung eines Strahlenschutzmantels zur unmittelbaren Abschirmung einer Strahlungsquelle. 30

Der im Ausführungsbeispiel gemäß Figur dargestellte und um zwei Strahlkanäle 1 angeordnete Strahlenschutzmantel 2 ist 35

Teil einer nicht näher dargestellten Strahlungsquelle, z.B. eines Reaktorkerns in einer Kernkraftanlage. Dabei sind die beiden Strahlkanäle 1 z.B. Teil einer Meßanordnung im Kontrollbereich einer Reaktoranlage oder Kernkraftanlage. Zur
5 Abschirmung des nicht dargestellten Reaktorkerns (Strahlungsquelle) ist dieser in einem Tank 4 angeordnet. Die Ausbildung des Tanks 4 ist dabei abhängig von der Konstruktion der Anlage. An den Tank 4 schließt sich das Reaktorbecken 6 an. Je nach Art der Anlage können der Tank 4 und das Reaktorbecken 6
10 auch eine Einheit bilden. Das Reaktorbecken 6 wird begrenzt durch eine Reaktorbeckenwand 8.

Zur kontrollierten Entnahme und Führung der vom Reaktorkern ausgehenden Strahlung sind die beiden Strahlkanäle 1 im
15 Strahlenschutzmantel 2 angeordnet. Der Strahlenschutzmantel 2 ist in einem Hüllrohr 12, umfassend ein Futterrohr 12A, ein Schalrohr 12B und eine Kompensatorrohr 12C, zwischen dem Tank 4 und der Außenwand der Reaktorbeckenwand 8 angeordnet. Der durch den Strahlenschutzmantel 2 auszufüllende Hohlraum ist
20 begrenzt durch die jeweilige Innenwand des Futterrohrs 12A, des Schalrohrs 12B, des Kompensatorrohrs 12C sowie der Innenseite einer in den Tank 4 geführten Strahlrohrnase 10. Die genannten Komponenten oder Bauteile sind mit Befestigungselementen 14 an die jeweiligen Stützen 16 befestigt, z.B. geschraubt.
25

Zur Vermeidung von durchgehenden Spalten ist das Hüllrohr 12 in axialer Richtung mehrfach gestuft. Dazu weisen die das Hüllrohr 12 bildenden Rohre - das Futterrohr 12A, das Schalrohr 12B, das Kompensatorrohr 12C - einen entsprechend zunehmenden Durchmesser auf. Das Hüllrohr 12, auch Schalrohr genannt, kann aus einem Element, z.B. Gußelement, oder mehreren Rohren oder Teilelementen bestehen.
30

35 Nach Einbau des Strahlenschutzmantels 2 in das Hüllrohr 12 wird dieses auf der Seite des Futterrohres 12A mittels einer Abschlußplatte 18 verschlossen.

Zur Abschirmung der aus den beiden Strahlkanälen 1 austretenden (seitlich streuenden) Neutronen- und Gammastrahlung sind die beiden Strahlkanäle 1 von einem Metallmantel 19 im Querschnitt vollständig umhüllt. Der Metallmantel 19 ist bevorzugt aus einem nichtrostenden ferritischen Material gebildet und bewirkt eine möglichst geringe Eigenaktivierung des im Querschnitt nachfolgend angeordneten Strahlenschutzmantels 2. Darüber hinaus ist die Dicke des Metallmantels 19 durch die statische und dynamische Belastung des Strahlenschutzmantels 2 bestimmt.

Um verschiedene Abschirmeigenschaften des Strahlenschutzmantels 2 zu erzielen, ist dieser in eine Anzahl von Wandbereichen 2a bis 2z unterteilt, die jeweils die beiden Strahlkanäle 1 vollständig umhüllen und jeweils aus einem unterschiedliche Mengenanteile an Zuschlagstoffen enthaltenden und somit unterschiedliche Rohdichten aufweisenden Strahlenschutzbeton oder Beton 22a bis 22z gebildet sind.

Die Dicke des Wandbereichs 2a bis 2z ist dabei durch den jeweiligen Durchmesser der Einzelelemente des Hüllrohrs 12 bestimmt. Sowohl Anzahl und jeweilige Dicke als auch die jeweilige chemische Zusammensetzung und die jeweilige Rohdichte der Wandbereiche 2a bis 2z wird durch anforderungsgemäße Vordimensionierung bestimmt. Somit können die die Wandbereiche 2a bis 2z bildenden Betone 22a bis 22z variieren.

Der jeweils einem Wandbereich 2a bis 2z zugehörige Beton 22a bis 22z weist je nach gewünschter Anforderung entsprechende Anteile an einem ersten borhaltigen Zuschlagstoff mit einer Korngröße bis zu 1 mm und an einem zweiten metallischen Zuschlagstoff mit einer Korngröße bis zu 7 mm auf. Als erster feinkörniger Zuschlagstoff ist ein borhaltiges Mineral, z. B. Colemanit, vorgesehen. Als zweiter wegen seiner Korngröße als grobkörnig bezeichneter Zuschlagstoff ist vorzugsweise Eisengranulat oder Stahlgranulat vorgesehen.

Die Anteile des ersten und des zweiten Zuschlagstoffs für den Beton 22a bis 22z sind maßgeblich bestimmt durch die zu erzielenden Abschirmeigenschaften, insbesondere Gammaabsorption sowie Absorption und Moderation von Neutronen, des Strahlenschutzmantels 2 in dem zugehörigen Wandbereich 2a bis 2z. Für eine besonders hohe Absorption und Moderation von Neutronen eignet sich der den zur Strahlungsquelle, dem Reaktorkern, am nächsten angeordneten Wandbereich 2a bildende Beton 22a primär durch seinen hohen Anteil des ersten mineralhaltigen Zuschlagstoffs - Colemanit - zur Absorption von Neutronenstrahlung.

Der erste Beton 22a weist dazu einen Mindestgehalt an Zement zwischen 8 und 9 Gew.-%, einen Mindestgehalt an Wasser (Anmachwasser) zwischen 4,5 und 6,5 Gew.-%, einen Mindestgehalt des ersten Zuschlagstoffs (Colemanit) von 7,8 Gew.-% bis zum Gewichtsanteil von Zement, einen Mindestgehalt des zweiten Zuschlagstoffs (Eisen- oder Stahlgranulat) zwischen 30 und 35 Gew.-% und einen Mindestgehalt an einem vierten mineralhaltigen Zuschlagstoff (Serpentin) zwischen 40 und 50 Gew.-% auf. Bedingt durch den geringen Anteil des zweiten Zuschlagstoffs - Eisen- oder Stahlgranulat - eignet sich dieser Beton 22a nur sekundär zur Absorption der Gammastrahlung. Der erste Beton 22a weist im abgebundenen Zustand eine Mindestrohichte bis zu 3000 kg/m³ auf.

Um die Bindung innerhalb des ersten Betons 22a zu verbessern sowie den Kristallwassergehalt wesentlich zu erhöhen, wird als vierter, mineralhaltiger Zuschlagstoff Serpentin verwendet. Für eine vorteilhafte Mischung des ersten Betons 22a hat sich erwiesen, daß der Mindestgehalt an Serpentin für eine erste Korngröße bis zu 3 mm zwischen 12 und 16 Gew.-% liegt. Für die zweite Korngröße zwischen 3 bis 7 mm beträgt der Mindestgehalt zwischen 28 und 34 Gew.-%. Dieser als Hauptbestandteil Serpentin aufweisende erste Beton 22a, wird als

Serpentinbeton bezeichnet, und ist besonders druck- und spaltzugfest.

5 Für eine besonders gute Abschirmung eines erheblichen Teils der entstehenden Gammastrahlung ist der von der Strahlungsquelle aus gesehen als zweite Schicht angeordnete Wandbereich 2b aus einem zweiten eine andere chemische Zusammensetzung als der erste Beton 22a aufweisenden Beton 22b gebildet.

10 Der den zweiten Wandbereich 2b bildende zweite Beton 22b weist vorzugsweise einen Mindestgehalt an Zement zwischen 4 und 4,5 Gew.-%, einen Mindestgehalt an Wasser (Anmachwasser) zwischen 1,5 und 2,5 Gew.-%, einen Mindestgehalt des ersten Zuschlagstoffs (Colemanit) zwischen 1 und 1,5 Gew.-%, einen
15 Mindestgehalt des zweiten Zuschlagstoff (Eisen- oder Stahlgranulat) zwischen 85 und 89 Gew.-%, einen Mindestgehalt an einem dritten, insbesondere metallischen, Zuschlagstoff (Barytsand) zwischen 4,5 und 5 Gew.-% sowie einen Mindestgehalt an mindestens einem Hilfsstoff von 0,1 bis 0,15 Gew.-% auf.
20 Durch diese Zusammensetzung des zweiten Betons 22b eignet sich dieser bevorzugt zu einer besonders hohen Abschirmung der Gammastrahlung und bedingt durch den Colemanit-Anteil zu einer gegenüber dem ersten Beton 22a geringeren Absorption und Moderation der von der Strahlungsquelle ausgehenden Neu-
25 tronenstrahlung.

Bedingt durch die Kornstruktur des ersten und zweiten Zuschlagstoffs ist für eine besonders gute Bindung des zweiten Betons 22b als dritter Zuschlagstoff zweckmäßigerweise Ba-
30 rytsand mit einer Korngröße bis zu 1 mm vorgesehen. Um den Abbindevorgang und somit die Herstellbarkeit des zweiten Betons 22b zu verbessern und zu beschleunigen, ist als Hilfsstoff ein Fließmittel oder ein Verzögerungsstoff vorgesehen. Ein derartiger aus den genannten Anteilen an Zement, Wasser,
35 Zuschlagstoffen und Hilfsstoffen gebildeter zweiter Beton 22b weist im abgebundenen Zustand eine Rohdichte bis zu

6000 kg/m³ auf. Diese Rohdichte bestimmt dabei maßgeblich die besonders hohe Abschirmung der Gammastrahlung.

Um darüber hinaus eine besonders hohe Bindung des Wasseranteils als Kristallwasser in dem zweiten Beton 22b zu erzielen, wird als Zement insbesondere Tonerde-Zement auf der Grundlage von Kalziumaluminaten verwendet. Das Kristallwasser bewirkt eine besonders gute Abbremsung der Neutronenstrahlung. Die Beimischung von Colemanit mit einem Boroxid-Anteil bis zu 41 Massen-% erzielt ebenfalls eine besonders hohe Absorption von thermischen Neutronen.

Die zweischichtige Anordnung hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, da so im ersten Wandbereich 2a des Strahlenschutzmantels 2 die von der Strahlungsquelle austretenden schnellen und nicht in die beiden Strahlkanäle 1 gelangten Neutronen besonders gut durch den hohen Anteil an Colemanit des ersten Betons 22a moderiert und absorbiert werden. Darüber hinaus wird entsprechend der den ersten Beton 22a charakterisierende Rohdichte bereits eine Abschirmung eines erheblichen Anteils an Gammastrahlung erzielt. In dem zweiten Wandbereich 2b wird bedingt durch den gegenüber dem ersten Beton 22a größeren Anteil an Stahl- oder Eisengranulat überwiegend Gammastrahlung abgeschirmt, wobei die durch Streustrahlung seitlich aus den Strahlkanälen 1 austretenden Neutronen bedingt durch den Anteil am ersten Zuschlagstoff (Colemanit) analog zum ersten Beton 22a moderiert und absorbiert werden.

Je nach Art und Intensität der Strahlungsquelle können weitere Wandbereiche 2c bis 2z mit weiteren geeignet gewählten Beton 22c bis 22z gefüllt sein. In Abhängigkeit von den jeweils gewählten Anteilen der Rohmaterialien des dem jeweiligen Wandbereich 2a bis 2z zugehörigen Betons 22a bis 22z weist dieser besondere Abschirmeigenschaften oder -wirkungen auf. Beispielsweise kann durch die Veränderung des Anteils des Eisen- oder Stahlgranulats die Rohdichte des Betons 22a

bis 22z eingestellt werden. Desweiteren kann durch die Veränderung des Anteils an Colemanit der Bor-Anteil des jeweiligen Betons 22a bis 22z eingestellt werden.

5 Ferner ermöglicht die Verwendung von Beton 22a bis 22z für bestimmte Schichten oder Wandbereiche 2a bis 2z des Strahlenschutzmantels 2 eine vollständige Umhüllung der Strahlungsquelle und somit eine besonders hohe Abschirmwirkung der Strahlungsquelle auch bei schwierigen und komplexen Geometrien oder Konstruktionen. Insbesondere ermöglicht der Beton
10 22a bis 22z durch Einfüllen in eine Verschalung, z.B. in das Hüllrohr 12, daß auch Hohlräume verschlossen werden. Alternativ kann der Wandbereich 2a des Strahlenschutzmantels 2 als eine Schalung, eine Wand oder ein Fußboden eines Raumes oder
15 eines Gebäudes ausgeführt sein, in welchem sich z. B. eine Röntgenvorrichtung oder eine andere Strahlungsquelle befindet.

Die Tabelle auf der Beschreibungsseite 20 zeigt für die Bestandteile, die für die oben beschriebenen beiden Grenzfälle
20 a) und b) sowie für die dabei zu erreichenden Abschirmeigenschaften des ersten Betons 22a (Serpetinbeton) und des zweiten Betons 22b (Stahlgranulatbeton) wichtig sind, besonders vorteilhafte Mindest- und Höchstgrenzen. Dabei sind die für
25 eine besonders einfache Herstellung und Verarbeitung der beiden Betone 22a und 22b als besonders vorteilhaft bestimmten Mindest- und Höchstgrenzen für die jeweilige Korngröße der granulierten Bestandteile ebenfalls angegeben. Weitere Mischungsverhältnisse zwischen den beiden Betonmischungen sind
30 ebenfalls möglich.

Aufgrund der hochwirksamen durch die jeweilige Zusammensetzung der Betone 22a und 22b bis 22z gegebenen Strahlungsabschirmung weist der Strahlenschutzmantel 2 ein besonders gutes Verhalten sowohl in bezug auf Eigenaktivierung und thermische Einflüsse als auch in bezug auf Absorption und Moderation von Neutronen und Abschirmung von Gammastrahlung auf.
35

Der Strahlenschutzmantel 2 eignet sich somit besonders für den direkten Einsatz an Strahlungsquellen, z. B. in Strahlrohren von Forschungseinrichtungen, am Primärkreislauf einer Reaktoranlage, etc. Darüber hinaus kann der Strahlenschutz-

5 mantel 2 zum einen großflächig und einschichtig, z.B. in Form von Wänden, Fußböden und Decken, ausgeführt sein. Zum anderen kann der Strahlenschutzmantel 2 aus einer Mehrzahl von Schichten oder Wandbereichen 2a bis 2z aufgebaut sein, die jeweils unterschiedliche Abschirmeigenschaften aufweisen.

10 Durch den besonders strahlungsabschirmenden Aufbau des Strahlenschutzmantels 2 ist ferner eine nennenswerte Strahlenbelastung des Betriebspersonals ausgeschlossen.

Tabelle

	Erster Beton 22a (Serpentin- Beton)		Misch- ver- hält- nisse	Zweiter Beton 22b (Stahlgra- nulat-Beton)		Korngröße in mm	
	Min. Gew.-%	Max. Gew.-%		<->	Min. Gew.-%	Max. Gew.-%	Min.
Zement	8	9	<->	4	4,5	-	-
Wasser (Anmachwasser)	4,5	6,5	<->	1,5	2,5	-	-
erster Zuschlagstoff (Colemanit)	7,8	wie Ze- ment	<->	1	1,5	0	1
zweiter Zuschlagstoff (Eisen- oder Stahlgranulat)	30	35	<->	85	89	0	7
dritter Zuschlagstoff (Barytsand)	-	-	<->	4,5	5	0	1
vierter Zuschlagstoff (Serpentin)	12 <u>28</u> 40	16 <u>34</u> 50	<->	-	-	0 3	3 7
Hilfsstoff	-	-	<->	0,1	0,15	-	-

Patentansprüche

1. Strahlenschutzbeton (22a), der mit einem Gehalt von mindestens 5,0 Gew.-%, insbesondere von mindestens 7,8 Gew.-%, einen ersten, borhaltigen Zuschlagstoff mit einer Korngröße bis zu 1 mm enthält, und der einen zweiten, metallischen Zuschlagstoff mit einer Korngröße bis zu 7 mm enthält.
2. Strahlenschutzbeton (22b), der einen ersten, borhaltigen Zuschlagstoff mit einer Korngröße bis zu 1 mm enthält, und der mit einem Gehalt zwischen 80 und 90 Gew.-% einen zweiten, metallischen Zuschlagstoff mit einer Korngröße bis zu 7 mm enthält.
3. Strahlenschutzbeton (22b) nach Anspruch 2, der mit einem Gehalt zwischen 1,0 und 1,5 Gew.-% den ersten, borhaltigen Zuschlagstoff enthält.
4. Strahlenschutzbeton (22b) nach Anspruch 2 oder 3, wobei der Gehalt des zweiten, metallischen Zuschlagstoffs zwischen 85 und 89 Gew.-% beträgt.
5. Strahlenschutzbeton (22a, 22b) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei als erster, borhaltiger Zuschlagstoff ein borhaltiges Mineral, insbesondere Colemanit, vorgesehen ist.
6. Strahlenschutzbeton (22a, 22b) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei als zweiter, metallischer Zuschlagstoff Eisengranulat oder Stahlgranulat vorgesehen ist.
7. Strahlenschutzbeton (22a, 22b) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, der eine Mindestrohddichte von etwa 3000 kg/m³ aufweist.

8. Strahlenschutzbeton (22a, 22b) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
der eine Rohdichte von etwa 6000 kg/m^3 aufweist.
9. Strahlenschutzbeton (22a, 22b) nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
der einen dritten, metallischen Zuschlagstoff, insbesondere Barytsand, mit einer Korngröße bis zu 1 mm umfaßt.
10. Strahlenschutzbeton (22a, 22b) nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
wobei ein vierter, mineralhaltiger Zuschlagstoff, insbesondere Serpentin, mit einer Korngröße von bis zu 7 mm vorgesehen ist.
11. Strahlenschutzmantel (2) mit einem Wandbereich (2a bis 2z) aus einem Strahlenschutzbeton (22a, 22b, 22c bis 22z)
nach einem der Ansprüche 1 bis 10.
12. Verwendung eines Strahlenschutzmantels (2) nach Anspruch 11 zur Abschirmung einer Strahlungsquelle, einer Röntgenvorrichtung, eines eine Strahlungsquelle aufweisenden Raumes oder eines Strahlrohrs (1) in einer Reaktoranlage.

