

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 714 982 B1**

(51) Int. Cl.: **C04B 14/28** (2006.01)
C04B 20/02 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 00163/19

(22) Anmeldedatum: 11.02.2019

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.11.2019

(30) Priorität: 09.05.2018 CH 581/18

(24) Patent erteilt: 15.08.2022

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.08.2022

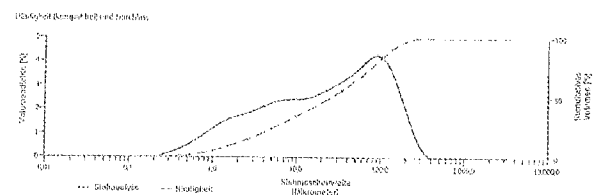
(73) Inhaber:
Kibag Baustoffe Schollberg AG, Hauptstrasse 120
9477 Trübbach (CH)

(72) Erfinder:
Stefan Vogt, 9494 Schaan (LI)
Ursina Jenny, 9107 Urnäsch (CH)

(74) Vertreter:
RENTSCH PARTNER AG, Kirchenweg 8 Postfach
8034 Zürich (CH)

(54) **Ultra-Hochleistungsbeton.**

(57) Trockenmischung zur Herstellung eines ultrahochfesten Betons umfassend: Gesteinskörnung mit einem CaCO_3 Gehalt von mindestens 75%;
einen ersten Füllstoff mit einer Korngrösse 10 μm bis 125 μm und
einen zweiten Füllstoff mit einer Korngrösse 0.7 μm bis 10 μm .
Der erste und zweite Füllstoff weist dabei einen CaCO_3 Gehalt von mindestens 75% auf.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet des Betonbaus, insbesondere den Bereich der ultrahochfesten Betone. Sie betrifft ein Trockengemisch zur Herstellung eines ultrahochfesten Betons, einen Frisch-Ultrahochfestbeton, sowie dessen Verwendung im Betonbau, einen ultrahochfesten Beton, sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung.

Stand der Technik

[0002] Ultra-Hochleistungsbeton oder ultrahochfester Beton (UHFB) zeichnet sich im Gegensatz zu gängigen Betonsorten unter anderem durch eine sehr hohe Druckfestigkeit von über 120 MPa aus. Durch die hohe Druckfestigkeit und starke Bindewirkung versagt der UHFB bei einem Riss nicht um die Gesteinskörnungen herum, sondern zeichnet sich dadurch aus, dass Risse durch diese hindurch gehen.

[0003] Aufgrund seiner stark erhöhten Druckfestigkeit eignet sich UHFB besonders für die Herstellung von druckbeanspruchten Bauteilen, wie Säulen, Stützen und Wänden, insbesondere von Hochhäusern, Brücken oder Tunneln. Die vorteilhafte Wirkung von UHFB steigt mit zunehmender Gebäudehöhe, da stabilere Stützkonstruktionen mit geringerem Platzbedarf ermöglicht werden. Zudem erlaubt die Verwendung von UHFB im Hochbau neue gestalterische und konstruktive Lösungen, welche mittels anderer Betone aufgrund der mangelnden Stabilität nicht ausführbar sind. Neben druckbeanspruchten Bauteilen eignet sich UHFB zudem zur Herstellung von biegebeanspruchten Bauteilen wie Träger oder Balken von z.B. Brücken oder Ölplattformen.

[0004] Bekannte ultrahochfeste Betone beinhalten neben Zement vor allem fein gemahlenen Quarzsand, welcher benötigt wird um die sehr hohe Gefügedichte zu erreichen. Des Weiteren zeichnen sich die im Stand der Technik bekannten ultrahochfesten Betone durch vergleichsweise geringe Wasserzementwerte (wz) von 0.3 bis 0.2 aus, wodurch der Abstand zwischen den einzelnen Zementkörnern deutlich verringert wird. Während sich die Reduktion des Wasserzementwerts vorteilhaft auf die Festigkeit des Betons auswirkt, wird dadurch gleichzeitig dessen Verarbeitung erschwert. Aus diesem Grund enthält der Frisch-Ultrahochfestbeton oder der UHFB relativ grosse Mengen an Fließmittel. Zur Vermeidung von spröden Bruchversagen und zur Erhöhung der Stabilität können die ultrahochfesten Betone Fasermaterialien enthalten.

Darstellung der Erfindung

[0005] Trotz der im Vergleich zu den gebräuchlichen Betonsorten deutlichen Vorteile hinsichtlich Stabilität, Gewicht und Platzbedarf, konnte sich bis heute noch kein UHFB als Massenprodukt durchsetzen. Ein Grund hierfür liegt in der aufwendigen Herstellung, sowie den relativ hohen Kosten der Ausgangsmaterialien, welche getrennt aufbereitet, verarbeitet und gelagert werden müssen.

[0006] Ein signifikanter Nachteil der bekannten ultrahochfesten Betone ist das Auftreten der Alkali-Kieselsäurereaktion. Dabei reagiert das Calciumhydroxid des Zements mit dem Quarz unter Ausbildung verschiedener Calciumsilikate, beispielsweise Wollastonit. Die Alkali-Kieselsäurereaktion ist besonders problematisch wenn der Beton Feuchtigkeit und Luft ausgesetzt ist, da die Silikate unter Wasseraufnahme stark aufquellen, was zur Rissbildung im Beton führen kann. Allein in Deutschland wurde der Sanierungsbedarf von aufgrund der Alkali-Kieselsäurereaktion beschädigten Flughafenpisten im Jahr 2016 auf 1.2 Milliarden Euro geschätzt.

[0007] Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, den Stand der Technik im Bereich der ultrahochfesten Betone weiterzuentwickeln und vorzugsweise Nachteile des Standes der Technik zu überwinden. In vorteilhaften Ausführungsformen stellt die Erfindung einen UHFB bereit, welcher eine sehr hohe Beständigkeit gegen die Alkali-Kieselsäurereaktion aufweist. In einer weiteren Ausführungsform wird ein gegenüber dem Stand der Technik kostengünstigerer UHFB bereitgestellt.

[0008] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, den Stand der Technik im Bereich der Herstellungsverfahren von UHFB weiterzuentwickeln. In vorteilhaften Ausführungsformen kann durch ein erfindungsgemässes Herstellungsverfahren ein besonders stabiler und langlebiger UHFB bereitgestellt werden.

[0009] Diese Aufgaben werden in allgemeiner Weise durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

[0010] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich jeweils aus den abhängigen Ansprüchen, sowie der Offenbarung insgesamt.

[0011] In einem ersten Aspekt betrifft die Erfindung eine Trockenmischung (der sogenannte Premix) zur Herstellung eines ultrahochfesten Betons umfassend eine Gesteinskörnung mit einem CaCO_3 Gehalt von mindestens 75%. Des Weiteren umfasst die Trockenmischung einen ersten Füllstoff mit einer Korngrösse von im Wesentlichen 10 μm bis 125 μm und einen zweiten Füllstoff mit einer Korngrösse von im Wesentlichen 0.7 μm bis 10 μm . Der erste und zweite Füllstoff weist dabei jeweils einen CaCO_3 Gehalt von mindestens 75% auf. Es hat sich gezeigt, dass durch den hohen CaCO_3 Gehalt der Gesteinskörnung, sowie des ersten und zweiten Füllstoffs eine besonders dichte Packung und eine besonders feste Bindung zwischen den Partikeln im UHFB erreicht werden kann, wodurch dessen Festigkeit zusätzlich erhöht wird. Dieser Effekt wird durch die Verwendung eines ersten und eines zweiten Füllstoffs mit unterschiedlichen Korngrössen zusätzlich verstärkt, da hierdurch Leerstellen und die Bildung von Poren in aus der erfindungsgemässen Trockenmischung hergestellten UHFB vermieden werden kann. Es hat sich gezeigt, dass durch die beanspruchten Korngrössenbereiche des ers-

ten und zweiten Füllstoffs ein synergistischer Effekt erreicht wird, da der erste Füllstoff effizient die grösseren Leerstellen in der Packung der Gesteinskörnung auffüllt und der zweite Füllstoff die kleineren Leerstellen in der Packung des zweiten Füllstoffs auffüllt.

[0012] Der Fachmann versteht, dass es sich, wie in der Betonherstellung üblich, bei den angegebenen Korngrössen um eine Korngrössenverteilung handelt und somit gegebenenfalls geringe Anteile des Füllstoffs auch unterhalb des angegebenen Bereichs liegen können. So beträgt der Mittelwert der Korngrösse des zweiten Füllstoffs beispielsweise bevorzugt 2 bis 6 µm. Zudem ist dem Fachmann der Begriff der Gesteinskörnung beispielsweise aus der Norm EN 12620:2018 bekannt.

[0013] Bevorzugt wird auf die Verwendung von Quarzsand verzichtet, wodurch mittels einer erfindungsgemässen Trockenmischung ein sehr kostengünstiger und stabiler Ultrahochfestbeton erhalten werden kann.

[0014] In einer weiteren Ausführungsform umfasst eine erfindungsgemässe Trockenmischung zur Herstellung eines ultrahochfesten Betons zusätzlich ein Bindemittel, beziehungsweise einen Zusatzstoff, beispielsweise Zement, Kalk oder Flugasche.

[0015] In einigen Ausführungsformen umfasst die Trockenmischung zur Herstellung eines ultrahochfesten Betons zusätzlich ein Fasermaterial. Bei diesem Fasermaterial kann es sich um Stahlfasern, Carbonfasern, Mineralfasern, z.B. aus Basalt, Kunststofffasern, z.B. aus Polypropylen, Textilfasern oder Glasfasern oder Gemisch davon handeln.

[0016] Typischerweise umfasst die Trockenmischung zusätzlich Microsilica mit einer Korngrösse von 0.1 µm bis 10 µm, vorzugsweise 0.1 µm bis 5 µm. Typischerweise wird handelsübliches kompaktiertes Microsilika eingesetzt. Es ist jedoch alternativ auch möglich, unkompaktiertes Microsilica zu verwenden. Durch die Verwendung von Microsilica kann die Verschleissfestigkeit und die Lebensdauer des erfindungsgemässen UHFB erhöht werden.

[0017] In einer weiteren Ausführungsform umfasst die Trockenmischung zusätzlich einen Entlüfter, vorzugsweise ein Alkylphosphat, wie beispielsweise Triisobutylphosphat, Triethylphosphat oder Tri-n-butylphosphat. Durch Verwendung eines Entlüfters wird das Luftporenvolumen im aus der Trockenmischung hergestellten Frisch-Ultrahochfestbeton und ultrahochfesten Beton, reduziert. Vorzugsweise beträgt der Anteil des Entlüfters bezogen auf das Bindemittel 0.2 bis 1%.

[0018] In einer weiteren Ausführungsform weist die Gesteinskörnung Korngrössen von 125 µm bis 2 mm, vorzugsweise 125 bis 500 µm, auf.

[0019] In einer bevorzugten Ausführungsform weisen die Gesteinskörnung, der erste Füllstoff und/oder der zweite Füllstoff einen CaCO_3 Gehalt von 75% bis 99% auf, vorzugsweise 90 bis 99%, besonders bevorzugt 93% bis 99%. Vorzugsweise ist die Gesteinskörnung, der erste Füllstoff und/oder der zweite Füllstoff beständig gegenüber der Alkali-Kieselsäurereaktion (Alkali Aggregat beständig). Diese Beständigkeit kann unter anderem durch den relativ niedrigen Silikat- und Silikatgesteinsgehalt der Gesteinskörnung, des ersten Füllstoffs und/oder des zweiten Füllstoffs erreicht werden. Insbesondere durch die Abwesenheit grösserer Mengen Quarzsand ist die Gesteinskörnung, der erste Füllstoff und/oder der zweite Füllstoff beständig gegenüber der Alkali-Kieselsäurereaktion. Die Dichte des ersten Füllstoffs und/oder des zweiten Füllstoffs liegt typischerweise in einem Bereich von 2 bis 3 g/cm³, bevorzugt zwischen 2.5 und 2.9 g/cm³.

[0020] In einer weiteren Ausführungsform weist die Gesteinskörnung, der erste Füllstoff und/oder der zweite Füllstoff einen Pyrit Gehalt von maximal 0.05%, vorzugsweise von maximal 0.01 % auf. Des Weiteren liegt der Schwefelgehalt der Gesteinskörnung, des ersten Füllstoffs und/oder des zweiten Füllstoffs unter 0.1 %.

[0021] In vorteilhaften Ausführungsformen liegt der Anteil ungeeigneter Schichtsilikate wie Glimmer, Kaolinit, Chlorit und quellfähigen Materialien an der Gesteinskörnung, am ersten Füllstoff und/oder am zweiten Füllstoff unter 6%. Der Anteil der quellfähigen Mineralien liegt bevorzugt unter 0.1 %.

[0022] In einer weiteren Ausführungsform weist die Gesteinskörnung, der erste Füllstoff und/oder der zweite Füllstoff einen Silikatgesteinsgehalt von 0.05% bis 10%, bevorzugt 0.05% bis 5%, besonders bevorzugt 0.05 bis 3% auf.

[0023] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Bindemittel Zement mit Korngrössen von 0.1 µm bis 40 µm.

[0024] In einer weiteren Ausführungsform umfasst das Bindemittel Calciumsulfoaluminat oder CEM I Zement (Portland Zement mit maximal 5% weiteren Materialien). Vorzugsweise beträgt der Anteil des Calciumsulfoaluminats am Bindemittel 50 bis 85%, bevorzugt 75 bis 85%.

[0025] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Trockenmischung zur Herstellung eines UHFB Lithiumcarbonat. Durch Verwendung von Lithiumcarbonat kann der Verarbeitungsdauer sowie die Konsistenz des aus der Trockenmischung hergestellten Frisch-Ultrahochfestbetons zeitlich reguliert werden. Insbesondere kann die Erstarrung des Frisch-Ultrahochfestbetons beschleunigt werden. Vorzugsweise beträgt der Gehalt des Lithiumcarbonats 0.2 bis 1%, besonders bevorzugt 0.5%, bezogen auf das Bindemittelgewicht.

[0026] In einer weiteren Ausführungsform umfasst die Trockenmischung zur Herstellung eines UHFB mindestens eine Fruchtsäure, beispielsweise Weinsäure, Apfelsäure oder Zitronensäure. Bevorzugt werden diese der Trockenmischung als 20 bis 50% wässrige Lösung beigemischt. Es hat sich gezeigt, dass durch die Fruchtsäure ebenfalls die Verarbeitungsdauer des aus der Trockenmischung hergestellten Frisch-Ultrahochfestbetons zeitlich reguliert werden kann. Insbesondere

re kann hierdurch eine Verzögerung des Erstarrungsbeginns des Frisch-Ultrahochfestbetons bewirkt werden. Bevorzugt beträgt der Gehalt der mindestens einen Fruchtsäure 0.25 bis 5%.

[0027] In einigen Ausführungsformen kann das Verhältnis der Gesteinskörnung : erster Füllstoff : zweiter Füllstoff in der Trockenmischung im Wesentlichen 8.5 : 1 : 0.5 betragen. Hierdurch kann ein besonders stabiler UHFB erhalten werden.

[0028] In einer weiteren Ausführungsform umfasst die Trockenmischung zusätzlich Hartpartikel zum Schutz vor Abrieb des aus der Trockenmischung hergestellten Ultrahochfestbetons. Die Hartpartikel sind typischerweise aus einem abriebfesten Material, beispielsweise Korund oder Siliziumcarbid (Lonsicar).

[0029] In einigen Ausführungsformen kann die Trockenmischung aus einer Gesteinskörnung mit einem CaCO_3 Gehalt von mindestens 75%, einem ersten Füllstoff mit einer Korngrösse von im Wesentlichen 10 μm bis 125 μm und einem zweiten Füllstoff mit einer Korngrösse von im Wesentlichen 0.7 μm bis 10 μm bestehen. Alternativ kann die Trockenmischung zusätzlich aus einer oder mehrerer der oben genannten Komponenten, wie Bindemittel, Fasermaterial, Microsilica, Entlüfter, Lithiumcarbonat und/oder Fuchtsäuren bestehen.

[0030] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft einen Frisch-Ultrahochfestbeton umfassend eine wie oben beschriebene erfindungsgemässe Trockenmischung zur Herstellung eines ultrahochfesten Betons und Wasser.

[0031] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst der Frisch-Ultrahochfestbeton bezogen auf die Betonrohddichte [kg/m^3]: 29 bis 35%, vorzugsweise 31 bis 33%, Gesteinskörnung; 0.1 bis 7%, vorzugsweise 3 bis 5%, des ersten Füllstoffs; 0.1 bis 5%, vorzugsweise 1 bis 3%, des zweiten Füllstoffs

[0032] In weiteren Ausführungsformen umfasst der Frisch-Ultrahochfestbeton bezogen auf die Betonrohddichte [kg/m^3]: 29 bis 35%, vorzugsweise 31 bis 33%, Gesteinskörnung; 0.1 bis 7%, vorzugsweise 3 bis 5%, des ersten Füllstoffs; 0.1 bis 5%, vorzugsweise 1 bis 3%, des zweiten Füllstoffs und 30 bis 41% vorzugsweise 35 bis 37%, Bindemittel.

[0033] In weiteren Ausführungsformen umfasst der Frisch-Ultrahochfestbeton bezogen auf die Betonrohddichte [kg/m^3]: 29 bis 35%, vorzugsweise 31 bis 33%, Gesteinskörnung; 0.1 bis 7%, vorzugsweise 3 bis 5%, des ersten Füllstoffs; 0.1 bis 5%, vorzugsweise 1 bis 3%, des zweiten Füllstoffs; 30 bis 41% vorzugsweise 35 bis 37%, Bindemittel und 5 bis 17%, vorzugsweise 9 bis 12%, Fasermaterial und 4 bis 10%, vorzugsweise 6 bis 9%, Wasser.

[0034] Typischerweise umfasst der Frisch-Ultrahochfestbeton mindestens ein Fließmittel, umfassend insbesondere Acrylpolymer, beispielsweise Dynamon NRG 1020 (Mapei), Polycarboxylate, Polycarboxylatether und Polycarboxylatester. Des Weiteren kann der Frisch-Ultrahochfestbeton mindestens einen Entlüfter beinhalten. Als Entlüfter können unter anderem Alkylphosphate, wie beispielsweise Triisobutylphosphat, Triethylphosphat oder Tri-n-butylphosphat eingesetzt werden. Zusätzlich kann der Frisch-Ultrahochfestbeton Hartpartikel zum Schutz vor Abrieb aufweisen.

[0035] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft die Verwendung eines erfindungsgemässen Frisch-Ultrahochfestbetons als Baustoff. Typischerweise wird der erfindungsgemässen Frisch-Ultrahochfestbeton zur Herstellung von Betonbauteilen, Reparatur oder Instandhaltung von Betontragwerken, wie Pfeiler, Stützen oder Balken, Brücken, Entwässerungssysteme oder Kanälen verwendet. Der erfindungsgemässe Frisch-Ultrahochfestbeton wird zusätzlich als Baustoff für Verkehrswege, wie Strassen, Gehwege, Gleise oder Flughafenpisten verwendet.

[0036] Besonders vorteilhaft ist die Verwendung des Frisch-Ultrahochfestbetons zur Reparatur und Instandhaltung von Brücken, da durch dessen Verwendung die Statik der Brücke nicht wesentlich verändert wird. Typischerweise erreicht der erfindungsgemässe UHFB nach zwei Tagen bereits eine Druckfestigkeit von über 100 MPa. Des Weiteren kann der Frisch-Ultrahochfestbeton sehr schnell aushärten, sodass nach nur 2 Stunden bereits eine Druckfestigkeit von mindestens 20 MPa erreicht wird. Somit können Verkehrswege, wie beispielsweise eine Autobahnbrücke, schnell repariert werden, ohne dass der Verkehr lange umgeleitet oder gestaut werden muss.

[0037] In weiteren Ausführungsformen wird der erfindungsgemässe Frisch-Ultrahochfestbeton zur Herstellung von Betonfertigteilen, beispielsweise Treppen, Boden- oder Fahrbahnplatten, verwendet. Des Weiteren kann der Frisch-Ultrahochfestbeton in der Herstellung von Windkraftanlagen verwendet werden. Der Frisch-Ultrahochfestbeton wird typischerweise als Spritzbeton verwendet.

[0038] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines ultrahochfesten Betons umfassend die Schritte: a) Bereitstellung eines erfindungsgemässen und wie oben beschriebenen Trockengemischs; b) Wasserzugabe zu dem Trockengemisch aus Schritt a) und Vermischen zur Herstellung eines Frisch-Ultrahochfestbetons. Bevorzugt beträgt die Mischzeit in Schritt b) 5 bis 15 Minuten. Typischerweise wird der Frisch-Ultrahochfestbeton dann in einer erfindungsgemäss verwendet, beispielsweise via Spritzgiessen. Anschliessend wird in Schritt c) der in Schritt b) erhaltene Frisch-Ultrahochfestbeton getrocknet. Optional kann der Frisch-Ultrahochfestbeton abgedeckt werden um diesen vor vorzeitiger Austrocknung, mechanischer oder chemischer Beanspruchung und extremen Temperaturen zu schützen.

[0039] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird der Frisch-Ultrahochfestbeton abgeglättet und/oder beschichtet. Hierbei wird der Frisch-Ultrahochfestbeton vorzugsweise mit einem Nachbehandlungsprodukt beschichtet. Das Nachbehandlungsprodukt schützt den Frisch-Ultrahochfestbeton vor Austrocknung durch Wärme- und Windeinwirkung und verzögert somit die Feuchtigkeitsverdunstung an der Betonoberfläche, wodurch plastischer Schwund und die Bildung von Rissen verhindert wird.

[0040] Bevorzugt wird als Nachbehandlungsprodukt ein Polymerharz oder ein Gemisch von Polymerharzen verwendet. Dieses liegt vorzugsweise als wässrige Emulsion vor. Beispielsweise kann als Nachbehandlungsprodukt Mapecrete E30 (Mapei Suissa SA) oder Mapacrete Film 14 (Mapei Suisse SA) verwendet werden.

[0041] In einigen bevorzugten Ausführungsformen kann dem Frisch-Ultrahochfestbeton Lithiumcarbonat zur Anpassung der Verarbeitungsdauer zugegeben werden, sodass der ultrahochfeste Beton bereits nach 2 Stunden eine Druckfestigkeit von 20 MPa erreicht.

[0042] In bevorzugten Ausführungsformen kann dem Frisch-Ultrahochfestbeton mindestens eine Fruchtsäure, beispielsweise Apfelsäure, Weinsäure oder Zitronensäure, zur Anpassung der Verarbeitungsdauer zugegeben werden. Bevorzugt wird die mindestens eine Fruchtsäure als 20 bis 50 % wässrige Lösung zugegeben.

[0043] In weiteren Ausführungsformen erfolgt in Schritt b) zusätzlich die Zugabe von Bindemittel (beispielsweise Calciumsulfonat), Hartpartikel, Lithiumcarbonat, Entlüfter und/oder Fasermaterialien.

[0044] In einer bevorzugten Ausführungsform wird in Schritt b) zuerst das Wasser und das Bindemittel zugegeben und vermischt, vorzugsweise für 2 bis 15 Minuten. Danach wird das Fasermaterial zugegeben, mit anschliessendem Mischen, bevorzugt für 5 bis 10 Minuten. Die Mischzeit sollte nicht länger als 20 Minuten andauern, da sich sonst eine sehr ungünstige Zementmatrix ausbildet.

[0045] Typischerweise erfolgt die Zugabe des Fasermaterials langsam, kontinuierlich und unter Rühren. Besonders bevorzugt wird das Fasermaterial erst nach erfolgter Zugabe des Bindemittels und Vermischen zugegeben. In einigen Ausführungsformen sind die Fasermaterialien bereits im erfindungsgemässen Trockengemisch enthalten und müssen somit nicht in einem zusätzlichen Schritt zugegeben werden. Die Zugabe der Fasermaterialien zum erfindungsgemässen Trockengemisch kann dabei bevorzugt mittels geeigneten Faserdosieranlagen erfolgen.

[0046] Nach erfolgter Verwendung des Frisch-Ultrahochfestbetons, zum Beispiel als Spritzbeton oder zur Reparatur, wird dieser typischerweise getrocknet.

[0047] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft einen ultrahochfesten Beton, welcher durch eine Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens erhältlich ist. Bevorzugt weist der erfindungsgemässe UHFB nach 2 Stunden eine Druckfestigkeit von mindestens 20 MPa auf.

[0048] In bevorzugten Ausführungsformen erfüllt der erfindungsgemässe ultrahochfeste Beton nach den Brandschutzvorschriften BSV 2105 die Gruppe RF1 und liefert somit keinen Brandbeitrag.

[0049] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft einen Teilesatz umfassend eine wie oben beschriebene erfindungsgemässe Trockenmischung und Hartpartikel. Die Hartpartikel sind typischerweise aus einem abriebfesten Material, beispielsweise Korund oder Siliziumcarbid (Lonsicar) und werden bevorzugt auf den aus der Trockenmischung hergestellten Frisch-Ultrahochfestbeton aufgebracht. Dies kann typischerweise durch Aufstreuen und allfälliges Andrücken geschehen.

[0050] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst der Teilesatz eine wie oben beschriebene erfindungsgemässe Trockenmischung und ein Nachbehandlungsprodukt, vorzugsweise Polymerharze, welche typischerweise als wässrige Emulsion vorliegen. Optional kann der Teilesatz zusätzlich Hartpartikel umfassen.

Kurze Erläuterung der Figuren

[0051] Anhand der nachfolgenden Ausführungsbeispielen und der Figuren werden Aspekte der Erfindung näher erläutert. Es zeigen:

- | | |
|--------|---|
| Fig. 1 | eine Sieblinienanalyse eines erfindungsgemässen ersten Füllstoffs einer Ausführungsform der Erfindung; |
| Fig. 2 | eine Sieblinienanalyse eines erfindungsgemässen zweiten Füllstoffs einer weiteren Ausführungsform der Erfindung; |
| Fig. 3 | eine Sieblinienanalyse einer erfindungsgemässen Gesteinskörnung einer weiteren Ausführungsform der Erfindung; und |
| Fig. 4 | eine Sieblinienanalyse eines erfindungsgemässen Zements einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. |

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0052] Nachfolgend werden einige Beispiele für Rezepturen für erfindungsgemässe Trockenmischungen zur Herstellung eines ultrahochfesten Betons, sowie für einen Frisch-Ultrahochfestbeton aufgeführt.

Beispiel 1a: Trockenmischung zur Herstellung eines ultrahochfesten Betons**[0053]**

Komponente	Anteil in kg	Bemerkung
Gesteinskörnung	835	Partikelgrösse 125 bis 500 µm, gemäss Figur 3
Erster Füllstoff	120	Partikelgrösse 10 bis 125 µm, gemäss Figur 1
Zweiter Füllstoff	40	Partikelgrösse 0.7 bis 10 µm, gemäss Figur 2
Microsilika	143	Mapeplast SF (Hersteller: Mapei), Partikelgrösse 0.1 µm bis 5 µm

Beispiel 1b: Frisch-Ultrahochfestbeton**[0054]**

Komponente	Anteil in kg	Bemerkung
Gesteinskörnung	835	Partikelgrösse 125 bis 500 µm (Figur 3)
Erster Füllstoff	120	Partikelgrösse 10 bis 125 µm (Figur 1)
Zweiter Füllstoff	40	Partikelgrösse 0.7 bis 10 µm (Figur 2)
Microsilika	143	Mapeplast SF (Hersteller: Mapei), Partikelgrösse 0.1 µm bis 5 µm
Zement	940	CEM I 52.5 R (LafargeHolcim Werk Dotternhausen), Partikelgrösse 0.1 µm bis 40 µm (Figur 4)
Stahlfaser	280	Durchmesser kleiner 0.20 mm, Faserlänge kleiner 13 mm
Fließmittel	37.6	Dynamon NRG 1020 (Hersteller, Mapei)
Wasser	195	

Beispiel 2a: Trockenmischung zur Herstellung eines ultrahochfesten Betons**[0055]**

Komponente	Anteil in kg	Bemerkung
Gesteinskörnung	763	Partikelgrösse 125 bis 500 µm (Figur 3)
Erster Füllstoff	135	Partikelgrösse 10 bis 125 µm (Figur 1)
Zweiter Füllstoff	50	Partikelgrösse 0.7 bis 10 µm (Figur 2)
Microsilika	175	Mapeplast SF (Hersteller: Mapei), Partikelgrösse 0.1 µm bis 5 µm

Beispiel 2b: Frisch-Ultrahochfestbeton**[0056]**

Komponente	Anteil in kg	Bemerkung
Gesteinskörnung	763	Partikelgrösse 125 bis 500 µm (Figur 3)
Erster Füllstoff	135	Partikelgrösse 10 bis 125 µm (Figur 1)
Zweiter Füllstoff	50	Partikelgrösse 0.7 bis 10 µm (Figur 2)
Microsilika	175	Mapeplast SF (Hersteller: Mapei), Partikelgrösse 0.1 µm bis 5 µm

Komponente	Anteil in kg	Bemerkung
Zement	940	CEM I 52.5 R (LafargeHolcim Werk Dotternhausen), Partikelgrösse 0.1 µm bis 40 µm (Figur 4)
Stahlfaser	280	Durchmesser kleiner 0.20 mm, Faserlänge kleiner 13 mm
Fliessmittel	42.3	Dynamon NRG 1020 (Hersteller: Mapei)
Entlüfter	4.7	Triisobutylphosphat (ENTLÜFTER - RCT GmbH)
Wasser	201	

[0057] Zur Herstellung eines Frisch-Ultrahochfestbetons nach Beispiel 2a kann folgendermassen vorgegangen werden:

In einem ersten Schritt können die Gesteinskörnung, der erste und zweite Füllstoff, das Microsilika eingewogen und während 30 Sekunden Trockenmischzeit vermischt werden. In einem weiteren Schritt wird dann der Zement und das Wasser während eines kontinuierlichen Vermischens zugegeben. Nach 5 bis 15 Minuten Mischzeit, werden die Stahlfasern langsam, kontinuierlich und unter Rühren zugegeben. Alternativ können die Fasern, wie oben beschrieben, bereits in der Trockenmischung enthalten sein. Nach einer Mischzeit von 5 bis 10 Minuten kann der hergestellte Frisch-Ultrahochfestbeton verwendet werden.

[0058] Bei der Herstellung des Frisch-Ultrahochfestbetons wird das Mischwasser üblicherweise vollständig verbraucht, sodass sich keine kommunizierenden Kapillarporen bilden können und der Wassereintritt von aussen vernachlässigbar gering ist.

[0059] In den oben genannten Beispielen weist die Gesteinskörnung, der erste Füllstoff und/oder der zweite Füllstoff einen CaCO_3 Gehalt von 95 bis 99% auf.

Patentansprüche

1. Trockenmischung zur Herstellung eines ultrahochfesten Betons umfassend:
Gesteinskörnung mit einem CaCO_3 Gehalt von mindestens 75%;
einen ersten Füllstoff mit einer Korngrösse 10 µm bis 125 µm und einen zweiten Füllstoff mit einer Korngrösse 0.7 µm bis 10 µm, wobei der erste und zweite Füllstoff einen CaCO_3 Gehalt von mindestens 75% aufweisen.
2. Trockenmischung nach Anspruch 1 umfassend ein Bindemittel und/oder ein Fasermaterial und/oder einen Entlüfter und/oder Microsilica, wobei das Microsilica eine Korngrösse von 0.1 µm bis 10 µm, vorzugsweise 0.1 µm bis 5 µm, aufweist.
3. Trockenmischung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Gesteinskörnung Korngrössen von 125 µm bis 2 mm, vorzugsweise 125 bis 500 µm, aufweist.
4. Trockenmischung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Gesteinskörnung, der erste Füllstoff und/oder der zweite Füllstoff einen CaCO_3 Gehalt von 75% bis 99% aufweisen, vorzugsweise 90 bis 99%.
5. Trockenmischung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Gesteinskörnung, der erste Füllstoff und/oder der zweite Füllstoff einen Pyrit Gehalt von maximal 0.05%, vorzugsweise von maximal 0.01 % aufweisen.
6. Trockenmischung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Gesteinskörnung, der erste Füllstoff und/oder der zweite Füllstoff einen Silikatgesteinsgehalt von 0.05% bis 10%, vorzugsweise 0.05% bis 5% aufweisen.
7. Trockenmischung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei das Fasermaterial Stahlfasern, Carbonfasern, Glasfasern, Kunststofffasern und/oder Textilfasern umfasst.
8. Trockenmischung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, wobei das Bindemittel Zement, umfasst, vorzugsweise Calciumsulfoaluminat oder CEM I Zement.
9. Trockenmischung nach Anspruch 8, wobei der Zement Korngrössen von 0.1 µm bis 40 µm aufweist.
10. Trockenmischung nach einem der vorherigen Ansprüchen zusätzlich umfassend Lithiumcarbonat und/oder mindestens eine Fruchtsäure.
11. Trockenmischung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Verhältnis Gesteinskörnung : erster Füllstoff : zweiter Füllstoff im Wesentlichen 8.5 : 1 : 0.5 beträgt.
12. Trockenmischung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Trockenmischung zusätzlich Hartpartikel umfasst.

13. Frisch-Ultrahochfestbeton umfassend eine Trockenmischung nach einem der vorherigen Ansprüche, ein Bindemittel und Wasser.
14. Frisch-Ultrahochfestbeton nach Anspruch 13, umfassend
29 bis 35%, vorzugsweise 31 bis 33%, Gesteinskörnung;
0.1 bis 7%, vorzugsweise 3 bis 5%, des ersten Füllstoffs;
0.1 bis 5%, vorzugsweise 1 bis 3%, des zweiten Füllstoffs;
30 bis 41 %, vorzugsweise 35 bis 37%, Bindemittel;
5 bis 17%, vorzugsweise 9 bis 12%, Fasermaterial; und
4 bis 10 %, vorzugsweise 6 bis 9% Wasser.
15. Frisch-Ultrahochfestbeton nach Anspruch 13 oder 14 zusätzlich umfassend Hartpartikel, ein Fliessmittel und/oder einen Entlüfter.
16. Verwendung des Frisch-Ultrahochfestbetons nach einem der Ansprüche 13 bis 15 als Baustoff, insbesondere zur Herstellung, Reparatur oder Instandhaltung von Betonbauteilen, Betontragwerken, Brücken, Verkehrswegen, Kanälen, Gebäuden und Gleisen.
17. Verfahren zur Herstellung eines ultrahochfesten Betons umfassend die Schritte:
 - a) Bereitstellung einer Trockenmischung nach einem der Ansprüche 1 bis 12;
 - b) Wasserzugabe zum Trockengemisch und Zugabe von Bindemittel und optional Zugabe von Lithiumcarbonat, mindestens einer Fruchtsäure, Hartpartikel, Entlüfter und/oder Fasermaterialien;
 - c) Trocknung.
18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei der in Schritt b) hergestellte Frisch-Ultrahochfestbeton abgeglättet und/oder mit einem Nachbehandlungsprodukt beschichtet wird.
19. Ultrahochfester Beton erhalten durch das Verfahren nach einem der Ansprüche 17 oder 18.
20. Ultrahochfester Beton nach Anspruch 19 wobei der Beton nach 2 Stunden eine Druckfestigkeit von mindestens 20 MPa aufweist.
21. Teilesatz umfassend eine Trockenmischung nach einem der Ansprüche 1 bis 12 und Hartpartikel und/oder ein Nachbehandlungsprodukt.

Häufigkeit (Gangzahl bei) und Durchlass

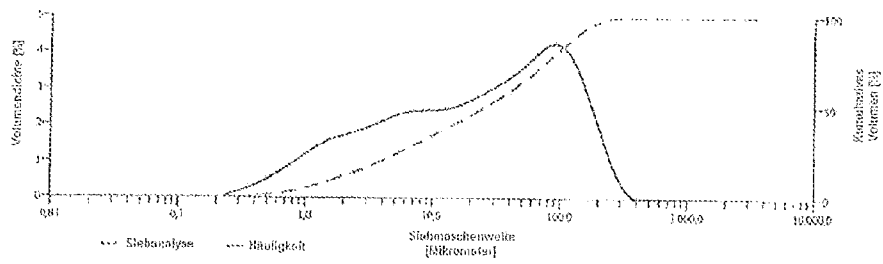


Fig. 1

Häufigkeit (Gangzahl bei) und Durchlass

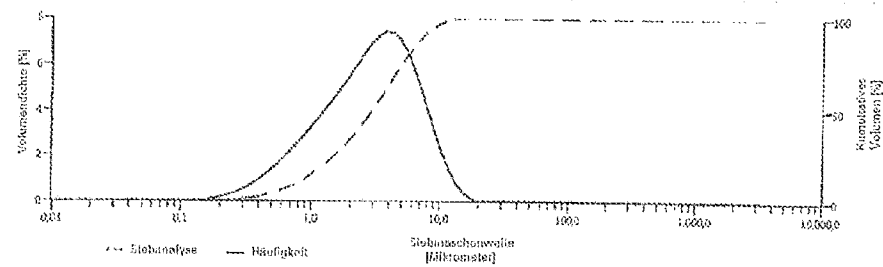


Fig. 2

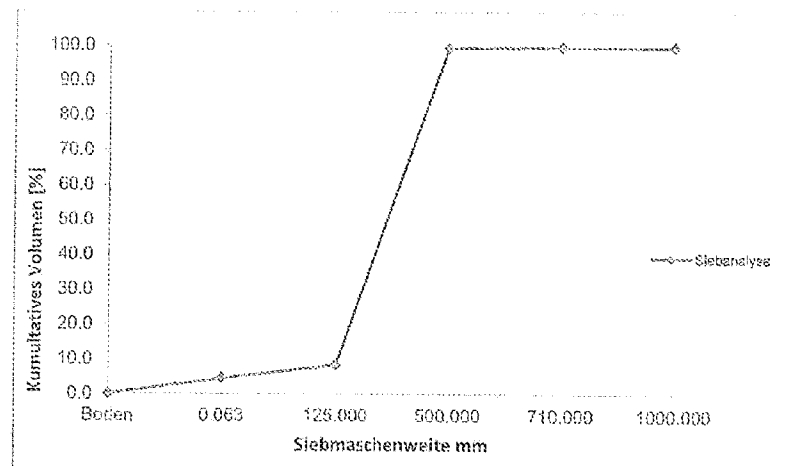


Fig. 3

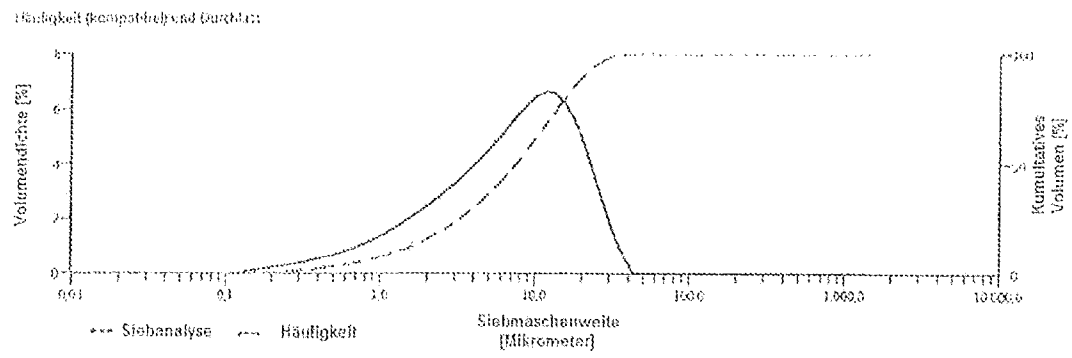


Fig. 4