



**SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT**  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **713 947 B1**

(51) Int. Cl.: **C04B 22/00** (2006.01)  
**C04B 28/06** (2006.01)  
**C04B 28/18** (2006.01)

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 00852/17

(22) Anmeldedatum: 29.06.2017

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.01.2019

(24) Patent erteilt: 15.03.2021

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.03.2021

(73) Inhaber:  
Ruentex Materials Co., Ltd., 10F., No. 308, Sec. 2,  
Bade Rd., Jhongshan District  
Taipei City 104 (TW)

(72) Erfinder:  
Samuel Yin, Taipei City 104 (TW)  
Ching Ting Yang, Taipei City 104 (TW)  
Min-Tsung Wu, Taipei City 104 (TW)  
Chen-An Lee, Taipei City 104 (TW)  
Hui Sheng Chiu, Taipei City 104 (TW)

(74) Vertreter:  
BOHEST AG, Holbeinstrasse 36-38  
4051 Basel (CH)

(54) **Nichtcalcinierte zementöse Zusammensetzungen, nichtcalcinierte Betonzusammensetzungen, nichtcalciniertes Beton und Verfahren zu deren Herstellung.**

(57) Die Erfindung stellt nichtcalcinierte zementöse Zusammensetzungen bereit, die mikrometerskalige anorganische Teilchen umfassen und als Bindemittelmateriale verwendet werden können; und stellt nichtcalcinierte Betonzusammensetzungen bereit; ebenso sind nichtcalcinierte Betone bereitgestellt, die ähnliche oder bessere physikalische und mechanische Eigenschaften aufweisen als Betone, die mit herkömmlichen Zementen hergestellt werden. Die vorliegende Erfindung stellt auch Verfahren zur Herstellung der nichtcalcinierten zementösen Zusammensetzungen, der nichtcalcinierten Betonzusammensetzungen und der nichtcalcinierten Betone bereit.

## Beschreibung

### HINTERGRUND DER ERFINDUNG

#### 1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung stellt eine nichtcalcinierte zementöse Zusammensetzung bereit, die mikrometerskalige anorganische Teilchen umfasst und als Bindemittelmaterial geeignet ist; eine nichtcalcinierte Betonzusammensetzung; und einen nichtcalcinierten Beton, der ähnliche oder bessere physikalische und mechanische Eigenschaften aufweist als Betone, die mit herkömmlichen Zementen hergestellt werden. Die vorliegende Erfindung stellt auch Verfahren zur Herstellung der nichtcalcinierten zementösen Zusammensetzung, der nichtcalcinierten Betonzusammensetzung und des nichtcalcinierten Betons bereit.

#### 2. Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Zement ist eine allgemeine Bezeichnung für Bindemittelmaterialien, die gemeinhin in Baumaterialien verwendet werden und ist heute eines der wichtigsten Baumaterialien überhaupt. Aus statistischen Daten der Portland Cement Association geht hervor, dass der weltweite Verbrauch von Zement im Jahr 2015 etwa 4,1 Milliarden Tonnen betrug, was die Bedeutsamkeit von Zement unterstreicht. Der am häufigsten eingesetzte Zement ist Portlandzement, dessen Hauptbestandteile aus Kalkstein, Ton, Silicaterz, Eisenschlacke und anderen Materialien stammen. Der Großteil dieser Materialien wird jedoch durch den Abbau natürlicher Mineralien gewonnen, was große Auswirkungen auf die Umwelt hat. Zudem ist bei der Herstellung von Zementen aufgrund der Verwendung von Kalkstein und anderen Rohstoffen eine Calciniierung bei hohen Temperaturen notwendig, was große Mengen an Energie verbraucht und beträchtliche Kohlenstoffemissionen verursacht. Zudem beträgt die geschätzte verbleibende Förderbarkeit von Kalksteinmineralien in China und Taiwan nur noch 50 Jahre oder weniger. Diese Sachlage, einschließlich eines Mangels an Baumaterialien, birgt potentielle Probleme im Hinblick auf den Umweltschutz.

[0003] Dementsprechend wurden Versuche unternommen, alternative Rohmaterialien auf dem Sektor einzusetzen, um den Verbrauch natürlicher Ressourcen sowie die Kohlenstoffemissionen im Zuge des Prozesses der Herstellung von Zement zu senken. Ein kalksteinfreies, zementöses Material ist alkalisch aktivierter Zement, welcher durch Polymerisation eines Silicoaluminats (Flugasche) mit Natriumsilicat (Wasserglas) in Gegenwart einer starken Base hergestellt wird. Mit diesem sind jedoch mögliche Gefahren hinsichtlich übermäßiger Schwindung, Wärmeabgabe beim Mischvorgang, Rissbildung in den Endprodukten, Entstehung von Salzkristallen an der Oberfläche und andere Schwierigkeiten verbunden. Auch kann die Verwendung einer großen Menge einer starken Base leicht zu Korrosion und Rosten des Stahlmaterials führen, was die Spätfestigkeit der Struktur beeinträchtigt. Die Verwendung einer großen Menge einer starken Base schränkt die Möglichkeiten eines großskaligen Einsatzes ein. Zudem müssen einige alkalisch aktivierte Zemente vor dem Erhärten mehrere Stunden lang bei hohen Temperaturen katalysiert werden. Dementsprechend ist die Praxistüchtigkeit von alkalisch aktiviertem Zement noch immer von zahlreichen Einschränkungen geprägt.

[0004] Die TW I491579 B (entspricht der US 8,562,734 B2) offenbart eine calciumarme zementöse Materialzusammensetzung, bei der insbesondere calciumarme Flugasche, eine Base und ein Erstarrungsmittel verwendet, bei Raumtemperatur gemischt und stehen gelassen wurden, um ein calciumarmes zementöses Material auszubilden. Die Erfindung ist in erster Linie durch die Verwendung eines Erstarrungsmittels gekennzeichnet, um das Problem, dass bei Verwendung von calciumarmer Flugasche nach dem Stand der Technik eine weitere calciumhaltige Komponente zugesetzt werden muss, zu lösen.

[0005] Die WO 2011/008463 A1 offenbart die Verwendung einer zementösen Zusammensetzung umfassend (1) zumindest einen anorganischen Füllstoff, (2) ein kolloidales Siliciumdioxid, ein kolloidales Aluminiumoxid oder ein Gemisch davon, das beim Brennen eine bindende Phase ausbildet, und (3) ein Trägerfluid. Die zementöse Zusammensetzung muss jedoch bei hohen Temperaturen (mindestens 1000 °C) in Gegenwart einer Fluorquelle calciniert werden, um eine Bindephase auszubilden.

[0006] Deshalb besteht noch immer großer Bedarf an einem zementösen Bindemittelmaterial, bei dem die Auswirkungen auf die Umwelt im Zuge des Herstellungsverfahrens minimiert sind und das einfach für großskalige Anwendungen eingesetzt werden kann.

### KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0007] Um die obigen Aufgaben zu lösen, stellt die vorliegende Erfindung eine nichtcalcinierte zementöse Zusammensetzung bereit, umfassend:

(a) mikrometerskalige anorganische Teilchen mit einer Korngröße im Bereich von 1,0 bis 100 µm zu etwa 31 % bis 87 %, bezogen auf das Gesamtgewicht der Zusammensetzung;

(b) eine Aluminium-Sauerstoff-Verbindung;

- (c) nanokolloidales Siliciumdioxid; und
- (d) ein gerinnungsregulierendes Mittel.

[0008] Nach dem Mischen der Komponenten der Zusammensetzung kann die Zusammensetzung ohne Calciniierung gleichermaßen wie Zement als Bindemittelmateriale in Baumaterialien verwendet werden.

[0009] Die vorliegende Erfindung stellt auch eine nichtcalcinierte Betonzusammensetzung bereit, umfassend:

- (a) anorganische Teilchen zu etwa 66 % bis 92 %, bezogen auf das Gesamtgewicht der Zusammensetzung;
- (b) eine Aluminium-Sauerstoff-Verbindung;
- (c) nanokolloidales Siliciumdioxid; und
- (d) ein gerinnungsregulierendes Mittel,

wobei die anorganischen Teilchen mikrometerskalige anorganische Teilchen mit einer Korngröße im Bereich von 1,0 bis 100 µm umfassen und die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen etwa 25 % bis 45 % des Gesamtgewichts der anorganischen Teilchen ausmachen. Nach dem Mischen der Komponenten der Zusammensetzung weist die Zusammensetzung ohne Calciniierung mechanische Eigenschaften ähnlich denen eines mit herkömmlichem Zement hergestellten Betons sowie eine Letztgenannten übertreffende Volumenstabilität auf.

[0010] Die vorliegende Erfindung stellt auch einen nichtcalcinierten Beton bereit, umfassend eine nichtcalcinierte zementöse Zusammensetzung oder eine nichtcalcinierte Betonzusammensetzung.

[0011] Die vorliegende Erfindung stellt auch ein Verfahren zur Herstellung einer nichtcalcinierten zementösen Zusammensetzung bereit, umfassend einen Schritt des Kombinierens mikrometerskaliger anorganischer Teilchen, einer Aluminium-Sauerstoff-Verbindung, nanokolloidalen Siliciumdioxids und eines gerinnungsregulierenden Mittels.

[0012] Die vorliegende Erfindung stellt auch ein Verfahren zur Herstellung einer nichtcalcinierten Betonzusammensetzung bereit, umfassend einen Schritt des Kombinierens anorganischer Teilchen, einer Aluminium-Sauerstoff-Verbindung, nanokolloidalen Siliciumdioxids und eines gerinnungsregulierenden Mittels.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0013] Alle Zahlen, die Gehalte, Verhältnisse, physikalische Eigenschaften und Anderes ausdrücken und in dieser Beschreibung und in den Ansprüchen dargelegt sind, sind bei jedem Vorkommen als durch den Begriff „etwa“ modifiziert zu verstehen. Dementsprechend können, falls nicht explizit anderweitig angegeben, die Werte, die in der folgenden Beschreibung und in den beiliegenden Ansprüchen dargelegt sind, je nach vorgesehenen und/oder gewünschten Eigenschaften der vorliegenden Erfindung variieren. Ohne die Anwendung der Äquivalenzlehre auf den Schutzzumfang der Erfindung einzuschränken, sind die numerischen Parameter zumindest auf Grundlage der offenbarten Anzahl signifikanter Ziffern und durch Anwendung einer allgemeinen Rundung zu interpretieren.

[0014] Alle hierin offenbarten Bereiche sind als jeden und alle darin enthaltenen Unterbereiche miteinschließend zu verstehen. Beispielsweise ist der Bereich 1 bis 10 so verstehen, dass er jeden und alle Unterbereiche zwischen einschließlich dem Mindestwert 1 und einschließlich dem Höchstwert 10 umfasst; das bedeutet, alle Unterbereiche, die mit einem Mindestwert von 1 oder mehr beginnen und mit einem Höchstwert von 10 der weniger enden, beispielsweise 1 bis 6,7, 3,2 bis 8,1 oder 5,5 bis 10; und jeden und alle numerischen Werte in den Bereichen miteinschließt, beispielsweise: 1, 3,1, 5,2 oder 8.

[0015] Der hierin offenbarte Begriff „etwa“ bezieht sich auf einen Annäherungsbereich, wie dem Durchschnittsfachmann auf dem Gebiet der Erfindung bekannt ist, und der Annäherungsbereich steht in Zusammenhang mit unterschiedlichen Merkmalen oder physikalischen Eigenschaften. Beispielsweise schließt „etwa“ einen Bereich von  $\pm 10\%$ ,  $\pm 5\%$ ,  $\pm 2\%$  oder  $\pm 1\%$  des angegebenen Wertes mit ein.

[0016] Die in der vorliegenden Erfindung bereitgestellte Zusammensetzung umfasst (mikrometerskalige) anorganische Teilchen, eine Aluminium-Sauerstoff-Verbindung, nanokolloidales Siliciumdioxid und ein gerinnungsregulierendes Mittel. Die Komponenten sind nachstehend detailliert beschrieben.

#### A. Anorganische Teilchen

[0017] Anorganische Teilchen, die in der Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung enthalten sind, sind wie in den Ansprüchen 1 und 7 definiert. Sie sind beispielsweise aus einem Stoff, der aus zumindest Silicium mit verschiedenen Metall- oder nichtmetallischen Elementen gebildet ist. Die Metallelemente können beispielsweise Alkali-, Erdalkali-, Halbmetall- und Übergangsmetallelemente umfassen, und die nichtmetallischen Elemente können beispielsweise Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Bor, Phosphor, Schwefel, Halogen und dergleichen umfassen. Beispiele sind unter anderem, aber nicht ausschließlich, ein Oxid (beispielsweise Silicat und Siliciumdioxid) und ein Carbid (beispielsweise Siliciumcarbid)

von Silicium; verschiedene aus Silicium, Aluminium und Sauerstoff gebildete Verbindungen; oder eine Kombination aus diesen Verbindungen. Andere anorganische Inhaltsstoffe können optional vorhanden sein, beispielsweise verschiedene aus oben genannten Metall- und/oder nichtmetallischen Elementen gebildete Stoffe, beispielsweise verschiedene Verbindungen, die Calcium, Magnesium, Bor, Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff enthalten, oder eine beliebige Kombination aus diesen Verbindungen. Stammen können die anorganischen Teilchen beispielsweise aus verschiedenen natürlichen Erzen oder Gesteinen, Quarzsand, Landsandstein, Siliciumdioxidsand, Flusssand, Seesand, Reservoirschluff oder einer beliebigen Kombination der vorgenannten, und darin enthaltene unvermeidliche Verunreinigungen. In einer spezifischen Ausführungsform umfassen die anorganischen Teilchen Quarzsand, Kies oder beides, und der Quarzsand und der Kies können, wenn beides vorhanden ist, in einem beliebigen Verhältnis gemischt sein.

**[0018]** Die in der vorliegenden Erfindung bereitgestellte nichtcalcinerte zementöse Zusammensetzung umfasst anorganische Teilchen mit einer Korngröße im Bereich von 1,0 bis 100  $\mu\text{m}$ , welche hierin als mikrometerskalige anorganische Teilchen bezeichnet werden. Die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen sind eine Hauptkomponente der nichtcalcinerten zementösen Zusammensetzung und machen in etwa 31 % bis 87 %, vorzugsweise 42 % bis 81 % und noch bevorzugter 52 % bis 76 % des Gesamtgewichts der nichtcalcinerten zementösen Zusammensetzung aus.

**[0019]** In der in der vorliegenden Erfindung bereitgestellten nichtcalcinerten Betonzusammensetzung sind die anorganischen Teilchen als größter Anteil enthalten, der in etwa 66 % bis 92 %, vorzugsweise 72 % bis 90 % und noch bevorzugter 74 % bis 86 % des Gesamtgewichts der nichtcalcinerten zementösen Zusammensetzung ausmacht.

**[0020]** In der in der vorliegenden Erfindung bereitgestellten nichtcalcinerten Betonzusammensetzung ist die Korngröße der anorganischen Teilchen nicht im Besonderen eingeschränkt und kann Nanometer- bis Millimeterskala aufweisen, vorausgesetzt, dass zumindest ein Teil der anorganischen Teilchen mikrometerskalige anorganische Teilchen sind und die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen 25 % bis 45 %, vorzugsweise 27 % bis 43 % und noch bevorzugter 30 % bis 40 % des Gesamtgewichts der anorganischen Teilchen ausmachen.

**[0021]** In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung können die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen eine Korngröße im Bereich von 1,0 bis 1,3  $\mu\text{m}$ , 1,3 bis 1,6  $\mu\text{m}$ , 1,6 bis 2,6  $\mu\text{m}$ , 2,6 bis 6,5  $\mu\text{m}$ , 6,5 bis 8,0  $\mu\text{m}$ , 8,0  $\mu\text{m}$  bis 10,0  $\mu\text{m}$ , 10,0 bis 13,0  $\mu\text{m}$ , 13,0 bis 28,0  $\mu\text{m}$ , 28,0 bis 38,0  $\mu\text{m}$ , 38,0 bis 45,0  $\mu\text{m}$ , 45,0 bis 50,0  $\mu\text{m}$ , 50,0 bis 53,0  $\mu\text{m}$ , 53,0 bis 58,0  $\mu\text{m}$ , 58,0 bis 75,0  $\mu\text{m}$ , 75,0 bis 86,0  $\mu\text{m}$  und 86,0 bis 100,0  $\mu\text{m}$  oder in einem beliebigen Bereich, der von beliebigen der oben genannten Endpunkte als Ober- und Untergrenze gebildet wird, aufweisen. Alternativ dazu können die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen eine Korngröße aufweisen, die einem beliebigen der obigen Endpunkte entspricht, beispielsweise etwa 1  $\mu\text{m}$ , etwa 1,3  $\mu\text{m}$ , etwa 1,6  $\mu\text{m}$  ... etwa 8,0  $\mu\text{m}$ , etwa 10,0  $\mu\text{m}$ , etwa 13,0  $\mu\text{m}$  ... etwa 50,0  $\mu\text{m}$ , etwa 58,0  $\mu\text{m}$ , etwa 75,0  $\mu\text{m}$ , etwa 86,0  $\mu\text{m}$  und etwa 100  $\mu\text{m}$ .

**[0022]** In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weisen die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen eine unimodale Korngrößenverteilung auf. In einer weiteren Ausführungsform, ist die Korngrößenverteilung bimodal oder multimodal, und das Verteilungsmuster kann eine beliebige Kombination aus einem oder mehreren Sätzen einzelner Korngrößen oder einem oder mehreren Sätzen von Korngrößenbereichen sein. Beispielsweise können die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen in einer Ausführungsform beispielsweise eine unimodale Korngrößenverteilung bei 1  $\mu\text{m}$  bis 2,6  $\mu\text{m}$ ; eine unimodale Korngrößenverteilung bei etwa 1,3  $\mu\text{m}$ ; eine unimodale Korngrößenverteilung bei etwa 1,6  $\mu\text{m}$ ; eine unimodale Korngrößenverteilung bei 8,0 bis 13,0  $\mu\text{m}$ ; eine unimodale Korngrößenverteilung bei etwa 8,0  $\mu\text{m}$ ; eine unimodale Korngrößenverteilung bei etwa 10,0  $\mu\text{m}$ ; eine bimodale Korngrößenverteilung bei 1 bis 2,6  $\mu\text{m}$  und 6,5 bis 13,0  $\mu\text{m}$ ; eine bimodale Korngrößenverteilung bei etwa 1,0  $\mu\text{m}$  und etwa 8,0  $\mu\text{m}$ ; eine bimodale Korngrößenverteilung bei etwa 1,6  $\mu\text{m}$  und etwa 13,0  $\mu\text{m}$ ; eine bimodale Korngrößenverteilung bei 6,5 bis 13,0  $\mu\text{m}$  und 45,0 bis 58,0  $\mu\text{m}$ ; eine bimodale Korngrößenverteilung bei 6,5 bis 10,0  $\mu\text{m}$  und 50,0 bis 58,0  $\mu\text{m}$ ; eine bimodale Korngrößenverteilung bei 8,0 bis 10,0  $\mu\text{m}$  und 50,0 bis 53,0  $\mu\text{m}$ ; eine bimodale Korngrößenverteilung bei etwa 10,0  $\mu\text{m}$  und etwa 45,0  $\mu\text{m}$ ; eine bimodale Korngrößenverteilung bei etwa 6,5  $\mu\text{m}$  und etwa 50,0  $\mu\text{m}$ ; eine bimodale Korngrößenverteilung bei etwa 10,0  $\mu\text{m}$  und etwa 50,0  $\mu\text{m}$ ; eine bimodale Korngrößenverteilung bei etwa 10,0  $\mu\text{m}$  und 45,0 bis 50,0  $\mu\text{m}$ ; eine bimodale Korngrößenverteilung bei etwa 8,0  $\mu\text{m}$  bis 10,0  $\mu\text{m}$  und 50,0  $\mu\text{m}$ ; eine trimodale Korngrößenverteilung bei 1,0 bis 2,6  $\mu\text{m}$ , 6,5 bis 13,0  $\mu\text{m}$  und 45,0 bis 58,0  $\mu\text{m}$ ; eine trimodale Korngrößenverteilung von 1,6 bis 2,6  $\mu\text{m}$ , 6,5 bis 10,0  $\mu\text{m}$  und 45,0 bis 50,0  $\mu\text{m}$ ; eine trimodale Korngrößenverteilung von 1,6 bis 2,6  $\mu\text{m}$ , 6,5 bis 10,0  $\mu\text{m}$  und 45,0 bis 75,0  $\mu\text{m}$ ; eine trimodale Korngrößenverteilung von etwa 1,6  $\mu\text{m}$ , etwa 8,0  $\mu\text{m}$  und etwa 50,0  $\mu\text{m}$ ; eine trimodale Korngrößenverteilung von etwa 1,0  $\mu\text{m}$ , etwa 10,0  $\mu\text{m}$  und etwa 50,0  $\mu\text{m}$ ; eine trimodale Korngrößenverteilung von etwa 1,6  $\mu\text{m}$ , etwa 10,0  $\mu\text{m}$  und etwa 45,0  $\mu\text{m}$ ; eine trimodale Korngrößenverteilung von etwa 1,6  $\mu\text{m}$ , etwa 10,0  $\mu\text{m}$  und etwa 50,0  $\mu\text{m}$ ; eine trimodale Korngrößenverteilung von etwa 1,3  $\mu\text{m}$ , etwa 8,0  $\mu\text{m}$ , und etwa 58,0  $\mu\text{m}$ ; eine trimodale Korngrößenverteilung von etwa 1,6  $\mu\text{m}$ , etwa 13,0  $\mu\text{m}$  und etwa 75,0  $\mu\text{m}$ ; und eine tetramodale, eine pentamodale und eine hexamodale Korngrößenverteilung in beliebigen Kombinationen usw. aufweisen. Die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen mit einer bimodalen oder multimodalen Korngrößenverteilung können auch als abgestufte Teilchen bezeichnet werden. Eine Korngrößenverteilung mit einem spezifischen Verteilungsmuster kann erhalten werden, indem die Teilchen auf Grundlage der Korngröße gesiebt und dann die Teilchen mit entsprechenden Größen gemischt werden. Beispielsweise können anorganische Teilchen von großer Größe nass oder trocken zu anorganischen Teilchen kleiner Größe gemahlen werden und dann einer Acroklassierung unterzogen werden, um mikrometerskalige anorganische Teilchen mit schmaler Korngrößenverteilung zu erhalten, die dann weiter gemischt werden, um die vorgesehene Korngrößenverteilung zu erreichen. Ist die Korngrößenverteilung bimodal, können die Teilchen mit einer Korngröße oder einem Korngrößenbereich am Höchstwert unabhängig voneinander zumindest etwa

30 % bis etwa 70 %, beispielsweise etwa 30 %, etwa 35 %, etwa 40 %, etwa 45 %, etwa 50 %, etwa 55 %, etwa 60 %, etwa 65 %, etwa 70 % usw. des Gesamtgewichts der mikrometerskaligen anorganischen Teilchen ausmachen. Ist die Korngrößenverteilung trimodal, können die Teilchen mit einer Korngröße oder einem Korngrößenbereich am Höchstwert unabhängig voneinander zumindest etwa 20 % bis etwa 50 %, beispielsweise etwa 20 %, etwa 25 %, etwa 27 %, etwa 29 %, etwa 30 %, etwa 31 %, etwa 33 %, etwa 35 %, etwa 37 %, etwa 40 %, etwa 45 %, etwa 50 % usw. des Gesamtgewichts der mikrometerskaligen anorganischen Teilchen ausmachen. Ohne sich auf eine Theorie festzulegen kann die Verwendung von abgestuften Teilchen in der nichtcalcinierten zementösen Zusammensetzung oder der nichtcalcinierten Betonzusammensetzung die physikalischen und mechanischen Leistungen des hergestellten Betons (beispielsweise die Druckfestigkeit usw.) verbessern.

**[0023]** Die Korngröße der anorganischen Teilchen kann auch im Millimetermaßstab liegen und von  $\geq 0,1$  mm bis 50,0 mm betragen.

**[0024]** Alternativ dazu kann, ohne sich auf eine Theorie festzulegen, die Korngröße der anorganischen Teilchen auch im Nanometermaßstab liegen.

**[0025]** Die in der Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung enthaltenen anorganischen Teilchen müssen nicht calciniert werden, lassen aber dennoch zu, dass die Zusammensetzung nach dem Mischen mit anderen Komponenten der Zusammensetzung die Eigenschaften eines Bindemittelmaterials aufweist. Nach dem Mischen der Komponenten ist ein Bindemittelmateriale hergestellt, dessen Eigenschaften jenen eines herkömmlichen Zements ähneln, wodurch die Kohlenstoffemissionen stark reduziert und Energie gespart wird.

## **B. Aluminium-Sauerstoff-Verbindung**

**[0026]** Die in der Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung enthaltene Aluminium-Sauerstoff-Verbindung ist eine Oxosäure von Aluminium und Derivate davon (beispielsweise ein Salz, wie etwa ein Alkali- oder Erdalkalimetallsalz), ein Oxid von Aluminium und ein Hydroxid von Aluminium; und kann auch ein in erster Linie aus diesen Verbindungen bestehendes Gemisch sein. Beispiele sind unter anderem, aber nicht ausschließlich, Natriumaluminat, Calciumaluminat, Aluminiumoxid, Aluminiumhydroxid und aluminiumoxidreicher Zement oder eine beliebige Kombination davon. Ohne sich auf eine Theorie festzulegen dient die Aluminium-Sauerstoff-Verbindung der Stabilisierung der Gerinnung zwischen den Komponenten, um stabile physikalische Eigenschaften ähnlich jenen von Zement bereitzustellen.

**[0027]** In der nichtcalcinierten zementösen Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung kann der Gehalt an Aluminium-Sauerstoff-Verbindung zumindest 1,9 %, zumindest 4,2 %, zumindest 5,0 %, zumindest 8,0 % und zumindest 9,5 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen, ist aber nicht darauf eingeschränkt; und kann ebenso höchstens 21,0 %, höchstens 18,0 %, höchstens 14,5 %, höchstens 8,5 %, höchstens 7,5 %; höchstens 6,0 % und höchstens 5,0 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen, ist aber nicht darauf eingeschränkt; oder in jedem beliebigen von den oben genannten Werten als Ober- und Untergrenze gebildeten Bereich liegen kann.

**[0028]** In der nichtcalcinierten Betonzusammensetzung der vorliegenden Erfindung kann der Gehalt an Aluminium-Sauerstoff-Verbindung zumindest 1,1 %, zumindest 2,2 %, zumindest 2,8 %, zumindest 4,8 % und zumindest 5,5 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen, ist aber nicht darauf eingeschränkt; und kann ebenso höchstens 12,0 %, höchstens 10,0 %, höchstens 8,0 %, höchstens 5,5 %, höchstens 5,0 %; höchstens 3,0 % und höchstens 2,0 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen, ist aber nicht darauf eingeschränkt; oder in jedem beliebigen von den oben genannten Werten als Ober- und Untergrenze gebildeten Bereich liegen.

**[0029]** In einem bevorzugten Aspekt umfasst die Aluminium-Sauerstoff-Verbindung Aluminiumhydroxid oder ein aluminiumhydroxidhaltiges Gemisch, was die Festigkeit von Beton nach einer Hochtemperaturhärtung verbessern kann.

## **C. Nanokolloidales Siliciumdioxid**

**[0030]** Das in der Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung enthaltene nanokolloidale Siliciumdioxid ist ein gemeinlich bekanntes teilchenförmiges Siliciumdioxid, das in einer flüssigen Phase suspendiert ist und eine Korngröße in Nanoskala aufweist. Das nanokolloidale Siliciumdioxid kann ebenso zur Bildung eines größeren Teilchens oder zur Bildung einer Netzstruktur aggregiert sein. Das nanokolloidale Siliciumdioxid kann im Handel erhältlich sein oder mit einem siliciumhaltigen Material hergestellt sein.

**[0031]** Der Feststoffgehalt des nanokolloidalen Siliciumdioxids kann 20 bis 50 Gew.-%, vorzugsweise 30 bis 48 Gew.-% und noch bevorzugter 35 bis 45 Gew.-%, beispielsweise etwa 20, etwa 25, etwa 30, etwa 35, etwa 36, etwa 37, etwa 38, etwa 39, etwa 40, etwa 42, etwa 44, etwa 45, etwa 46, etwa 48 und etwa 50 Gew.-% betragen; oder in jedem beliebigen von den oben genannten Werten als Ober- und Untergrenze gebildeten Bereich liegen. Die Korngröße des im nanokolloidalen Siliciumdioxid enthaltenen teilchenförmigen Siliciumdioxids kann 8 bis 90 nm, vorzugsweise 10 bis 85 nm und noch bevorzugter 15 bis 80 nm betragen; oder etwa 8, etwa 10, etwa 15, etwa 18, etwa 30, etwa 50, etwa 60, etwa 80 und etwa 90 nm betragen; oder in jedem beliebigen von den oben genannten Werten als Ober- und Untergrenze gebildeten Bereich liegen.

**[0032]** Das nanokolloidale Siliciumdioxid kann zudem eine bimodale Korngrößenverteilung bei beispielsweise etwa 10 nm und etwa 90 nm, etwa 18 nm und etwa 90 nm, etwa 18 nm und etwa 80 nm, etwa 10 nm und etwa 80 nm, etwa 10 nm und etwa 30 nm, etwa 30 nm und etwa 80 nm, etwa 10 nm und etwa 50 nm und verschiedenen Kombinationen aufwei-

sen. Ist die Korngrößenverteilung bimodal, können die Teilchen mit einer Korngröße oder einem Korngrößenbereich am Höchstwert unabhängig voneinander zumindest 30 % bis etwa 70 %, beispielsweise etwa 30 %, etwa 35 %, etwa 40 %, etwa 45 %, etwa 50 %, etwa 55 %, etwa 60 %, etwa 65 % und etwa 70 % des Gesamtgewichts der des nanokolloidalen Siliciumdioxids ausmachen. Eine Korngrößenverteilung mit einem spezifischen Verteilungsmuster kann erhalten werden, indem nanokolloidales Siliciumdioxid von unterschiedlicher Korngröße gemischt wird.

[0033] In der nichtcalcinierten zementösen Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung kann der Gehalt an nanokolloidalem Siliciumdioxid 17,0 % bis 36,0 %, vorzugsweise 19,0 % bis 33,0 % und noch bevorzugter 21,0 % bis 32,0 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen, ist jedoch nicht darauf eingeschränkt.

[0034] In der nichtcalcinierten Betonzusammensetzung der vorliegenden Erfindung kann der Gehalt an nanokolloidalem Siliciumdioxid 8,5 % bis 17,0 %, vorzugsweise 9,5 % bis 15,0 % und noch bevorzugter 10,5 % bis 13,0 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen, ist jedoch nicht darauf eingeschränkt.

#### D. Gerinnungsregulierendes Mittel

[0035] Das in der Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung enthaltene gerinnungsregulierende Mittel dient der Regulierung der Gerinnungszeit der Komponenten im Zusatz, sodass eine gewünschte Anwendungszeit bereitgestellt werden kann. Beispiele sind unter anderem eine Hydroxycarbonsäure oder ein Salz davon, ein Stärkeether oder ein funktionalisierter Stärkeether und dergleichen, beispielsweise Citronensäure, Weinsäure, Gluconsäure, Salicylsäure und ein Alkalimetallsalz dieser Säuren, Hydroxymethylstärkeether, Hydroxyethylstärkeether, Hydroxypropylstärkeether oder eine beliebige Kombination davon.

[0036] In der nichtcalcinierten zementösen Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung kann der Gehalt an gerinnungsregulierendem Mittel 0,2 % bis 6,5 %, vorzugsweise 1,0 % bis 5,5 % und noch bevorzugter 2,2 % bis 5,0 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen, ist jedoch nicht darauf eingeschränkt.

[0037] In der nichtcalcinierten Betonzusammensetzung der vorliegenden Erfindung kann der Gehalt an gerinnungsregulierendem Mittel 0,15 % bis 3,5 %, vorzugsweise 0,6 % bis 3,0 % und noch bevorzugter 1,1 % bis 2,5 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen, ist jedoch nicht darauf eingeschränkt.

#### E. Optionale Additive

[0038] Die Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung umfasst zudem ein oder mehrere optionale Additive, beispielsweise, jedoch nicht ausschließlich, aktives Siliciumdioxid, ein wasserreduzierendes Mittel und so weiter, zum Zwecke des Einstellens der Zusammensetzung zur Erfüllung unterschiedlicher Anforderungen. Eine detaillierte Beschreibung ist nachstehend angegeben.

#### Gerinnungshilfsstoff

[0039] Die Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung kann zusätzlich einen Gerinnungshilfsstoff umfassen, um die Gerinnungsreaktion zwischen den Komponenten der vorliegenden Erfindung weiter zu erleichtern. Der Gerinnungshilfsstoff umfasst ein Oxid, Hydroxid, Sulfat oder Carbonat eines Alkalimetalls oder Erdalkalimetalls. Beispiele sind unter anderem, aber nicht ausschließlich, Lithiumoxid, Magnesiumoxid, Calciumoxid, Bariumoxid, Natriumhydroxid, Magnesiumhydroxid, Calciumhydroxid, Bariumhydroxid, Natriumsulfat, Magnesiumsulfat, Calciumsulfat, Lithiumcarbonat und so weiter.

[0040] Deshalb ist in einem bevorzugten Aspekt der vorliegenden Erfindung eine nichtcalcinierte zementöse Zusammensetzung bereitgestellt, die einen Gerinnungshilfsstoff enthält, der Folgendes umfasst:

(a) mikrometerskalige anorganische Teilchen mit einer Korngröße im Bereich von 1,0 bis 100 µm zu etwa 30 % bis 86 %, vorzugsweise 40 % bis 80 % und noch bevorzugter 50 % bis 74 %, bezogen auf das Gesamtgewicht der Zusammensetzung;

(b) eine Aluminium-Sauerstoff-Verbindung mit einem Gehalt, der zumindest 1,8 %, zumindest 4,0 %, zumindest 4,8 %, zumindest 8,0 % oder zumindest 9,2 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen kann, aber nicht darauf eingeschränkt ist; oder höchstens 20,0 %, höchstens 17,5 % oder höchstens 12,5 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen kann, aber nicht darauf eingeschränkt ist; oder in jedem beliebigen von den oben genannten Werten als Ober- und Untergrenze gebildeten Bereich liegen kann;

(c) nanokolloidales Siliciumdioxid mit einem Gehalt, der 15,0 % bis 35,0 %, vorzugsweise 18,0 % bis 32,0 % und noch bevorzugter 20,0 % bis 30,0 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen kann, jedoch nicht darauf eingeschränkt ist;

(d) ein gerinnungsregulierendes Mittel mit einem Gehalt, der 0,18 % bis 6,0 %, vorzugsweise 0,9 % bis 5,0 % und noch bevorzugter 2,0 % bis 4,5 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen kann, jedoch nicht darauf eingeschränkt ist; und

(i) einen Gerinnungshilfsstoff mit einem Gehalt, der zumindest 2,2 %, zumindest 2,6 % oder zumindest 3,0 %; oder höchstens 6,5 %, höchstens 5,8 %, höchstens 5,0 % oder höchstens 3,0 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen kann, aber nicht darauf eingeschränkt ist; oder in jedem beliebigen von den oben genannten Werten als Ober- und Untergrenze gebildeten Bereich liegen kann.

**[0041]** Nach dem Mischen der Komponenten der Zusammensetzung kann die Zusammensetzung ohne Calcinierung gleichermaßen wie Zement als Bindemittelmateriale in Baumaterialien verwendet werden.

**[0042]** Ferner ist in einem bevorzugten Aspekt der vorliegenden Erfindung eine nichtcalcinierete Betonzusammensetzung bereitgestellt, die einen Gerinnungshilfsstoff enthält, der Folgendes umfasst:

(a) anorganische Teilchen zu etwa 65 % bis 90 %, vorzugsweise 68 % bis 88 % und noch bevorzugter 70 % bis 85 %, bezogen auf das Gesamtgewicht der Zusammensetzung;

(b) eine Aluminium-Sauerstoff-Verbindung mit einem Gehalt, der zumindest 1,0 %, zumindest 2,0 %, zumindest 2,5 %, zumindest 4,6 % oder zumindest 5,2 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen kann, aber nicht darauf eingeschränkt ist; oder höchstens 10,0 %, höchstens 8,5 %, höchstens 6,0 %, höchstens 5,2 %, höchstens 4,6 %, höchstens 2,5 % oder höchstens 2,0 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen kann, aber nicht darauf eingeschränkt ist; oder in jedem beliebigen von den oben genannten Werten als Ober- und Untergrenze gebildeten Bereich liegen kann;

(c) nanokolloidales Siliciumdioxid mit einem Gehalt, der 7,5 % bis 15,0 %, vorzugsweise 9,0 % bis 13,0 % und noch bevorzugter 10,0 % bis 12,5 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen kann, jedoch nicht darauf eingeschränkt ist;

(d) ein gerinnungsregulierendes Mittel mit einem Gehalt, der 0,1 % bis 3,0 %, vorzugsweise 0,5 % bis 2,5 % und noch bevorzugter 1,0 % bis 2,2 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen kann, jedoch nicht darauf eingeschränkt ist; und

(i) einen Gerinnungshilfsstoff umfassend ein Oxid, Hydroxid, Sulfat oder Carbonat eines Alkalimetalls oder Erdalkalimetalls mit einem Gehalt, der zumindest 1,0 %, zumindest 1,5 % oder zumindest 2,0 %; oder höchstens 3,0 %, höchstens 2,8 %, höchstens 2,4 % oder höchstens 2,0 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen kann, aber nicht darauf eingeschränkt ist; oder in jedem beliebigen von den oben genannten Werten als Ober- und Untergrenze gebildeten Bereich liegen kann,

wobei die anorganischen Teilchen mikrometerskalige anorganische Teilchen mit einer Korngröße im Bereich von 1,0 bis 100  $\mu\text{m}$  umfassen und die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen etwa 25 % bis 45 % des Gesamtgewichts der anorganischen Teilchen ausmachen.

#### **Aktives Siliciumdioxid**

**[0043]** Das aktive Siliciumdioxid, das in der Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung von Nutzen ist, ist ein gemeinlich bekanntes Siliciumdioxid mit geringer Gesamtdichte und großer spezifischer Oberfläche. Ohne sich auf eine Theorie festzulegen verleiht der Zusatz von aktivem Siliciumdioxid zur Zusammensetzung dem mit der Zusammensetzung der vorliegenden Verbindung gebildeten zementösen Material bessere Wasserdichtigkeit, sodass die Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung einen breiteren Anwendungsbereich aufweist. Beim gewöhnlichen aktiven Siliciumdioxid kann es sich um amorphes Siliciumdioxid, wie etwa pyrogenes Siliciumdioxid oder gefälltes Siliciumdioxid, handeln, dessen Primärteilchen im Nanometermaßstab liegen und auch zur Ausbildung von Mikroaggregaten auf Mikrometerebene aggregiert sein können. Die Korngröße der Primärteilchen des pyrogenen Siliciumdioxids kann beispielweise 5 bis 50 nm betragen, ist aber nicht darauf eingeschränkt; die Korngröße der gebildeten Mikroaggregate kann 1 bis 20  $\mu\text{m}$  betragen, ist aber nicht darauf eingeschränkt; und die spezifische Oberfläche kann 50 bis 600  $\text{m}^2/\text{g}$ , beispielsweise 140 bis 220  $\text{m}^2/\text{g}$ , betragen, ist aber nicht darauf eingeschränkt. Die Korngröße der Primärteilchen des gefällten Siliciumdioxids kann beispielweise 5 bis 100 nm betragen, ist aber nicht darauf eingeschränkt; die Korngröße der gebildeten Mikroaggregate kann 1 bis 40  $\mu\text{m}$  betragen, ist aber nicht darauf eingeschränkt; und die spezifische Oberfläche kann 5 bis 100  $\text{m}^2/\text{g}$  betragen, ist aber nicht darauf eingeschränkt.

**[0044]** In der nichtcalciniereten zementösen Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung kann der Gehalt an aktivem Siliciumdioxid zumindest 0,3 %, zumindest 0,5 %, zumindest 0,8 %, höchstens 5,0 %, höchstens 4,5 % oder höchstens 4,2 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen oder in jedem beliebigen von den oben genannten Werten als Ober- und Untergrenze gebildeten Bereich liegen, ist aber nicht darauf eingeschränkt.

**[0045]** In der nichtcalciniereten Betonzusammensetzung der vorliegenden Erfindung kann der Gehalt an aktivem Siliciumdioxid zumindest 0,2 %, zumindest 0,3 %, zumindest 0,5 %; höchstens 2,5 %, höchstens 2 % oder höchstens 1,8 % des Gesamtgewichts der Zusammensetzung betragen oder in jedem beliebigen von den oben genannten Werten als Ober- und Untergrenze gebildeten Bereich liegen, ist aber nicht darauf eingeschränkt.

**Wasserreduzierendes Mittel**

[0046] Die wasserreduzierenden Mittel, die in der vorliegenden Erfindung von Nutzen sind, sind solche, die die Absorption von Wasser erleichtern, nachdem die Komponenten der Zusammensetzung gemischt wurden. Beispiele sind unter anderem ligninbasierte wasserreduzierende Mittel, naphthalinsulfonsäurebasierte wasserreduzierende Mittel, wasserlösliche harzbasierte wasserreduzierende Mittel und Polycarbonsäuren, beispielsweise Calciumlignosulfonat, Natriumlignosulfonat, Magnesiumlignosulfonat, Ligninsulfonat, Naphthalinsulfonate, Cumaronharz und so weiter.

[0047] Die nichtcalcinierter zementöse Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung kann ein zementähnliches Verhalten aufweisen und die den Bauspezifikationen entsprechenden Eigenschaftsanforderungen erfüllen, nachdem die Komponenten bei Umgebungstemperatur gemischt wurden. Da die verwendeten Rohmaterialien die Hauptkomponente herkömmlicher Zemente, Kalkstein, nicht als essentielle Komponente umfassen, kann mit der nichtcalcinierter Betonzusammensetzung der vorliegenden Erfindung ein nichtcalcinierter Beton, der (selbst wenn er gegebenenfalls Kalkstein enthält) Eigenschaften aufweist, die mit jenen von bestehenden Betonen vergleichbar sind oder diese übertreffen, ohne Calciniierung hergestellt werden. Die für die hochtemperaturige Calciniierung erforderliche Energie wird daher stark reduziert und das sich aus der hochtemperaturigen Calciniierung ergebende Problem der Umweltverschmutzung vermieden. Ohne sich auf eine Theorie festzulegen können durch Verwendung der nichtcalcinierter zementösen Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung die Kohlenstoffemissionen im Vergleich zu herkömmlichem Portlandzement um zumindest etwa 40 % bis etwa 70 % gesenkt werden. Außerdem sind die verwendeten Rohmaterialien umweltfreundlicher und leichter zugänglich und haben geringere Auswirkungen auf die Umwelt, sodass Umweltkosten und wirtschaftliche Kosten gesenkt werden.

**Verfahren zur Herstellung einer nichtcalcinierter zementösen Zusammensetzung**

[0048] Die nichtcalcinierter zementöse Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung wird durch Kombinieren der gewählten Komponenten gebildet. In einem bevorzugten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird die nichtcalcinierter zementöse Zusammensetzung in zwei Anteilen verpackt, von denen einer die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen und die Aluminium-Sauerstoff-Verbindung und der andere das nanokolloidale Siliciumdioxid und das gerinnungsregulierende Mittel umfasst. Vorzugsweise stehen die beiden Anteile im Laufe des Transports oder vor der Verwendung der Zusammensetzung nicht in Kontakt zueinander. In einem weiteren bevorzugten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird die nichtcalcinierter zementöse Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung in zwei Anteilen verpackt, von denen einer die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen, die Aluminium-Sauerstoff-Verbindung und den Gerinnungshilfsstoff und der andere das nanokolloidale Siliciumdioxid und das gerinnungsregulierende Mittel umfasst. Vorzugsweise steht Gerinnungshilfsstoff im Laufe des Transports oder vor der Verwendung der Zusammensetzung nicht in Kontakt zum nanokolloidalen Siliciumdioxid. In einem Aspekt wird die nichtcalcinierter zementöse Zusammensetzung in zwei Anteilen verpackt, von denen einer alle Komponenten in Form eines Feststoffs umfasst und der andere die Komponenten in Form einer Flüssigkeit (beispielsweise einer Lösung, einer Suspension oder eines Sols) umfasst. Vorzugsweise stehen die beiden Anteile im Laufe des Transports oder vor der Verwendung der Zusammensetzung nicht in Kontakt zueinander.

**Verfahren zur Herstellung einer nichtcalcinierter Betonzusammensetzung**

[0049] Die nichtcalcinierter Betonzusammensetzung der vorliegenden Erfindung wird durch Kombinieren der gewählten Komponenten gebildet. In einem bevorzugten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird die nichtcalcinierter Betonzusammensetzung in zwei Anteilen verpackt, von denen einer die anorganischen Teilchen (umfassend die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen) und die Aluminium-Sauerstoff-Verbindung und der andere das nanokolloidale Siliciumdioxid und das gerinnungsregulierende Mittel umfasst. Vorzugsweise stehen die beiden Anteile im Laufe des Transports oder vor der Verwendung der Zusammensetzung nicht in Kontakt zueinander. In einem weiteren bevorzugten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird die nichtcalcinierter Betonzusammensetzung der vorliegenden Erfindung in zwei Anteilen verpackt, von denen einer die anorganischen Teilchen (umfassend die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen), die Aluminium-Sauerstoff-Verbindung und den Gerinnungshilfsstoff und der andere das nanokolloidale Siliciumdioxid und das gerinnungsregulierende Mittel umfasst. Vorzugsweise steht Gerinnungshilfsstoff im Laufe des Transports oder vor der Verwendung der Zusammensetzung nicht in Kontakt zum nanokolloidalen Siliciumdioxid. In einem Aspekt wird die nichtcalcinierter Betonzusammensetzung in zwei Anteilen verpackt, von denen einer alle Komponenten in Form eines Feststoffs umfasst und der andere die Komponenten in Form einer Flüssigkeit (beispielsweise einer Lösung, einer Suspension oder eines Sols) umfasst. Vorzugsweise stehen die beiden Anteile im Laufe des Transports oder vor der Verwendung der Zusammensetzung nicht in Kontakt zueinander.

**Verfahren zur Herstellung von nichtcalcinierterm Beton**

[0050] Die meisten der in der nichtcalcinierter zementösen Zusammensetzung und der nichtcalcinierter Betonzusammensetzung der vorliegenden Erfindung enthaltenen Komponenten benötigen keine Calciniierung, und nur einige wenige Komponenten müssen durch eine niedrigtemperaturige Calciniierung behandelt werden (beispielsweise der optionale Gerinnungshilfsstoff, wie etwa Magnesiumoxid).

[0051] Der Beton umfasst im Allgemeinen ein Bindemittelmaterial (Zement), Wasser, einen Zuschlag und andere Komponenten. Der Zuschlag kann ein beliebiges im Bauwesen verwendetes Material, beispielsweise aus verschiedenen na-

türlichen Erzen oder Gesteinen, Quarzsand, Landsandstein, Siliciumdioxidsand, Flusssand, Seesand, Reservoirschluff stammende Materialien oder eine beliebige Kombination der vorgenannten und darin enthaltene unvermeidliche Verunreinigungen sein. In einer Ausführungsform umfassen die anorganischen Teilchen Quarzsand, Kies oder beides, und der Quarzsand und der Kies können, falls beides vorhanden ist, in einem beliebigen Verhältnis gemischt sein.

**[0052]** Deshalb kann die nichtcalcinierter zementöse Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung als Bindemittelmaterial zur Herstellung eines nichtcalcinierter Betons verwendet werden. Beispielsweise kann die nichtcalcinierter zementöse Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung mit dem Zuschlag und anderen Komponenten gemischt werden, um einen Beton herzustellen. Beispielsweise kann der Zuschlag zuerst mit den mikrometerskaligen anorganischen Teilchen und dann mit der Aluminium-Sauerstoff-Verbindung gleichmäßig gemischt werden; und danach können das nanokolloidale Siliciumdioxid und das gerinnungsregulierende Mittel zugesetzt und die Komponenten vermischt werden, um einen nichtcalcinierter Beton zu erhalten. Alternativ dazu können die Komponenten bis auf das nanokolloidale Siliciumdioxid und das gerinnungsregulierende Mittel bis zur Gleichförmigkeit gemischt und dann das nanokolloidale Siliciumdioxid und das gerinnungsregulierende Mittel nacheinander oder gleichzeitig zugesetzt und die Komponenten vermischt werden, um einen nichtcalcinierter Beton herzustellen.

**[0053]** In einem Aspekt, bei dem ein nichtcalcinierter Beton mit einer nichtcalcinierter zementösen Zusammensetzung umfassend eine weitere zugesetzte optionale Komponente (beispielsweise eines oder mehrere aus einem Gerinnungshilfsstoff, aktivem Siliciumdioxid und einem wasserreduzierenden Mittel) hergestellt wird, wird der Zuschlag zuerst mit den mikrometerskaligen anorganischen Teilchen und dann mit dem Gerinnungshilfsstoff und der Aluminium-Sauerstoff-Verbindung gleichmäßig gemischt; und danach werden das nanokolloidale Siliciumdioxid und das gerinnungsregulierende Mittel zugesetzt und die Komponenten vermischt, um einen nichtcalcinierter Beton zu erhalten. In einem weiteren Aspekt werden zuerst der Zuschlag und die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen gemischt und dann mit der Aluminium-Sauerstoff-Verbindung gleichmäßig gemischt; und danach werden das nanokolloidale Siliciumdioxid, das gerinnungsregulierende Mittel und das aktive Siliciumdioxid zugesetzt und die Komponenten vermischt, um einen nichtcalcinierter Beton zu erhalten. In einem weiteren Aspekt wird der Zuschlag mit den mikrometerskaligen anorganischen Teilchen gemischt und dann mit der Aluminium-Sauerstoff-Verbindung und dem Gerinnungshilfsstoff gleichmäßig gemischt; und danach werden das nanokolloidale Siliciumdioxid, das gerinnungsregulierende Mittel und das aktive Siliciumdioxid zugesetzt und die Komponenten vermischt, um einen nichtcalcinierter Beton zu erhalten. In einem weiteren Aspekt wird der Zuschlag mit den mikrometerskaligen anorganischen Teilchen gemischt und dann mit dem wasserreduzierenden Mittel und der Aluminium-Sauerstoff-Verbindung gleichmäßig gemischt; und danach werden das nanokolloidale Siliciumdioxid und das gerinnungsregulierende Mittel zugesetzt und die Komponenten vermischt, um einen nichtcalcinierter Beton zu erhalten. Alternativ dazu werden in den obigen Aspekten die Komponenten bis auf das nanokolloidale Siliciumdioxid, das gerinnungsregulierende Mittel und das aktive Siliciumdioxid (falls vorhanden) zuerst gleichmäßig gemischt und dann das nanokolloidale Siliciumdioxid, das gerinnungsregulierende Mittel und das aktive Siliciumdioxid (falls vorhanden) zugesetzt und die Komponenten vermischt, um einen nichtcalcinierter Beton herzustellen. Alternativ dazu werden in den obigen Aspekten die Komponenten in Form eines Feststoffes zuerst gemischt und dann die Komponenten in Form einer Flüssigkeit (beispielsweise einer Lösung, einer Suspension oder eines Sols) zugesetzt und die Komponenten vermischt, um einen nichtcalcinierter Beton herzustellen.

**[0054]** Ferner kann der Beton auch mit der in der vorliegenden Erfindung bereitgestellten nichtcalcinierter Betonzusammensetzung hergestellt werden. Zuerst werden die anorganischen Teilchen gleichmäßig gemischt und dann andere Komponenten zugesetzt, um einen nichtcalcinierter Beton herzustellen. Beispielsweise werden die anorganischen Teilchen mit den mikrometerskaligen anorganischen Teilchen in einem oben beschriebenen Verhältnis gemischt und dann mit der Aluminium-Sauerstoff-Verbindung gleichmäßig gemischt; und danach werden das nanokolloidale Siliciumdioxid und das gerinnungsregulierende Mittel zugesetzt und die Komponenten vermischt, um einen nichtcalcinierter Beton zu erhalten. In einer Ausführungsform, bei der ein Beton mit einer nichtcalcinierter Betonzusammensetzung umfassend eine weitere zugesetzte optionale Komponente (beispielsweise eines oder mehrere aus einem Gerinnungshilfsstoff, aktivem Siliciumdioxid und einem wasserreduzierenden Mittel) hergestellt wird, werden die anorganischen Teilchen mit den mikrometerskaligen anorganischen Teilchen in einem oben beschriebenen Verhältnis gemischt und dann mit der Aluminium-Sauerstoff-Verbindung und dem Gerinnungshilfsstoff gleichmäßig gemischt; und danach werden das nanokolloidale Siliciumdioxid und das gerinnungsregulierende Mittel zugesetzt und die Komponenten vermischt, um einen nichtcalcinierter Beton zu erhalten. In einer weiteren Ausführungsform werden die anorganischen Teilchen und die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen in einem oben beschriebenen Verhältnis gemischt und dann mit der Aluminium-Sauerstoff-Verbindung gleichmäßig gemischt; und danach werden das nanokolloidale Siliciumdioxid, das gerinnungsregulierende Mittel und das aktive Siliciumdioxid zugesetzt und die Komponenten vermischt, um einen nichtcalcinierter Beton zu erhalten. In einer weiteren Ausführungsform werden die anorganischen Teilchen mit den mikrometerskaligen anorganischen Teilchen in einem oben beschriebenen Verhältnis und dann mit der Aluminium-Sauerstoff-Verbindung und dem Gerinnungshilfsstoff gleichmäßig gemischt; und danach werden das nanokolloidale Siliciumdioxid, das gerinnungsregulierende Mittel und das aktive Siliciumdioxid zugesetzt und die Komponenten vermischt, um einen nichtcalcinierter Beton zu erhalten. In einer weiteren spezifischen Ausführungsform werden die anorganischen Teilchen mit den mikrometerskaligen anorganischen Teilchen in einem oben beschriebenen Verhältnis und dann mit dem wasserreduzierenden Mittel und der Aluminium-Sauerstoff-Verbindung gleichmäßig gemischt; und danach werden das nanokolloidale Siliciumdioxid und das gerinnungsregulierende Mittel zugesetzt und die Komponenten vermischt, um einen nichtcalcinierter Beton zu erhalten. Alternativ dazu werden in

den obigen Ausführungsformen die Komponenten bis auf das nanokolloidale Siliciumdioxid, das gerinnungsregulierende Mittel und das aktive Siliciumdioxid (falls vorhanden) zuerst gleichmäßig gemischt und dann das nanokolloidale Siliciumdioxid, das gerinnungsregulierende Mittel und das aktive Siliciumdioxid (falls vorhanden) zugesetzt und die Komponenten vermischt, um einen nichtcalcinieren Beton herzustellen. Alternativ dazu werden in den obigen Aspekten die Komponenten in Form eines Feststoffes zuerst gemischt und dann die Komponenten in Form einer Flüssigkeit (beispielsweise einer Lösung, einer Suspension oder eines Sols) zugesetzt und die Komponenten vermischt, um einen nichtcalcinieren Beton herzustellen.

**[0055]** Der Zuschlag für die Herstellung des Betons kann Landsandstein, Quarzsand, Flusssand, Seesand, Reservoirschluff und dergleichen umfassen. In einer Ausführungsform werden die anorganischen Teilchen der vorliegenden Erfindung auch als ein Zuschlag betrachtet. In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Zuschlag vor der Verwendung einer Salzentfernungsbehandlung (umfassend die Entfernung von Kationen und/oder Anionen) unterzogen.

**[0056]** Der mit der nichtcalcinieren zementösen Zusammensetzung oder der nichtcalcinieren Betonzusammensetzung der vorliegenden Erfindung hergestellte nichtcalcinierter Beton weist physikalische und mechanische Eigenschaften auf, die mit denen eines aus herkömmlichem Portlandzement hergestellten herkömmlichen Betons vergleichbar sind oder diese sogar übertreffen. Beispielsweise weist in einer Ausführungsform der mit der nichtcalcinieren zementösen Zusammensetzung oder der nichtcalcinieren Betonzusammensetzung der vorliegenden Erfindung hergestellte nichtcalcinierter Beton in einer gemäß der Norm CNS 1010 (ASTM C109) oder der Norm CNS 1232 (ASTM C39) durchgeführten Spannungs-Dehnungs-Prüfung eine mechanisch akzeptable Druckfestigkeit auf, beispielsweise eine 28-Tage-Druckfestigkeit von zumindest 1.800 psi, zumindest 2.000 psi, vorzugsweise zumindest 3.000 psi, vorzugsweise zumindest 4.500 psi und noch bevorzugter zumindest 6.000 psi. In einer noch bevorzugteren Ausführungsform weist der mit der nichtcalcinieren zementösen Zusammensetzung oder der nichtcalcinieren Betonzusammensetzung der vorliegenden Erfindung hergestellte nichtcalcinierter Beton eine 28-Tage-Druckfestigkeit von zumindest 8.000 psi, zumindest 10.000 psi, zumindest 12.000 psi oder zumindest 14.000 psi auf. In einer Ausführungsform weist der mit der nichtcalcinieren zementösen Zusammensetzung oder der nichtcalcinieren Betonzusammensetzung der vorliegenden Erfindung hergestellte nichtcalcinierter Beton in einer gemäß der Norm CNS 1238 (ASTM C348) durchgeführten Biegezugfestigkeitsprüfung eine mechanisch akzeptable Biegezugfestigkeit auf, beispielsweise eine 28-Tage-Biegezugfestigkeit von zumindest 200 psi, vorzugsweise zumindest 300 psi, vorzugsweise zumindest 450 psi und noch bevorzugter zumindest 600 psi. In einer Ausführungsform weist der mit der nichtcalcinieren zementösen Zusammensetzung oder der nichtcalcinieren Betonzusammensetzung der vorliegenden Erfindung hergestellte nichtcalcinierter Beton in einer gemäß der Norm CNS 3801 (ASTM C496) durchgeführten Spaltzugfestigkeitsprüfung eine mechanisch akzeptable Spaltzugfestigkeit auf, beispielsweise eine 28-Tage-Spaltzugfestigkeit von zumindest 200 psi, vorzugsweise zumindest 300 psi, vorzugsweise zumindest 450 psi und noch bevorzugter zumindest 600 psi. In einer spezifischen Ausführungsform weist der mit der nichtcalcinieren zementösen Zusammensetzung oder der nichtcalcinieren Betonzusammensetzung der vorliegenden Erfindung hergestellte nichtcalcinierter Beton in einer gemäß der Norm CNS 14603 (ASTM C157) durchgeführten Prüfung auf lineare Schwindung eine mechanisch akzeptable lineare Schwindung auf, beispielsweise eine lineare 28-Tage-Schwindung von höchstens 1.500  $\mu$ , vorzugsweise höchstens 1.200  $\mu$ , noch bevorzugter höchstens 600  $\mu$ , noch bevorzugter höchstens 400  $\mu$  und noch bevorzugter höchstens 200  $\mu$ .

**[0057]** In einer Ausführungsform weist der mit der nichtcalcinieren zementösen Zusammensetzung oder der nichtcalcinieren Betonzusammensetzung der vorliegenden Erfindung hergestellte nichtcalcinierter Beton in einer gemäß der Norm CNS 1232 (ASTM C39) durchgeführten Druckfestigkeitsprüfung an einer zylindrischen Betonprobe eine mechanisch akzeptable Druckfestigkeit auf, beispielsweise eine Druckfestigkeit von zumindest 4.500 psi, vorzugsweise zumindest 5.000 psi und noch bevorzugter zumindest 6.000 psi.

**[0058]** Die folgenden Beispiele sind bereitgestellt, um die vorliegende Erfindung für den Durchschnittsfachmann auf dem Gebiet der Erfindung besser verständlich zu machen, sind aber nicht dazu gedacht, den Schutzzumfang der Erfindung einzuschränken.

## Beispiele

### Beispiel 1

**[0059]** Eine nichtcalcinierter zementöse Zusammensetzung mit den in Tabelle 1 nachstehend aufgeführten Komponenten wurde hergestellt.

**Tabelle 1: Nichtcalcinierter zementöse Zusammensetzung  
(Gewichtsteile)**

CH 713 947 B1

Kollimaterial Nr	Mikrometerskalige anorganische Teilchen			Gerinnungshilfsstoff/ Gehalt	Aluminium- Sauerstoff- Verbindung/ Gehalt	Nanokolloidales Siliciumdioxid Gehalt	Gerinnungsregulierendes Mittel/Gehalt	Aktives Siliciumdioxid/ Gehalt
	1,6µm	10µm	50µm					
1A	--	--	SiO <sub>2</sub> 27,8	--	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,8	12,1	Citronensäure 2,2	--
2A	--	SiO <sub>2</sub> 27,8	--	--	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,8	12,1	Citronensäure 2,2	--
3A	SiO <sub>2</sub> 27,8	--	--	--	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,8	12,1	Citronensäure 2,2	--
4A	--	--	SiO <sub>2</sub> 27,8	--	Al(OH) <sub>3</sub> 8,8	12,1	Citronensäure 2,2	--
5A	--	SiO <sub>2</sub> 27,8	--	--	Al(OH) <sub>3</sub> 8,8	12,1	Citronensäure 2,2	--
6A	SiO <sub>2</sub> 27,8	--	--	--	Al(OH) <sub>3</sub> 8,8	12,1	Citronensäure 2,2	--
7A	--	--	SiO <sub>2</sub> 28,1	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6	12,2	Citronensäure 2,2	--
8A	--	SiO <sub>2</sub> 28,1	--	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement/ 5,6	12,2	Citronensäure/ 2,2	--
9A	SiO <sub>2</sub> 28,1	--	--	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement/ 5,6	12,2	Citronensäure/ 2,2	--
10A	--	SiO <sub>2</sub> 18,3	SiO <sub>2</sub> 9,8	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6	12,2	Citronensäure 2,2	--
11A	SiO <sub>2</sub> 18,3	--	SiO <sub>2</sub> 9,8	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6	12,2	Citronensäure 2,2	--
12A	SiO <sub>2</sub> 18,3	SiO <sub>2</sub> 9,8	--	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6	12,2	Citronensäure 2,2	--
13A	SiO <sub>2</sub> 11,1	SiO <sub>2</sub> 11,1	SiO <sub>2</sub> 5,9	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6	12,2	Citronensäure 2,2	--
14A	--	--	SiO <sub>2</sub> 27,2	MgO 2,2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,6	11,8	Citronensäure 2,2	--
15A	--	SiO <sub>2</sub> 27,2	--	MgO 2,2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,6	11,8	Citronensäure 2,2	--
16A	SiO <sub>2</sub> 27,2	--	--	MgO 2,2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,6	11,8	Citronensäure 2,2	--
17A	--	--	SiO <sub>2</sub> 27,2	MgO 2,2	Al(OH) <sub>3</sub> 8,6	11,8	Citronensäure 2,2	--
18A	--	SiO <sub>2</sub> 27,2	--	MgO 2,2	Al(OH) <sub>3</sub> 8,6	11,8	Citronensäure 2,2	--
19A	SiO <sub>2</sub> 27,2	--	--	MgO 2,2	Al(OH) <sub>3</sub> 8,6	11,8	Citronensäure 2,2	--

CH 713 947 B1

Rohmaterial Nr.	Mikrometerskalige anorganische Teilchen			Gerinnungshilfsstoff/ Gehalt	Aluminium- Sauerstoff- Verbindung/ Gehalt	Nanokolloidales Siliciumdioxid Gehalt	Gerinnungsregulierendes Mittel/Gehalt	Aktives Siliciumdioxid/ Gehalt
	1,6µm	10µm	50µm					
20A	SiO <sub>2</sub> 11,0	SiO <sub>2</sub> 11,0	SiO <sub>2</sub> 5,8	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement/ Al(OH) <sub>3</sub> 5,5/1,4	12,1	Citronensäure 2,2	---
21A	SiO <sub>2</sub> 18,1	---	SiO <sub>2</sub> 9,7	---	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,8	12,1	Citronensäure 2,2	---
22A	SiO <sub>2</sub> 18,1	---	SiO <sub>2</sub> 9,7	---	Al(OH) <sub>3</sub> 8,8	12,1	Citronensäure 2,2	---
23A	SiO <sub>2</sub> 10,7	SiO <sub>2</sub> 10,7	SiO <sub>2</sub> 5,7	MgO 2,1	Aluminiumoxidreicher Zement/ Al(OH) <sub>3</sub> 5,4/3,6	11,8	Citronensäure 2,1	---
24A	SiO <sub>2</sub> 10,8	SiO <sub>2</sub> 10,8	SiO <sub>2</sub> 5,7	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement/ Al(OH) <sub>3</sub> 5,4/2,7	11,9	Citronensäure 2,2	---
25A	SiO <sub>2</sub> 10,6	SiO <sub>2</sub> 10,6	SiO <sub>2</sub> 5,6	MgO 2,1	Aluminiumoxidreicher Zement/ Al(OH) <sub>3</sub> 5,3/4,4	11,7	Citronensäure 2,1	---
26A	SiO <sub>2</sub> 11,0	SiO <sub>2</sub> 10,0	SiO <sub>2</sub> 5,8	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement/ Al(OH) <sub>3</sub> 5,5/2,2	12,1	Citronensäure 2,2	---
27A	---	SiO <sub>2</sub> 28,1	---	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6	12,2	Weinsäure/ 2,2	---
28A	SiO <sub>2</sub> 11,1	SiO <sub>2</sub> 11,1	SiO <sub>2</sub> 5,9	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6	7 nm (Feststoffgehalt 20%) 12,2	Citronensäure 2,2	---
29A	SiO <sub>2</sub> 11,1	SiO <sub>2</sub> 11,1	SiO <sub>2</sub> 5,9	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6	18 nm (Feststoffgehalt 40%) 12,2	Citronensäure 2,2	---
30A	SiO <sub>2</sub> 11,1	SiO <sub>2</sub> 11,1	SiO <sub>2</sub> 5,9	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6	11 nm (Feststoffgehalt 30%) 12,2	Citronensäure 2,2	---
31A	SiO <sub>2</sub> 11,1	SiO <sub>2</sub> 11,1	SiO <sub>2</sub> 5,9	MgCO <sub>3</sub> 2,6	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6	11,9	Citronensäure 2,6	---
32A	SiO <sub>2</sub> 11,1	SiO <sub>2</sub> 11,1	SiO <sub>2</sub> 5,9	CaCO <sub>3</sub> 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6	12,2	Citronensäure 2,2	---
33A	SiO <sub>2</sub> 17,7	---	SiO <sub>2</sub> 9,5	MgO 2,2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,6	11,8	Citronensäure 2,2	---
34A	SiO <sub>2</sub> 17,7	---	SiO <sub>2</sub> 9,5	MgO 2,2	Al(OH) <sub>3</sub> 8,6	11,8	Citronensäure 2,2	---
35A	SiO <sub>2</sub> 8,1	SiO <sub>2</sub> 12,0	SiO <sub>2</sub> 6,3	---	Aluminiumoxidreicher Zement 6,1	12,2	Citronensäure 1,8	---
36A	SiO <sub>2</sub> 11,0	SiO <sub>2</sub> 10,0	SiO <sub>2</sub> 5,8	MgO 2,2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Al(OH) <sub>3</sub> 5,5/2,2	12,1	Citronensäure 2,2	---

CH 713 947 B1

Rohmaterial Nr.	Mikrometerskalige anorganische Teilchen			Gerinnungshilfsstoff/ Gehalt	Aluminium- Sauerstoff- Verbindung/ Gehalt	Nanokolloidales Siliciumdioxid Gehalt	Gerinnungsregulierendes Mittel/Gehalt	Aktives Siliciumdioxid/ Gehalt
	1,5µm	10µm	50µm					
400A	SiO <sub>2</sub> 8,0	SiO <sub>2</sub> 11,8	SiO <sub>2</sub> 6,3	MgO 2,1	Aluminiumoxidreicher Zement 5,9	11,9	Citronensäure 1,3	--
410A	SiO <sub>2</sub> 8,0	SiO <sub>2</sub> 11,7	SiO <sub>2</sub> 6,2	MgO 2,1	Aluminiumoxidreicher Zement 5,9	11,9	Citronensäure 1,8	15µm/ 0,3
411A	SiO <sub>2</sub> 7,9	SiO <sub>2</sub> 11,7	SiO <sub>2</sub> 6,2	MgO 2,3	Aluminiumoxidreicher Zement 5,9	11,9	Citronensäure 1,3	15µm/ 0,5
412A	SiO <sub>2</sub> 7,9	SiO <sub>2</sub> 11,6	SiO <sub>2</sub> 6,2	MgO 2,3	Aluminiumoxidreicher Zement 5,8	11,8	Citronensäure 1,9	15µm/ 0,5
413A	SiO <sub>2</sub> 7,9	SiO <sub>2</sub> 11,7	SiO <sub>2</sub> 6,2	MgO 2,0	Aluminiumoxidreicher Zement 5,8	11,8	Citronensäure 1,8	15µm/ 0,5
414A	SiO <sub>2</sub> 7,8	SiO <sub>2</sub> 11,6	SiO <sub>2</sub> 6,1	MgO 2,3	Aluminiumoxidreicher Zement 5,8	11,7	Citronensäure 1,8	15µm/ 1,0
415A	SiO <sub>2</sub> 7,8	SiO <sub>2</sub> 11,5	SiO <sub>2</sub> 6,1	MgO 2,3	Aluminiumoxidreicher Zement 5,7	11,7	Citronensäure 1,8	15µm/ 2,0
416A	SiO <sub>2</sub> 8,0	SiO <sub>2</sub> 11,8	SiO <sub>2</sub> 6,2	MgO 1,8	Aluminiumoxidreicher Zement 5,9	11,9	Citronensäure 1,3	5-8µm/ 0,5
4001A	Siliciumcarbid 18 µm 27,0			MgO 1,5	Aluminiumoxidreicher Zement 4,9	10,0	Citronensäure 1,1	15µm/ 0,4
501A	Flusssand 11,1	Flusssand 11,1	Flusssand 5,9	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6	12,2	Citronensäure 2,2	--
502A	Flusssand 19,4	--	Flusssand 8,7	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6	12,2	Citronensäure 2,2	--
503A	Flusssand 19,4	Flusssand 8,7	--	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6	12,2	Citronensäure 2,2	--
504A	Flusssand 11,1	Flusssand 11,1	Flusssand 5,9	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement 5,5	12,2	Citronensäure 2,2	15 µm/ 0,4
505A	Flusssand 19,4	Flusssand 8,6	--	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement 5,5	12,2	Citronensäure 2,2	15 µm/ 0,4
506A	Flusssand 19,4	--	Flusssand 8,6	MgO 2,2	Aluminiumoxidreicher Zement 5,5	12,2	Citronensäure 2,2	15 µm/ 0,4
601A	SiO <sub>2</sub> 7,9	SiO <sub>2</sub> 11,7	SiO <sub>2</sub> 6,2	MgO 2,3	Aluminiumoxidreicher Zement 5,9	11,9	Citronensäure 1,3	15 µm/ 0,5
C1A	--	--	SiO <sub>2</sub> (45µm) 27,7	MgO 2,2	--	12,7	Citronensäure 1,1	--

Rohmaterial Nr.	Mikrometerskalige anorganische Teilchen			Gerinnungshilfsstoff/ Gehalt	Aluminium-Sauerstoff- Verbindung/ Gehalt	Nanokolloidales Siliciumdioxid Gehalt	Gerinnungsregulierendes Mittel/Gehalt	Aktives Siliciumdioxid/ Gehalt
	1,6µm	10µm	50µm					
C2A	SiO <sub>2</sub> 8,0	SiO <sub>2</sub> 11,8	SiO <sub>2</sub> (45µm) 6,2	MgO 1,8	—	11,6	—	—

[0060] Sofern nicht anderweitig angegeben wurde das nanokolloidale Siliciumdioxid durch Mischen von nanokolloidalem Siliciumdioxid von 18 nm und nanokolloidalem Siliciumdioxid von 80 nm in einem Verhältnis von etwa 8:2 hergestellt (Feststoffgehalt: 40 Gew.-%).

[0061] Eine nichtcalcierte zementöse Zusammensetzung mit den in Tabelle 1A nachstehend aufgeführten Komponenten wurde hergestellt.

Tabelle 1A: Nichtcalcierte zementöse Zusammensetzung  
(Gewichtsteile)

Rohmaterial Nr.	Mikrometerskalige anorganische Teilchen			Gerinnungshilfsstoff/ Gehalt	Aluminium-Sauerstoff- Verbindung/ Gehalt	Nanokolloidales Siliciumdioxid			Gerinnungsregulierendes Mittel / Gehalt
	1,6µm	10µm	45µm			80 nm	15 nm	10 nm	
511A	SiO <sub>2</sub> 8,0	SiO <sub>2</sub> 11,8	SiO <sub>2</sub> 6,2	MgO 1,8	Aluminiumoxidreicher Zement 5,9	0,3	6,0	8,4	Citronensäure 1,3
512A						9,6	2,4	—	
513A						7,2	4,8	—	
514A						4,8	7,2	—	
515A						2,4	9,6	—	
516A						—	12,0	—	
517A						—	—	12,0	
518A						9,6	—	2,4	
519A						7,2	—	4,8	

[0062] In den folgenden Beispielen 2 bis 9 wird die Druckfestigkeit gemäß der Norm CNS 1010 (ASTM C109) geprüft, bis auf die Dauer der Festigkeitsprüfung, für welche die hierin aufgeführten Angaben maßgeblich sind.

**Beispiel 2**

[0063] Eine nichtcalcierte Betonzusammensetzung mit den in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Komponenten wurde hergestellt. Die anorganischen Teilchen (der Zuschlag) und die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen (SiO<sub>2</sub>) wurden gemäß dem in Tabelle 2 dargestellten Gewichtsverhältnis gemischt und dann mit der Aluminium-Sauerstoff-Verbindung gleichmäßig gemischt. Danach wurden das nanokolloidale Siliciumdioxid und das gerinnungsregulierende Mittel zugesetzt und die Komponenten vermischt, und nach 28-tägigem Härten wurde die Druckfestigkeit gemessen.

Tabelle 2

Nr.	Zuschlag/ Gehalt	Korngröße der mikrometerskaligen anorganischen Teilchen (SiO <sub>2</sub> ) /Gehalt			Art der Aluminium- Sauerstoff- Verbindung /Gehalt	Nanokolloidales Siliciumdioxid	Art des gerinnungsregulierenden Mittels /Gehalt	28-Tage- Festigkeit (psi)
		1,6 µm	10 µm	50 µm				
1	Quarzsand 49,1%	50 µm 27,8%			Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,8%	12,1%	Citronensäure 2,2%	2350
2	Quarzsand 49,1%	10 µm 27,8%			Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,8%	12,1%	Citronensäure 2,2%	2125
3	Quarzsand 49,1%	1,6 µm 27,8%			Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,8%	12,1%	Citronensäure 2,2%	2561
4	Quarzsand 49,1%	50 µm 27,8%			Al(OH) <sub>3</sub> 8,8%	12,1%	Citronensäure 2,2%	3350
5	Quarzsand 49,1%	10 µm 27,8%			Al(OH) <sub>3</sub> 8,8%	12,1%	Citronensäure 2,2%	3119
6	Quarzsand 49,1%	1,6 µm 27,8%			Al(OH) <sub>3</sub> 8,8%	12,1%	Citronensäure 2,2%	3011
21	Quarzsand 49,1%	1,6 µm 18,1%	50 µm 9,7 %		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,8%	12,1%	Citronensäure 2,2%	2063
22	Quarzsand 49,1%	1,6 µm 18,1%	50 µm 9,7 %		Al(OH) <sub>3</sub> 8,8%	12,1%	Citronensäure 2,2%	2543
35	Quarzsand 53,6%	1,6 µm 8,1%	10 µm 12,0%	50 µm 6,3%	Aluminiumoxidreicher Zement 6,1%	12,2%	Citronensäure 1,8%	4530

[0064] Das nanokolloidale Siliciumdioxid wurde durch Mischen von nanokolloidalem Siliciumdioxid von 18 nm und nanokolloidalem Siliciumdioxid von 80 nm in einem Verhältnis von etwa 8:2 hergestellt (Feststoffgehalt: 40 Gew.-%).

### Beispiel 3

[0065] Eine nichtcalcinierte Betonzusammensetzung mit den in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Komponenten wurde hergestellt. Die anorganischen Teilchen (der Zuschlag) und die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen (SiO<sub>2</sub>) wurden gemäß dem in Tabelle 3 dargestellten Gewichtsverhältnis gemischt und dann mit dem Gerinnungshilfsstoff und der Aluminium-Sauerstoff-Verbindung gleichmäßig gemischt. Danach wurden das nanokolloidale Siliciumdioxid und das gerinnungsregulierende Mittel zugesetzt und die Komponenten vermischt, und nach 14- oder 28-tägigem Härten wurde die Druckfestigkeit gemessen.

Tabelle 3

Rohmaterial Nr.	Zuschlag/ Gehalt	Korngröße der mikrometerskaligen anorganischen Teilchen (SiO <sub>2</sub> ) /Gehalt	Art des Gerinnungshilfsstoffs /Gehalt	Art der Aluminium- Sauerstoff- Verbindung /Gehalt	Nanokolloidales Siliciumdioxid	Art des gerinnungsregulierenden Mittels /Gehalt	28-Tage- Festigkeit (psi)
7	Quarzsand 49,7%	50 µm/ 28,1%	MgO 2,2%	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6%	12,2%	Citronensäure 2,2%	5328
8	Quarzsand 49,7%	10 µm/ 28,1%	MgO 2,2%	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6%	12,2%	Citronensäure 2,2%	6170
9	Quarzsand 49,7%	1,6 µm/ 28,1%	MgO 2,2%	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6%	12,2%	Citronensäure 2,2%	4140*
14	Quarzsand 48,0%	50 µm/ 27,2%	MgO 2,2%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,6%	11,8%	Citronensäure 2,2%	3520
15	Quarzsand 48,0%	10 µm/ 27,2%	MgO 2,2%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,6%	11,8%	Citronensäure 2,2%	3105
16	Quarzsand 48,0%	1,6 µm/ 27,2%	MgO 2,2%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,6%	11,8%	Citronensäure 2,2%	3866
17	Quarzsand 48,0%	50 µm/ 27,2%	MgO 2,2%	Al(OH) <sub>3</sub> 8,6%	11,8%	Citronensäure 2,2%	4423
18	Quarzsand 48,0%	10 µm/ 27,2%	MgO 2,2%	Al(OH) <sub>3</sub> 8,6%	11,8%	Citronensäure 2,2%	4322
19	Quarzsand 48,0%	1,6 µm/ 27,2%	MgO 2,2%	Al(OH) <sub>3</sub> 8,6%	11,8%	Citronensäure 2,2%	4150
27	Quarzsand 49,7%	10 µm/ 28,1%	MgO 2,2%	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6%	12,2%	Weinsäure 2,2%	5945

[0066] Das nanokolloidale Siliciumdioxid wurde durch Mischen von nanokolloidalem Siliciumdioxid von 18 nm und nanokolloidalem Siliciumdioxid von 80 nm in einem Verhältnis von etwa 8:2 hergestellt (Feststoffgehalt: 40 Gew.-%).

[0067] \*Die Festigkeit von Nr. 9 ist eine 14-Tage-Festigkeit.

#### Beispiel 4

[0068] Eine nichtcalcierte Betonzusammensetzung mit den in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Komponenten wurde hergestellt. Die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen (SiO<sub>2</sub>) wurden als abgestufte Pulver durch Mischen gemäß den in Tabelle 4 dargestellten Korngrößen und Gewichtsprozentangaben gebildet. Die anorganischen Teilchen (der Zuschlag) wurden mit dem abgestuften Pulver und dann mit dem Gerinnungshilfsstoff und der Aluminium-Sauerstoff-Verbindung gleichmäßig gemischt. Danach wurden das nanokolloidale Siliciumdioxid und das gerinnungsregulierende Mittel zugesetzt und die Komponenten vermischt, und nach 28-tägigem Härten wurde die Druckfestigkeit gemessen.

Tabelle 4

Rohmaterial Nr.	Zuschlag/ Gehalt	Mikrometerskalige anorganische Teilchen			Gerinnungshilfsstoff/ Gehalt	Aluminium-Sauerstoff- Verbindung/ Gehalt	Korngröße des nanokolloidalen Siliciumdioxids/(Feststoffgehalt) /Gehalt	Gerinnungs- regulierendes Mittel	28-Tage- Festigkeit
		SiO <sub>2</sub> (1,6µm)	SiO <sub>2</sub> (10µm)	SiO <sub>2</sub> (50µm)					
10	Quarzsand 49,7%	--	18,3%	9,8%	MgO 2,2%	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6%	12,2%	Citronensäure 2,2%	6360
11	Quarzsand 49,7%	18,3%	--	9,8%	MgO 2,2%	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6%	12,2%	Citronensäure 2,2%	6716
12	Quarzsand 49,7%	18,3%	9,8%	--	MgO 2,2%	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6%	12,2%	Citronensäure 2,2%	6822
13	Quarzsand 49,7%	11,1%	11,1%	5,9%	MgO 2,2%	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6%	12,2%	Citronensäure 2,2%	8240
28	Quarzsand 49,7%	11,1%	11,1%	5,9%	MgO 2,2%	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6%	7 nm (20%) 12,2%	Citronensäure 2,2%	4603
29	Quarzsand 49,7%	11,1%	11,1%	5,9%	MgO 2,2%	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6%	18 nm (40%) 12,2%	Citronensäure 2,2%	5698
30	Quarzsand 49,7%	11,1%	11,1%	5,9%	MgO 2,2%	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6%	11 nm (30%) 12,2%	Citronensäure 2,2%	5374
31	Quarzsand 49,7%	11,1%	11,1%	5,9%	MgCO <sub>3</sub> 2,1%	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6%	11,9%	Citronensäure 2,6%	4500
32	Quarzsand 49,7%	11,1%	11,1%	5,9%	CaCO <sub>3</sub> 2,2%	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6%	12,2%	Citronensäure 2,2%	5000

[0069] Bis auf Nr. 28 bis 30 wurde das nanokolloidale Siliciumdioxid durch Mischen von nanokolloidalem Siliciumdioxid von 18 nm und nanokolloidalem Siliciumdioxid von 80 nm in einem Verhältnis von etwa 8:2 hergestellt (Feststoffgehalt: 40 Gew.-%).

#### Beispiel 5

[0070] Eine nichtcalcinierte Betonzusammensetzung mit den in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Komponenten wurde hergestellt. Die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen (SiO<sub>2</sub>) wurden als abgestufte Pulver durch Mischen gemäß den in Tabelle 5 dargestellten Korngrößen und Gewichtsprozentangaben gebildet. Die anorganischen Teilchen (der Zuschlag) wurden mit dem abgestuften Pulver und dann mit dem Gerinnungshilfsstoff und der Aluminium-Sauerstoff-Verbindung gleichmäßig gemischt. Danach wurden das nanokolloidale Siliciumdioxid und das gerinnungsregulierende Mittel zugesetzt und die Komponenten vermischt, und nach 7- oder 28-tägigem Härten wurde die Druckfestigkeit gemessen.

Tabelle 5

Rohmaterial Nr.	Zuschlag/ Gehalt	Mikrometerskalige anorganische Teilchen			Gerinnungshilf- stoff/Gehalt	Aluminium- Sauerstoff- Verbindung/ Gehalt	Nanokolloidales Siliciumdioxid/ Gehalt	Gerinnungs- regulierendes Mittel/Gehalt	28-Tage- Festigkeit (psi)
		SiO <sub>2</sub> (1,6µm)	SiO <sub>2</sub> (10µm)	SiO <sub>2</sub> (50µm)					
20	Quarzsand 49,0%	11,0%	11,0%	5,8%	MgO 2,2%	Aluminium- oxidreicher Zement/ Al(OH) <sub>3</sub> 5,5%/1,4%	12,1%	Citronensäure 2,2%	11343*
23	Quarzsand 47,9%	10,7%	10,7%	5,7%	MgO 2,1%	Aluminium- oxidreicher Zement/ Al(OH) <sub>3</sub> 5,4%/3,6%	11,8%	Citronensäure 2,1%	12739*
24	Quarzsand 48,3%	10,8%	10,8%	5,7%	MgO 2,2%	Aluminium- oxidreicher Zement/ Al(OH) <sub>3</sub> 5,4%/2,7%	11,9%	Citronensäure 2,2%	12936*
25	Quarzsand 47,5%	10,6%	10,6%	5,6%	MgO 2,1%	Aluminium- oxidreicher Zement/ Al(OH) <sub>3</sub> 5,3%/4,4%	11,7%	Citronensäure 2,1%	14613*
26	Quarzsand 49,0%	11,0%	11,0%	5,8%	MgO 2,2%	Aluminium- oxidreicher Zement/ Al(OH) <sub>3</sub> 5,5%/2,2%	12,1%	Citronensäure 2,2%	5160 **
36	Quarzsand 49,0%	11,0%	11,0%	5,8%	MgO 2,2%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Al(OH) <sub>3</sub> 5,5%/2,2%	12,1%	Citronensäure 2,2%	3530

[0071] Das nanokolloidale Siliciumdioxid wurde durch Mischen von nanokolloidalem Siliciumdioxid von 18 nm und nanokolloidalem Siliciumdioxid von 80 nm in einem Verhältnis von etwa 8:2 hergestellt (Feststoffgehalt: 40 Gew.-%).

\*Die Festigkeit von Nr. 20 und 23 bis 25 ist eine 2-Tage-Festigkeit bei 180 °C.

\*\*Die Festigkeit von Nr. 26 ist eine 7-Tage-Festigkeit.

### Beispiel 6

[0072] Eine nichtcalcinierter Betonzusammensetzung mit den in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Komponenten wurde hergestellt. Die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen (SiO<sub>2</sub>) wurden als abgestufte Pulver durch Mischen gemäß den in Tabelle 6 dargestellten Korngrößen und Gewichtsprozentangaben gebildet. Die anorganischen Teilchen (der Zuschlag) wurden mit dem abgestuften Pulver und dann mit dem Gerinnungshilfsstoff und der Aluminium-Sauerstoff-Verbindung gleichmäßig gemischt. Danach wurden das nanokolloidale Siliciumdioxid und das gerinnungsregulierende Mittel (Citronensäure) zugesetzt und die Komponenten vermischt, und nach 10- oder 28-tägigem Härten wurde die Druckfestigkeit gemessen.

Tabelle 6

Rohmaterial Nr.	Zuschlag/ Gehalt	Mikrometerskalige anorganische Teilchen			Gerinnungs- hilfsstoff/ Gehalt	Aluminium- Sauerstoff- Verbindung/ Gehalt	Nanokolloidales Siliciumdioxid/ Gehalt	Gerinnungs- regulierendes Mittel/ Gehalt	Aktives Silicium- dioxid /Gehalt	28-Tage- Festigkeit (psi)
		SiO <sub>1</sub> (1,6µm)	SiO <sub>2</sub> (10µm)	SiO <sub>3</sub> (45µm)						
400	Quarzsand 53,0%	8,0%	11,8%	6,3%	MgO 2,1%	Aluminium- oxidreicher Zement 5,9%	11,9%	Citronensäure 1,3%		6460 (Eintauchen) 8317
410	Quarzsand 53,0%	8,0%	11,7%	6,2%	MgO 2,1%	Aluminium- oxidreicher Zement 5,9%	11,9%	Citronensäure 1,8%	15µm/ 0,3%	8906.8
411	Quarzsand 52,6%	7,9%	11,7%	6,2%	MgO 2,3%	Aluminium- oxidreicher Zement 5,9%	11,9%	Citronensäure 1,3%	15µm/ 0,5%	9696.8 (Eintauchen) 12570.3

Rohmaterial Nr.	Zuschlag/ Gehalt	Mikrometerskalige anorganische Teilchen			Gerinnungs- hilfsstoff/ Gehalt	Aluminium- Sauerstoff- Verbindung/ Gehalt	Nanokolloidales Siliciumdioxid/ Gehalt	Gerinnungs- regulierendes Mittel/ Gehalt	Aktives Silicium- dioxid /Gehalt	28-Tage- Festigkeit (psi)
		SiO <sub>1</sub> (1,6µm)	SiO <sub>2</sub> (10µm)	SiO <sub>3</sub> (45µm)						
412	Quarzsand 52,2%	7,9%	11,6%	6,2%	MgO 2,3%	Aluminium- oxidreicher Zement 5,8%	11,8%	Citronensäure 1,9%	15µm/ 0,5%	9519.5
413	Quarzsand 52,3%	7,9%	11,7%	6,2%	MgO 2,0%	Aluminium- oxidreicher Zement 5,8%	11,8%	Citronensäure 1,8%	15µm/ 0,5%	8444.5
414	Quarzsand 51,9%	7,8%	11,6%	6,1%	MgO 2,3%	Aluminium- oxidreicher Zement 5,8%	11,7%	Citronensäure 1,8%	15µm/ 1,0%	7756*
415	Quarzsand 51,4%	7,8%	11,5%	6,1%	MgO 2,3%	Aluminium- oxidreicher Zement 5,7%	11,7%	Citronensäure 1,8%	15µm/ 2,0%	5631*
416	Quarzsand 52,8%	8,0%	11,8%	6,2%	MgO 1,8%	Aluminium- oxidreicher Zement 5,9%	11,9%	Citronensäure 1,3%	5~8µm/0, 5%	8583.5
4001	Silicium- carbid 0,7mm 54,9%	Siliciumcarbid 18 µm 27,0%			MgO 1,5%	Aluminium- oxidreicher Zement 4,9%	10,0%	Citronensäure 1,1%	15µm/ 0,4%	9016

[0073] Das nanokolloidale Siliciumdioxid wurde durch Mischen von nanokolloidalem Siliciumdioxid von 18 nm und nanokolloidalem Siliciumdioxid von 80 nm in einem Verhältnis von etwa 8:2 hergestellt (Feststoffgehalt: 40 Gew.-%).

\*Die Festigkeit von Nr. 414 und 415 ist eine 10-Tage-Festigkeit.

### Beispiel 7

[0074] Eine nichtcalcinierter Betonzusammensetzung mit den in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Komponenten wurde hergestellt. Flusssand wurde zunächst gemahlen, abgestuft und als mikrometerskalige anorganische Teilchen verwendet, mit denen durch Mischen gemäß den in Tabelle 7 dargestellten Korngrößen und Gewichtsprozentangaben abgestufte Pulver gebildet wurden. Die anorganischen Teilchen (der Zuschlag) wurden mit dem abgestuften Pulver und dann mit dem Gerinnungshilfsstoff und der Aluminium-Sauerstoff-Verbindung (aluminiumoxidreichem Zement) gleichmäßig gemischt. Danach wurden das nanokolloidale Siliciumdioxid und das gerinnungsregulierende Mittel (Citronensäure) zugesetzt und die Komponenten vermischt, und nach 28-tägigem Härten wurde die Druckfestigkeit gemessen.

Tabelle 7

Rohmaterial Nr.	Zuschlag/ Gehalt	Mikrometerskalige anorganische Teilchen			Gerinnungs- hilfsstoff/ Gehalt	Aluminium- Sauerstoff- Verbindung/ Gehalt	Nanokolloidales Siliciumdioxid	Gerinnungs- regulierendes Mittel/ Gehalt	Aktives Siliciumdioxid /Gehalt	28-Tage- Festigkeit (psi)
		Flusssand (1,6µm)	Flusssand (10µm)	Flusssand (50µm)						
501	Quarzsand 49,7%	11,1%	11,1%	5,9%	MgO 2,2%	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6%	12,2%	Citronensäure 2,2%	--	6700
502	Quarzsand 49,7%	19,4%	--	8,7%	MgO 2,2%	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6%	12,2%	Citronensäure 2,2%	--	5200
503	Quarzsand 49,7%	19,4%	8,7%	--	MgO 2,2%	Aluminiumoxidreicher Zement 5,6%	12,2%	Citronensäure 2,2%	--	4800
504	Quarzsand 49,5%	11,1%	11,1%	5,9%	MgO 2,2%	Aluminiumoxidreicher Zement 5,5%	12,2%	Citronensäure 2,2%	15µm/ 0,4%	6000
505	Quarzsand 49,5%	19,4%	8,6%	--	MgO 2,2%	Aluminiumoxidreicher Zement 5,5%	12,2%	Citronensäure 2,2%	15µm/ 0,4%	4450
506	Quarzsand 49,5%	19,4%	--	8,6%	MgO 2,2%	Aluminiumoxidreicher Zement 5,5%	12,2%	Citronensäure 2,2%	15µm/ 0,4%	4600

[0075] Das nanokolloidale Siliciumdioxid wurde durch Mischen von nanokolloidalem Siliciumdioxid von 18 nm und nanokolloidalem Siliciumdioxid von 80 nm in einem Verhältnis von etwa 8:2 hergestellt (Feststoffgehalt: 40 Gew.-%).

[0076] Das Prüfergebnis lässt den Schluss zu, dass auch der leicht zugängliche Sand in der vorliegenden Erfindung von Nutzen ist.

### Beispiel 8

[0077] Eine calciumfreie Betonzusammensetzung wurde mit 52,8 Gew.-% Quarzsand, 8,0 Gew.-% 1,6-µm-SiO<sub>2</sub>, 11,8 Gew.-% 10-µm-SiO<sub>2</sub>, 6,2 Gew.-% 45-µm-SiO<sub>2</sub>, 5,9 Gew.-% aluminiumoxidreichem Zement, 1,8 Gew.-% Magnesiumoxid, 1,3 Gew.-% Citronensäure und dem nanokolloidalen Siliciumdioxid mit verschiedenen Teilchengrößen in der in Tabelle 8 dargestellten Kombination hergestellt. Die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen (SiO<sub>2</sub>) wurden als abgestufte Pulver durch Mischen gebildet. Dann wurden die anorganischen Teilchen (der Zuschlag) mit den abgestuften Pulvern und dann mit dem Gerinnungshilfsstoff (Magnesiumoxid) und der Aluminium-Sauerstoff-Verbindung (aluminiumoxidreichem Zement) gleichmäßig gemischt. Danach wurden das nanokolloidale Siliciumdioxid (eine einzelne Komponente oder eine Kombination aus mehr als einer Komponente) und das gerinnungsregulierende Mittel (Citronensäure) zugesetzt und die Komponenten vermischt, und nach 28-tägigem Härten wurde die Druckfestigkeit gemessen.

Tabelle 8

Nr.	Roh- material	Nanokolloidales Siliciumdioxid (80 nm)	Nanokolloidales Siliciumdioxid (15 nm)	Nanokolloidales Siliciumdioxid (10 nm)	28-Tage-Festigkeit (psi)
511		0,3%	6,0%	3,4%	11000
512		9,6%	2,4%	--	8135
513		7,2%	4,8%	--	10648
514		4,8%	7,2%	--	12557
515		2,4%	9,6%	--	9660
516		--	12,0%	--	9908
517		--	--	12,0%	8674
518		9,6%	--	2,4%	9356
519		7,2%	--	4,8%	9589

**Beispiel 9**

[0078] Eine Betonzusammensetzung mit den in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Komponenten wurde hergestellt. Der Zuschlag und die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen (SiO<sub>2</sub>) wurden gemäß den in Tabelle 9 dargestellten Gewichtsprozentangaben gemischt und dann mit dem Gerinnungshilfsstoff gemischt. Danach wurden das nanokolloidale Siliciumdioxid und das gerinnungsregulierende Mittel (Citronensäure) zugesetzt und die Komponenten vermischt, und nach 28-tägigem Härten wurde die Druckfestigkeit gemessen.

**Tabelle 9**

Rohmaterial Nr.	Zuschlag/ Gehalt	Mikrometerskalige anorganische Teilchen			Gerinnungshilfsstoff/ Gehalt	Aluminium- Sauerstoff- Verbindung/ Gehalt	Korngröße des nanokolloidalen Siliciumdioxids (Feststoffgehalt) /Gehalt	Gerinnungsregulierendes Mittel/Gehalt	28-Tage- Festigkeit (psi)
		SiO <sub>2</sub> (1,6µm)	SiO <sub>2</sub> (10µm)	SiO <sub>2</sub> (45µm)					
C1	Quarzsand 56,3%			27,7%	MgO 2,2%	Nein	7 nm (20%) 12,7%	Citronensäure 1,1%	<2000

**Beispiel 10**

[0079] Eine Betonzusammensetzung mit den in Tabelle 10 nachstehend aufgeführten Komponenten wurde hergestellt.

**Tabelle 10**

Rohmaterial Nr.	Zuschlag/ Gehalt	Mikrometerskalige anorganische Teilchen			Gerinnungshilfsstoff/ Gehalt	Aluminium- Sauerstoff- Verbindung/ Gehalt	Nanokolloidales Siliciumdioxid (Feststoffgehalt)/ Gehalt	Gerinnungsregulierendes Mittel/ Gehalt
		SiO <sub>2</sub> (1,6µm)	SiO <sub>2</sub> (10µm)	SiO <sub>2</sub> (45µm)				
C2	Quarzsand 60,3%	8,0%	11,8%	6,2%	MgO 1,8%	-	18/80 nm (40%) 9,5%/2,4%	-

[0080] Die Zusammensetzung bindet in äußerst kurzer Zeit zu einem Block ab, was für die Anwendung nachteilig ist.

**Beispiel 11**

[0081] Ein Beton wurde mit einer nichtcalcinierten zementösen Zusammensetzung und einem Rohzuschlag wie in Tabelle 11 nachstehend aufgeführt hergestellt.

**Tabelle 11**

Rohmaterial Nr.	Roh- zuschlag	Mikrometerskalige anorganische Teilchen			Gerinnungshilfsstoff/ Gehalt	Aluminium- Sauerstoff- Verbindung/ Gehalt	Nanokolloidales Siliciumdioxid (Feststoffgehalt)/ Gehalt	Gerinnungsregulierendes Mittel/ Gehalt	Aktives Siliciumdioxid/ Gehalt
		SiO <sub>2</sub> 1,6µm	SiO <sub>2</sub> 10 µm	SiO <sub>2</sub> 45µm					
601	Kies 52,3%	7,9%	11,7%	6,2%	MgO 2,3%	Aluminiumoxid- reicher Zement 5,9%	18/80 nm (40%) 9,5%/2,4%	Citronensäure 1,3%	15 µm/ 0,5%

[0082] Die Komponenten wurden gemischt und in eine Form gegossen, um mehrere Betonproben herzustellen, die 28 Tage lang stehen gelassen und dann gemäß CNS1232 (ASTM C39) auf die Druckfestigkeit zylindrischer Betonproben hin geprüft wurden. Die Druckfestigkeit ist nachstehend in Tabelle 12 dargestellt.

**Tabelle 12**

[0083]

Nr.	Druckfestigkeit (psi)	Durchschnitt (psi)
C01	6927	6529
C02	6002	

## CH 713 947 B1

Nr.	Druckfestigkeit (psi)	Durchschnitt (psi)
C03	6642	

### Beispiel 12

[0084] Die Biegezugfestigkeit der in Beispiel 11 hergestellten Betonproben wurde in einer Biegezugfestigkeitsprüfung für zylindrische Betonproben gemäß CNS1238 (ASTM C348) gemessen. Die Biegezugfestigkeit ist nachstehend in Tabelle 13 dargestellt.

**Tabelle 13**

[0085]

Nr.	Biegezugfestigkeit (psi)	Durchschnitt (psi)
B01	689,4	635,8
B02	574,6	

### Beispiel 13

[0086] Die Spaltzugfestigkeit der in Beispiel 11 hergestellten Betonproben wurde in einer Spaltzugfestigkeitsprüfung für zylindrische Betonproben gemäß CNS3801 (ASTM C496) gemessen. Die Spaltzugfestigkeit ist nachstehend in Tabelle 14 dargestellt.

**Tabelle 14**

[0087]

Nr.	Spaltzugfestigkeit (psi)	Durchschnitt (psi)
T01	533,3	473,6
T02	486,4	
T03	381,2	

[0088] Aus den Beispielen 11 bis 13 kann der Schluss gezogen werden, dass der mit der nichtcalcinierten zementösen Zusammensetzung oder der nichtcalcinierten Betonzusammensetzung der vorliegenden Erfindung hergestellte Beton gute physikalische und mechanische Eigenschaften aufweist.

### Beispiel 14

[0089] Die lineare Schwindung der in Beispiel 11 hergestellten Betonprobe (S01) und der mit dem handelsüblichen Portlandzement und einem Zuschlag hergestellten Betonprobe (R01) wurde gemäß der Norm CNS14603 (ASTM C157) gemessen. Die lineare Schwindung ( $\mu$ ) ist nachstehend in Tabelle 15 dargestellt.

**Tabelle 15**

[0090]

Nr.	Tag 1	Tag 3	Tag 5	Tag 7	Tag 28
R01	147	252	312	399	503
S01	52	120	132	176	176

[0091] Aus den Prüfergebnissen kann der Schluss gezogen werden, dass der mit der nichtcalcinierten zementösen Zusammensetzung oder der nichtcalcinierten Betonzusammensetzung der vorliegenden Erfindung hergestellte Beton den mit dem herkömmlichen Portlandzement hergestellten Beton hinsichtlich der linearen Schwindung bei weitem übertrifft.

[0092] Die oben beschriebenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind ausschließlich als der Veranschaulichung dienend zu erachten. Zahlreiche alternative Ausführungsformen können von Fachleuten auf dem Gebiet der Erfindung ausgearbeitet werden, ohne dadurch den Schutzzumfang der beiliegenden Ansprüche zu verlassen.

**Patentansprüche**

1. Nichtcalcierte zementöse Zusammensetzung umfassend:
  - a) mikrometerskalige anorganische Teilchen, enthaltend Silicium und mindestens ein nichtmetallisches Element, mit einer Korngröße im Bereich von 1,0 bis 100 µm zu etwa 31 % bis 87 %, bezogen auf das Gesamtgewicht der Zusammensetzung, wobei „etwa“ einen Bereich von ± 10 % der angegebenen Werte mit einschliesst;
  - b) eine Aluminium-Sauerstoff-Verbindung ausgewählt aus einer Oxosäure von Aluminium, einem Derivat davon, einem Oxid von Aluminium, einem Hydroxid von Aluminium und einem Gemisch aus diesen Verbindungen;
  - c) nanokolloidales Siliciumdioxid und
  - d) ein gerinnungsregulierendes Mittel.
2. Nichtcalcierte zementöse Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei die Korngrößenverteilung der mikrometerskaligen anorganischen Teilchen zumindest bimodal ist.
3. Nichtcalcierte zementöse Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen eine trimodale Korngrößenverteilung aufweisen, wobei das Gewicht der Teilchen mit einer Korngröße oder einem Korngrößenbereich an einem Höchstwert der trimodalen Korngrößenverteilung unabhängig vom Gewicht der Teilchen mit einer Korngröße oder einem Korngrößenbereich an den anderen Höchstwerten der trimodalen Korngrößenverteilung zumindest 20 % bis 50 % des Gesamtgewichts der mikrometerskaligen anorganischen Teilchen ausmacht.
4. Nichtcalcierte zementöse Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei das nanokolloidale Siliciumdioxid eine bimodale Korngrößenverteilung aufweist, wobei das Gewicht der Teilchen mit einer Korngröße oder einem Korngrößenbereich an einen Höchstwert der bimodalen Korngrößenverteilung unabhängig vom Gewicht der Teilchen mit einer Korngröße oder einem Korngrößenbereich am anderen Höchstwert der bimodalen Korngrößenverteilung zumindest 30 % bis 70 % des Gesamtgewichts des nanokolloidalen Siliciumdioxids ausmacht.
5. Nichtcalcierte zementöse Zusammensetzung nach Anspruch 1, ferner umfassend zumindest eines aus einem Gerinnungshilfsstoff, aktivem Siliciumdioxid und einem wasserreduzierenden Mittel.
6. Nichtcalcierte zementöse Zusammensetzung nach Anspruch 1, umfassend einen Gerinnungshilfsstoff, der ein Oxid, Hydroxid, Sulfat oder Carbonat eines Alkalimetalls oder Erdalkalimetalls umfasst, und wobei die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen a) 31 % bis 86 %, bezogen auf das Gesamtgewicht der Zusammensetzung, ausmachen.
7. Nichtcalcierte Betonzusammensetzung, umfassend
  - a) anorganische Teilchen, die Silicium und mindestens ein nichtmetallisches Element enthalten, zu etwa 66 % bis 92 %, bezogen auf das Gesamtgewicht der Zusammensetzung, wobei „etwa“ einen Bereich von ± 10 % der angegebenen Werte mit einschliesst;
  - b) eine Aluminium-Sauerstoff-Verbindung ausgewählt aus einer Oxosäure von Aluminium, einem Derivat davon, einem Oxid von Aluminium, einem Hydroxid von Aluminium und einem Gemisch aus diesen Verbindungen;
  - c) nanokolloidales Siliciumdioxid und
  - d) ein gerinnungsregulierendes Mittel,
 wobei die anorganischen Teilchen mikrometerskalige anorganische Teilchen mit einer Korngröße im Bereich von 1,0 bis 100 µm umfassen und die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen 25 % bis 45 % des Gesamtgewichts der anorganischen Teilchen ausmachen.
8. Nichtcalcierte Betonzusammensetzung nach Anspruch 7, wobei die Korngrößenverteilung der mikrometerskaligen anorganischen Teilchen zumindest bimodal ist.
9. Nichtcalcierte Betonzusammensetzung nach Anspruch 7, wobei die mikrometerskaligen anorganischen Teilchen eine trimodale Korngrößenverteilung aufweisen, wobei das Gewicht der Teilchen mit einer Korngröße oder einem Korngrößenbereich an einem Höchstwert der trimodalen Korngrößenverteilung unabhängig vom Gewicht der Teilchen mit einer Korngröße oder einem Korngrößenbereich an den anderen Höchstwerten der trimodalen Korngrößenverteilung zumindest 20 % bis 50 % des Gesamtgewichts der mikrometerskaligen anorganischen Teilchen ausmacht.
10. Nichtcalcierte Betonzusammensetzung nach Anspruch 7, wobei das nanokolloidale Siliciumdioxid eine bimodale Korngrößenverteilung aufweist, wobei das Gewicht der Teilchen mit einer Korngröße oder einem Korngrößenbereich an einem Höchstwert der bimodalen Korngrößenverteilung unabhängig vom Gewicht der Teilchen mit einer Korngröße oder einem Korngrößenbereich am anderen Höchstwert der bimodalen Korngrößenverteilung zumindest 30 % bis 70 % des Gesamtgewichts des nanokolloidalen Siliciumdioxids ausmacht.
11. Nichtcalcierte Betonzusammensetzung nach Anspruch 7, ferner umfassend zumindest eines aus einem Gerinnungshilfsstoff, aktivem Siliciumdioxid und einem wasserreduzierenden Mittel.
12. Nichtcalcierte Betonzusammensetzung nach Anspruch 7, umfassend einen Gerinnungshilfsstoff, der ein Oxid, Hydroxid, Sulfat oder Carbonat eines Alkalimetalls oder Erdalkalimetalls umfasst, und wobei die anorganischen Teilchen (a) 66% bis 90%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Zusammensetzung, ausmachen.
13. Beton, umfassend eine nichtcalcierte zementöse Zusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 oder eine nichtcalcierte Betonzusammensetzung nach einem der Ansprüche 7 bis 12.

## CH 713 947 B1

14. Beton nach Anspruch 13, der zumindest eine der folgenden Eigenschaften aufweist: eine 28-Tage-Druckfestigkeit von zumindest 1.800 psi, gemessen gemäß der Norm ASTM C109 oder der Norm ASTM C39, eine 28-Tage-Biegezugfestigkeit von zumindest 200 psi, gemessen gemäß der Norm ASTM C348, eine 28-Tage-Spaltzugfestigkeit von zumindest 200 psi, gemessen gemäß der Norm ASTM C496, und eine lineare 28-Tage-Schwindung von höchstens 1500  $\mu$ , gemessen gemäß der Norm ASTM C157.