

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
26. August 2004 (26.08.2004)

PCT

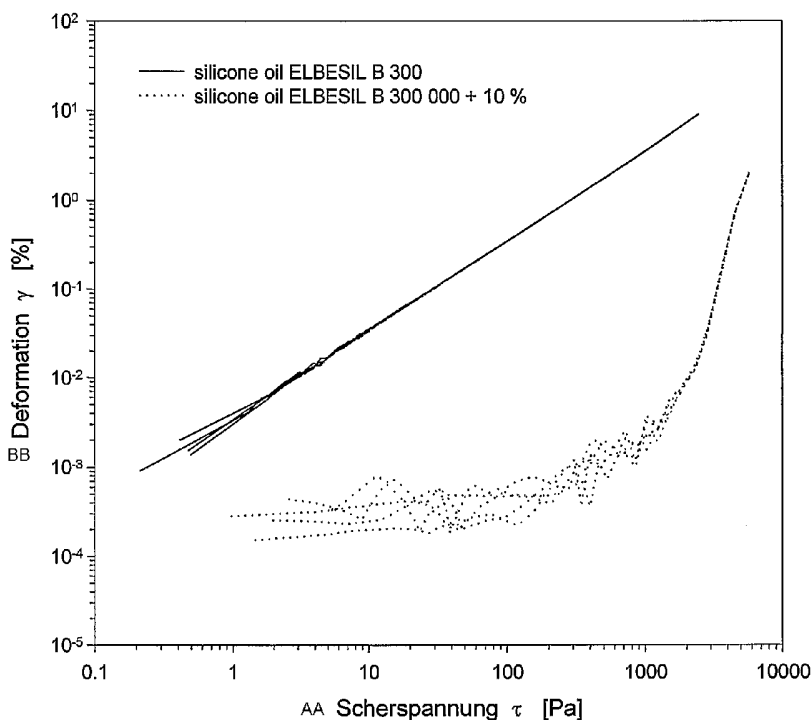
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/072202 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: C09K (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): STIFTUNG ALFRED-WEGENER-INSTITUT FÜR POLAR- UND MEERESFORSCHUNG [DE/DE]; Columbusstrasse, 27568 Bremerhaven (DE). VERITAS DGC INC. [US/US]; 10300 Town Park, Houston, TX 77072 (US).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2004/000299
- (22) Internationales Anmeldedatum:
12. Februar 2004 (12.02.2004)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BAUM, Christof [DE/DE]; Ablasserstrasse 14, 27632 Dorum (DE). HAUGLAND, Tor [NO/US]; 4411 Castle Court Place, Houston, TX (US).
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
103 07 762.6 16. Februar 2003 (16.02.2003) DE (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: VISCOELASTIC COATING PASTE FOR PROTECTING AGAINST MACROFOULING AND METHOD FOR PRODUCING A COATING

(54) Bezeichnung: VISKOELASTISCHE BESCHICHTUNGSPASTE ZUM SCHUTZ GEGEN MAKROBEWUCHS UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER BESCHICHTUNG



AA SHEAR STRESS
BB DEFORMATION

acts as a loss layer thereby having a self-cleaning effect. The flow point can be set by selecting the composition base of the paste and by the homogeneous mixing thereof with fillers that increase or decrease shear. The rheological switching behavior makes it possible to efficiently prevent permanent fouling on sea structures.

(57) Abstract: Marine organisms such as algae and barnacles, choose sea surfaces for colonizing, as a result of which loss of function and increase in weight and friction can disadvantageously occur. Silicone oils, permanently cross-linked silicone resins or silicone particles in cross-linked resins, all of which being used for protecting against fouling (top curve), do not achieve any optimal results since no individual adaptation to the prevailing environmental conditions ensues. The inventive polymeric coating paste, on the contrary, has a defined rheological switching behavior (bottom curve) based on a flow point, which can be set to the hydrodynamic and biological environmental conditions for the part and which is between 5 Pa and 2000 Pa above the wall shear stress of the unfouled part to be protected. When the part is in a state in which it is not fouled, the nontoxic and hydrophobic coating paste forms a solid colonization substrate. In the minimally burdened state, the coating paste liquefies and

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/072202 A2



AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Marine Organismen, wie beispielsweise Algen und Entenhalsmuscheln, wählen sich meerestechnische Oberflächen zur Besiedlung aus, wodurch nachteilig Funktionsverlust, Gewichts- und Reibungserhöhung auftreten können. Für den Bewuchsschutz eingesetzte Silikonöle (obere Kurve), permanent vernetzte Silikonharze oder Silikonpartikel in vernetzten Harzen erreichen keine optimalen Ergebnisse, da keine individuelle Anpassung an die herrschenden Umgebungsbedingungen erfolgt. Die polymere Beschichtungspaste nach der Erfindung weist hingegen ein definiertes rheologisches Schaltverhalten (untere Kurve) aufgrund eines auf die hydrodynamischen und biologischen Umgebungsbedingungen für das Bauteil einstellbaren Fließpunkts auf, der 5 Pa bis 2000 Pa oberhalb der Wandschubspannung des zu schützenden Bauteils in unbewachsenem Zustand liegt. Im unverschmutzten Zustand bildet die untoxische und wasserabweisende Beschichtungspaste ein festes Besiedlungssubstrat, im minimal belasteten Zustand verflüssigt sie sich und wirkt als Verlustschicht selbstreinigend. Der Fließpunkt ist durch die Wahl der Zusammensetzungsbasis der Paste und durch deren homogene Vermischung mit scherverzähenden oder scherverdünnenden Füllstoffen einstellbar. Durch das rheologische Schaltverhalten kann der permanente Bewuchs an meerestechnischen Konstruktionen effizient verhindert werden.

Viskoelastische Beschichtungspaste zum Schutz gegen Makrobewuchs und Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung

5 Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine viskoelastische, polymere Beschichtungspaste, die lösungsmittelfrei und wasserabweisend ist, als Besiedlungs-
substrat zum temporären, selbstreinigenden Schutz gegen natürlichen Makro-
bewuchs auf einem wasserbenetzten Bauteil und auf ein Verfahren zur
Herstellung einer Beschichtung als Besiedlungssubstrat unter Verwendung
einer lösungsmittelfreien und wasserabweisenden Beschichtungspaste zum
temporären, selbstreinigenden Schutz gegen natürlichen Makrobewuchs auf
einem wasserbenetzten Bauteil, insbesondere der Beschichtungspaste nach
der Erfindung, mittels einer Beschichtungsvorrichtung zum Aufbringen der
Beschichtungspaste.

Es ist ein bekanntes Problem, dass nach wenigen Tagen an wasserbenetzten
Bauteilen Biofouling auftritt. Dabei wählen sich marine Organismen, wie
beispielsweise Algen und Entenhalsmuscheln, meeres-technische Oberflächen
zur Besiedlung aus. Die vermehrte Besiedlung dieser für den Menschen
bedeutenden technischen Oberflächen führt meistens zum Verlust der
Funktion, zur Erhöhung des Gewichtes und der Reibung. Erhöhte Reibung
aufgrund der vergrößerten Oberfläche wirkt sich negativ auf die Stabilität der
Konstruktion oder den Treibstoffverbrauch aus, der zur Fortbewegung der
Konstruktion eingesetzt werden muss. Im Besonderen zerstören zusätzliche
Reibung und Gewicht die physikalische Kontrolle über kilometerlange
Messkabel, die für geophysikalische Beobachtungen im Zusammenhang mit
der Ölsuche eingesetzt werden. An derartigen Messkabeln („streamer“),
insbesondere an kantigen Verbindungsstellen, lagern sich Entenhalsmuscheln
(„barnacles“) besonders bevorzugt in großen Mengen an. Vermutliche Ur-
sachen hierfür sind die langsame Fortbewegung des Kabels in einer

Wassertiefe von ungefähr 10 m und die dadurch verursachte turbulente Strömung im Kabelbereich, die Entenhalsmuscheln bei der Auswahl eines Anheftungsplatzes bevorzugen. In Folge des Bewuchses kann unter Umständen Ausrüstung beschädigt werden. Bewachsene Kabel zeigen ein schlechtes Signal-Rausch-Verhalten und bedingen deshalb eine schlechtere Datenqualität. So erzeugen beispielsweise Entenhalsmuscheln ein niederfrequentes Hintergrundsignal im Bereich von 10 Hz bis 70 Hz. Um den Bewuchs von den Kabel zu entfernen, werden derzeit die Entenhalsmuscheln mechanisch von den Kabeln entfernt. Dies geschieht zum Teil von kleineren Booten aus. Die regelmäßige Reinigung erfordert Zeit, birgt Risiken für die ausführende Mannschaft und kann nur bei entsprechenden Witterungsbedingungen vorgenommen werden. Demgegenüber findet der Biofoulingprozess und der Anlagerungsprozess der Entenhalsmuscheln stetig statt. Dabei hängt der Grad des Foulings und der exponentielle Anstieg der Menge und Masse an Biofoulern im Wesentlichen von der Verfügbarkeit der Nährstoffe und der Temperatur ab. Allerdings wird Biofouling auch durch die Eigenschaften der bewachsenen Oberfläche bestimmt, die durch ihre Topographie, Benetzbarkeit und Viskoelastizität als entscheidende Kriterien gekennzeichnet ist.

20

Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, Beschichtungen mit wasserabweisenden Eigenschaften zu nutzen, um wasserbenetzte Bauteile gegenüber Metall-Korrosion oder Gummi-Versprödung zu schützen. Wasserabweisende Eigenschaften von Antifouling-Beschichtungen weisen gegenüber Organismen eine geringere Anheftungstendenz auf. Oberflächen, die wasserabweisend sind, zeigen eine niedrige Oberflächenspannung gegenüber wässrigen Medien. Beschichtungen mit niedriger Oberflächenspannung sind seit mehr als 20 Jahren im Antifouling-Bereich im Einsatz. Obwohl die zugrundeliegenden Wirkmechanismen nicht vollständig verstanden sind, gibt es eine Vielzahl experimenteller Anhaltspunkte, dass Oberflächen mit niedriger Oberflächenspannung und gleichzeitiger Scherbelastung die permanente Ansiedlung von Organismen erschweren. Insbesondere sind Silikon- und

30

Fluorocarbon- und Hydrocarbon-Harze bekannt für ihre niedrigen Oberflächenspannungen.

Bislang wurden für den Bewuchsschutz Silikonöle, vernetzte Silikonharze (vergleiche beispielsweise **DE 693 01 620 T2**, in der eine bewuchshemmende Silikonzusammensetzung aus einem Silikonharz mit einer Silikonflüssigkeit beschrieben wird) oder Silikonpartikel in vernetzten Harzen (vergleiche beispielsweise **DE 196 35 824 A1**, in der die Verwendung von vorvernetzten Silikon-Elastomer-Partikeln als Formulierungsbestandteil in Pulverlack-Zusammensetzungen beschrieben wird) eingesetzt. In den **technischen Informationen** von GE Research & Development Center (Technical Information Series, 97CRD062, May 1997, Class1) wird über die Vorteile von nichttoxischen Antifouling-Beschichtungen auf vernetzter Silikonbasis berichtet. Insbesondere wird der Einfluss von Füllstoffen, Vernetzungsdichte und Ölgehalt auf das Anheftverhalten von Entenhalsmuscheln untersucht. Es wurde ein hochvernetztes Polysiloxan-Polymer verwendet, dessen Schermodul über die Füllstoffe variierbar war. Festgestellt wird in dieser Information jedoch, dass die Füllstoffe einerseits keine Auswirkungen auf die Oberflächeneigenschaften der Beschichtung hatten, andererseits der Schermodul die Fouling-Anheftung beeinflusst. Dies jedoch mit der Aussage, dass niedrige Schermoduln eine größere Fouling-Akkumulation zur Folge haben. Die Ursache für dieses Verhalten wird nicht geklärt.

Permanent vernetzte Silikon-Beschichtungen sind als sogenannte „Fouling-Release Coatings“ bekannt (vergleiche beispielsweise **US 5.449.553**, in der ein Zweischichtsystem mit Silikonharz oder Silikonpartikeln in vernetzten Harzen beschrieben wird). Ebenso wie die reinen Silikonöle weisen auch die chemisch vernetzten Silikon-Beschichtungen im getrockneten Zustand keine Verhaltensänderungen gegenüber veränderten Umgebungsbedingungen auf. Somit erfordert die Reinigung solcher Antifouling-Oberflächen den massiven Einsatz mechanischer Mitteln von außen (Wasserstrahl) oder eine schnelle, scherende Bewegung während der Bewegung eines Bauteiles durch das Wasser. Die

Scherkräfte, die zur Reinigung solcher Oberflächen erzeugt werden müssen, sind abhängig von der Adhäsionskraft des Biofoulers, die meist im Bereich der mechanischen Belastbarkeit der Beschichtung von 10^5 Pa liegt. Beschädigungen („cracks“) in der Beschichtung sind daher häufig bei der Reinigung.

5 Zudem werden solche hohen Scherkräfte üblicherweise nur von schnellen Schiffen oder schnell bewegten Bauteilen erreicht, sodass derartige Antifouling-Coatings nicht ausreichend selbstreinigend sind. Weiterhin sind temporäre Beschichtungen auf der Basis von Wachsen oder Silikonprodukten für den Objektschutz, insbesondere von Autos und Schiffen, bekannt. Auch

10 diese Beschichtungen weisen jedoch keinen Fließpunkt auf. Desweiteren enthalten die Mischungen giftige Stoffe und sind lösungsmittelhaltig. Somit sind sie umweltbelastend und benötigen Aushärtzeiten zum Abbinden. Der **Veröffentlichung** „Experience with Non-Fouling Coatings for Mussel Control“ (A.C. Gross, Proc. of the Fourth Intern. Zebra Mussel Conf, Madison, Wisconsin, March 1994) ist ein Vergleich der oben genannten Öle und

15 chemisch vernetzten Harze und insbesondere ein Vergleich einer weichen Silikongummifarbe als foul-release-coating auch mit einem Silikon-Schmierstoff mit dem Namen „Slipstream“ (eine Herstellerangabe und physikalische Angaben oder Angaben über Inhaltsstoffe fehlen) zu entnehmen. Der getestete Silikon-Schmierstoff zeigt sich im Vergleich zu den öl-haltigen und vernetzten Silikonem jedoch unwirksam. Alle in den genannten Druckschriften aufgezeigten Antifouling-Beschichtungen zeigen jedoch unter variierenden Umgebungsbedingungen (schwächere oder stärkere Anströmung, mehr oder weniger angeheftete Fouling-Organismen) keine optimale Anpassung ihres

20 Verhaltens. Eine ausreichende Effektivität derartiger Bewuchsschutzschichten kann somit bislang nicht erreicht werden.

In der **Veröffentlichung** „Penaten[®] to control Zebra Mussel Attachment“ (von J.A. Magee et al., abzurufen unter http://sgnis.org/publicat/96_19.htm, Stand

30 10.01.03), von der die vorliegende Erfindung als nächstliegendem Stand der Technik ausgeht, wird beschrieben, dass die lösungsmittelfreien Hautpflegemittel „Penaten[®]-Creme“ (Fa. Johnson and Johnson Co., Hallein,

Deutschland) und „Desitin[®]-Creme“ (Fa. Pfizer Inc. New York, USA) als substratbildende Beschichtungspasten bei einem Test auf ihre Antifouling-Wirkung an einem wasserbenetzten Bauteil eine geringe Anheftungsrate für Zebra-Muscheln erzielten. Die Autoren führten diesen selbstreinigenden Effekt
5 der komplexen Mischung aus verschiedenen Kohlenwasserstoffen und Arzneien mit Zinkoxid zum einen auf die Toxizität des antibakteriell wirksamen Zinkoxids (40% w/v) zurück. Desweiteren vermuteten die Autoren einen bewuchshemmenden Einfluss aufgrund der Kohlenwasserstoffe (hydrophobes Petrolatum und Petroleum-Destillate). Ein direkter Zusammenhang mit den
10 wasserabweisenden und viskoelastischen Eigenschaften der Paste wurde jedoch nicht hergestellt.

Die **Aufgabe** für die vorliegende Erfindung ist daher darin zu sehen, eine derartige viskoelastische, polymere Beschichtungspaste so weiterzubilden,
15 dass diese optimale Antifouling-Eigenschaften als Besiedlungssubstrat zum temporären, selbstreinigenden Schutz gegen natürlichen Makrobewuchs auf einem wasserbenetzten Bauteil aufweist. Dabei sollen die Antifouling-Eigenschaften an die jeweiligen Umgebungsbedingungen für das zu schützende Bauteil anpassbar unter Erzielung einer großen Einsatzflexibilität sein. Die
20 erfindungsgemäße Beschichtungspaste soll weiterhin einfach und damit kostengünstig in ihrer Zusammensetzung aus handelsüblichen Materialien sein. Gleiches gilt für ihre Handhabung, die ein Verfahren zum Aufbringen ermöglichen soll, das mit einfachen Mitteln zuverlässig und wiederholbar durchführbar ist. Weiterhin soll es die Beschichtungspaste nach der Erfindung
25 auch ermöglichen, Bewuchs nach Bedarf auch im Bauteilbetrieb ohne den Einsatz von Umweltgiften zu entfernen.

Als **Lösung** für diese Aufgabe ist eine gattungsgemäße Beschichtungspaste der eingangs genannten Art gekennzeichnet durch eine untoxische
30 Zusammensetzung mit einem auf die hydrodynamischen und biologischen Umgebungsbedingungen für das Bauteil einstellbaren, den Übergang vom festen zum fließenden Zustand festlegenden Fließpunkt, der 5 Pa bis 2000 Pa

oberhalb der Wandschubspannung des zu schützenden Bauteils in unbewachsenem Zustand liegt, wobei die Einstellung des Fließpunkts durch die Wahl der Zusammensetzungsbasis der Paste und durch deren homogene Vermischung mit scherverzähenden oder scherverdünnenden Füllstoffen erfolgt. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen, die nachfolgend im Zusammenhang mit der Erfindung näher erläutert werden.

Bereits weiter oben wurde ausgeführt, dass Biofouling auch durch die Eigenschaften der bewachsenen Oberfläche bestimmt wird, die durch ihre Topographie, Benetzbarkeit und Viskoelastizität als entscheidende Kriterien gekennzeichnet ist. Es ist bisher zwar nicht bekannt, aus welchem Grund die Viskoelastizität einer Beschichtung auf das Biofouling Einfluss nimmt. Vergleicht man allerdings biologische Oberflächen mit geringem Aufwuchs miteinander, so fällt auf, dass - wie bei Fischen, Delfinen oder Tangen zu finden - teils weiche, teils hoch elastische, aggregierte, teils wasserlösliche, oder quellbare, thermisch reversibel oder chemisch vernetzte Schleime und Gele von den Körperoberflächen ausgebildet werden. Obwohl die Rheologie (Wissenschaft von der Deformation und dem Fließen der Stoffe) der biologischen Körperbedeckung mehr als einem Anspruch genügen muss, weisen viele dieser biologischen Schutzschichten einen Fließpunkt auf. Gezielte rheologische Untersuchungen an der Delfinhaut zur Bestimmung der Viskoelastizität gelbildender Komponenten zeigen, dass biologische Systeme durch Gelbildung sogar hohe Elastizitäten erreichen können, gekennzeichnet durch einen elastischen Schermodul oder auch Fließpunkt im Bereich von bis zu 10000 Pa. Oberhalb einer kritischen Belastungsgrenze kommt es zur Zerstörung der Struktur. Dieses Verhalten ist auch von Polymeren und Polymer-Mischungen bekannt. Da ein physikalisches Prinzip für Antifoulingstoffe nur verwendet werden kann, wenn der entscheidende rheologische Faktor bekannt ist, wurden im Rahmen der vorliegenden Erfindung entsprechende Untersuchungen durchgeführt. Diese Versuche zeigten unter Verwendung technischer Polymere als biomimetische Materialien, dass

Beschichtungen mit einem effizienten Bewuchsschutz immer einen Fließpunkt, der zusammen mit der Viskosität das viskoelastische Verhalten eines Materials beschreibt, aufweisen müssen. Zudem kann nur dann ein Bewuchsschutz erfolgen, wenn der Fließpunkt der Beschichtung im Bereich der Wandschubspannung der Testoberfläche liegt. Dieses Wissen hat es nun
5 ermöglicht, eine optimal wirksame und an die jeweiligen Umgebungsbedingungen anpassbare Beschichtungspaste als Bewuchsschutz auf einer fließmechanischen Basis zu entwickeln. Die Benetzbarkeit der Beschichtungspaste ist gering gegenüber dem Netzmittel Wasser. Im Meerwasser ist die Paste
10 gekennzeichnet durch Hydrophobie.

Die erfindungsgemäße Beschichtungspaste ahmt die viskoelastische Komponente biologischer Körperbedeckungen mit technischen Materialien nach. Im Sinn einer technisch anwendbaren Beschichtung ist sie neben ihrem
15 wasserabweisenden Charakter insbesondere gekennzeichnet durch einen ausgeprägten und charakteristischen Fließpunkt ihrer Viskoelastizität. Somit steht die erfindungsgemäße Beschichtungspaste ohne Verwendung von umweltbelastenden Giften den Bedürfnissen, die makroskopische Fouling-Organismen an Haftuntergründe stellen, konträr entgegen. Der Fließpunkt
20 definiert den Übergang zwischen dem elastischen Verhalten der Beschichtungspaste als Feststoff und dem viskosen Verhalten der Beschichtungspaste als Fluid in Abhängigkeit von der auftretenden, bekannten Wandschubspannung auf der Oberfläche des zu schützenden Bauteils. Der Erfindung liegt deshalb ein physikalisches Prinzip zur Bewuchsbeseitigung
25 zugrunde, das gleichsam auf der „rheologischen Schaltwirkung“ des gebildeten Besiedlungssubstrats basiert. Der Übergang vom festen zum fließenden Zustand ist das maßgebende Kriterium für eine erfolgreiche Beseitigung von angeheftetem Makrobewuchs. Durch diese Materialeigenschaft wird gewährleistet, dass die Beschichtungspaste sich unterhalb ihres Fließpunktes
30 wie ein viskoelastischer Festkörper verhält und an der Konstruktion sicher haftet. Durch eine auftretende geringe mechanische Belastung (z.B. durch das Gewicht von sich anheftenden Fouling-Organismen) wird der individuell

eingestellte Fließpunkt der Beschichtungspaste jedoch überschritten. Die Beschichtungspaste wird beweglicher, verliert die Eigenschaft eines tragfähigen Untergrundes und wird forminkonsistent. Die mechanischen Belastungen, die bei dieser Selbstreinigung aufgebaut werden, erzeugen die Bewuchsorganismen durch die Zunahme an Reibung und Eigengewicht selbst. Die Belastungen werden außerdem durch die Bewegung des Bauteiles in der Wasserströmung verstärkt. Im Gegensatz zu den bekannten Beschichtungen auf der Basis von Silikonölen oder vernetzten Silikon-Kunststoffen, die keinen definierten Fließpunkt und damit keine einstellbare rheologische Schaltfunktion zeigen (Silikonöle verhalten sich immer als Fluid, Silikon-Kunststoffe immer als Festkörper), ist die Festigkeit der aufgetragenen unernetzten Beschichtungspaste somit mit der Wandschubspannung unter Normalbetrieb verknüpft. Es ist deshalb von Vorteil, den Fließpunkt der Beschichtungspaste gezielt so zu wählen, dass bereits eine kleine Zunahme an Gewicht- oder Scherbelastung zu einer Bewegung der Paste führt.

Die erfindungsgemäße Beschichtungspaste erzeugt beim Auftragen eine glatte Oberfläche und ist selbstglättend unter Scherbelastung oberhalb ihres Fließpunktes. Sie wirkt sich deshalb trotz guter Selbstreinigungseigenschaften reibungsmindernd auf die zu schützende Konstruktion im unbewachsenen Zustand aus, wenn diese bewegt wird. Im bewachsenen Zustand stellt die Beschichtungspaste eine Verlustschicht dar. Die Haltbarkeit des mit der Beschichtungspaste gebildeten Besiedlungssubstrats kann nach Bedarf auf Tage oder Monate individuell eingestellt werden und hängt von der mechanischen Belastung des Substrats ab. Für geophysikalische Anwendungen kann beispielsweise eine Auslegung auf zwei Monate erfolgen. Die vorliegende Erfindung ermöglicht somit beispielsweise eine Beschichtung, die meerwasserbenetzte Oberflächen vor natürlichem Bewuchs schützt. Dadurch kann die permanente Anheftung von Organismen wie Entenhalsmuscheln an Hydrophonkabeln, den Stützen von Ölplattformen und Schiffsrümpfen wirksam und effizient verhindert werden. Erstmals ist durch die erfindungsgemäße Beschichtungspaste mit ihrer geringen Härte möglich, auch langsamere Schiffe

und langsam bewegte Bauteile (z.B. Messkabel) gegen störenden Bewuchs zu schützen.

Die Beschichtungspaste nach der Erfindung ist gekennzeichnet durch einen
5 charakteristischen und ausgeprägten Fließpunkt. Viele aus dem Stand der
Technik bekannte Pasten weisen auch einen Fließpunkt auf. Die bekannten
Pasten werden jedoch nicht als Beschichtungspasten sondern als
Dichtmassen gegen ein- und ausdringende, wässrige oder gasförmige Medien
10 verwendet (z.B. Vakuumsfett der Firma Dow Corning). Aufgrund ihrer Steifigkeit
bleiben derartige Pasten in den Lücken zwischen den Bauteilen aus z.B.
angeschliffenen Gläsern und gewährleisten den druckdichten Abschluss
gegenüber dem Stoffaustausch zwischen innerem und äußerem Milieu.
Temperaturbeständige Silikon-Pasten sind als Gleitmittel und damit zur
15 Schmierung zwischen beweglichen Bauteilen im Gebrauch. Die Fließfähigkeit
von Pasten ermöglicht allgemein deren Materialverteilung zwischen
beweglichen Bauteilen. Auch im marinen Bereich werden Pasten zur
Schmierung und Abdichtung verwendet (vergleiche beispielsweise das Produkt
„Orca Grease“ der Fa. Henleys Propellers & Marine Ltd, Glenfield, Neuseeland,
20 **Prospekt** abrufbar unter http://www.henleyspropellers.com/orca_grease.htm,
Stand 10.01.2003). Im Gegensatz zu der Beschichtungspaste nach der
vorliegenden Erfindung ist die Rheologie dieser bekannten Pasten jedoch
ausschließlich auf das Schmieren und Dichten eingestellt und nicht auf eine
Ausbildung als Beschichtungspaste zur Bildung eines Besiedlungssubstrats
gegen natürlichen Makrobewuchs.

25

Der Fließpunkt der Beschichtungspaste nach der Erfindung ist gekennzeichnet
durch einen die hydrodynamischen und biologischen Umgebungsbedingungen
für das Bauteil berücksichtigenden einstellbaren Fließpunkt, der 5 Pa bis 2000
Pa oberhalb der Wandschubspannung des zu schützenden Bauteils in
30 unbewachsenem Zustand liegt. Durch diese Einstellung geringfügig oberhalb
der unbelasteten Wandschubspannung ist sicher gewährleistet, dass die
Beschichtungspaste im unbewachsenem Zustand zwar eine feste Schicht

bildet, ein Anheften von marinen Organismen makroskopischer Größe durch Verflüssigung jedoch verhindert. Versuche auf See haben ergeben, dass dort vorwiegend solche Makro-Organismen auftreten, die gemäß einer Erfindungsfortführung eine Einstellung des Fließpunktes erforderlich machen, der 5 Pa bis 200 Pa oberhalb der Wandschubspannung des zu schützenden Bauteils in unbewachsenem Zustand liegt. Ziel der Beschichtungspaste nach der Erfindung ist die Abscherung von sich anheftenden Bewuchsorganismen. In diesem Fall soll die Beschichtung als Verlustschicht wirken. Um aber einen Abtrag der Schicht bereits unter reinen Strömungsverhältnissen mit höheren auftretenden Wandschubspannungen, beispielsweise bei größeren Unterwasserkonstruktionen, die größeren Schwankungen unterliegen, oder bei generell rauerer See, zu verhindern, können auch Beschichtungspasten mit höherliegenden Fließpunkten bis zu 2000 Pa zum Einsatz gelangen. Eine Anheftung von Bewuchsorganismen unter diesen erschwerten Umgebungsbedingungen kann dann trotzdem mit der Beschichtungspaste nach der Erfindung sicher verhindert werden. Weiterhin kann die Zusammensetzung der Beschichtungspaste nach der Erfindung vorteilhaft gekennzeichnet sein durch Silikon, Fluorocarbon oder Hydrocarbon als Hauptkomponente. Alle Stoffe sind ungiftig und zeigen geeignete Eigenschaften für ihren Einsatz. Polymerpasten mit Fluorocarbon sind jedoch handelsüblich nicht ohne Weiteres beziehbar, wohingegen Silikonpasten einfach und preiswert zu beziehen sind. Sie sind chemisch inert, werden nicht aufgenommen und zeigen keine negativen Wechselwirkungen mit vitalen biologischen Prozessen. Insbesondere unterliegen Silikone nicht dem schnellen Abbau durch Pilze und erzielen deshalb eine längere Schutzwirkung. Die Beimengung von antibakteriell wirksamen Zinkoxid ist deshalb nicht notwendig und schont die Umwelt. Die individuelle Einstellung des Fließpunkts erfolgt durch die Wahl der Zusammensetzungsbasis der Paste (flüssiges Öl oder feste Pastengrundlage) und durch deren homogene Vermischung mit scherverzähenden oder scherverdünnenden Füllstoffen. Vorteilhaft eignet sich insbesondere Silikonöl als flüssige Zusammensetzungsbasis. Durch Zugabe von scherverzähenden Füllstoffen (Additive) kann dieses in den pastösen Zustand überführt werden.

Beim bekannten Einsatz von reinen Silikonölen ist der Materialverlust relativ groß, sodass die Schutzdauer verringert ist. Silikonöle können jedoch durch Vermengung mit scherverzähenden Partikeln und Pasten in geeignete Beschichtungspasten mit einem Fließpunkt überführt werden. Weiterhin
5 können Hydrocarbone als Hauptkomponente verwendet werden. Besonders geeignet ist Petrolat, das die Basis zur Herstellung von Vaseline bildet. Hydrocarbone sind ungiftig und leichter zu entfernen als Silikone.

Bei einer flüssigen Zusammensetzungsbasis kann zur individuellen Einstellung
10 des Fließpunktes nach einer weiteren Fortführung der Erfindung vorteilhaft eine Vermischung mit Silika-, Metall- oder Metalloxid-Partikeln oder Partikeln oder Fasern aus biologischen Gerüstbausteinen, beispielsweise Zellulosepartikel oder -fasern, als scherverzähendem Füllstoff erfolgen. Der Gehalt an scherverzähendem Material ist nicht beschränkt, sondern richtet sich
15 nach der Höhe des Fließpunktes, der nur geringfügig oberhalb der Wand-schubspannung liegt, die an dem zu schützenden Bauteil anliegt. Die Form und Größe der scherverzähenden Materialien ist ebenfalls nicht beschränkt, sondern richtet sich nach der Größe der Bewuchsorganismen. Einzelne Kompositionen sind dem speziellen Beschreibungsteil zu entnehmen.

20 Nach einer weiteren Erfindungsausgestaltung kann eine Beimengung von formgebenden Partikeln in die Beschichtungspaste nach der Erfindung erfolgen. Dadurch ist ihre Oberflächentopographie nicht nur makroskopisch (Anpassung an den Verlauf des Untergrundes durch weiche Konsistenz)
25 sondern auch mikroskopisch variabel. Die Pastenoberfläche kann somit nach Bedarf durch Beimengen von formgebenden Partikeln verraut werden. Die Beimengung von Füllstoffen zielt auf eine Verringerung der Kontaktflächen zwischen Biofouler und zu schützender Oberfläche. Die Füllstoffe werden bevorzugt in der Paste homogen durch mechanische Mischung verteilt. Es ist
30 bekannt, dass geringe Rauigkeiten im Nanobereich besonders gut Algen und Bakterien von der Ansiedlung an meerestechnische Produkte verhindern können. Solche hydrodynamischen Oberflächen können durch die Beimengen

von strukturgebenden Nano- oder Mikropartikeln zu herkömmlichen Bindemitteln hergestellt werden (vergleiche DE 101 17 945 A1). Die Beschichtungspaste auf Silikonbasis, die in dieser Erfindung beschrieben wird, ist für eine derartige Mischung geeignet, denn zur Mischung ist lediglich ein zusätzlicher Homogenisierungsschritt notwendig. Zusammenfassend gesehen ist die Beschichtungspaste unter Belastung forminkonsistent, wasserabweisend und weich. Diese Eigenschaften der Paste sind den Vorlieben, die viele marine Organismen, insbesondere Entenhalsmuscheln, an ihren Besiedlungsuntergrund stellen, gegenläufig. Damit kann die Beschichtungspaste nach der Erfindung eine optimale Effizienz bei der Vermeidung von marinem Bewuchs auf Unterwasserflächen erreichen. Zur Erzeugung einer hydrodynamischen Oberfläche ist es darüber hinaus gemäß einer nächsten Erfindungsausgestaltung vorteilhaft, wenn eine Beschichtungsstärke gewählt wird, die die Höhe der Oberflächenrauigkeit und der mechanischen Belastung des zu beschichteten Bauteils, die angestrebte Lebensdauer der Beschichtung und/oder den Bewuchsdruck berücksichtigt. Somit kann die selbstglättende Beschichtung auch gezielt zum Ausgleich von Oberflächenrauigkeit verwendet werden. Da die Beschichtung im belasteten Zustand eine Verbrauchsschicht ist, kann über die gewählte Schichtstärke die Standzeit der Beschichtung eingestellt werden. Bevorzugt kann es sich hierbei um eine Beschichtungsstärke zwischen 0,02 mm bis 5 mm handeln. Die Beschichtung ist wirksam auf festen und flexiblen Untergründen und arbeitet in einem Temperaturbereich zwischen -20°C und 400°C .

Die weiche Beschichtungspaste nach der Erfindung verformt sich auf flexiblen Untergründen (z.B. beweglichen Messkabeln) und kann so optimal aufgebracht werden. Die Herstellung einer Beschichtung als Besiedlungssubstrat ist einfach herzustellen, aufzurauen und im Bedarfsfall auch einfach mechanisch oder chemisch wieder zu entfernen. Die Maßnahme ist kostengünstig und auch von Laien anzuwenden. Eine Wiederholung des Beschichtungsvorganges ist jederzeit möglich. Der Kontakt ist für Menschen unbedenklich und stellt kein Risiko für die marine Umwelt dar. Die Beschichtungspaste enthält keine

Lösungsmittel und ist selbst nicht flammbar. Die Beschichtung ist nach Auftrag direkt gebrauchsfertig. Eine Wartezeit, in der Lösungsmittel verdampft oder ein Vernetzungsprozess stattfindet, entfällt. Der Einsatz der Beschichtungspaste nach der Erfindung auf See ist sicher und unkompliziert und deshalb von
5 Vorteil. Ein bevorzugtes Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung als Besiedlungssubstrat unter Verwendung einer elastoviskosen, polymeren Beschichtungspaste zum temporären, selbstreinigenden Schutz gegen natürlichen Makrobewuchs auf einem wasserbenetzten Bauteil, die lösungsmittelfrei und wasserabweisend ist, insbesondere in einer zuvor beschriebenen
10 Ausführungsform, mittels einer Beschichtungsvorrichtung zum Aufbringen der Beschichtungspaste, ist gekennzeichnet durch einen ersten Beschichtungsvorgang mittels Aufpolieren oder Aufsprühen der Beschichtungspaste auf das zu schützende Bauteil im trockenen und sauberen Zustand und im Bedarfsfall durch weitere oder erneute Beschichtungsvorgänge des
15 vorbeschichteten Bauteils unter Wasser. Zum Aufpolieren können Tücher oder Bürsten verwendet werden. Vorteilhaft ist insbesondere eine Beschichtungsvorrichtung mit gleitenden, vibrierenden oder rotierenden Elementen oder einer Kombination davon. Zur Vermeidung von Wiederholungen wird bezüglich weiterer Einzelheiten auf den speziellen Beschreibungsteil verwiesen. Es ist
20 ein Vorteil der Beschichtungspaste mit Fließpunkt, dass ein erneuter Auftrag der Paste möglich ist. Dies ist bei den etablierten Foul-Release-Beschichtungen nicht möglich. Es ist ebenso ein Vorteil gegenüber permanenten Beschichtungen, dass die Paste gegebenenfalls mit Hilfe mechanischer Kräfte oberhalb des Fließpunkts oder durch den Einsatz von Tensiden oder
25 Seifen vom Bauteil entfernt werden kann. Da die Paste nur bei Bewuchs eine Verlustschicht darstellt, besteht außerdem die Möglichkeit, überschüssiges Material nach Beendigung des Einsatzes rückzugewinnen, so dass ein Stoffkreislauf realisiert werden kann. Dieser Vorteil ist bei Silikonölen oder vernetzten Harzen nicht gegeben.

Ausbildungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand der schematischen Figuren näher erläutert. Dabei zeigt :

- Figur 1** ein mit Entenhalsmuscheln bewachsenes Messkabel,
5 **Figur 2..5** Belastungseigenschaften verschiedener Beschichtungspasten auf Silikonbasis,
Figur 6 ein mit Beschichtungspaste versehenes Messkabel
Figur 7 das mechanische Spektrum einer Beschichtungspaste auf Silikonbasis und
10 **Figur 8** eine Beschichtungsvorrichtung.

Die **Figur 1** zeigt ein Foto von einem unbehandelten Messkabel (Streamer) für Explorationszwecke. Deutlich ist zu erkennen, dass die Befestigungsmanschetten (Pfeil) mit Entenhalsmuscheln bewachsen sind.

15

Die Beschichtung auf der Basis der Beschichtungspaste nach der Erfindung ist gekennzeichnet durch einen Fließpunkt (**Figuren 2 bis 5**). Der Fließpunkt der Beschichtungspasten ist geringfügig höher als die Wandschubspannung (5 Pa bis 2000 Pa, bevorzugt 5 Pa bis 200 Pa), die auf das unbewachsene Bauteil
20 einwirkt. Der Fließpunkt ist jedoch niedriger als die Wandschubspannung, die auf das bewachsene Bauteil einwirkt. Die Diagramme in den **Figuren 2 bis 5** zeigen im doppelt-logarithmischen Maßstab die Belastungseigenschaften verschiedener Beschichtungspasten auf Silikonbasis nach der Erfindung. Aufgetragen ist die Deformation γ [%] über der Scherspannung τ [Pa]. Die
25 Kurven wurden mit einem spannungskontrollierten Rheometer aufgenommen (Haake RS 150, Kegel-Platte-Geometrie, Kegeldurchmesser 35 mm, Öffnungswinkel 1° , Messtemperatur $T = 20\text{ C}^\circ$). Der jeweilige Fließpunkt der getesteten Beschichtungspasten erscheint als Knick in der Messkurve. Unterhalb des Fließpunktes verhält sich die Beschichtungspaste wie ein viskoelastischer
30 Festkörper, oberhalb des Fließpunktes wie ein viskoelastisches Fluid.

Eine Mischung einer weichen Silikonpaste (Elbesil BM, Fa. Böwing, Deutschland) mit 10% (w/w) hydrophoben Silika-Nano-Partikeln (12 nm Partikelgröße, Aerosil R974, Fa. Degussa, Deutschland) führte zu einem deutlichen Anstieg des Fließpunktes (**Figur 2**). Das gleiche Resultat wurde
5 erhalten bei einer Mischung einer härteren Silikonpaste (Elbesil BH, Fa. Böwing, Deutschland) mit 5% (w/w) hydrophilen Silika-Nano-Partikeln (12 nm Partikelgröße, Aerosil 200, Fa. Degussa, Deutschland) (**Figur 3**).

Im Gegensatz zu den Beschichtungspasten zeigte das reine Silikonöl (Elbesil
10 B 300 000, Böwing, Deutschland) keinen Fließpunkt (**Figur 4 oben**). Ein Fließpunkt konnte jedoch über die Beimischung von 10% (w/w) hydrophilen Nano-Partikeln (12 nm Partikelgröße, Aerosil 200, Fa. Degussa, Germany) zum Silikonöl induziert werden (**Figur 4 unten**).

15 Eine Mischung aus der weichen Silikonpaste (Elbesil BM, Fa. Böwing, Deutschland) und nano-porigen Zellulose-Mikro-Partikeln (nominale Porengröße 100-300 nm, Partikelgröße 20 µm, Fa. Fluka, Deutschland) zeigte eine Änderung des Fließpunktes in Abhängigkeit von der Konzentration der Additive (**Figur 5**). Die Beimengung von 35% Füllstoff resultierte in einer Erhöhung des
20 Fließpunktes um drei Größenordnungen im Gegensatz zur Mischung mit 10% Füllstoff oder einer Paste ohne Füllstoff. Die Mischung mit 35% Füllstoff zeigte eine raue Oberfläche.

Die durchgeführten rheologischen Charakterisierungen von Silikonölen und
25 Silikonpasten mit rheologisch wirksamen Additiven zeigen, dass durch das Beimengen von partikulären Additiven Fließpunkte erreicht werden können, die zwischen 200 und 7000 Pa liegen. Somit kann gezielt ein rheologisches Schaltverhalten bei der Beschichtungspaste nach der Erfindung herbeigeführt werden.

30

Die **Figur 6** zeigt das Aussehen einer mit Silikonpaste nach der Erfindung beschichteten Oberfläche eines Streamer-Messkabels nach drei Wochen Ver-

suchszeit. Auf die Oberfläche war eine dünne Schicht Silikonpaste (0,2 bis 1 mm dick) aufpoliert worden. Aufgrund der wasserabweisenden (hydrophoben) Eigenschaften der Beschichtung erscheinen die Meerwassertropfen als kleine Perlen. Ein Bewuchs ist nicht mehr zu erkennen.

5

Die **Figur 7** zeigt das mechanische Spektrum (doppelt-logarithmische Darstellung) einer weichen Silikonpaste (ELBESIL BM, Fa. Böwing, Deutschland) nach einem Frequenzdurchgang mit ansteigender Frequenz von 0,01 bis 100 Hz (Scherspannung 15 Pa, Temperatur 20°C). Der exponentielle, nicht-lineare Abfall des Speichermoduls G' mit abfallender Frequenz korrelierte mit der Fließpunkt-Charakteristik der Deformationskurven (Figuren 2-5). Der Abfall der dynamischen Viskosität η' war dagegen annähernd linear. Die Abwesenheit einer nichtlinearen Viskositätskurve belegt, dass die Messungen im linear viskoelastischen Bereich durchgeführt wurden. Die Kurven zeigen weiterhin, dass eine innere induzierte Bewegung zur Erhöhung der Fließfähigkeit führt. Dieses Verhalten kann dazu genutzt werden, um bei der Schichtherstellung durch schnelle oszillierende Bewegung (z.B. Vibration) eine Glättung der Oberfläche zu erreichen und die Silikonschichten zu verkleinern. Dabei richtet sich die Dicke der Beschichtung nach der Oberflächenrauigkeit der zu beschichtenden Oberfläche und sollte deren Unregelmäßigkeiten ausgleichen. Weist zum Beispiel die Oberfläche einer Streamer-Kabeloberfläche eine laterale Rauigkeit von 20 μm bis 50 μm auf, ist vorzugsweise eine Beschichtung in der Dicke von 50 μm vorzunehmen. Andere Schichtdicken sind möglich, denn die Wahl der Schichtdicke richtet auch nach der Langlebigkeit der Beschichtung, die bei Bewuchs als Verlustschicht wirkt, nach der Häufigkeit der mechanischen Verlagerung und nach dem Besiedlungsdruck.

Neben dem Silikon, beispielsweise Siloxan, können auch Fluoro- oder Hydrocarbon, beispielsweise Petrolatum, als Hauptkomponente eingesetzt werden. Im Folgenden werden einige Kompositionsbeispiele und die temperaturabhängig erreichbaren Fließpunkte angegeben. In der Praxis kann dann

30

anhand der gezeigten Tabellen die richtige Zusammensetzung für den gewünschten Fließpunkt ausgewählt werden.

a) Pasten mit polymerem Siloxan

5

Komposition	Fließpunkt (Pa) bei Seewassertemperatur (°C)				
	5	10	20	30	45
AK 100 + 5% H18	120	120	120	120	120
AK 100 + 5% H20 RC	90	90	90	90	90
AK 300 + 10% HKSC	200	200	200	200	200
AK 300 + 15% HKSC	450	450	450	450	450

Dabei werden in den Kompositionen folgende Zutaten verwendet :

AK 100/ 300 – Poly-Dimethyl-Siloxan-Öl (Fa. Wacker)

Elbesil BM/ BH - Silikonpasten (Fa. Böwing)

10

b) Pasten mit polymerem Hydrocarbon

Komposition	Fließpunkt (Pa) bei Seewassertemperatur (°C)				
	5	10	20	30	45
Petrolatum	110	90	15	keiner	keiner
Petrolatum + Aerosil 200			32		
Petrolatum + 5% H18			30		
Petrolatum + 5% HKS C			110		
Petrolatum +15% H18	900	750	300	30	
Petrolatum + 15% HKS C	600	450	250	90	
Petrolatum + 20% HKS C	1000	900	250	90	
PWax-Paste		1900	700	210	70

Dabei werden in den Kompositionen folgende Zutaten verwendet :

Petrolatum – medizinischer Grad DAB 8 (Fa. Riedel de Haen)

Aerosil 200 – hydrophobe Silika-Nanopartikel (Fa. Degussa)

5 H18 – Poly-Dimethyl-Siloxan-gebundene Silika-Nanopartikel (Fa. Wacker)

H20 RC – Alkyd-gebundene Silika-Nanopartikel (Fa. Wacker)

HKS C - Alkyd-gebundene Silika-Nanopartikel (Fa. Wacker)

Die Komposition der in der Tabelle genannten PWax-Paste ist folgende :

10

20.0 Teile weißes Petrolatum, medizinischer Grad DAB 8 (Fa. Riedel de Haen)

1,35 Teile weißes Bienenwachs, medizinischer Grad

1,50 Teile Poly-Dimethyl-Siloxan-gebundene Silika-Nanopartikel H18 (Fa. Wacker)

15

0,50 Teile Alkyd-gebundene Silika-Nanopartikel HKS C (Fa. Wacker)

0,50 Teile Alkyd-gebundene Silika-Nanopartikel H20 RC (Fa. Wacker)

1,00 Teile simethische, anastase Form von Titanium-dioxid- Nanopartikeln, Eusolex T (Fa. Merck)

20

Die einzelnen Komponenten werden auf eine Temperatur von 80°C aufgeheizt, gemischt und 2 Stunden mit einem Stator-Rotor- Mixer (Symex) gequirt.

25 Silikonöle oder silikon Bienenwachse können bei solchen Pasten mit polymeren Hydrocarbonen, wie beispielsweise der PWax-Paste, eingesetzt werden, um die Temperaturabhängigkeit des Fließpunktes zu reduzieren. Die Verwendung von silikon Bienenwachsen stellt eine einfache Methode dar, Silikone in die PWax-Paste einzubauen. Dabei ergibt sich eine hohe Stabilitätssicherheit und eine Verringerung des Ausblühens der Silikonöle.

30 Weiterhin ist eine solche Komposition unkritisch für menschliche Haut, allerdings schlechter biologisch abbaubar im Vergleich zu einer Paste, die kein Silikon enthält.

Die Beschichtung einer wasserbenetzten Oberfläche mit der Paste kann durch Aufsprühen oder Polieren erfolgen. Wird die Paste aufpoliert, sind gleitende, rotierende oder vibrierende Bewegungen bevorzugt, weil Bewegung oberhalb des Fließpunktes die Beschichtungspaste beweglicher macht. Dabei kann
5 zum einfacheren Aufbringen die Paste zunächst mit einem Lösungsmittel vermischt werden, das schnell nach dem Aufbringen verdampft und die Funktionsfähigkeit der Paste nicht beeinflusst..

Der Prototyp eines Applikators ist in **Figur 8** dargestellt. Die gezeigte Bürstenform (weißer Pfeil) besteht aus einem vierzügigen Seil mit Manila-Fasern, das
10 1,5mal um das Messkabel gewickelt ist. Zur Politur wird Beschichtungspaste zwischen die Umwicklung gegeben und auf der Oberfläche des Messkabels grob verteilt, sodass während der Einholens und Auslegens des Messkabels die Paste fest auf die Oberfläche gedrückt wird. Das eine Ende dieser Bürste
15 ist an einem Fixpunkt befestigt, während das andere Ende der Bürste mit einem Gewicht beschwert ist. Durch diese Anordnung wird erreicht, dass die Bürste immer eng am Kabel unabhängig von den Vertiefungen und Erhebungen des Kabels anliegt. Die erreichte Schichtdicke beträgt etwa 0,02 mm bis 1 mm. Die Menge an Beschichtungspaste, die für ein Messkabel
20 mit einem Durchmesser von 6,4 cm benötigt wird, beträgt etwa 5 kg Beschichtungspaste auf 1 km Kabellänge. Andere Ausführungsformen, beispielsweise mit einer umlaufenden Ringbürste, sind ebenfalls möglich. Eine saubere und trockene Oberfläche erhöht die Effizienz des ersten Beschichtungsvorganges. Die wiederholte Beschichtung kann später auch unter Wasser
25 vorgenommen werden, bevorzugt aber an trockenen Oberflächen.

Zur Beschichtung von zum Messkabel zugehörigen Gegenständen, wie beispielsweise Befestigungsmanschetten und Tiefen-Kontroll-Einheiten, wird die Beschichtungspaste mit einem Farbroller oder einem Tuch auf die
30 trockenen Oberflächen verteilt und aufpoliert. Die beschichteten Oberflächen halten Bewuchs für etwa zwei Monate von der Ausrüstung fern, wobei zwei bis drei Auf- und Abspulvorgänge in diesem Zeitraum durchgeführt werden

können. Muss die Beschichtung entfernt werden, so ist die Entfernung durch mechanische Behandlung möglich (z.B. unter Verwendung eines Hochdruckreinigers). In Bezug auf die Ausführung der Erfindung auf der Basis von Silikonen können auch Seifen (z.B. VP 840, Böwing, Germany) oder
5 organische Lösungsmittel (z.B. Waschbenzin) verwendet werden.

Patentansprüche

- 5 1. Viskoelastische, polymere Beschichtungspaste, die lösungsmittelfrei und wasserabweisend ist, als Besiedlungssubstrat zum temporären, selbstreinigenden Schutz gegen natürlichen Makrobewuchs auf einem wasserbenetzten Bauteil **gekennzeichnet durch** eine untoxische Zusammensetzung mit einem auf die hydrodynamischen und biologischen Umgebungsbedingungen für das Bauteil einstellbaren, den Übergang vom festen zum fließenden Zustand festlegenden Fließpunkt, der 5 Pa bis 2000 Pa oberhalb der Wandschubspannung des zu schützenden Bauteils in unbewachsenem Zustand liegt, wobei die Einstellung des Fließpunkts durch die Wahl der Zusammensetzungsbasis der Paste und durch deren homogene Vermischung mit scherverzähenden oder scherverdünnenden Füllstoffen erfolgt.
- 10 15
2. Beschichtungspaste nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** einen Fließpunkt, der 5 Pa bis 200 Pa oberhalb der Wandschubspannung des zu schützenden Bauteils in unbewachsenem Zustand liegt.
- 20 3. Beschichtungspaste nach Anspruch 1 oder 2, **gekennzeichnet durch** eine Zusammensetzung mit Silikon, Fluorocarbon oder Hydrocarbon als Hauptkomponente.
4. Beschichtungspaste nach Anspruch 3, **gekennzeichnet durch** Silikonöl als flüssige Zusammensetzungsbasis.
- 25 5. Beschichtungspaste nach Anspruch 3, **gekennzeichnet durch** Petrolatum als Hydrocarbon.
- 30 6. Beschichtungspaste nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **gekennzeichnet durch** eine Vermischung mit Silika-, Metall- oder Metalloxid-Partikeln oder

Partikeln oder Fasern aus biologischen Gerüstbausteinen als scherverzähendem Füllstoff.

7. Beschichtungspaste nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **gekennzeichnet durch** eine Beimengung von formgebenden Partikeln.

8. Beschichtungspaste nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **gekennzeichnet durch** eine Beschichtungsstärke, die nach der Höhe der Oberflächenrauigkeit und der mechanischen Belastung des zu beschichteten Bauteils, der angestrebten Lebensdauer der Beschichtung und/oder dem Bewuchsdruck gewählt ist.

9. Beschichtungspaste nach Anspruch 8, **gekennzeichnet durch** eine Beschichtungsstärke zwischen 0,02 mm bis 5 mm.

15

10. Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung als Besiedlungssubstrat unter Verwendung einer viskoelastischen, polymeren Beschichtungspaste zum temporären, selbstreinigenden Schutz gegen natürlichen Makrobewuchs auf einem wasserbenetzten Bauteil, die lösungsmittelfrei und wasserabweisend ist, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 9, mittels einer Beschichtungsvorrichtung zum Aufbringen der Beschichtungspaste, **gekennzeichnet durch** einen ersten Beschichtungsvorgang mittels Aufpolieren oder Aufsprühen der Beschichtungspaste auf das zu schützende Bauteil im trockenen und sauberen Zustand und im Bedarfsfall durch weitere oder erneute Beschichtungsvorgänge des vorbeschichteten Bauteils unter Wasser.

25

11. Verfahren nach Anspruch 10, **gekennzeichnet durch** eine Beschichtungsvorrichtung mit gleitenden, vibrierenden oder rotierenden Elementen oder einer Kombination davon.

30

1/8

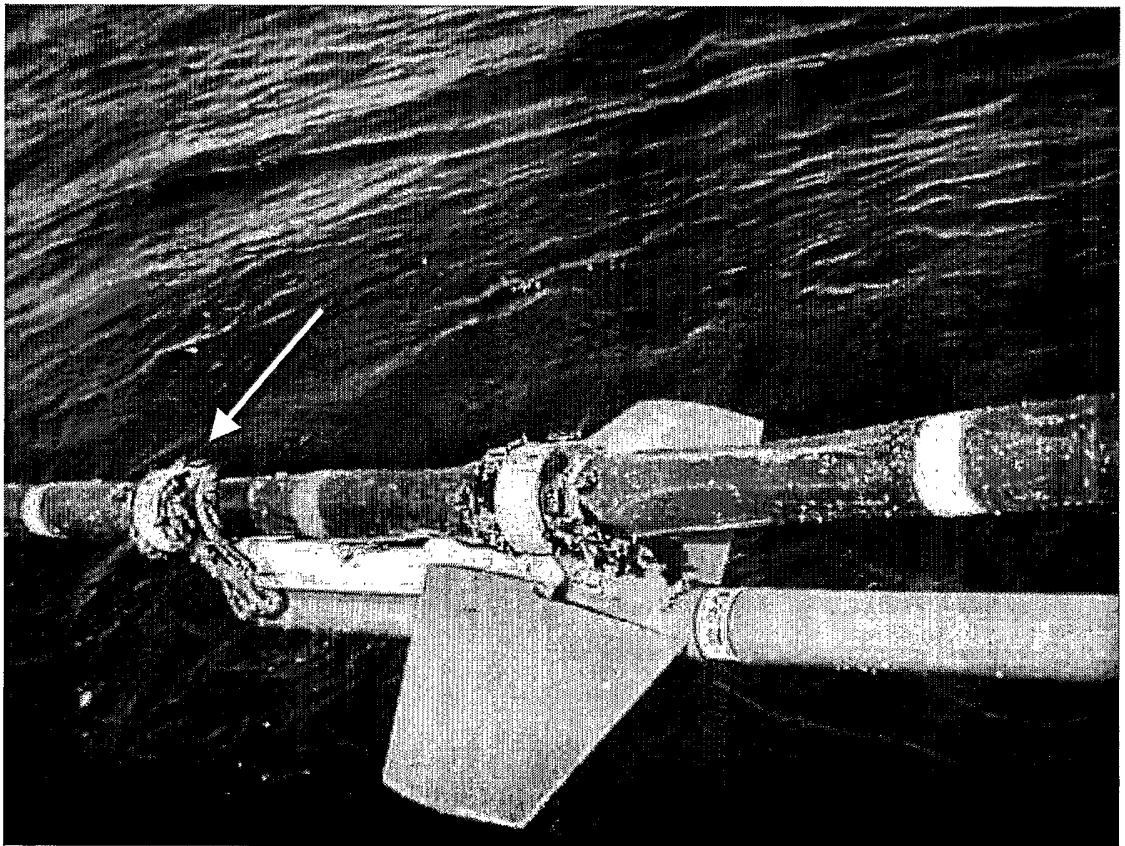


Fig.1

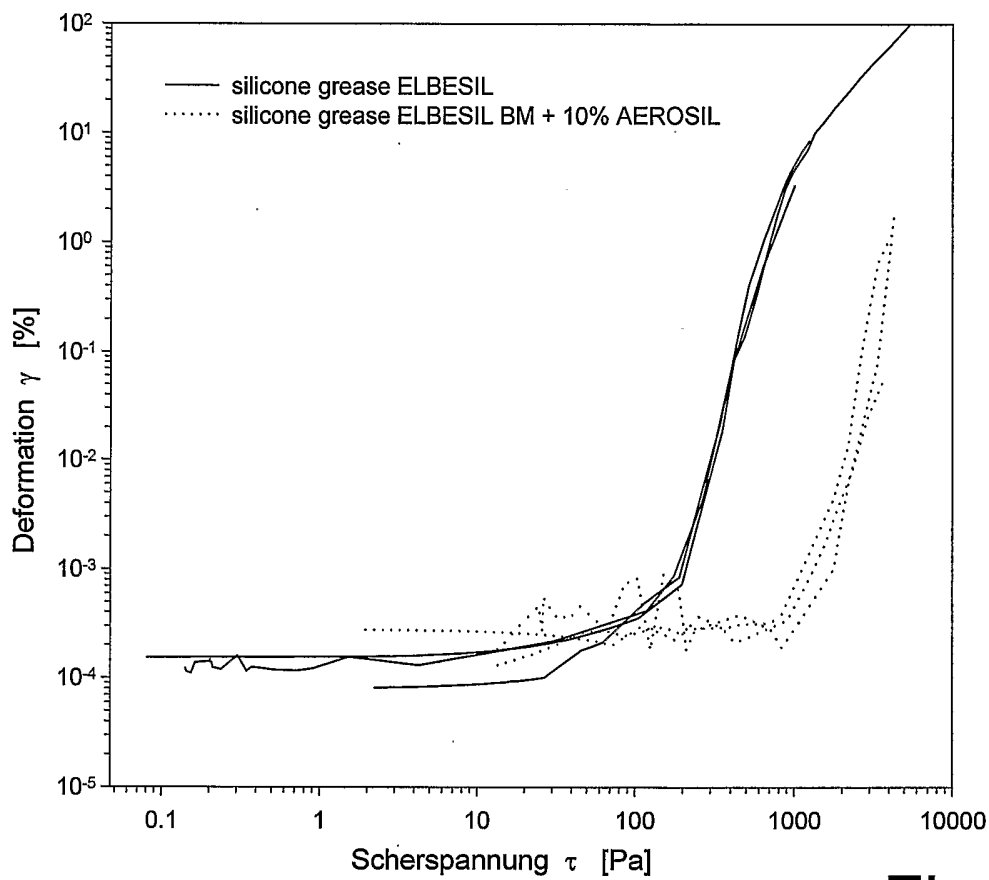


Fig 2

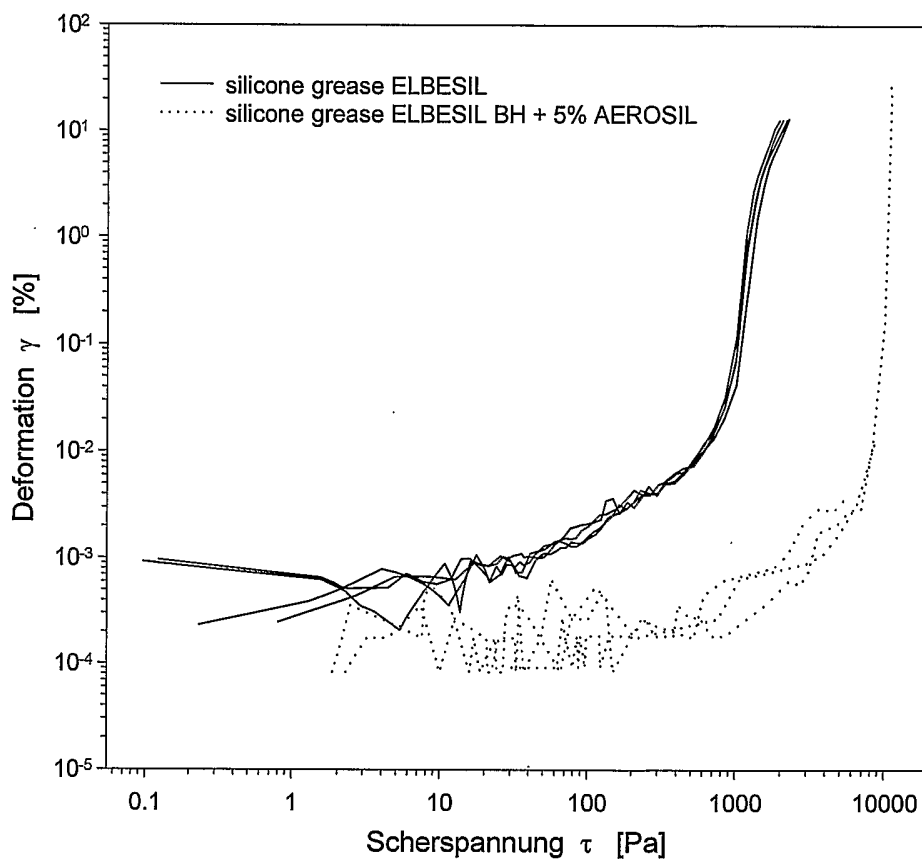


Fig 3

4/8

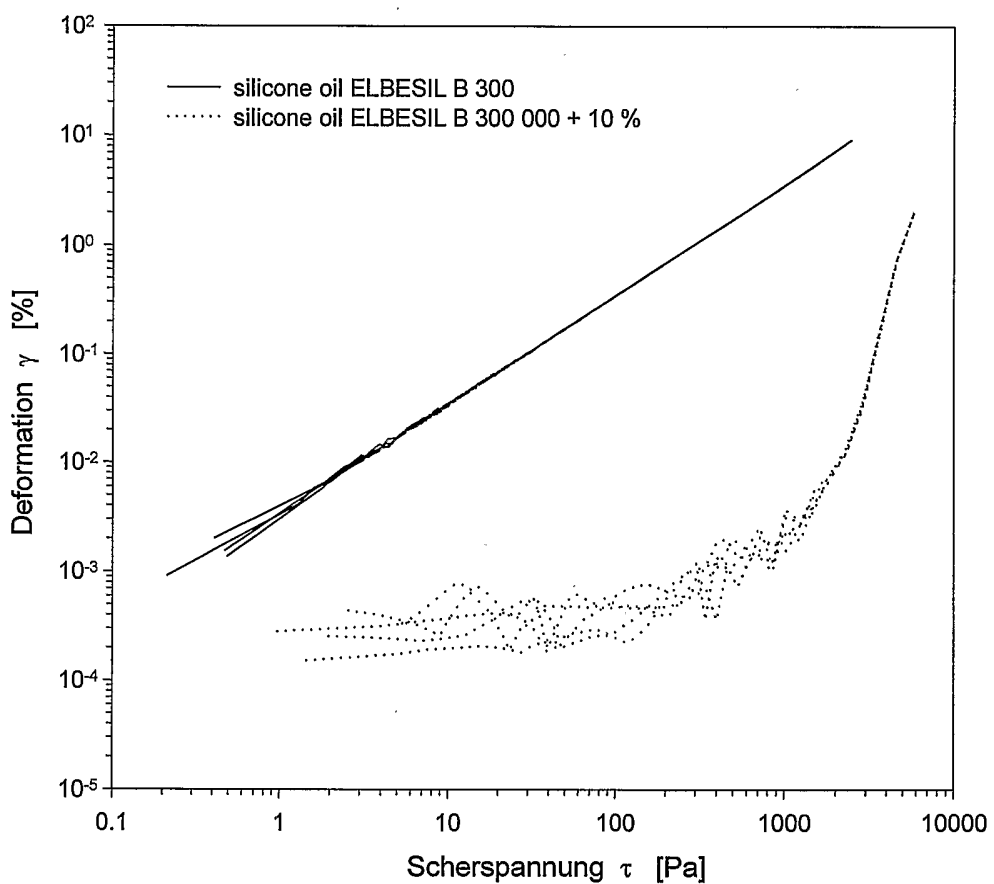


Fig 4

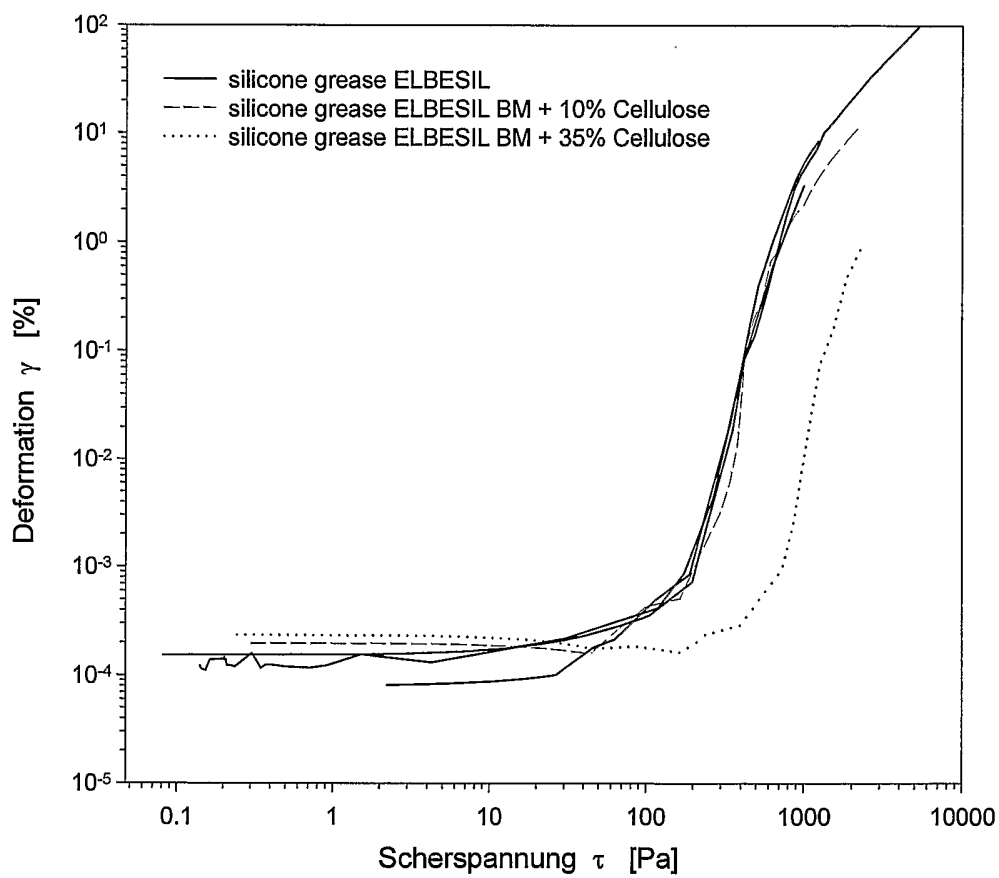


Fig 5

6/8

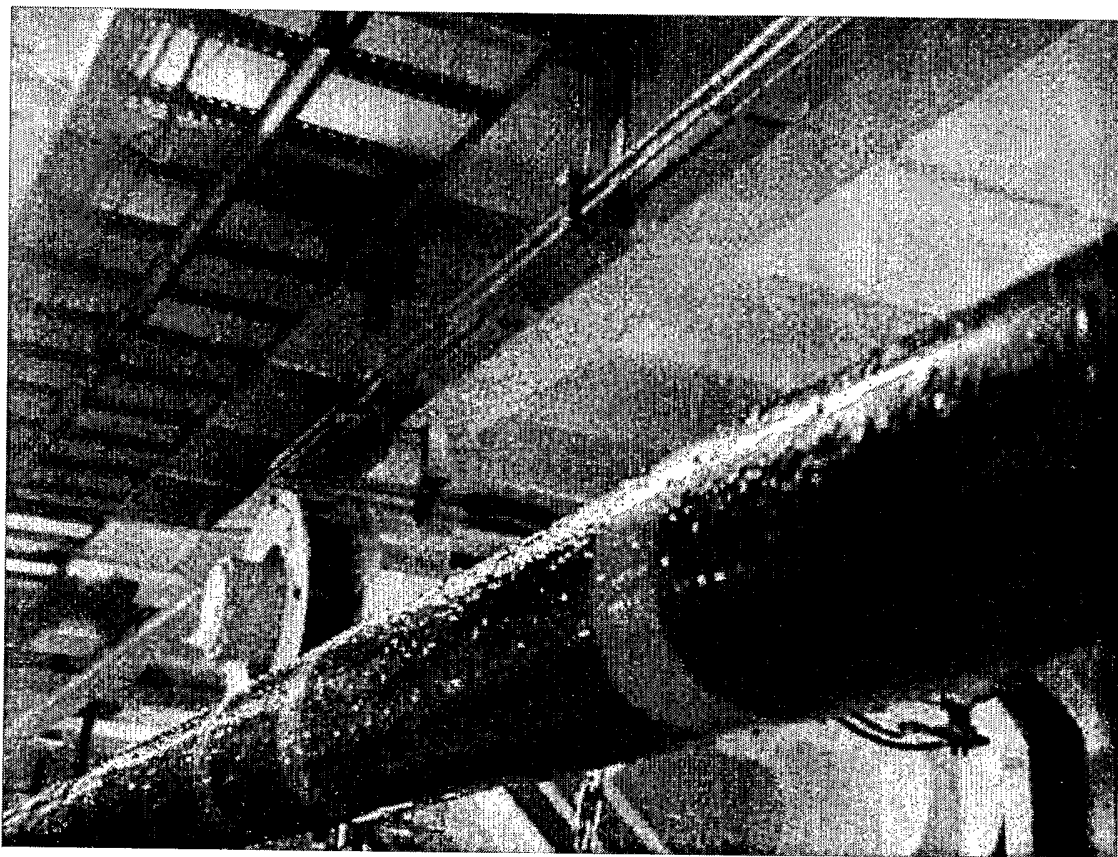


Fig 6

7/8

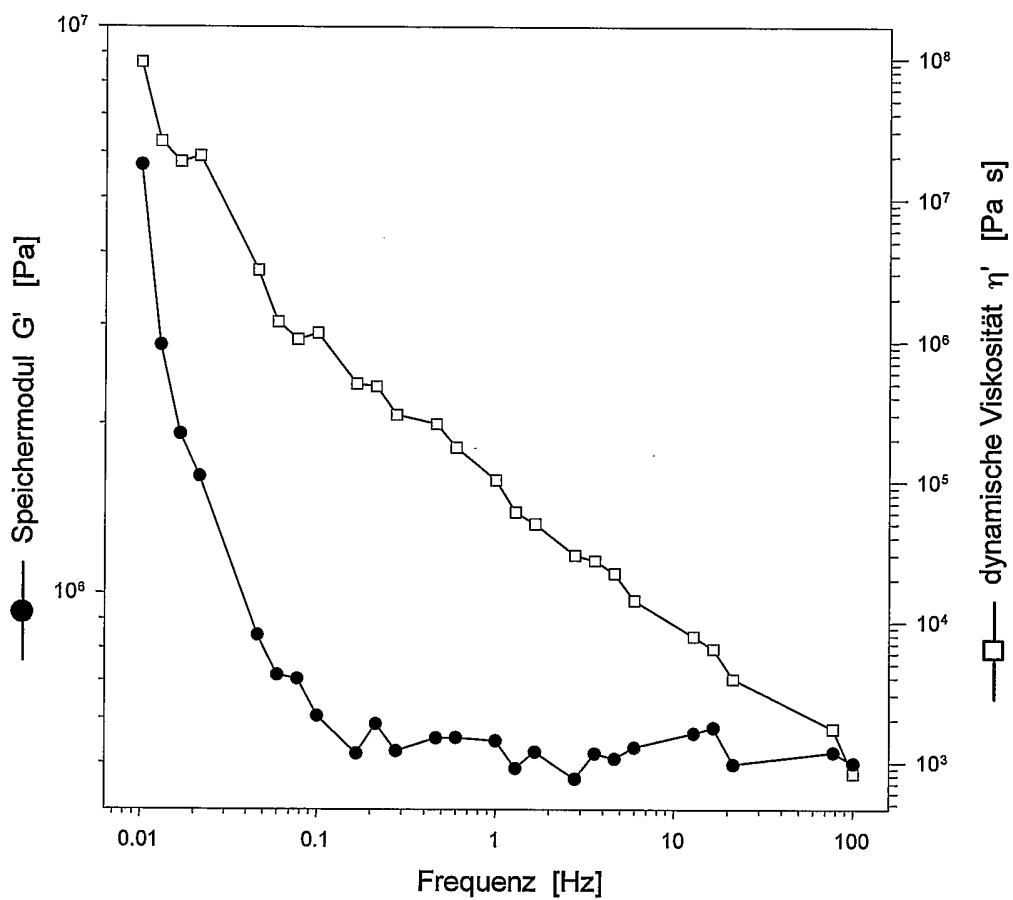


Fig 7

8/8

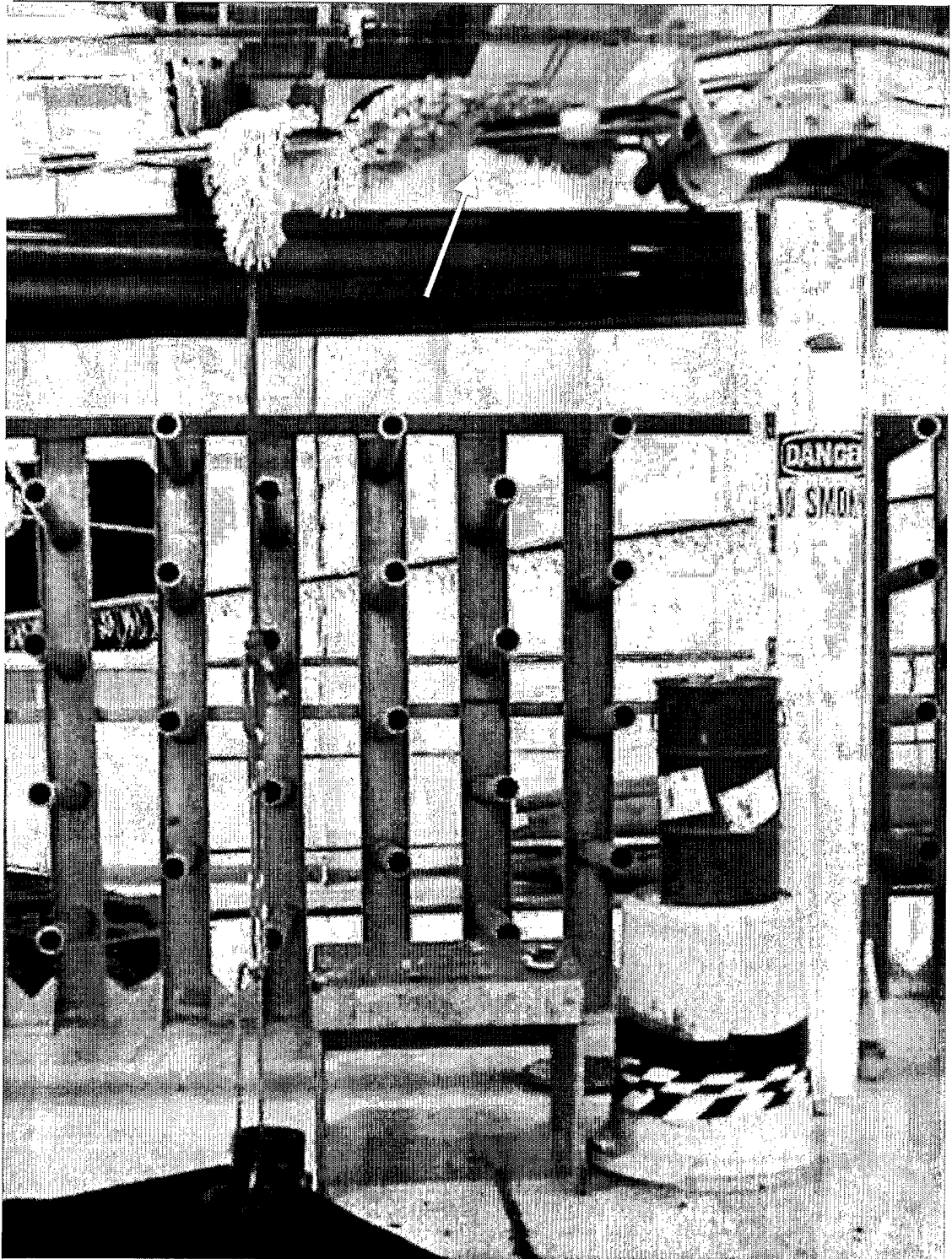


Fig 8