



(10) **DE 10 2011 003 975 B4** 2012.09.27

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 003 975.9**

(22) Anmeldetag: **11.02.2011**

(43) Offenlegungstag: **16.08.2012**

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **27.09.2012**

(51) Int Cl.: **C04B 41/62 (2011.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Ionys AG, 76344, Eggenstein-Leopoldshafen, DE**

(74) Vertreter:  
**Wablat Lange Karthaus Anwaltssozietät, 14129,  
Berlin, DE**

(72) Erfinder:  
**Gerdes, Andreas, Prof. Dr., 76761, Rülzheim, DE;  
Ballschuh, Detlef, Dr., 12524, Berlin, DE; Seibt,  
Horst, Dr., 13089, Berlin, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

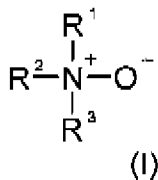
**DE 32 28 660 C2**

(54) Bezeichnung: **Hydrophobierendes Dispersionsgel und Verfahren zu dessen Herstellung sowie dessen Verwendung zur Tiefenhydrophobierung mineralischer Materialien**

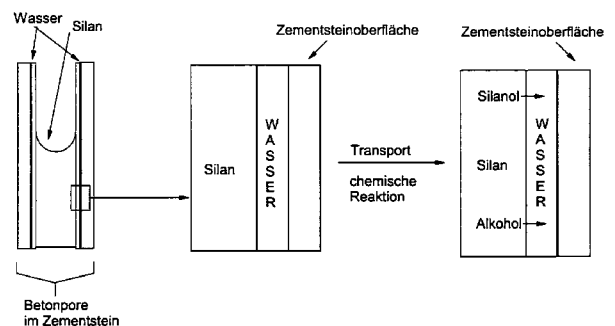
(57) Hauptanspruch: Hydrophobierendes Dispersionsgel, umfassend, bezogen auf eine Gesamtmenge von 100 Gew.-%, die Komponenten:

- (A) 50–80 Gew.-% Alkyltrialkoxysilan,
- (B) 0,3–1,0 Gew.-% verzweigte Polyacrylsäure,
- (C) 0,5–2,0 Gew.-% nicht-tensidisches Aminoxid,
- (B) 0,2–1,0 Gew.-% tensidisches Aminoxid,
- (E) 5,0–12 Gew.-% nichtionisches Tensid und
- (F) 8,0–40 Gew.-% Wasser,

wobei das nicht-tensidische Aminoxid (C) ein Aminoxid der allgemeinen Formel I ist,



wobei  $\text{R}^1$ ,  $\text{R}^2$  und  $\text{R}^a$  jeweils unabhängig voneinander gleich oder verschieden sind und ausgewählt sind aus  $\text{C}_1$ - $\text{C}_6$ -Alkylgruppen, welche unsubstituiert oder mit einer oder mehreren Hydroxylgruppen substituiert sind, wobei das tensidische Aminoxid (D) ausgewählt ist aus Alkyl-dimethylaminoxiden mit unverzweigten oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten  $\text{C}_6$ - $\text{C}_{16}$ -Alkylgruppen und wobei das Alkyltrialkoxysilan (A) allein oder in Mischung aus mehreren Alkyltrialkoxysilanen oder als Partialkondensat eines oder mehrerer Alkyltrialkoxysilane vorliegt.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein hydrophobierendes Dispersionsgel und ein Verfahren zur Herstellung des hydrophobierenden Dispersionsgels sowie dessen Verwendung zur Tiefenhydrophobierung mineralischer Materialien.

**[0002]** Zementgebundene Werkstoffe, wie beispielsweise Stahlbeton, welche sich in Betonbauwerken finden, sind nutzungsbedingt verschiedenen Umwelteinwirkungen ausgesetzt. Von besonderer Bedeutung für die Funktionsfähigkeit und Dauerhaftigkeit dieser Werkstoffe und der daraus hergestellten Bauteile und -werke ist der Widerstand gegen die Aufnahme wässriger Salzlösungen, wie beispielsweise Tausalzen. Das handelsübliche Tausalz besteht zum großen Teil aus Koch- oder Steinsalz, d. h. Natriumchlorid (NaCl). Der Kontakt von Betonbauteilen mit diesen wässrigen Chloridlösungen führt dazu, dass diese durch kapillares Saugen in die Werkstoffrandzone transportiert werden. Erreichen die Chloride die Stahlbewehrung, können unter bestimmten Bedingungen Korrosionsprozesse ausgelöst werden, die bis zum Verlust der Standsicherheit führen.

**[0003]** Um diese Transportprozesse zu unterbinden, ist es bekannt, die Werkstoffrandzone mit siliciumorganischen Verbindungen, so genannten Alkyltrialkoxysilanen (Silane), wasserabweisend (hydrophob) auszurüsten. Dies führt zu einer Imprägnierwirkung gegenüber Wasser oder im Wasser gelösten Elektrolyten, wie beispielsweise Tausalzen. Hydrophobierung bzw. hydrophobierende Imprägnierung bedeutet eine Behandlung des Betons zur Herstellung einer wasserabweisenden Oberfläche. Die Poren und Kapillaren sind nur ausgekleidet, jedoch nicht gefüllt. Auf der Oberfläche des Betons bildet sich kein Film. Das äußere Erscheinungsbild ändert sich dabei wenig oder überhaupt nicht.

**[0004]** Auf den inneren Oberflächen der Kapillaren von zementgebundenen Werkstoffen bildet sich unter normalen Klimabedingungen ein dünner Wasserfilm aus bzw. die Poren sind mit einer alkalischen Lösung gefüllt (Porenlösung). Die Silane werden unverdünnt oder in Form wässriger Systeme auf die Werkstoffoberfläche appliziert. Von dort werden sie in die Werkstoffrandzone transportiert (siehe [Abb. 1](#)).

**[0005]** Während des Transportes finden komplexe chemische Reaktionen statt, wobei sich prinzipiell zwei Teilschritte unterscheiden lassen. Im ersten Schritt findet eine Solvolyse (Hydrolyse)  $R \cdot Si(OR)_3 + H_2O \rightarrow R \cdot Si(OH)_3 + 3ROH$  statt, die unter Bildung von Silanolen und Alkohol, beispielsweise Ethanol, abläuft (siehe [Abb. 2](#)).

**[0006]** Die wasserlöslichen Reaktionsprodukte (Silanol, Alkohol) wandern durch die Grenzfläche Silan/Wasserfilm. Aufgrund ihrer chemischen Struktur setzen diese Komponenten die Grenzflächenspannung herab und beeinflussen so auch den Transport der Silane. Dies bedeutet, dass die chemischen Reaktionen den Transport beeinflussen und der Transport durch Ausbildung lokaler Gleichgewichte die chemischen Reaktionen beeinflusst (reaktiver Transport). Die Silanole reagieren in einem zweiten Schritt untereinander oder mit den endständigen OH-Gruppen des CSH-Gels (Calciumsilikathydrate in kolloidaler Form), welches im Wesentlichen den Zementstein aufbaut. Diese Reaktionen führen zur Ausbildung eines dünnen, hydrophob wirkenden Siliconharzfilms (Polysiloxan) auf den Innenflächen des zementgebundenen Werkstoffes (siehe [Abb. 3](#)).

**[0007]** Insgesamt ist die Hydrophobierung ein allgemein anerkannter, leistungsfähiger Oberflächenschutz für durch Feuchtigkeit und die darin enthaltenen Schadstoffe beanspruchten Stahlbetonbauwerke (siehe Regelwerk des deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) DIN EN 1504-9 Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität – Teil 9: Allgemeine Grundsätze für die Anwendung von Produkten und Systemen; Deutsche Fassung EN 1504-9:2008, Ausgabedatum: 2008-11, Beuth-Verlag, Berlin, DAfStb-Richtlinie – Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie) – Teil 1: Allgemeine Regelungen und Planungsgrundsätze; Teil 2: Bauprodukte und Anwendung; Teil 3: Anforderungen an die Betriebe und Überwachung der Ausführung; Teil 4: Prüfverfahren, Beuth-Verlag, Ausgabedatum: 2001-10, Beuth-Verlag, Berlin).

**[0008]** Die Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit einer Hydrophobierung hängt maßgeblich von der Eindringtiefe und dem Wirkstoffgehalt in der Werkstoffrandzone ab. Beides wird wiederum durch die Kontaktdauer zwischen dem Silan und dem porösen Werkstoff beziehungsweise durch den Verlauf des reaktiven Transports bestimmt. Bei den herkömmlichen Produkten, basierend auf einem unverdünnten Silan (100%iges Silan), ist die Kontaktzeit nur sehr kurz, da diese als niedrigviskose Flüssigkeit an der Werkstoffoberfläche herabläuft bzw. durch die hohe Flüchtigkeit unter praxisnahen Bedingungen (z. B. Oberflächentemperaturen bis ca. 70°C) schnell verdampft. Eindringtiefen von mehr als 2 mm lassen sich bei einer praxisnahen Applikation nicht realisieren (A.

Gerdes, Transport und chemische Reaktion siliciumorganischer Verbindungen in der Betonrandzone, Building Materials Report No 15, AEDIFICATIO Verlag, Freiburg i. B., (2001)).

**[0009]** Eine Reihe von Mitteln aus einzelnen oder verschiedenen, oft auch polymeren, Organosiliciumverbindungen sind für die Imprägnierung, Hydrophobierung bzw. Tiefenhydrophobierung von porösen Baustoffen, Betonbauwerken und Stahlbetonkonstruktionen bekannt. Diese Mittel liegen in Form von wässrigen Emulsionen, Cremes, Gelen oder von Zusammensetzungen, welche mineralische Verdickungsmittel enthalten, vor.

**[0010]** Um den Einsatz von organischen Lösungsmitteln zu vermeiden, aber um gleichzeitig den Anteil an Wirkstoff (Silan) zu reduzieren, wurden niedrigviskose, wässrige Systeme, sogenannte Emulsionen, entwickelt. Beispielsweise enthält die im Europäischen Patent EP 0 538 555 B1 beschriebene Emulsion Alkoxysilane, Silantenside, puffernde Substanzen und gegebenenfalls anionische Tenside (Degussa). Nachteilig für diese niedrigviskosen Emulsionen ist eine zu geringe Kontakt- oder Standzeit, beispielsweise an vertikalen Bautenoberflächen oder Brückenunterteilen und ähnlichen Oberflächen. Der Wirkstoff in der Zubereitung benötigt eine gewisse Zeit, um in den mineralischen Baustoffuntergrund einzudringen. Die Emulsion läuft oder tropft zu schnell ab beziehungsweise geht durch Verdunstung an die Umwelt verloren. Auch wurde durch Untersuchungen belegt, dass die Emulsionen bei jungem Beton bereits nach kurzer Zeit brechen. Dann dringt das als Lösungsmittel im Überschuss vorhandene Wasser in den Werkstoff ein und blockiert den Porenraum für das Silan. Bei verschiedenen Formulierungen konnten Eindringtiefen von mehr als 2 mm trotz wiederholter Applikation unter Praxisbedingungen nicht realisiert werden, auch nicht bei Saugversuchen im Labor (A. Gerdes und F. H. Wittmann, Hydrophobieren von Stahlbeton – Teil 1: Transport und chemische Reaktionen siliciumorganischer Verbindungen in der Betonrandzone, Int. Z. Bauinstandsetzen, 9, 41–64 (2003)). Neben der geringen Eindringtiefe ergibt sich als weiterer Nachteil, dass nur eine ungenügende Hydrophobierungsleistung erreicht wird. Die Folge ist eine notwendige Wiederholung der Prozedur. Bei einer Wiederholung tritt allerdings kaum/kein Transport auf, da nun ein wässriges System auf einer hydrophoben Oberfläche vorliegt. Solche Nachbehandlungen sind kostenintensiv und verschwenden darüber hinaus wertvolle Rohstoffe.

**[0011]** Später wurden hochviskose, wasserhaltige Systeme entwickelt, um die Kontaktdauer deutlich zu verlängern. Eines dieser Produkte ist der Typ „Creme“, der im Europäischen Patent EP 1 154 971 B1 offenbart wird (Wacker AG). Die wässrige, standfeste Creme wird zur Hydrophobierung von Baustoffen eingesetzt, indem sie auf die Oberflächen mineralischer Werkstoffe aufgetragen oder als Bindemittel (direkt dem frischen Mörtel zugegeben) und Grundiermittel in Bautenbeschichtungen verwendet wird. Als hauptsächliche Komponenten der Creme werden C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Alkyl-C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub>-alkoxysilane, Alkoxygruppen enthaltende Organo(poly)siloxane, Alkylpolyglycoether oder Polyvinylalkohol als nichtionischer Emulgator und 1 bis 95 Gewichts-% organisches Lösungsmittel, wie Alkane, Benzinkohlenwasserstoffe, längerkettige Alkohole und Ether, verwendet. Darüber hinaus enthält die Creme als Zusatz noch hydrophobierte hochdisperse Kieselsäure.

**[0012]** Nachteilig bei der Verwendung derartiger Creme-Zusammensetzungen ist die zu geringe Tiefenmigration der Wirkstoffkomponenten. Insbesondere neigen Creme-Emulsionen dazu auf der Oberfläche zu brechen, d. h. wässrige und organische Phasen trennen sich. Das eindringende Wasser bewirkt, dass der Porenraum zumindest partiell blockiert wird. Dadurch wird der Transport des Wirkstoffes in tiefere Bereiche der Werkstoffrandzone verhindert, d. h. eine Eindringtiefe von > 4 mm ist unter praxisnahen Bedingungen nicht realisierbar. Nach praktischen Erfahrungen sind hier die hierbei maximal auftragbaren Mengen sind 400 g/m<sup>2</sup>, da ansonsten ein Abrutschen erfolgt. Entsprechend wird das eigentliche Ziel der Tiefenmigration nicht erreicht, obwohl derartige Cremes auf Grund ihrer Konsistenz höhere Kontaktzeiten haben. Die damit zu erreichenden Eindringtiefen von bis zu 4 mm sind aber nicht ausreichend, um bei sehr hohen Beanspruchungen (z. B. Häfen, Brückenbauwerke, Tiefgaragen) langfristig den Durchbruch der Salzlösung durch die hydrophobierte Randzone zu verhindern, wie Untersuchungen gezeigt haben (A. Gerdes und Z. Huang, Zur Anwendung von Hydrophobierungen für den Schutz von „Off Shore“-Bauwerken, Int. Z. Bauinstandsetzen, 9, 293–306 (2004)).

**[0013]** Höhere Eindringtiefen von 4–6 mm können mit hochviskosen, wasserfreien Produkten („Gel“) realisiert werden. In der Europäischen Patentschrift EP 0 751 922 B1 (Karlsson) wird ein wasserfreies Gel sowie ein Verfahren zur Behandlung von insbesondere Betonbauten mit einer hydrophobierenden Substanz beschrieben (Silane/Siloxane, teilweise Isobutyltriethoxysilan und Ethanol als polares Lösungsmittel).

**[0014]** Die gelartige Zusammensetzung besteht aus der hydrophobierenden Substanz, im Wesentlichen aus lösungsmittelfreien Silanen/Siloxanen, und einem Trägermedium, welches ein organophiles Schichtgittermineral mit Quellverhalten, wie Bentonit oder Montmorillonit ist. Durch Kapillarwirkung zieht die hydrophobierende Substanz in die zu behandelnden mineralischen Materialien ein, während das Trägermedium an der Oberfläche verbleibt. Diese gelartigen, wasserfreien Zusammensetzungen mit organophilen Schichtgittermineralien

wie Bentonit als Gelbildner, lassen den Wirkstoff zwar durch längere Kontaktzeiten tiefer in die Werkstoffrandzone eindringen, jedoch zeigen sich auch hier weitere, andersartige Applikationsmängel. Da der Gelbildner als mineralischer Festkörper nicht in die Behandlungsoberfläche eindringen kann, hinterlässt er dort unerwünschte Verfärbungen, was beispielsweise für Sichtbetonoberflächen problematisch ist. Andererseits verbleibt ein beträchtlicher Wirkstoffanteil im organophilen Schichtgittermineral ungenutzt zurück, der somit für die Applikation verloren geht und darüber hinaus unkontrolliert in die Umwelt gelangt. Auch ist der Verbrauch um eine Eindringtiefe von mindestens 6 mm zu erreichen mit 800–1000 g/m<sup>2</sup> verhältnismäßig hoch.

**[0015]** Neben der Formulierung von Oberflächenschutzsystemen, die allein auf der Verwendung von siliciumorganischen Verbindungen basieren, wurden auch Kombinationsprodukte entwickelt. So beschreibt die Degussa AG in der Europäischen Patentanmeldung EP 1 308 428 A2 eine wässrige Emulsion, basierend auf siliciumorganischen Verbindungen, sowie ein Verfahren zum Schutz von Stahlbeton gegen Korrosion der Stahlbewehrung. Das Mittel wird entweder auf eine Stahlbetonoberfläche aufgebracht oder dem Beton während des Herstellprozesses beigemischt. Die wässrige Emulsion enthält als wesentliche Komponenten neben mindestens einem Organosilan oder Organosiloxan oder Partialkondensaten davon, weiterhin noch Aminoalkylsilane oder –siloxane, Erdalkalisalze der Dinonylnaphthalinsulfonsäure sowie Aminoalkohole, wie Dimethylaminoethanol oder Diethylaminoethanol. Als zusätzliche Komponenten sind im Mittel noch Diisotridecyladipat, Mineralöl, Benzinkohlenwasserstoffe, Alkohole, Wasser, Emulgatoren, Rheologiehilfsstoffe und Verdickungsmittel enthalten. Bei der nachträglichen Applikation wird die Emulsion beispielsweise durch Streichen in einer Menge von mehr als 50 g/m<sup>2</sup> bis mehr als 200 g/m<sup>2</sup> auf die Betonoberfläche aufgetragen. Hinsichtlich der Eindringtiefe und damit der Wirksamkeit dieses Systems sind aber erhebliche Zweifel angebracht, da für einen Korrosionsschutz der entsprechende Wirkstoff die Bewehrung erreichen muss. Als Grund hierfür lässt sich die Feuchteverteilung in massiven Bauteilen, die der Umwelt ausgesetzt sind, anführen. Vielmehr können ungleichmäßige Bewehrungsüberdeckungen zu einer Erhöhung des Korrosionsrisikos aufgrund der Bildung von Lokalelementen führen. Aufgrund der Wechselwirkungen zwischen der Zementsteinphase und den chemischen Verbindungen (Sorption) sowie der unter realen Bedingungen zu erwartenden Feuchteverteilung in der Betonrandzone (hohe Wassersättigung im Abstand von ca. 1–2 cm) sind keine hohen Eindringtiefen zu erwarten.

**[0016]** Insgesamt weisen alle bisher bekannten Systeme Mängel wie Materialverluste beziehungsweise hohe Materialkosten (notwendige Mehrfachanwendung) und insbesondere zu geringe Kontaktzeiten und zu geringe Eindringtiefen auf. Selbst Gel- und Creme-Zusammensetzungen, welche auf Grund ihrer Konsistenz längere Kontaktzeiten mit größeren Eindringtiefen ergeben, ermöglichen keine Tiefenmigration der Wirkstoffkomponenten oder ermöglichen diese nur bei einem unverhältnismäßig großen Materialaufwand.

**[0017]** Die Anforderungen an Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken werden in der Norm EN 1504 (in Deutschland DIN EN 1504) geregelt. Bezüglich einer Hydrophobierung wird zwischen den Klassen I und II unterschieden, wobei die Klasse I durch eine Eindringtiefe von < 10 mm und die Klasse II durch eine Eindringtiefe des Hydrophobierungsmittels von ≥ 10 mm gekennzeichnet ist.

**[0018]** Derartige Eindringtiefen hängen allerdings stark von der Beschaffenheit des Materials, vor allem von der Porosität und der Wassersättigung ab. Die Permeabilität des Betons nimmt exponentiell mit dem Wasserzementwert W/Z-Wert zu. Der W/Z-Wert beträgt für bewehrte Betone im Allgemeinen zwischen 0,4 und 0,6. Der für die Tests nach EN 1504 erforderliche Beton ist allerdings mit einem W/Z-Wert von 0,7 deutlich poröser und aufnahmefähiger als praxisübliche Betone (En 1504-2: Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität – Teil 2: Oberflächenschutzsysteme für Beton; Ausgabedatum: 2005-01, Beuth-Verlag, Berlin)).

**[0019]** Zum Ausgleich dieser Abweichungen wird nachfolgend unter einer Tiefenhydrophobierung eine wirksame Eindringtiefe von ≥ 6 mm verstanden. „Wirksame Eindringtiefe“ bedeutet, dass in der entsprechenden Tiefe des behandelten Materials ausreichend Wirkstoff vorhanden ist, um kapillares Saugen um mehr als 90% im Vergleich zu unbehandeltem Material zu reduzieren. Dafür ist ein silanabhängiger Mindestwirkstoffgehalt notwendig. Für auf Isooctyltriethoxysilan basierendes Produkt sind hierfür mindestens

**[0020]** 3 mg des finalen Polysiloxans pro Gramm Beton in der entsprechenden Tiefe erforderlich. Dies lässt sich auf andere Silane bzw. daraus resultierende Polysiloxane analog übertragen.

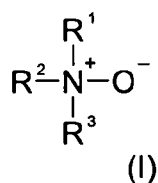
**[0021]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, ein Mittel zur Tiefenhydrophobierung bereitzustellen, welches die oben genannten Nachteile überwindet.

**[0022]** Diese Aufgabe wird mit einem hydrophobierenden Dispersionsgel gemäß Anspruch 1 sowie durch ein Herstellungsverfahren gemäß Anspruch 12 und eine Verwendung gemäß Anspruch 14 gelöst. Weitere bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

**[0023]** In anderen Worten wird die Aufgabe durch ein hydrophobierendes Dispersionsgel gelöst, welches bezogen auf eine Gesamtmenge von 100 Gew.-% die Komponenten:

- (A) 50–80 Gew.-% Alkyltrialkoxysilan,
- (B) 0,3–1,0 Gew.-% verzweigte Polyacrylsäure,
- (C) 0,5–2,0 Gew.-% nicht-tensidisches Aminoxid,
- (D) 0,2–1,0 Gew.-% tensidisches Aminoxid,
- (E) 5,0–12 Gew.-% nichtionisches Tensid und
- (F) 8,0–40 Gew.-% Wasser umfasst,

wobei das nicht-tensidische Aminoxid (C) ein Aminoxid der allgemeinen Formel (I) ist,



wobei  $\text{R}^1$ ,  $\text{R}^2$  und  $\text{R}^3$  jeweils unabhängig voneinander gleich oder verschieden sind und ausgewählt sind aus  $\text{C}_1$ - $\text{C}_6$ -Alkylgruppen, welche unsubstituiert oder mit einer oder mehreren Hydroxylgruppen substituiert sind, wobei das tensidische Aminoxid (D) ausgewählt ist aus Alkyl-dimethylaminoxiden mit unverzweigten oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten  $\text{C}_6$ - $\text{C}_{18}$ -Alkylgruppen und wobei das Alkyltrialkoxysilan (A) allein oder in Mischung aus mehreren Alkyltrialkoxysilanen oder als Partialkondensat eines oder mehrerer Alkyltrialkoxysilane vorliegt.

**[0024]** Ein „Dispersionsgel“ bezeichnet ein feindisperses (kolloidales) System aus mindestens einer festen Phase und einer flüssigen Phase. Die feste Phase liegt in Form eines schwammartigen, dreidimensionalen Netzwerkes vor, in welchem die flüssige Phase aufgenommen ist. Die Gele befinden sich hinsichtlich ihrer mechanischen Eigenschaften in einem fest-ähnlichen (solid-like) Zustand. Ein solcher Zustand zeichnet sich durch gleichmäßig im gesamten System verteilte Komponenten aus. Die erfindungsgemäßen Dispersionsgele sind reaktionsfähig und wirken entsprechend hydrophobierend auf den Oberflächen, auf denen sie aufgetragen werden. Die erfindungsgemäßen Dispersionsgele weisen Viskositäten von 3.500 bis 6.000 mPa s, vorzugsweise von 4.000 bis 5.000 mPa s, auf.

**[0025]** Vorzugsweise enthält das hydrophobierende Dispersionsgel zusätzlich 0,1–30 Gew.-% Alkohole), wobei die Gesamtmenge aller Komponenten 100% ergibt und wobei der Alkohol allein oder in Mischung vorliegt und ausgewählt ist aus der Gruppe von einwertigen verzweigten oder unverzweigten  $\text{C}_2$ - $\text{C}_6$ -Alkoholen, vorzugsweise Ethanol, n-Propanol, iso-Propanol, n-Butanol, sec.-Butanol, iso-Butanol, n-Pentanol oder iso-Pentanol, zweiwertigen  $\text{C}_2$ - $\text{C}_6$ -Alkoholen, vorzugsweise Ethylenglykol, 1,2-Propandiol, 1,3-Propandiol, 1,2-Butandiol oder 2,3-Butandiol, dreiwertigen  $\text{C}_3$ - $\text{C}_6$ -Alkoholen, vorzugsweise Glycerin, und Etheralkoholen, vorzugsweise Diethylenglykol, Triethylenglykol, Ethylenglykolmonoethylether, Diethylenglykolmonoethylether, Dipropylenglykolmonomethylether, Polyethylenglykole oder Polypropylenglykole.

**[0026]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind zusätzlich 0,1–5 Gew.-% eines polyethermodifizierten Trisiloxans enthalten, wobei die Gesamtmenge aller Komponenten 100% ergibt. Bei dem polyethermodifizierten Trisiloxan handelt es sich vorzugsweise um ein Break-Thru® Reagenz, wie es von der Firma Evonik/Degussa vertrieben wird, besonders bevorzugt sind Break-Thru® S 200 oder Break-Thru® S 240.

**[0027]** Der Alkohol und das polyethermodifizierte Trisiloxan liegen jeweils allein oder gemeinsam vor.

**[0028]** Das Alkyltrialkoxysilan (A) weist als Alkylgruppe unverzweigte oder verzweigte  $\text{C}_1$ - $\text{C}_{16}$ -Alkylgruppen auf, welche vorzugsweise ausgewählt sind aus Methyl-, Ethyl-, n-Propyl-, iso-Propyl-, n-Butyl-, iso-Butyl-, n-Pentyl-, iso-Pentyl-, n-Hexyl-, iso-Hexyl-, n-Octyl-, iso-Octyl-, n-Decyl-, iso-Decyl-, n-Dodecyl-, iso-Dodecyl-, n-Tetradecyl-, iso-Tetradecyl-, n-Hexadecyl- und iso-Hexadecylgruppen, wobei eine iso-Octylgruppe (2,4,4-Tri-methylpentyl-Rest) besonders bevorzugt ist. Als Alkoxygruppen sind gleiche oder verschiedene unverzweigte oder verzweigte  $\text{C}_1$ - $\text{C}_6$ -Alkoxygruppen enthalten, welche vorzugsweise ausgewählt sind aus Methoxy-, Ethoxy-

xy-, n-Propoxy-, iso-Propoxy-, n-Butoxy-, iso-Butoxy-, n-Pentoxy-, oder n-Hexoxygruppen, wobei Ethoxygruppen besonders bevorzugt sind.

**[0029]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das Alkyltrialkoxysilan (A) (2,4,4-Trimethyl-pentyl)-triethoxysilan.

**[0030]** Die verzweigte Polyacrylsäure (B) ist ein vernetztes Copolymer der Acrylsäure, wobei es sich vorzugsweise um mit Pentaerythrittriallylether vernetzte Polyacrylsäure handelt. Insbesondere eignet sich verzweigte Polyacrylsäure, die auch unter dem Handelsnamen Carbopol® von der Firma Lubrizol vertrieben wird. Besonders bevorzugt ist der Einsatz von Carbopol ETD 2020.

**[0031]** Beim nicht-tensidischen Aminoxid (C) bilden gegebenenfalls zwei der Reste R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup> und R<sup>3</sup> miteinander einen gesättigten Ring, welcher gegebenenfalls ein weiteres Sauerstoffatom enthält. Die Reste R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup> und R<sup>3</sup> sind unabhängig voneinander gegebenenfalls substituiert durch eine -N<sup>+</sup>(R<sup>1</sup>,R<sup>2</sup>)-O<sup>-</sup>-Gruppe, worin R<sup>1</sup> und R<sup>2</sup> die bereits genannte Bedeutung haben. (C) ist vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe von Tris(2-hydroxyethyl)aminoxid, Tris(2-hydroxypropyl)aminoxid, Methyl-bis(2-hydroxyethyl)aminoxid, Ethyl-bis-(2-hydroxyethyl)aminoxid, Dimethyl-2-hydroxyethylaminoxid, Diethyl-2-hydroxyethylaminoxid, Dimethyl-2-hydroxypropylaminoxid, N-Methyl-morpholinoxid, N-Methyl-piperidinoxid, N,N,N',N'-Tetrakis(2-hydroxypropyl)ethylendiamindioxid, N,N,N',N'-Tetrakis(2-hydroxyethyl)-ethylendiamindioxid, N-(2-Hydroxyethyl)-morpholinoxid und N-(2,3-Dihydroxypropyl)-morpholinoxid.

**[0032]** Das tensidische Aminoxid (D) ist vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe von n-Hexyl-dimethylaminoxid, n-Octyl-dimethylaminoxid, n-Decyl-dimethylaminoxid, n-Dodecyl-dimethylaminoxid, iso-Dodecyl-dimethylaminoxid oder Oleyl-dimethylaminoxid.

**[0033]** Das nichtionische Tensid (E) ist ausgewählt aus Polyethylenglykol-monoalkylethern mit unverzweigten oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten C<sub>6</sub>-C<sub>22</sub>-Alkylgruppen und 2 bis 30 EO-Einheiten (EO = Ethylenoxid), vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe von Octaethylenglykol-monodecylether, Octaethylenglykol-monododecylether, Polyethylenglykol-mono-iso-tridecylether als Stoffgemisch von Verbindungen mit 5 bis 20 EO-Einheiten, Polyethylenglykol-mono-n-dodecyl/tridecyl/tetradecyl/pentadecylether als Stoffgemisch von Verbindungen mit 4 bis 25 EO-Einheiten, Monopropylenglykol-hexaethylenglykolmonodecyl/dodecyl/tetradecyl-ether, Octaethylenglykol-monotetradecylether, Decaethylenglykol-monooleyether und Polyethylenglykol-mono-n-hexadecyl/octadecyl/oleyether als Stoffgemisch von Verbindungen mit 6 bis 30 EO-Einheiten.

**[0034]** Die genannten Komponenten (B) bis (F) sind jeweils unabhängig voneinander als Einzelstoff oder als Mischung verschiedener Einzelstoffe enthalten.

**[0035]** Die Aminoxide (C) und (D) zusammen mit der verzweigten Polyacrylsäure (B) und einem Teil des Wassers (F) stellen die Grundkomponenten des Dispersionsgels dar. Sie formen ein erstes Gel aus, welches die Grundstruktur bildet. Die polyanionische Polyacrylsäure (B) und der kationische Gleichgewichtsanteil der tensidischen bzw. nichttensidischen Aminoxide interagieren durch Protonierung mittels Polyacrylsäure.

**[0036]** Das tensidische Aminoxid (D) dient unter anderem auch dazu, eine spätere Abwaschbarkeit von beispielsweise Dispersionsgel-Resten zu gewährleisten.

**[0037]** Das Tensid (E) und das Wasser (F), sowie gegebenenfalls der zusätzliche Alkohol, sind zusammen mit dem Silan (A) auf Grund ihres polaren Charakters und ihrer Fähigkeit zur Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen in der Lage, das Gesamtsystem zu stabilisieren.

**[0038]** Beispielsweise lässt sich mit Wasser, als Verbindung mit stark ausgeprägtem, polarem Charakter, die jeweils gewünschte Viskosität der Zubereitung einstellen und permanent erhalten, wenn man Eintrocknungsverluste vermeidet. Sind dennoch solche Eintrocknungsverluste im System eingetreten, so können diese durch Wasserzusatz allein oder durch Zusatz von wässrigen Alkoholmischungen korrigiert und der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt werden.

**[0039]** Entscheidend für die Lagerstabilität des hydrophobierenden Dispersionsgels sind bei der Herstellung die Auswahl der Einzelkomponenten und ihr prozentualer Anteil im Gesamtsystem, sowie der dann daraus resultierende pH-Wert, der im Allgemeinen um den Neutralpunkt liegt (pH = 6,5 bis 7,5). Dadurch wird eine

vorzeitige Schädigung bzw. Zersetzung der Organosiliciumverbindungen bei der Lagerung bei üblicher Umgebungstemperatur (0° bis 30°C) vermieden.

**[0040]** Die Herstellung des hydrophobierenden Dispersionsgels muss nach einem definierten Verfahren erfolgen. Versucht man beispielsweise eine Zubereitung ohne die Komponente (A), gelingt dies zwar, aber die nachträgliche Einarbeitung des Wirkstoffes, d. h. der Komponente (A) ist nicht mehr möglich. Die Zumischung bleibt als getrennte Phase erhalten. Erst wenn das Hydrophobierungsmittel (A) von vornherein bzw. nicht als letztes bei der Herstellung zugegen ist, gelingt es, ein lagerstabiles Dispersionsgel zu schaffen in welchem alle Komponenten ein einheitliches, multiples System bilden.

**[0041]** Vorzugsweise wird das hydrophobierende Dispersionsgel so hergestellt, dass zunächst die Komponenten (B) bis (D) [verzweigte Polyacrylsäure, nicht-tensidisches Aminoxid, tensidisches Aminoxid] und bis zu 20% der Komponente (F) [Wasser], sowie gegebenenfalls weitere Zusätze bei Temperaturen zwischen 0°C und 50°C, vorzugsweise zwischen 15°C und 30°C, zu einem hydrophilen Zwischenprodukt miteinander verrührt werden. Durch diese Vorgehensweise wird die hochverzweigte Polyacrylsäure (B) vorgequollen, so dass sie sich im späteren Verlauf besser entfalten kann. Diesem Zwischenprodukt werden anschließend unter fortgesetztem Rühren die Komponente (A) [Alkyltrialkoxysilan], sowie schrittweise die Komponente (E) [nichtionisches Tensid] und ebenfalls schrittweise der verbleibende Anteil der Komponente (F) [Wasser] zugesetzt, wodurch sich eine multiple Dispersion ausbildet.

**[0042]** Vorzugsweise wird zuerst die Komponente (A) dem Zwischenprodukt/dem vorgequollenen Gel zugefügt, wobei durch das Rühren das vorgequollene Gel im Volumen der Komponente (A) verteilt wird. Anschließend wird der verbleibende Anteil der Komponente (F) [Wasser] zugesetzt, wonach die Zugabe der Komponente (E) [nichtionisches Tensid] erfolgt.

**[0043]** Möglich ist auch, die Komponente (A) gleich zu Beginn einzusetzen.

**[0044]** Während des Herstellungsprozesses wird einmal ein hydrophiles Gel aufgebaut und zum anderen wird eine Wasser/Öl-Emulsion gebildet. Diese beiden Systeme treten in ihrer Gesamtheit in unterschiedliche Wechselwirkungen, wobei schließlich ein multiples disperses System entsteht, das hydrophobierende Dispersionsgel.

**[0045]** Das Dispersionsgel ist gebrauchsfertig, sobald sich ein einheitliches System ausgebildet hat, in welchem optisch mit dem Auge keine zwei Phasen mehr zu unterscheiden sind, d. h. keine Trennung zwischen dem hydrophilen Gel und der hydrophoben Dispersionsflüssigkeit mehr sichtbar ist.

**[0046]** Die auf diesem Weg erhältlichen Dispersionsgele weisen wie oben erwähnt Viskositäten von 3.500 bis 6.000 mPa s, vorzugsweise von 4.000 bis 5.000 mPa s, auf.

**[0047]** Das hydrophobierende Dispersionsgel wird zur Tiefenhydrophobierung von mineralischen Materialien, vorzugsweise von Beton, Leichtbeton, Ziegel oder Stahlbetonkonstruktionen, durch Auftrag auf deren Oberflächen, verwendet. Generell besteht keine Beschränkung hinsichtlich der zu behandelnden Materialien, d. h. alle Materialien von Beton bis Naturstein können behandelt werden. Die mineralischen Materialien umfassen dabei auch Stahlbetonkonstruktionen, die im Inneren durch Bewehrungsstäbe stabilisiert sind, beispielsweise Stahlbetonkonstruktionen wie Brückenpfeiler, Tiefgaragen und Gebäudre. Vorzugsweise weisen die mineralischen Materialien einen alkalischen pH-Wert von  $\geq 9$  auf. Bei nicht von sich aus alkalischen Materialien wie Ziegel oder Naturstein ist bei fehlender Alkalität gegebenenfalls die Zugabe eines Katalysators erforderlich (Dialkylzinnverbindung, insbesondere Dibutylzinn-dilaurat). Die Anwendung des Dispersionsgels bzw. das daraus gebildete Polysiloxan reduziert drastisch die Aufnahme wässriger Lösungen, gegebenenfalls mit gelösten werkstoffschädigenden chemischen Verbindungen. Auf diese Weise können Korrosionsprozesse unterbunden beziehungsweise ihr Fortschritt zeitlich verzögert werden.

**[0048]** Das hydrophobierende Dispersionsgel stellt ein einfach zu handhabendes Produkt dar, welches nach den üblichen Methoden der Oberflächenbeschichtung, beispielsweise Streichen, Rollen, Rakeln oder Sprühen an horizontalen bzw. vertikalen Oberflächengebilden von Betonbauwerken mit stabilem Untergrund aufgebracht werden kann und schließlich vollständig von diesem adsorbiert wird. Verfärbungen nach der unmittelbaren Adsorption der Zubereitung auf insbesondere Sichtbetonoberflächen werden im Vergleich zu Produkten nach dem Stand der Technik nicht beobachtet bzw. nur in einem Maße beobachtet, in welchem die Optik des Betons nicht nachhaltig beeinträchtigt ist.

**[0049]** Bei Auftrag werden ca. 400 bis 600 g/m<sup>2</sup> eingesetzt, wobei die Auftragsstärke ca. 0,5 bis 5 mm, vorzugsweise ca. 1 mm beträgt, um eine Eindringtiefe von  $\geq 6$  mm zu erzielen. Das Dispersionsgel dringt unmittelbar nach der Aufbringung auf die Betonoberfläche sofort und ohne Widerstand in die Oberfläche ein und erreicht bei praxisüblichen Betonen (W/Z 0,40–0,60) wirksame Eindringtiefen in die Betonrandzone von  $\geq 6$  mm ( $\geq 3$  mg Polysiloxan pro Gramm Beton). Dies gilt bei Betonen, die bei 20°C und 65% relativer Feuchte bis zum Gleichgewichtszustand gelagert wurden. Darüber hinaus ist auch eine Blockade der in die Oberfläche eindringenden Wirkstofffront nicht zu beobachten, da es durch die Formulierungsbestandteile zu keiner Bildung einer Barrierschicht kommt, die ein Voranschreiten der Wirkstoff-/Hilfsstofffront in tiefere Kapillarraumbereiche verhindern würde. Ein höherer Wassergehalt ist im Gegensatz zu vielen anderen Systemen unschädlich. Aufgrund der Herstellung des Dispersionsgels; welches vorangehend im Detail erläutert wurde, liegt ein hydrophiles Gel, aber auch eine Wasser-in-Öl-Emulsion vor. Diese beiden Systeme weisen in der Gesamtheit unterschiedliche Wechselwirkungen auf. Durch die konkurrierenden Wechselwirkungskräfte Wasser-Dispersionsmedium (Komponente A) und Wasser-Polymermatrix kann durch Wasserkontrolle einmal die Stabilität und zum anderen die Viskosität eingestellt werden, wodurch sich auch ein Einfluss auf die Anwendungseigenschaften ergibt. Zusätzliches Wasser kann von den Systemkomponenten, beispielsweise dem hydrophilen Gel, leicht aufgenommen werden, ohne dass es zu einem Zusammenbruch des Systems kommt.

**[0050]** Nach dem Aufbringen des pH-Wert neutralen hydrophobierenden Dispersionsgels (pH = 6,5 bis 7,5) auf eine üblicherweise alkalische Betonkörperoberfläche stellt sich an der Grenzfläche Beton/Dispersionsgel ein pH-Wert Gleichgewicht ein, dass sich aber durch die größere Masse des Betonkörpers im Verhältnis zur Menge des aufgetragenen Dispersionsgels in Richtung alkalisches Milieu verschiebt.

**[0051]** Dadurch wird das Dispersionsgel in seine Bestandteile zerlegt, d. h. die Polyacrylsäure wird durch das alkalische Milieu als Polyacrylat im vorderen Kapillarbereich der Betonoberfläche immobilisiert und an den kationischen Zentren des Zementsteins gebunden, während die protonierten Gleichgewichtsanteile des Aminoxids als nichtionische Aminoxide vollständig aus ihrem Bindungszustand, durch die höhere Basizität der Umgebung, freigesetzt werden. Außerhalb dieser Grenzschicht bleibt der pH-Wert, d. h. der Zustand des Dispersionsgels, zunächst erhalten. Erst im weiteren zeitlichen Verlauf der Adsorption schreitet der beschriebene Prozess voran. Als Folge der Änderung der pH-Wert Bedingungen kommt es zunehmend zur Verminderung der Viskosität des Dispersionsgels bis hin zur vollständigen Verflüssigung.

**[0052]** Die verflüssigte Form kann in die tiefer gelegenen Kapillarbereiche migrieren, wodurch sich auch die Eindringtiefe der Wirkstoffe verbessert. Dies ist ebenfalls eine Folge der Veränderung der chemischen Gleichgewichte und der Grenzflächenspannung in den Kapillaren des Porenraumes. Die zu diesem Zeitpunkt noch vorhandene intakte Gelschicht auf der Oberfläche verhindert durch quasi „Deckelung“ der äußeren Betongrenzfläche, dass die im oberflächennahen Kapillarraum der Betonrandzone befindlichen Flüssiganteile der Zubereitung durch Rückdiffusion an die Oberfläche und Verdunstung nach Außen an die Umwelt abgegeben werden können. Dadurch werden Verluste wertvoller Wirkstoffe vermieden und darüber hinaus weitere Vorteile erzielt, wie beispielsweise die Verbesserung der Gebrauchswerteigenschaften. Mit einem gegebenen Wirkstoffanteil in der Zubereitung kann so eine höhere Effizienz erreicht werden. Es ist eine weitere Reduktion des Wirkstoffanteils möglich, d. h. der Verbrauch an Ressourcen wird geschont und die ökologische Verträglichkeit verbessert.

**[0053]** Sobald der Wirkstoff den Gleichgewichtszustand bezüglich seiner maximalen Eindringtiefe erreicht hat, setzt in der basischen Umgebung des Porenraums der Betonrandzone der Prozess der Tiefenhydrophobierung durch Umwandlung der Organosiliciumverbindung in ein ortsfest verankertes Oligomerkondensat ein. Danach ist der Prozess der Tiefenhydrophobausrüstung des Behandlungsobjekts im Allgemeinen abgeschlossen. Die erforderliche Kontaktzeit zum Behandlungsobjekt beträgt mindestens eine Stunde, vorzugsweise 7–72 Stunden. Sie ist abhängig von den Applikationsbedingungen, d. h. den Substrateigenschaften (z. B. Feuchtegehalt, Porosität) bzw. Oberflächenbeschaffenheiten.

**[0054]** Im ersten Reaktionsschritt werden die Silane (A) im alkalischem Milieu durch Feuchtigkeit, die entweder im Dispersionsgel selbst oder in Form von Substrat-Hydroxylgruppen/Substrat-Hydraten im Zementstein enthalten ist, über Organosilanole bis hin zum Organosilantriol hydrolysiert. Die chemische Reaktivität, d. h. die Hydrolysegeschwindigkeit der jeweiligen Silane (A) hängt im besonderen Maße von der Struktur des organischen Alkylrestes, der Alkoxygruppen bzw. vom Substrat, sowie vom pH-Wert im Kapillarraum, der Temperatur und den weiteren Komponenten, beispielsweise Lösemittel, Tensiden, ab.

**[0055]** Schließlich polykondensiert das Organosilantriol über Partialkondensate bis zum Oligomer weiter, welches dann seinerseits mit den noch verbleibenden Hydroxylgruppen des Oligomeren, pro Monomereinheit ei-



ne, und mit den Hydroxylgruppen des Substrats zunächst unter Wasserstoffbrückenbindung und dann weiter bis hin zur Polykondensation kovalente Bindungen zwischen organischem und anorganischem Material einget, den Kapillarraum der Betonrandzone erfüllt und hydrophob ausrüstet.

**[0056]** Je nach Reaktivität der Silane und der Alkalität des Substrates nimmt die gesamte Prozedur der Tiefenhydrophobierung im Allgemeinen einen Zeitraum von ca. 2 bis 4 Wochen in Anspruch, wobei eine wasserabweisende Wirkung wesentlich schneller erzielt wird (nach ca. 8–12 h). Es wird eine Tiefenhydrophobierung erzielt, d. h. eine wirksame Eindringtiefe von mindestens 6 mm.

#### Beschreibung der Abbildungen

**[0057]** **Abb. 1:** Dargestellt ist der kapillare Transport der siliciumorganischen Verbindungen in der Betonrandzone.

**[0058]** **Abb. 2:** zeigt schematisch die Hydrolyse siliciumorganischer Verbindungen in der Porenlösung zementgebundener Werkstoffe (Beton).

**[0059]** **Abb. 3:** gibt schematisch die Polykondensation und Anbindung der Silanole auf der Oberfläche des zementgebundenen Werkstoffes (Beton) wieder.

**[0060]** Nachfolgend wird die Erfindung durch Beispiele erläutert, ohne sie darauf zu beschränken.

#### Beispiele

**[0061]** Alle Mengenangaben, Anteile und Prozentanteile sind, soweit nicht anders angegeben, auf das Gewicht und die Gesamtmenge bzw. auf das Gesamtgewicht der Zubereitungen bezogen.

#### Herstellung:

**[0062]** Die Komponenten verzweigte Polyacrylsäure (B) (vorzugsweise Carbopol), Aminoxide (C) und (D), Teile des Wasser (F) (maximal die Hälfte), sowie gegebenenfalls Alkohol und Break Thru® werden gemischt und für einige Zeit stehengelassen, bis sich ein hydrophiles Gel (Zwischenprodukt) gebildet hat.

**[0063]** Anschließend wird dann das Silan (A) hinzugegeben. Das nichtionische Tensid (E) wird portionsweise hinzugefügt, so dass sich eine erste Dispersion bilden kann und anschließend wird weiter nichtionisches Tensid (E) zudosiert, so dass das gebildete hydrophile Gel wachsen und sich in die gebildete Dispersion einbauen kann. Simultan wird portionsweise der verbleibende Wasseranteil zudosiert. Das Gemisch wird leicht gerührt, damit sich durch diesen Energieeintrag das disperse System schneller bildet.

**[0064]** Wenn sich eine weiße opake cremeartige Mischung gebildet hat, ist der Herstellungsprozess abgeschlossen.

#### Beispiel 1:

50 Gew.-% Isooctyltriethoxysilan  
 0,5 Gew.-% Carbopol ETD 2020  
 1 Gew.-% 70%iges wäßriges N-Methylmorpholinoxid  
 0,5 Gew.-% 30%iges wäßriges C8/C10-Alkyldimethylaminoxid  
 0,1 Gew.-% Break Thru®  
 27,5 Gew.-% Propylenglykol-1,2  
 15 Gew.-% Wasser  
 5,4 Gew.-% nichtionisches Tensid

#### Beispiel 2:

60 Gew.-% Isooctyltriethoxysilan  
 0,5 Gew.-% Carbopol ETD 2020  
 1 Gew.-% 70%iges wäßriges N-Methylmorpholinoxid  
 0,5 Gew.-% 30%iges wäßriges C8/C10-Alkyldimethylaminoxid

0,1 Gew.-% Break Thru®  
22,5 Gew.-% Propylenglykol-1,2  
10 Gew.-% Wasser  
5,4 Gew.-% nichtionisches Tensid

Beispiel 3:

70 Gew.-% Isooctyltriethoxysilan  
0,5 Gew.-% Carbopol ETD 2020  
1 Gew.-% 70%iges wäßriges N-Methylmorpholinoxid  
0,5 Gew.-% 30%iges wäßriges C8/C10-Alkyldimethylaminoxid  
0,1 Gew.-% Break Thru®  
12,5 Gew.-% Propylenglykol-1,2  
9 Gew.-% Wasser  
6,4 Gew.-% nichtionisches Tensid

Beispiel 4:

80 Gew.-% Isooctyltriethoxysilan  
0,5 Gew.-% Carbopol ETD 2020  
1 Gew.-% 70%iges wäßriges N-Methylmorpholinoxid  
0,5 Gew.-% 30%iges wäßriges C8/C10-Alkyldimethylaminoxid  
0,1 Gew.-% Break Thru®  
1,5 Gew.-% Propylenglykol-1,2  
8 Gew.-% Wasser  
8,4 Gew.-% nichtionisches Tensid

Beispiel 5:

50 Gew.-% Isooctyltriethoxysilan  
0,5 Gew.-% Carbopol ETD 2020  
1 Gew.-% 70%iges wäßriges N-Methylmorpholinoxid  
0,5 Gew.-% 30%iges wäßriges C8/C10-Alkyldimethylaminoxid  
0,1 Gew.-% Break Thru®  
25,5 Gew.-% Propylenglykol-1,2/Ethanol  
15 Gew.-% Wasser  
7,4 Gew.-% nichtionisches Tensid

Beispiel 6:

60 Gew.-% Isooctyltriethoxysilan  
0,5 Gew.-% Carbopol ETD 2020  
1 Gew.-% 70%iges wäßriges N-Methylmorpholinoxid  
0,5 Gew.-% 30%iges wäßriges C8/C10-Alkyldimethylaminoxid  
0,1 Gew.-% Break Thru®  
20,5 Gew.-% Propylenglykol-1,2/Ethanol  
9 Gew.-% Wasser  
8,4 Gew.-% nichtionisches Tensid

Beispiel 7:

70 Gew.-% Isooctyltriethoxysilan  
0,5 Gew.-% Carbopol ETD 2020  
1 Gew.-% 70%iges wäßriges N-Methylmorpholinoxid  
0,5 Gew.-% 30%iges wäßriges C8/C10-Alkyldimethylaminoxid  
0,1 Gew.-% Break Thru®  
9,5 Gew.-% Propylenglykol-1,2/Ethanol  
9 Gew.-% Wasser  
9,4 Gew.-% nichtionisches Tensid

## Beispiel 8:

80 Gew.-% Isooctyltriethoxysilan  
 0,5 Gew.-% Carbopol ETD 2020  
 1 Gew.-% 70%iges wäßriges N-Methylmorpholinoxid  
 0,5 Gew.-% 30%iges wäßriges C8/C10-Alkyldimethylaminoxid  
 0,1 Gew.-% Break Thru®  
 1,5 Gew.-% Ethanol  
 8 Gew.-% Wasser  
 8,4 Gew.-% nichtionisches Tensid

## Beispiel 9:

70 Gew.-% Isooctyltriethoxysilan  
 0,5 Gew.-% Carbopol ETD 2020  
 1 Gew.-% 70%iges wäßriges N-Methylmorpholinoxid  
 0,5 Gew.-% 30%iges wäßriges C8/C10-Alkyldimethylaminoxid  
 0,1 Gew.-% Break Thru®  
 20 Gew.-% Wasser  
 7,9 Gew.-% nichtionisches Tensid

## Beispiel 10:

80 Gew.-% Isooctyltriethoxysilan  
 0,5 Gew.-% Carbopol ETD 2020  
 1 Gew.-% 70%iges wäßriges N-Methylmorpholinoxid  
 0,5 Gew.-% 30%iges wäßriges C8/C10-Alkyldimethylaminoxid  
 10 Gew.-% Wasser  
 8 Gew.-% nichtionisches Tensid

Beispiel 11: Anwendung eines hydrophobierenden  
 Dispersionsgels mit einer Zusammensetzung gemäß Beispiel 2

## Herstellung der Proben

**[0065]** Die Anwendung des hydrophobierenden Dispersionsgels gemäß Beispiel 2 erfolgt auf einen Beton, der sich wie folgt zusammensetzt.

Betonrezeptur: W/Z Faktor 0.5			
Bezeichnung	Komponente	Massenanteile in kg/m <sup>3</sup>	Volumenanteil dm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
Sand, 0–4 mm		833,00	314,34
Sand, 4–8 mm		370,22	139,71
Kies, 8–16 mm		647,89	244,49
Zuschlag total		1.851,12	698,54
Portlandzement CEM I 42,5	Portland CEM I 42.5	350,00	111,46
Wasser		175,00	175,00
Betonverflüssiger	-	-	-
Luftporen (angenommen)		-	15,00
Total		2.376,12	1.000,00

Tabelle 1: Rezeptur der Betonplatte

**[0066]** Zur praktischen Herstellung des Betons wurden die oben aufgeführten Anteile auf ein Frischbetonvolumen von 70 Liter umgerechnet und die so festgelegten Komponenten in einem Zwangsmischer in der Reihenfolge Zuschlag, Zement und Wasser gegeben. Diese Mischung wurde anschließend für 60 Sekunden intensiv gemischt.

**[0067]** Diese Mischung wurde in eine Schalung, hergestellt aus Resopalplatten (ohne Schalöl), gegeben und mit einem Rütteltisch für ca 2 min verdichtet. Nach der Herstellung wurde die so gefüllte Schalung, abgedeckt mit einer PE-Folie, für 24 Stunden bei 20°C und 65% rel. Luftfeuchtigkeit gelagert. Nach diesem Zeitraum wurde die Platte ausgeschalt und für 7 Tage in Leitungswasser (Netz des KIT) gelagert. Anschließend erfolgte eine Lagerung für 90 Tage bei aussenklimatischen Bedingungen, aber geschützt vor Regen.

**[0068]** Auf je 1 Versuchsfeld der Betonplatte wurden mit einem Pinsel umgerechnet ca. 400 g/m<sup>2</sup> pro Hydrophobierungsmittel (Zusammensetzung gemäß Beispiel 2) auf die horizontal gelagerten Betonplatten aufgetragen. Jeweils 1 Versuchsfeld pro Platte wurde als Referenzfläche unbehandelt belassen.

**[0069]** Nach 14 Tagen – während dieses Zeitraums reagiert das Silan zum wasserabweisend wirkenden und die Kapillarinnenflächen auskleidenden Siliconharz – wurden aus den Platten Bohrkerne mit einem Durchmesser von 70 mm gebohrt. Diese Bohrkerne wurden mit einer modifizierten Werkzeugmaschinenfräse in 1 mm-Schritten abgefräst. In dem pro Frässchritt aufgefangenen Pulver wurde mittels FTIR-Spektroskopie (Methode siehe A. Gerdes, D. Oehmichen, B. Preindl and R. Nüesch, Chemical Reactivity of Silanes in Cement-Based Materials in: J. Silfwerbrand (ed.), Hydrohobe IV – Water Repellent Treatment of Building Materials, Aedificatio Publishers, Freiburg i.Br. 47–58 (2005)) der Gehalt an Isooctylpolysiloxan quantitativ bestimmt. In einem Abstand von 8.5 mm wurde für das hydrophobierende Dispersionsgel ein Wirkstoffgehalt von 3,4 mg/g Beton bestimmt.

Beispiel 12: Anwendung eines hydrophobierenden  
Dispersionsgels mit einer Zusammensetzung gemäß Beispiel 8

Herstellung der Proben

**[0070]** Die Anwendung des hydrophobierenden Dispersionsgels gemäß Beispiel 8 erfolgt auf einen Beton, der sich wie folgt zusammensetzt.

Betonrezeptur: W/Z Faktor 0.5			
Bezeichnung	Komponente	Massenanteile in kg/m <sup>3</sup>	Volumenanteil dm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
Sand, 0–4 mm		833,00	314,34
Sand, 4–8 mm		370,22	139,71
Kies, 8–16 mm		647,89	244,49
Zuschlag total		1.851,12	698,54
Portlandzement CEM I 42,5	Portland CEM I 42.5	350,00	111,46
Wasser		175,00	175,00
Betonverflüssiger	-	-	-
Luftporen (angenommen)		-	15,00
Total		2.376,12	1.000,00

Tabelle 2: Rezeptur der Betonplatte

**[0071]** Zur praktischen Herstellung des Betons wurden die oben aufgeführten Anteile auf ein Frischbetonvolumen von 70 Liter umgerechnet und die so festgelegten Komponenten in einem Zwangsmischer in der Reihenfolge Zuschlag, Zement und Wasser gegeben. Diese Mischung wurde anschließend für 60 Sekunden intensiv gemischt.

**[0072]** Diese Mischung wurde in eine Schalung, hergestellt aus Resopalplatten (ohne Schalöl), gegeben und mit einem Rütteltisch für 90 s verdichtet. Nach der Herstellung wurde die so gefüllte Schalung, abgedeckt mit einer PE-Folie, für 24 Stunden bei 20°C und 65% rel. Luftfeuchtigkeit gelagert. Nach diesem Zeitraum wurde die Platte ausgeschalt und für 7 Tage in Leitungswasser (Netz des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)) gelagert. Anschließend erfolgte eine Lagerung für 90 Tage bei aussenklimatischen Bedingungen, aber geschützt vor Regen.

**[0073]** Auf je 1 Versuchsfeld der Betonplatte wurden mit einem Pinsel umgerechnet ca. 400 g/m<sup>2</sup> pro Hydrophobierungsmittel (Zusammensetzung gemäß Beispiel 8) auf die horizontal gelagerten Betonplatten aufgetragen. Jeweils 1 Versuchsfeld pro Platte wurde als Referenzfläche unbehandelt belassen.

**[0074]** Nach 10 Tagen – während dieses Zeitraums reagiert das Silan zum wasserabweisend wirkenden und die Kapillarinnenflächen auskleidenden Siliconharz – wurden die Platten für 14 Tage bei einer Schräglage von 25° ins Freifeld ausgelagert. Dort waren die hydrophobierten Flächen Regen, Schnee Frost und Sonne ausgesetzt. Nach diesem Zeitraum wurden die Platten unter Laborbedingungen getrocknet. Anschließend wurden aus den Platten Bohrkern mit einem Durchmesser von 70 mm gebohrt. Diese Bohrkern wurden mit einer modifizierten Werkzeugmaschinenfräse in 1 mm-Schritten abgefräst.

**[0075]** In dem pro Frässchritt aufgefangenen Pulver wurde mittels FTIR-Spektroskopie (Methode siehe A. Gerdes, D. Oehmichen, B. Preindl and R. Nüesch, Chemical Reactivity of Silanes in Cement-Based Materials in: J. Silfwerbrand (ed.), Hydrohobe IV – Water Repellent Treatment of Building Materials, Aedificatio Publishers, Freiburg i.Br. 47–58 (2005)) der Gehalt an Isooctylpolysiloxan quantitativ bestimmt. In einem Abstand von 6.5 mm wurde für das hydrophobierende Dispersionsgel ein Wirkstoffgehalt von 3,0 mg/g Beton bestimmt.

Beispiel 13: Anwendung eines hydrophobierenden Dispersionsgels mit einer Zusammensetzung gemäß Beispiel 2, Messung in verschiedenen Tiefen

**[0076]** Die Herstellung der Betonplatten erfolgt analog zu den Beispielen 11 und 12.

**[0077]** Auf je 1 Versuchsfeld der Betonplatte wurde mit einem Pinsel umgerechnet ca.

**[0078]** 400 g/m<sup>2</sup> Hydrophobierungsmittel gemäß Beispiel 2, auf die horizontal gelagerten Betonplatten aufgetragen. Jeweils 1 Versuchsfeld pro Platte wurde als Referenzfläche unbehandelt belassen.

**[0079]** Nach 14 Tagen – während dieses Zeitraums reagiert das Silan zum wasserabweisend wirkenden und die Kapillarinnenflächen auskleidenden Siliconharz – wurden aus den Platten Bohrkern mit einem Durchmesser von 70 mm gebohrt. Diese Bohrkern wurden mit einer modifizierten Werkzeugmaschinenfräse in 7 Schritten abgefräst.

**[0080]** In dem pro Frässchritt aufgefangenen Pulver wurde mittels FTIR-Spektroskopie (Methode siehe A. Gerdes, D. Oehmichen, B. Preindl and R. Nüesch, Chemical Reactivity of Silanes in Cement-Based Materials in: J. Silfwerbrand (ed.), Hydrohobe IV – Water Repellent Treatment of Building Materials, Aedificatio Publishers, Freiburg i.Br. 47–58 (2005)) der Gehalt an Isooctylpolysiloxan quantitativ bestimmt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tab. 3 zusammengefasst.

Tab. 3: Gehalt Isooctylpolysiloxan in mm/g Beton, bestimmt durch FTIR-Spektroskopie

Eindringtiefe in mm	hydrophobierendes Dispersionsgel gemäß Beispiel 2 (Auftrag 400 g/m <sup>2</sup> )
	Gehalt in mg/g
0–0,5 mm	9,9
0,5–1 mm	6,3
2–3 mm	4,0
4–5 mm	5,5

6–7 mm	5,2
8–9 mm	3,4
10–11 mm	0,9

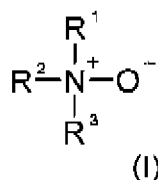
**[0081]** Die Gehalte bei den Eindringtiefen 2–3, 4–5, 6–7 und 8–9 mm liegen im Rahmen der Messgenauigkeit über 3,0 mg/g Beton.

### Patentansprüche

1. Hydrophobierendes Dispersionsgel, umfassend, bezogen auf eine Gesamtmenge von 100 Gew.-%, die Komponenten:

- (A) 50–80 Gew.-% Alkyltrialkoxysilan,
- (B) 0,3–1,0 Gew.-% verzweigte Polyacrylsäure,
- (C) 0,5–2,0 Gew.-% nicht-tensidisches Aminoxid,
- (B) 0,2–1,0 Gew.-% tensidisches Aminoxid,
- (E) 5,0–12 Gew.-% nichtionisches Tensid und
- (F) 8,0–40 Gew.-% Wasser,

wobei das nicht-tensidische Aminoxid (C) ein Aminoxid der allgemeinen Formel I ist,



wobei  $R^1$ ,  $R^2$  und  $R^3$  jeweils unabhängig voneinander gleich oder verschieden sind und ausgewählt sind aus  $C_1$ - $C_6$ -Alkylgruppen, welche unsubstituiert oder mit einer oder mehreren Hydroxylgruppen substituiert sind, wobei das tensidische Aminoxid (D) ausgewählt ist aus Alkyl-dimethylaminoxiden mit unverzweigten oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten  $C_6$ - $C_{16}$ -Alkylgruppen und wobei das Alkyltrialkoxysilan (A) allein oder in Mischung aus mehreren Alkyltrialkoxysilanen oder als Partialkondensat eines oder mehrerer Alkyltrialkoxysilane vorliegt.

2. Hydrophobierendes Dispersionagel gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich 0,1–30 Gew.-% Alkohol(e) enthalten sind, wobei die Gesamtmenge aller Komponenten 100% ergibt und wobei der Alkohol allein oder in Mischung vorliegt und ausgewählt ist aus der Gruppe von einwertigen verzweigten oder unverzweigten  $C_2$ - $C_6$ -Alkoholen, vorzugsweise Ethanol, n-Propanol, iso-Propanol, n-Butanol, sec.-Butanol, iso-Butanol, n-Pentanol oder iso-Pentanol, zweiwertigen  $C_2$ - $C_6$ -Alkoholen, vorzugsweise Ethylenglykol, 1,2-Propandiol, 1,3-Propandiol, 1,2-Butandiol oder 2,3-Butandiol, dreiwertigen  $C_3$ - $C_6$ -Alkoholen, vorzugsweise Glycerin, und Etheralkoholen, vorzugsweise Diethylenglykol, Triethylenglykol, Ethylenglykolmonoethylether, Diethylenglykolmonoethylether, Dipropylenglykolmonomethylether, Polyethylenglykole oder Polypropylenglykole.

3. Hydrophobierendes Dispersionsgel gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich 0,1–5 Gew.-% eines polyethermodifizierten Trisiloxans enthalten sind, wobei die Gesamtmenge aller Komponenten 100% ergibt.

4. Hydrophobierendes Dispersionsgel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Alkyltrialkoxysilan (A) als Alkylgruppe unverzweigte oder verzweigte  $C_1$ - $C_{15}$ -Alkylgruppen aufweist, welche vorzugsweise ausgewählt sind aus Methyl-, Ethyl-, n-Propyl-, iso-Propyl-, n-Butyl-, iso-Butyl-, n-Pentyl-, iso-Pentyl-, n-Hexyl-, iso-Hexyl-, n-Octyl-, iso-Octyl-, n-Decyl-, iso-Decyl-, n-Dodecyl-, iso-Dodecyl-, n-Tetradecyl-, iso-Tetradecyl-, n-Hexadecyl- und iso-Hexadecylgruppen, wobei eine iso-Octylgruppe (2,4,4-Trimethylpentyl-Rest) besonders bevorzugt ist und als Alkoxygruppen gleiche oder verschiedene unverzweigte oder verzweigte  $C_1$ - $C_6$ -Alkoxygruppen aufweist, welche vorzugsweise ausgewählt sind aus Methoxy-, Ethoxy-, n-Propoxy-, iso-Propoxy-, n-Butoxy-, iso-Butoxy-, n-Pentoxy-, oder n-Hexoxygruppen, wobei Ethoxygruppen besonders bevorzugt sind.

5. Hydrophobierendes Dispersionsgel gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Alkyltrialkoxysilan (A) 2,4,4-Trimethylpentyl-triethoxysilan ist.

6. Hydrophobierendes Dispersionsgel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die verzweigte Polyacrylsäure (B) ein Interpolymer der Acrylsäure ist, das mit Pentaerythrittriallylether vernetzte Polyacrylsäure darstellt.

7. Hydrophobierendes Dispersionsgel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwei der Reste  $R^1$ ,  $R^2$  und  $R^2$  des nicht-tensidischen Aminoxids (C) miteinander einen gesättigten Ring bilden, welcher gegebenenfalls ein weiteres Sauerstoffatom enthält.

8. Hydrophobierendes Dispersionsgel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Reste  $R^1$ ,  $R^2$  und  $R^3$  des nicht-tensidischen Aminoxids (C) unabhängig voneinander substituiert sind durch eine  $-N^+(R^1, R^2)-O$ -Gruppe, worin  $R^1$  und  $R^2$  die bereits genannte Bedeutung haben.

9. Hydrophobierendes Dispersionsgel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das nicht-tensidische Aminoxid (C) ausgewählt ist aus der Gruppe von Tris(2-hydroxyethyl)aminoxid, Tris(2-hydroxypropylaminoxid, Methyl-bis(2-hydroxyethyl)aminoxid, Ethyl-bis-(2-hydroxyethyl)aminoxid, Dimethyl-2-hydroxyethylaminoxid, Diethyl-2-hydroxyethylaminoxid, Dimethyl-2-hydroxypropylaminoxid, N-Methyl-morpholinoxid, N-Methyl-piperidinoxid, N,N,N',N'-Tetrakis(2-hydroxypropyl)-ethylendiamindioxid, N,N,N',N'-Tetrakis(2-hydroxyethyl)-ethylendiamindioxid, N-(2-Hydroxyethyl)-morpholinoxid und N-(2,3-Dihydroxypropyl)-morpholinoxid.

10. Hydrophobierendes Dispersionsgel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das tensidische Aminoxid (D) ausgewählt ist aus der Gruppe von n-Hexyl-dimethylaminoxid, n-Octyl-dimethylaminoxid, n-Decyldimethylaminoxid, n-Dodecyl-dimethylaminoxid, iso-Dodecyldimethylaminoxid oder Oleyl-dimethylaminoxid.

11. Hydrophobierendes Dispersionsgel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das nichtionische Tensid (E) ausgewählt ist aus Polyethylenglykol-monoalkylethern mit unverzweigten oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten  $C_6-C_{22}$ -Alkylgruppen und 2 bis 30 Ethylenoxid-Einheiten, vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe von Octaethylenglykol-monodecylether, Octaethylenglykol-monododecylether, Polyethylenglykol-mono-iso-tridecylether als Stoffgemisch von Verbindungen mit 5 bis 20 Ethylenoxid-Einheiten, Polyethylenglykol-mono-n-dodecyl/tridecyl/tetradecyl/pentadecylether als Stoffgemisch von Verbindungen mit 4 bis 25 Ethylenoxid-Einheiten, Monopropylenglykol-hexaethylenglykol-monodecyl/dodecyl/tetradecyl-ether, Octaethylenglykol-monotetradecylether, Decaethylenglykol-monooleylether und Polyethylenglykol-mono-n-hexadecyl/octadecyl/oleylether als Stoffgemisch von Verbindungen mit 6 bis 30 Ethylenoxid-Einheiten,

12. Verfahren zur Herstellung eines hydrophobierenden Dispersionsgels nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst die Komponenten (B) bis (D) und bis zu 20% der Komponente (F) bei Temperaturen zwischen  $0^\circ\text{C}$  und  $50^\circ\text{C}$  zu einem hydrophilen Zwischenprodukt miteinander verrührt werden und dem Zwischenprodukt anschließend unter fortgesetztem Rühren die Komponente (A), sowie schrittweise die Komponente (E) und ebenfalls schrittweise der verbleibende Anteil der Komponente (F) zugesetzt werden, wodurch sich eine multiple Dispersion ausbildet.

13. Verfahren zur Herstellung eines hydrophobierenden Dispersionsgels nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Mischung der Komponenten (B) bis (D) und (F) weitere Zusätze zugegeben werden.

14. Verwendung eines hydrophobierenden Dispersionsgels nach einem der Ansprüche 1 bis 11 zur Tiefenhydrophobierung von mineralischen Materialien durch Auftrag auf deren Oberflächen.

15. Verwendung eines hydrophobierenden Dispersionsgels nach Anspruch 14 zur Tiefenhydrophobierung von mineralischen Materialien, welche ausgewählt sind aus Beton, Leichtbeton, Ziegel oder Stahlbetonkonstruktionen.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

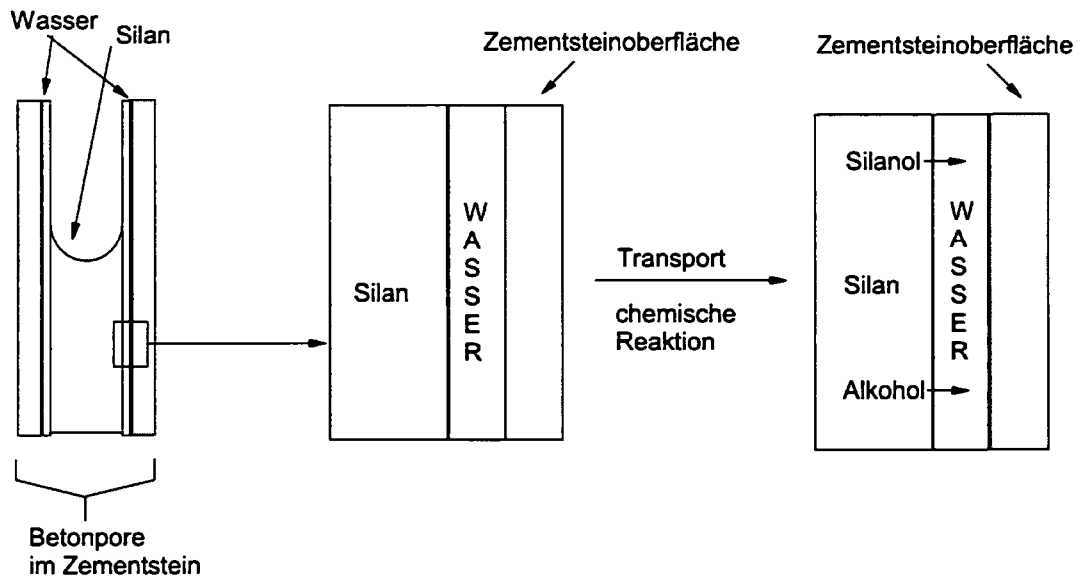


Abbildung 1

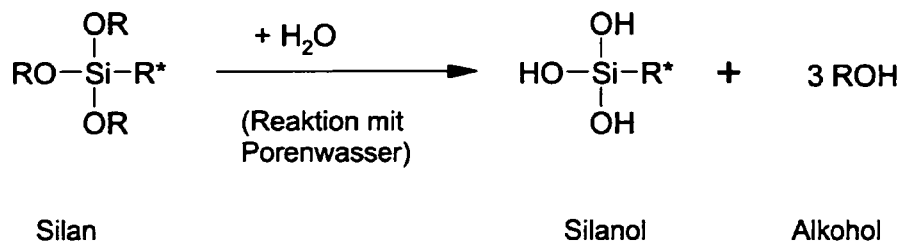


Abbildung 2

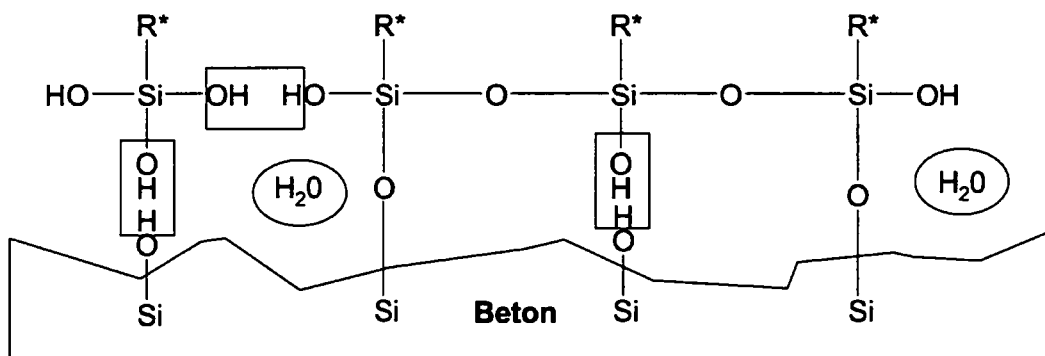


Abbildung 3