

(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
30. Juli 2009 (30.07.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/092762 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
C07F 15/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/050715

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Januar 2009 (22.01.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102008000156.2 25. Januar 2008 (25.01.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **WACKER CHEMIE AG** [DE/DE]; Hanns-Seidel-
Platz 4, 81737 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KÖLLNBERGER,**
Andreas [DE/DE]; Mögling 3, 94431 Pilsting (DE).

(74) Anwalt: **MIESKES, Klaus**; c/o Wacker Chemie AG,
Hanns-Seidel-Platz 4, 81737 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ,
LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK,
MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE,
SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(54) Title: HYDROSILYLATION REACTIONS ACTIVATED THROUGH RADIATION

(54) Bezeichnung: DURCH BESTRAHLUNG AKTIVIERTE HYDROSILYLIERUNGSREAKTIONEN

(57) Abstract: The present invention relates to new platinum catalysts that can be activated through ultraviolet and/or visible radiation, the manufacture thereof, use thereof in cross-linkable silicon compositions, and silicon elastomers produced therefrom through radiation.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft neue durch ultraviolette und/oder sichtbare Strahlung aktivierbare Platinkatalysatoren, deren Herstellung, ihre Verwendung in vernetzbaren Siliconzusammensetzungen, sowie die daraus durch Bestrahlung hergestellten Siliconelastomere.



WO 2009/092762 A1

Durch Bestrahlung aktivierte Hydrosilylierungsreaktionen

Die vorliegende Erfindung betrifft neue durch ultraviolette und/oder sichtbare Strahlung aktivierbare Platinkatalysatoren, deren Herstellung, ihre Verwendung in vernetzbaren Siliconzusammensetzungen, sowie die daraus durch Bestrahlung hergestellten Siliconelastomere.

Im Allgemeinen erfolgt in additionsvernetzenden Siliconzusammensetzungen der Vernetzungsvorgang über eine Hydrosilylierungsreaktion, bei der als Katalysator üblicherweise Platin oder ein anderes Metall aus der Platingruppe eingesetzt wird. Bei der katalytisch ablaufenden Reaktion werden aliphatisch ungesättigte Gruppen mit Si-gebundenem Wasserstoff zur Reaktion gebracht, um die additionsvernetzbare Siliconzusammensetzung über den Aufbau eines Netzwerks in den elastomeren Zustand zu überführen.

Nach dem Stand der Technik erfolgt die Aktivierung der eingesetzten Katalysatoren normalerweise thermisch, d.h. die additionsvernetzbare Siliconzusammensetzung muss folglich für den Vernetzungsvorgang erwärmt werden. Gemäß dem Stand der Technik muss dabei die Siliconzusammensetzung häufig auf ein Substrat aufgebracht werden, wie dies zum Beispiel bei Beschichtungsvorgängen, bei ausgewählten Verguss-, Molding- und Co-Extrusions- oder sonstigen Formgebungsverfahren der Fall ist. Der eigentliche Vulkanisationsvorgang erfolgt in diesem Fall durch einen Erwärmungsprozess, für den oftmals kosten- und energieintensive Anlagen betrieben werden müssen.

Mit der Verwendung von Mischungen, die durch ultraviolette und/oder sichtbare Strahlung vernetzt werden können, geht demgegenüber bei vielen Applikationen eine teilweise erhebliche Kosteneinsparung einher. In der Folge kann eine Energie- und Prozesskosteneinsparung und damit eine entsprechende Produkti-

vitätssteigerung erzielt werden. Zudem ermöglicht die Vernetzung über ultraviolette und/oder sichtbare Strahlung oftmals eine kontinuierliche Fertigung, die gegenüber einem diskontinuierlichen Batch-Prozess weitere Produktivitätsvorteile mit sich bringt. Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus der Tatsache, dass insbesondere bei Mehrkomponentenbauteilen, wie beispielsweise Hart-Weich-Verbunden, die als Verbundpartner neben einem elastomeren Material beispielsweise einen Thermoplasten enthalten, durch den Verzicht auf einen temperaturintensiven Fertigungsschritt den thermisch bedingten Verzug des Bauteils verhindern.

In der Fachliteratur wird eine Vielzahl von Platinkomplexen beschrieben, die sich dazu eignen, durch Strahlung eine Hydrosilylierungsreaktion zu initiieren. Alle beschriebenen Platinkatalysatoren können durch Licht aktiviert werden und sind auch nach Abschalten der Lichtquelle dazu befähigt, Siliconzusammensetzungen zu vernetzen. Dieser Vorgang ist dem Fachmann als Dunkelreaktion bekannt.

In **EP 0 122 008 B1** werden UV-vernetzbare Siliconzusammensetzungen beschrieben, die als photosensitiven Katalysator einen (η -Diolefin) (σ -aryl)-Platinkomplexe enthalten. Als vorteilhaft wird eine hohe katalytische Aktivität angeführt. Ungeachtet dessen zeichnet sich diese Katalysatorklasse jedoch durch eine mäßige Dispergierbarkeit in der Siliconmatrix aus. Zudem bedarf es zur lichtinduzierten Zersetzung des Platinkatalysators der Verwendung von sehr kurzwelliger UV-C-Strahlung, was zwangsläufig zu einer hohen Ozonbelastung in der direkten Umgebung einer Fertigungsstraße führt.

EP 0 561 919 B1 beschreibt ein Verfahren zur strahlenvernetzenden Hydrosilylierung, bei dem die Zusammensetzungen neben (η -Diolefin) (σ -aryl)-Platinkomplexen zusätzlich einen radikalischen Photoinitiator enthalten, der aktinische Strahlung absor-

biert und auf diese Weise zu einer Erhöhung der Lichtausbeute beiträgt. Diese Kombination aus (η -Diolefin)(σ -aryl)-Platinkomplex und radikalischem Photoinitiator ermöglicht die Initiierung einer Hydrosilylierungsreaktion mit einem beschleunigten Vernetzungsvorgang. Allerdings muss die Verwendung einer zusätzlichen Komponente grundsätzlich als nachteilig angesehen werden, da dies den Herstellprozess entsprechend aufwendiger gestaltet.

10 In **EP 0 398 701 B1** werden demgegenüber Pt(II)- β -diketonatkomplexe beansprucht, die den Vorteil einer langen Topfzeit in Verbindung mit einer kurzen Gelzeit bei Belichtung besitzen. Die relativ polaren Verbindungen zeigen jedoch den Nachteil einer schlechten Löslichkeit in der Siliconmatrix und
15 eignen sich daher nur bedingt für viele Anwendungen.

EP 0 146 307 B1 offenbart (η^5 -Cyclopentadienyl)tri(σ -alkyl)Platin(IV)-Komplexe, die sich durch eine gute Löslichkeit in der Siliconmatrix auszeichnen. Mit den Komplexen können auch
20 höher konzentrierte Lösungen realisiert werden. Ein wesentlicher Nachteil der Verbindungen ist jedoch ihr relativ hoher Dampfdruck und ihre Flüchtigkeit. Dadurch kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich die Platinkonzentration ändert, wenn im Herstellungs- oder Verarbeitungsprozess des Siliconelastomers Vakuum angelegt wird. Eine weitere Folge daraus ist
25 die nicht auszuschließende Kontamination der Raumluft mit toxisch bedenklichen Platinverbindungen.

In **EP 0 358 452 B1** werden den Zusammensetzungen, die als Katalysator (η^5 -Cyclopentadienyl)tri(σ -alkyl)Platin(IV)-Komplexe enthalten, Sensibilisierungsmittel zugesetzt um die zur Vernetzung benötigte Wellenlänge des eingestrahnten Lichts hin zu längeren Wellenlängen zu verschieben. Der daraus resultierende Vorteil ist, dass die Mischungen mit sichtbarem Licht anstatt
35 mit ultravioletem Licht gehärtet werden können.

EP 0 561 893 B1 beschreibt strahlenvernetzbare Zusammensetzungen, die neben (η^5 -Cyclopentadienyl)tri(σ -alkyl)Platin(IV)-Komplexen zusätzlich einen radikalischen Photoinitiator enthalten, die aktinische Strahlung absorbiert und auf diese Weise zu einer Erhöhung der Lichtausbeute beiträgt. Diese Kombination ermöglicht eine Erhöhung der Quantenausbeute für die eingesetzten Mischungen. Als Nachteilig muss die dadurch erhöhte Dunkelreaktivität angesehen werden. Zudem werden durch die Verwendung einer zusätzlichen Komponente sowohl Herstellungsprozess verteuert als auch die Materialkosten erhöht.

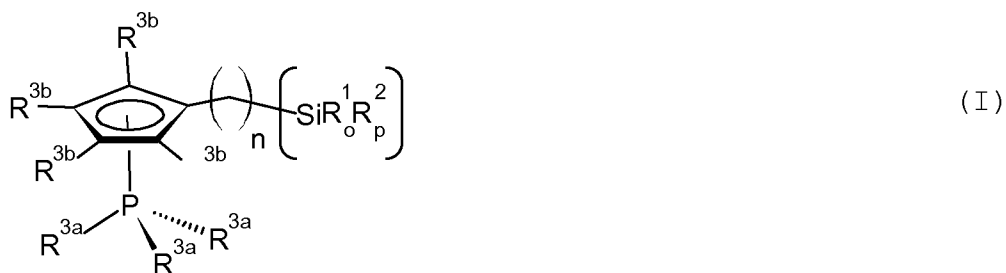
EP 1 803 728 A1 offenbart modifizierte (η^5 -Cyclopentadienyl)tri(σ -alkyl)Platin(IV)-Komplexe, die am Cyclopentadienylring spezielle Substituenten (Naphtyl, Anthracenyl, etc.) tragen, um die Quantenausbeute zu erhöhen und um die zur Aktivierung benötigte Lichtwellenlänge ins langwellig zu verschieben. Die Anbindung von aromatischen Ringen wirkt sich jedoch nachteilig auf die Löslichkeit der Komplexe in der Siliconmatrix aus. Auch diese Verbindungen weisen den Nachteil der Flüchtigkeit auf.

Viele der beschriebenen Platin-Komplexverbindungen finden auch in CVD-Anwendungen (Chemical vapor deposition) Verwendung, was bereits auf eine hohe Flüchtigkeit der beschriebenen Verbindungen hinweist. In der Fachliteratur wurde von Z. Xue et al. (J. Am. Chem. Soc., 1989, 111, 8779) der Dampfdruck der Komplexe CpPtMe_3 und MeCpPtMe_3 experimentell ermittelt. Die gemessenen hohen Flüchtigkeiten stellen insbesondere aufgrund der Gefahr von Platin-Kontamination des Arbeitsumfeldes ein nicht unerhebliches Risiko in vielerlei Hinsicht dar. Zudem kann auch die Inhalation der Platinverbindungen ein gesundheitliches Risiko darstellen. Als weiterer nicht unerheblicher Nachteil der beschriebenen Platin-Komplexe muss zudem die auf die chemische Struktur zurückzuführende Hautgängigkeit der relativ kleinen, unpolaren Moleküle angesehen werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass keine der bislang bekannten über sichtbare und/oder UV-Strahlung vernetzbare Siliconzusammensetzungen in befriedigender Weise den Anforderungen gerecht wird, die an derartige Siliconzusammensetzungen, die insbesondere zur Herstellung im industriellen Umfeld herangezogen werden können, gestellt werden.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es daher die Bereitstellung von geeigneten Platinkatalysatoren. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung bestand darin Siliconzusammensetzungen zur Verfügung zu stellen, die die oben genannten Nachteile nicht aufweisen.

Gegenstand dieser Anmeldung ist eine Platinverbindung der allgemeinen Formel (I)



wobei

$n = 1$ bis 8 ,

$o = 0$ bis 2 ,

$p = 1$ bis 3 ,

R^1 unabhängig voneinander, gleich oder verschieden einen monovalenten, unsubstituierten oder substituierten, linearen, cyclischen oder verzweigten, aliphatisch gesättigte oder ungesättigte oder aromatisch ungesättigte Reste enthaltenden Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, in dem einzelne Kohlenstoffatome durch O-, N-, S- oder P-Atome ersetzt sein können,

R^2 unabhängig voneinander, gleiche oder verschiedene hydrolysierbare funktionelle Gruppen, ausgewählt aus der Gruppe enthaltend

Carboxy $-O-C(O)R^4$,

Oxim $-O-N=CR^4_2$,

Alkoxy $-OR^4$,

Alkenyloxy $-O-R^6$

Amid $-NR^4-C(O)R^5$,

Amin $-NR^4R^5$,

Aminoxy $-O-NR^4R^5$, mit

R^4 unabhängig voneinander, gleich oder verschieden H, Alkyl, Aryl, Arylalkyl, Alkylaryl,

R^5 unabhängig voneinander, gleich oder verschieden Alkyl, Aryl, Arylalkyl, Alkylaryl,

R^6 einen linearen oder verzweigten, aliphatisch ungesättigten organischen Rest,

R^{3a} unabhängig voneinander, gleich oder verschieden Alkyl, Aryl, Arylalkyl, Alkylaryl mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, wobei die Wasserstoffe durch $-Hal$ oder $-SiR_3^3$ substituiert sein können, mit

R^3 unabhängig voneinander, gleich oder verschieden einen monovalenten, unsubstituierten oder substituierten, linearen, cyclischen oder verzweigten Kohlenwasserstoffrest,

R^{3b} unabhängig voneinander, gleich oder verschieden Wasserstoff oder einen monovalenten, unsubstituierten oder substituierten, linearen oder verzweigten, aliphatisch gesättigte oder ungesättigte oder aromatisch ungesättigte Reste enthaltenden Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, in dem einzelne Kohlenstoffatome durch O-, N-, S- oder P-Atome ersetzt sein können und die mit dem Cyclopentadienylrest annelierte Ringe bilden können, bedeuten.

Bevorzugte Reste R^1 sind lineare gesättigte Kohlenwasserstoffreste mit 1 bis 8 Kohlenstoffatomen. Weiterhin bevorzugt ist der Phenylrest.

- 5 Bevorzugte Reste R^2 sind Methoxy-, Ethoxy-, Acetoxy- und 2-Methoxyethoxy-Gruppen.

- 10 Bevorzugte Reste R^{3a} sind lineare und verzweigte, gegebenenfalls substituierte Alkylreste wie Methyl-, Ethyl-, Propyl- oder Butylreste.

- 15 Bevorzugte Reste R^{3b} sind lineare und verzweigte, gegebenenfalls substituierte lineare Alkylreste wie Methyl-, Ethyl-, Propyl- oder Butylreste. Weiterhin bevorzugt sind gegebenenfalls weiter substituierte annelierte Ringe wie zum Beispiel der Indenyl- oder der Fluorenylrest.

- 20 Es folgen Beispiele für monomere Platinverbindungen mit der Struktur (I), wobei jede der unten genannten Variationen beliebig miteinander kombiniert werden kann und die Auswahl nicht auf die Beispiele beschränkt ist.

Beispiele für die Variation des Alkylspacers zwischen der Cyclopentadienylgruppe und der Silyleinheit:

- 25 Trimethyl[(trimethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
Trimethyl[(2-trimethoxysilyl)ethyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
Trimethyl[(3-trimethoxysilyl)propyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
Trimethyl[(4-trimethoxysilyl)butyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
Trimethyl[(5-Trimethoxysilyl)pentyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
30 Trimethyl[(6-trimethoxysilyl)hexyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
Trimethyl[(7-trimethoxysilyl)heptyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
Trimethyl[(8-trimethoxysilyl)octyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
Trimethyl[(9-trimethoxysilyl)nonyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
Trimethyl[(10-trimethoxysilyl)decyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
35 Trimethyl[(11-trimethoxysilyl)undecylcyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(12-trimethoxysilyl)dodecylcyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(13-trimethoxysilyl)tridecyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(14-trimethoxysilyl)tetradecyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(15-trimethoxysilyl)pentadecyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 5 Trimethyl[(16-trimethoxysilyl)hexadecyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(17-trimethoxysilyl)heptadecyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(18-trimethoxysilyl)octadecyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(2-trimethoxysilyl)-1-methyl-ethyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(3-trimethoxysilyl)-2-methyl-2-propyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

10

Beispiele für die Variation der Gruppen am Silylrest:

Trimethyl[(triethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(tripropoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(triacetoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 15 Trimethyl[(tri-isopropenoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(tris-dimethylaminsilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(triethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(2-triethoxysilyl)ethyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(3-triethoxysilyl)propyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 20 Trimethyl[(8-triethoxysilyl)octyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(methyldimethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(dimethylmethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(methyldiethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 25 Trimethyl[(dimethylethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(methyldiacetoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(dimethylacetoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(methyl-bis-isopropenoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(dimethylisopropenoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

30

Trimethyl[(ethyldimethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(diethylethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(ethyldiethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(diethylmethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trimethyl[(ethyldiacetoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

35

Trimethyl[(diethylacetoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(ethyl-bis-isopropenoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(diethylisopropenoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(propyldimethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

5 Trimethyl[(dipropylethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(propyldiethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(dipropylmethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(propyldiacetoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(dipropylacetoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

10 Trimethyl[(propyl-bis-isopropenoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(dipropylisopropenoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(octyldimethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(dioctylethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

15 Trimethyl[(octyldiethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(dioctylmethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(octyldiacetoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(dioctylacetoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(octyl-bis-isopropenoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

20 Trimethyl[(dioctylisopropenoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(isooctyldimethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(diisooctylethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(isooctyldiethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

25 Trimethyl[(diisooctylmethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(isooctyldiacetoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(diisooctylacetoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Trimethyl[(isooctyl-bis-isopropenoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-
platin(IV)

30 Trimethyl[(diisooctylisopropenoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Beispiele für die Variation Platin-gebundenen Gruppen:

Triethyl[(trimethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Tripropyl[(trimethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

35 Tributyl[(trimethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

Tripentyl[(trimethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trineopentyl[(trimethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Trihexyl[(trimethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Triheptyl[(trimethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 5 Triooctyl[(trimethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Triisooctyl[(trimethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)
 Tris(trimethylsilylmethyl)[(trimethoxysilyl)methyl-cyclopentadienyl]-
 platin(IV)

10 Beispiele für gemischte Variationen:

Trimethyl[(methyldimethoxysilyl)propyl-cyclopentadienyl]-platin[IV]
 Trimethyl[(methyldimethoxysilyl)propyl-methylcyclopentadienyl]-platin[IV]
 Trimethyl[(methyldimethoxysilyl)propyl-tetramethylcyclopentadienyl]-
 platin[IV]

15 Trimethyl[(dimethylmethoxysilyl)propyl-cyclopentadienyl]-platin[IV]
 Trimethyl[(dimethylethoxysilyl)propyl-cyclopentadienyl]-platin[IV]
 Trimethyl[(methyldiethoxysilyl)propyl-methylcyclopentadienyl]-platin[IV]
 Trimethyl[(triethoxysilyl)propyl-cyclopentadienyl]-platin(IV)

20 Trimethyl[(methyldimethoxysilyl)octyl-cyclopentadienyl]-platin[IV]
 Trimethyl[(methyldimethoxysilyl)octyl-methylcyclopentadienyl]-platin[IV]
 Trimethyl[(methyldimethoxysilyl)octyl-tetramethylcyclopentadienyl]-
 platin[IV]

Trimethyl[(dimethylmethoxysilyl)octyl-cyclopentadienyl]-platin[IV]

25 Trimethyl[(dimethylethoxysilyl)octyl-cyclopentadienyl]-platin[IV]
 Trimethyl[(methyldiethoxysilyl)octyl-methylcyclopentadienyl]-platin[IV]

Platinverbindungen der Struktur(I) stellen speziell hergestell-
 30 te Platin-Komplexverbindungen dar. Das Verfahren zur Herstel-
 lung der Platinverbindung der allgemeinen Formel (I) erfolgt
 durch Umsetzung einer Platinvorstufe, die gegebenenfalls in ei-
 nem vorhergehenden Schritt in situ durch Alkylierung eines
 Pt(IV)-Salzes hergestellt wird, mit einem monomeren Cyclopenta-
 35 dienyl-alkyl-Silan, enthaltend mindestens eine hydrolysierbare

Gruppe, in einem aprotischen Lösungsmittel bei Temperaturen von -78°C bis 100°C.

Die Synthese- und Reinigungsmethoden beruhen auf dem Fachmann
5 bekannten Methoden.

Die Platinvorstufe kann beispielsweise $(\text{Me}_3\text{PtI})_4$, $(\text{Me}_3\text{PtCl})_4$ oder $(\text{Me}_3\text{PtCl})_4$ sein die mit einem monomeren Cyclopentadienyl-alkyl-Silan, das mindestens eine hydrolysierbare Gruppe trägt
10 umgesetzt wird. Die Synthese erfolgt analog publizierter Verfahren, aus dem Stand der Technik, wie zum Beispiel in Magnetic Resonance in Chemistry 1992, 30, 481 oder im J. Am. Chem. Soc 1989, 111, 8779. Das Cyclopentadienyl-funktionalisierte Silan kann vor der Umsetzung mit der Platinvorstufe durch starke Ba-
15 sen wie zum Beispiel LiH, NaH, KH, n-Butyl-Lithium oder t-Butyl-Lithium deprotoniert und dadurch aktiviert als Cyclopentadienyl-Anion vorliegen. Die Reaktion wird in einem aprotischen Lösungsmittel wie beispielsweise Diethylether, Tetrahydrofuran, Furan, Essigsäureethylester und Essigsäuremethylester bei Tem-
20 peraturen von -78 °C bis 100 °C durchgeführt. Nach Beendigung der Reaktion wird Lösungsmittel abgezogen und der Platinkomplex durch Destillation, Kristallisation, Chromatographie oder andere übliche Methoden aus dem Stand der Technik gereinigt.

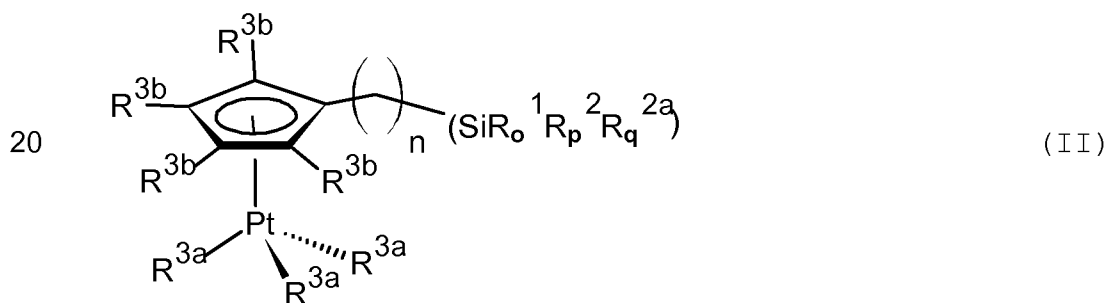
25 Platinverbindungen der allgemeinen Formel (I), besitzen gegenüber den bisher verwendeten Systemen den Vorteil, dass sie im monomeren Zustand hydrolysierbare Gruppen im Molekül tragen, die nach der entsprechenden Reinigung in eine Siloxanmatrix einvernetzt bzw. einkondensiert werden können, ohne dass dabei
30 der Platinkomplex zerstört wird. Daraus folgt, dass der Katalysator an ein siliciumorganisches Monomer, Oligomer oder Polymer angebunden werden kann, ohne den Katalysator für die Hydrosilylierungsreaktion vorzeitig zu aktivieren. Die Herstellung der monomeren Verbindungen in hoher Reinheit durch gängige
35 Techniken und die sich anschließende Anbindung an die Siloxan-

matrix vermindert sowohl den Dampfdruck als auch die Bioverfügbarkeit des Katalysators aus der Siliconmatrix sowohl in unvernetzten Siliconmischungen als auch in vernetzten. Beispiele für gängige Reinigungstechniken sind Destillation, Sublimation,

5 Kristallisation, Chromatographie oder Extraktion. Die hohe Reinheit der monomeren Platinverbindungen erlaubt zudem grundsätzlich auch die Herstellung einkomponentiger Mischungen.

Bei den erfindungsgemäßen Zusammensetzungen kann es sich sowohl um Einkomponenten-Siliconzusammensetzungen als auch Zweikomponenten-Siliconzusammensetzungen handeln. In letzterem Fall können die beiden Komponenten der erfindungsgemäßen Zusammensetzungen alle Bestandteile in beliebigen Mengenverhältnissen enthalten.

15 Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Anmeldung sind Platin-katalysatoren (D) der allgemeinen Formel (II)



wobei

25 R^1 , R^2 , R^3 , R^{3a} und R^{3b} n, o, p die oben genannte Bedeutung tragen,

$q = 1$ bis 3 bedeutet, und

R^{2a} unabhängig voneinander, gleich oder verschieden ein monovalenter, linearer, cyclischer oder verzweigter, monomerer, oligomerer oder polymerer siliziumorganischer Rest ist, der

-aliphatisch gesättigte Gruppen mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, in denen einzelne Kohlenstoffatome durch

Hal, O-, N-, S- oder P-Atome ersetzt sein können und/oder

-aliphatisch ungesättigte Gruppen mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, in denen einzelne Kohlenstoffatome durch Hal, O-, N-, S- oder P-Atome ersetzt sein können und/oder

-aromatische Gruppen mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, in denen einzelne Kohlenstoffatome durch Hal, O-, N-, S- oder P-Atome ersetzt sein können und/oder

-Si-gebundene Wasserstoffatome

-und/oder Hydroxylgruppen

-und/oder hydrolysierbare Gruppen

enthalten kann.

15 Bevorzugte Reste R^{2a} sind lineare Oligo- und Polydimethylsiloxyreeste mit einer Kettenlänge von 1 bis 5000, die Hydroxy-, Trimethylsilyl-, Dimethylsilyl- oder Vinylendgruppen tragen.

Vorzugsweise werden auch lineare Oligo- und Polydimethylsiloxyreeste mit einer Kettenlänge von 1 bis 5000 eingesetzt, die Phenylmethylsilox-Einheiten oder Diphenylsiloxeinheiten enthalten. Weiterhin bevorzugt sind verzweigte und netzwerkartige Oligo- oder Polysiloxyreeste, die zusätzlich trifunktionelle oder tetrafunktionelle Einheiten enthalten. Zudem sind als Reste R^{2a} auch Harze und pyrogene Kieselsäuren bevorzugt.

25 Die Platinverbindung der allgemeinen Formel (I) wird nicht direkt als Hydrosilylierungskatalysator in Siliconmischungen eingesetzt, sie wird vielmehr durch Cohydrolyse mit geeigneten -OH, -OR, oder -Hal funktionalisierten monomeren, oligomeren oder polymeren siliciumorganischen Verbindungen an die Siloxan-
30 kette angebunden.

Die siliciumorganische Verbindung besteht bevorzugt aus Einheiten der allgemeinen Formel (III) bestehen,



wobei

R^{20} gleich oder verschieden ist, einen einwertigen, SiC-
gebundenen, gegebenenfalls substituierten Kohlenwas-
serstoffrest mit 1 bis 18 Kohlenstoffatom(en) je Rest
bedeutet,

R^{21} gleich oder verschieden ist, einen einwertigen, SiC-
gebundenen, gegebenenfalls substituierten aromati-
schen Kohlenwasserstoffrest mit 6 bis 30 Kohlenstoff-
atomen bedeutet,

X gleich oder verschieden ist, ein Halogenatom, ein Was-
serstoffatom, eine Hydroxygruppe oder einen Rest der
Formel $-R_2$ bedeutet, wobei R_2 eine hydrolysierbare
Gruppe mit der oben ausgeführten Bedeutung darstellt,

$0 \leq j \leq 3$,

$0 \leq k \leq 3$,

$0 \leq l \leq 3$,

bedeuten,

mit der Maßgabe dass die Summe $j + k + l \leq 3$ ist.

Beispiele für geeignete siliciumorganische Verbindungen der
allgemeinen Formel (III) sind: Dimethyldichlorsilan, Dimethyl-
dimethoxysilan, Dimethylsilandiol, Methyltrimethoxysilan, Vi-
nyltrimethoxysilane, Vinyltris(dimethylsiloxysilane, 3-
Chlorpropyltriethoxysilan, 3-Chlorpropyldimethylmethoxysilan,
Dodecylmethyldiethoxysilan, n-Octadecyltrimethoxysilan, Hexa-
methoxydisilan, 1,1,3,3-Tetraethoxy-1,3-dimethyldisiloxane,
1,1,3,3-Tetrachloro-1,3-disilabutane, 1,1,3,3-Tetramethyl-1,3-
diethoxydisiloxane, α,ω -Silanol-terminierte Polydimethylsiloxa-
ne [CAS 70131-67-8], α,ω -Silanol-terminierte Diphenylsiloxan-
Dimethylsiloxan Copolymere [CAS 68951-93-9, 68083-14-7], α,ω -
Silanol-terminierte Polydiphenylsiloxane [CAS 63148-59-4], α,ω -
Silanol-terminierte Polytrifluoropropylmethyldisiloxane [CAS
68607-77-2], Silanol-Trimethylsilyl-modifizierte Q-Resins [CAS
56275-01-5].

Für die Cohydrolyse können dem Fachmann bekannte Katalysatoren verwendet werden, wie zum Beispiel Säuren, Laugen, Zn-, Al- oder Sn-Verbindungen wie beispielsweise Bis(2,4-pentandionato)zink, Aluminium-tris(2,4-pentandionat), Butyllithium, t-Butyllithium, Trifluoressigsäure, Essigsäure. Dadurch wird die Flüchtigkeit im Vergleich zu gering substituierten Me₃Pt-Derivaten deutlich verringert, was zu einer wesentlich geringeren Bioverfügbarkeit bei einer Inkorporation führt. Die erfindungsgemäßen Platinkomplexe besitzen folglich eine wesentlich verbesserte Sicherheit in ihrer Handhabung und einen weit-

5
10

Die erfindungsgemäßen Platinkatalysatoren (D) weisen bevorzugt ein Molekulargewicht von mindestens 500 g/mol auf.

15

Die erfindungsgemäßen Platinkatalysatoren (D) sind nützlich als Katalysatoren für Hydrosilylierungsreaktionen, für die Hydrierung ungesättigter Verbindungen, für Polymerisationsreaktionen, bei denen die Aktivierung durch ultraviolette- oder sichtbare Strahlung erfolgt. Beispielsweise die literaturbekannte Hydrosilylierungsreaktion in der Organosiliciumchemie, als Katalysator für die Hydrierung ungesättigter organischer Verbindungen oder Polymere und zur Oligomerisierung von Acetylen und anderen Alkinen.

20

25

Als wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Platinkatalysatoren (D), ist die Möglichkeit seines nachträglichen Einvernetzens in die Siliconmatrix anzusehen, bei der die Ligandenstruktur des Platins sowie die Reaktivität unverändert bleibt. Im monomeren Zustand sind hydrolysierbare Gruppen im Molekül enthalten, die mit einfachen dem Fachmann bekannten Methoden ein Einkondensieren in die Siliconmatrix erlaubt ohne den Katalysator (D) vorzeitig für die Hydrosilylierungsreaktion zu aktivieren. Grundsätzlich besteht die theoretische Möglichkeit durch

30
35

sator eine Anbindung an Si-H-Vernetzer mittels Hydrosilylierungsreaktion zu erreichen und damit eventuell nicht durch Bestrahlung aktivierten Katalysator in der vernetzten Mischung zu binden, was jedoch einen bereits aktivierten Platinkatalysator voraussetzt. Ein Ausdampfen des Katalysators aus unvernetzten Mischungen kann dadurch nicht verhindert werden. Um das Ausdampfen sowohl in unvernetzten als auch in vernetzten Siliconmischungen zu verhindern, ist es notwendig den Katalysator durch eine Reaktion an das Siliconpolymer anzubinden, die keinen aktiven Hydrosilylierungskatalysator voraussetzt. Auf diese Weise können auch einkomponentige Mischungen gefertigt werden.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung sind additionsvernetzende Siliconkautschukzusammensetzungen, enthaltend

(i) mindestens eine Verbindung ausgewählt aus der Gruppe enthaltend die Verbindungen (A), (B) und (C), wobei

(A) eine organische Verbindung und/oder eine siliziumorganische Verbindung, enthaltend mindestens zwei Reste mit aliphatischen Kohlenstoff-Kohlenstoff-Mehrfachbindungen,

(B) eine siliziumorganische Verbindung, enthaltend mindestens zwei Si-gebundenen Wasserstoffatome, und

(C) eine siliziumorganische Verbindung, enthaltend SiC-gebundene Reste mit aliphatischen Kohlenstoff-Kohlenstoff-Mehrfachbindungen und Si-gebundene Wasserstoffatome,

bedeuten, mit der Maßgabe, dass die Zusammensetzung mindestens eine Verbindung mit aliphatischen Kohlenstoff-Kohlenstoff-Mehrfachbindungen und mindestens eine Verbindung mit Si-gebundenen Wasserstoffatomen enthält, und

(ii) mindestens einen Platinkatalysator (D).

Die in den erfindungsgemäßen Zusammensetzungen eingesetzten Verbindungen (A), (B) und (C) werden gemäß dem Stand der Technik so ausgewählt, dass diese in einen vernetzten Zustand überführt

werden können. So weist beispielsweise Verbindung (A) mindestens zwei aliphatisch ungesättigte Reste auf und (B) mindestens drei Si-gebundene Wasserstoffatome, oder Verbindung (A) weist mindestens drei aliphatisch ungesättigte Reste auf und Siloxan

5 (B) mindestens zwei Si-gebundene Wasserstoffatome, oder anstelle von Verbindung (A) und (B) wird ein Siloxan (C) eingesetzt, welches aliphatisch ungesättigte Reste und Si-gebundene Wasserstoffatome aufweist, so dass eine Vernetzung der Komponenten erfolgen kann. Möglich sind zudem Mischungen aus (A), (B) und

10 (C) von aliphatisch ungesättigten Resten und Si-gebundenen Wasserstoffatomen.

Das Mengenverhältnis der Komponenten (A), (B) und (C) entspricht denen die aus dem Stand der Technik bekannt sind. Der

15 Platinkatalysator (D) wird in solchen Mengen verwendet, dass bezogen auf den Pt(0)-Gehalt, ebenfalls die aus dem Stand der Technik bekannten Katalysatormengen in der erfindungsgemäßen Zusammensetzung enthalten sind.

20 Bei der erfindungsgemäß eingesetzten Verbindung (A) kann es sich um siliciumfreie organische Verbindungen mit vorzugsweise mindestens zwei aliphatisch ungesättigten Gruppen sowie um Organosiliciumverbindungen mit vorzugsweise mindestens zwei aliphatisch ungesättigten Gruppen handeln oder auch um Mischungen

25 daraus.

Beispiele für siliciumfreie organische Verbindungen (A) sind, 1,3,5-Trivinylcyclohexan, 2,3-Dimethyl-1,3-butadien, 7-Methyl-3-methylen-1,6-octadien, 2-Methyl-1,3-butadien, 1,5-Hexadien,

30 1,7-Octadien, 4,7-Methylen-4,7,8,9-tetrahydroinden, Methylcyclopentadien, 5-Vinyl-2-norbornen, Bicyclo[2.2.1]hepta-2,5-dien, 1,3-Diisopropenylbenzol, vinylgruppenhaltiges Polybutadien, 1,4-Divinylcyclohexan, 1,3,5-Triallylbenzol, 1,3,5-

Trivinylbenzol, 1,2,4-Trivinylcyclohexan, 1,3,5-Triisopropenylbenzol, 1,4-Divinylbenzol, 3-Methyl-heptadien-(1,5), 3-Phenyl-hexadien-(1,5), 3-Vinyl-hexadien-(1,5 und 4,5-Dimethyl-4,5-diethyl-octadien-(1,7), N,N'-Methylen-bis-acrylsäureamid, 1,1,1-Tris(hydroxymethyl)-propan-triacrylat, 1,1,1-Tris(hydroxymethyl)propantrimethacrylat, Tripropylenglykol-diacrylat, Diallylether, Diallylamin, Diallylcarbonat, N,N'-Diallylharnstoff, Triallylamin, Tris(2-methylallyl)amin, 2,4,6-Triallyloxy-1,3,5-triazin, Triallyl-s-triazin-2,4,6(1H,3H,5H)-trion, Diallylmalonsäureester, Polyethylenglykoldiacrylat, Polyethylenglykol Dimethacrylat, Poly(propylenglykol)methacrylat.

Vorzugsweise enthalten die erfindungsgemäßen Siliconzusammensetzungen als Bestandteil (A) mindestens eine aliphatisch ungesättigte Organosiliciumverbindung, wobei alle bisher in additionsvernetzenden Zusammensetzungen verwendeten, aliphatisch ungesättigten Organosiliciumverbindungen eingesetzt werden können, wie beispielsweise Silicon-Blockcopolymere mit Harnstoffsegmenten, Silicon-Blockcopolymere mit Amid-Segmenten und/oder Imid-Segmenten und/oder Ester-Amid-Segmenten und/oder Polystyrol-Segmenten und/oder Silarylen-Segmenten und/oder Carboran-Segmenten und Silicon-Pfropfcopolymere mit Ether-Gruppen.

Ist (A) eine Organosiliciumverbindungen, die SiC-gebundene Reste mit aliphatischen Kohlenstoff-Kohlenstoff-Mehrfachbindungen aufweist, so werden vorzugsweise lineare oder verzweigte Organopolysiloxane aus Einheiten der allgemeinen Formel (IV)

$R_a^7 R_b^8 SiO_{(4-a-b)/2}$ (IV),

in der

R⁷ Hydroxylrest oder einen monovalenten, gegebenenfalls halogensubstituierten, gegebenenfalls O-, N-, S-, oder P-Atome enthaltenden Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 20 Kohlenstoffatomen, der frei von aliphatisch ungesättigten Gruppen ist,

5 **R**⁸ einen monovalenten, aliphatisch ungesättigten, gegebenenfalls halogensubstituierten, gegebenenfalls O-, N-, S-, oder P-Atome enthaltenden Kohlenwasserstoffrest mit 2 bis 10 Kohlenstoffatomen,

b Werte von 0,0001 bis 2,

10 bedeuten,

mit der Maßgabe, dass $1,5 < (\mathbf{a} + \mathbf{b}) \leq 3,0$, und dass pro Molekül durchschnittlich mindestens zwei aliphatisch ungesättigte Reste **R**⁸ enthalten sind und dass die bei 25°C bestimmte Viskosität der Diorganopolysiloxane (A) 1 bis 40.000.000 mPa*s beträgt,

15

Organosiliciumverbindungen (B), die Si-H-gebundene Wasserstoffatome enthalten, sind vorzugsweise lineare oder verzweigte Organopolysiloxane aus Einheiten der allgemeinen Formel (V)

20
$$\mathbf{R}^9_c \mathbf{R}^{10}_d \mathbf{R}^{11}_e \mathbf{H}_f \mathbf{SiO}_{(4-c-d-2e-f)/2} \quad (\text{V}),$$

wobei

R⁹ einen monovalenten aliphatisch gesättigten Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 20 Kohlenstoffatomen,

25 **R**¹⁰ (a) einen monovalenten, unsubstituierten oder halogensubstituierten Kohlenwasserstoffrest mit 6 bis 15 Kohlenstoffatomen, welcher mindestens einen aromatischen C₆-Ring enthält, oder

(b) einen monovalenten, unsubstituierten oder halogensubstituierten, gesättigten Kohlenwasserstoffrest mit 2 bis 20 Kohlenstoffatomen, in dem einzelne Kohlenstoffatome durch O-, N-, S- oder P-Atome ersetzt sein können,

30

R¹¹ einen beidseitig Si-gebundenen bivalenten, unsubstituierten oder halogensubstituierten Kohlenwasserstoffrest mit 6

bis 20 Kohlenstoffatomen, in dem einzelne Kohlenstoffatome durch O-, N-, S-, oder P-Atome ersetzt sein können,

c und **f** positive Zahlen, und

d und **e** Null oder eine positive Zahl,

5 bedeuten,

mit der Maßgabe, dass die Summe $(c+d+2e+f) \leq 3$ ist, das Organohydrogenpolysiloxan (B) pro Molekül durchschnittlich mindestens 3 SiH-Gruppen enthält, und

10 dass die bei 25°C bestimmte Viskosität des Organohydrogenpolysiloxans (B) 5 mPa*s bis 50.000 mPa*s beträgt.

Beispiele für die Reste **R**⁷ sind Alkylreste, wie Methyl-, Ethyl-, Propyl-, Isopropyl-, tert.-Butyl-, n-Pentyl-, iso-Pentyl-, neo-Pentyl-, tert.-Pentyl-, n-Octyl-, 2-Ethylhexyl-, 2,2,4-Trimethylpentyl-, n-Nonyl- und Octadecylrest; Cycloalkylreste,

15 wie Cyclopentyl-, Cyclohexyl-, Cycloheptyl-, Norbornyl-, Adamantylethyl- oder Bornylrest; Aryl- oder Alkarylreste, wie Phenyl-, Ethylphenyl-, Toly-, Xylyl-, Mesityl- oder Naphthylrest; Aralkylreste, wie Benzyl-, 2-Phenylpropyl- oder Phenylethylrest, sowie halogenierte und mit organischen Gruppen funktionalisierte Derivate der voranstehenden Reste, wie 3,3,3-

20 Trifluorpropyl-, 3-Iodopropyl-, 3-Isocyanatopropyl-, Aminopropyl-, Methacryloxymethyl- oder Cyanoethylrest. Bevorzugte Reste **R**⁷ enthalten 1 bis 10 Kohlenstoffatome sowie gegebenenfalls Halogensubstituenten. Besonders bevorzugte Reste **R**⁷ sind Methyl-,
25 Phenyl- und 3,3,3-Trifluorpropylrest, insbesondere der Methylrest.

Die Reste **R**⁸ sind einer Hydrosilylierungsreaktion zugänglich.

Beispiele hierfür sind Alkenyl- und Alkinylreste, wie Vinyl-,
30 Allyl-, Isopropenyl-, 3-Butenyl-, 2,4-Pentadienyl-, Butadienyl-, 5-Hexenyl-, Undecenyl-, Ethinyl-, Propinyl- und Hexinylrest;

Cycloalkenylreste, wie Cyclopentenyl-, Cyclohexenyl-, 3-Cyclohexenylethyl-, 5-Bicycloheptenyl-, Norbornenyl-, 4-Cyclooctenyl- oder Cyclooctadienylrest; Alkenylarylreste, wie

35 Styryl- oder Styrylethylrest, sowie halogenierte und Heteroato-

me enthaltende Derivate der voranstehenden Reste, wie 2-Bromvinyl-, 3-Brom-1-propinyl-, 1-Chlor-2-methylallyl-, 2-(Chlormethyl)allyl-, Styryloxy-, Allyloxypropyl-, 1-Methoxyvinyl-, Cyclopentenyl-, 3-Cyclohexenyl-, Acryloyl-,
5 , Acryloyloxy-, Methacryloyl- oder Methacryloyloxyrest. Bevorzugte Reste R^8 sind Vinyl-, Allyl- und 5-Hexenylrest, insbesondere der Vinylrest.

Bei den Diorganopolysiloxanen (A) der allgemeinen Formel (IV)
10 beträgt die bei 25°C bestimmte Viskosität vorzugsweise zwischen 1 bis 40.000.000 mPa*s. Je nach Art der erfindungsgemäßen selbsthaftenden additionsvernetzenden Siliconzusammensetzung werden unterschiedliche Viskositätsbereiche für die Diorganopolysiloxane (A) bevorzugt. Für die als RTV-2 (Room Temperature
15 Vulcanizing) bekannten Massen werden Viskositäten von 100 bis 10.000 mPa*s, für LSR (Liquid Silicone Rubber) von 1.000 bis 500.000 mPa*s und für HTV (High Temperature Vulcanizing) von 2.000 bis 40.000 Pa*s besonders bevorzugt. Das Molekulargewicht des Bestandteils (A) kann in weiten Grenzen variieren, etwa
20 zwischen 10^2 und 10^6 g/mol. So kann es sich bei dem Bestandteil (A) beispielsweise um ein relativ niedermolekulares alkenylfunktionelles Oligosiloxan, wie 1,2-Divinyltetramethyldisiloxan, handeln, jedoch auch um ein überkettenständige oder endständige Si-gebundene Vinylgruppen verfügendes hochpolymere Polydimethylsiloxan, z.B. mit einem Mo-
25 lekulargewicht von 10^5 g/mol (mittels NMR bestimmtes Zahlenmittel). Auch die Struktur der den Bestandteil (A) bildenden Moleküle ist nicht festgelegt; insbesondere kann die Struktur eines höhermolekularen, also oligomeren oder polymeren Siloxans linear,
30 ar, cyclisch, verzweigt oder auch harzartig, netzwerkartig sein. Selbstverständlich können auch Mischungen unterschiedlicher, den Kriterien des Bestandteils (A) genügender Siloxane eingesetzt werden.

Als Organosiliciumverbindung (B) können alle hydrogenfunktionellen Organosiliciumverbindungen eingesetzt werden, die auch bisher in additionsvernetzbaaren Zusammensetzungen eingesetzt worden sind.

5

Das Molekulargewicht des Bestandteils (B) kann ebenfalls in weiten Grenzen variieren, etwa zwischen 10^2 und 10^6 g/mol. So kann es sich bei dem Bestandteil (B) beispielsweise um ein relativ niedermolekulares SiH-funktionelles Oligosiloxan, wie Tetramethyldisiloxan, handeln, jedoch auch um ein über kettenständig oder endständig SiH-Gruppen verfügendes hochpolymeres Polydimethylsiloxan oder ein SiH-Gruppen aufweisendes Siliconharz.

10

15

Auch die Struktur der den Bestandteil (B) bildenden Moleküle ist nicht festgelegt; insbesondere kann die Struktur eines höhermolekularen, also oligomeren oder polymeren SiH-haltigen Siloxans linear, cyclisch, verzweigt oder auch harzartig, netzwerkartig sein. Lineare und cyclische Polysiloxane (B) sind vorzugsweise aus Einheiten der Formel $\mathbf{R}^9\text{SiO}_{1/2}$, $\text{HR}^9\text{SiO}_{1/2}$, $\text{HR}^9\text{SiO}_{2/2}$ und $\mathbf{R}^9\text{SiO}_{2/2}$ zusammengesetzt, wobei $\mathbf{R}^9$ die vorstehend angegebene Bedeutung hat. Verzweigte und netzwerkartige Polysiloxane enthalten zusätzlich trifunktionelle und/oder tetrafunktionelle Einheiten, wobei solche der Formeln $\mathbf{R}^9\text{SiO}_{3/2}$, $\text{HSiO}_{3/2}$ und $\text{SiO}_{4/2}$ bevorzugt sind, wobei $\mathbf{R}^9$ die vorstehend angegebene Bedeutung hat.

20

25

30

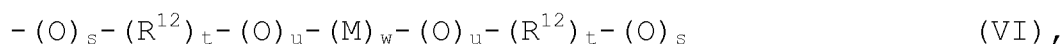
Beispiele für $\mathbf{R}^9$ sind Alkylreste, wie Methyl-, Ethyl-, Propyl-, Isopropyl-, *tert.*-Butyl-, n-Octyl-, 2-Ethylhexyl- und Octadecylrest, sowie Cycloalkylreste, wie Cyclopentyl-, Cyclohexyl-, Norbornyl- oder Bornylrest. Bevorzugte Reste $\mathbf{R}^9$ sind Kohlenwasserstoffreste mit 1 bis 10 Kohlenstoffatomen. Besonders bevorzugter Rest $\mathbf{R}^9$ ist der Methylrest.

Beispiele für R^{10} sind der Phenyl-, Toly-, Xylyl-, Biphenylyl-, Anthryl-, Indenyl-, Phenanthryl-, Naphthyl-, Benzyl-, Phenylethyl- oder Phenylpropylrest, sowie halogenierte und mit organischen Gruppen funktionalisierte Derivate der voranstehenden

5 Reste, wie o-, m-, p-Chlorphenyl-, Pentafluorphenyl-, Bromtolyl-, Trifluortolyl-, Phenoxy-, Benzyloxy-, Benzyloxyethyl-, Benzoyl-, Benzoyloxy-, p-tert.-Butylphenoxypropyl-, 4-Nitrophenyl-, Chinolinyl- oder Pentafluorbenzoyloxyrest.

- 10 Beispiele für Kohlenwasserstoffreste R^{10} (b) mit 2 bis 20 Kohlenstoffatomen sind Reste wie 3-Chlorpropyl-, 3-Brompropyl-, 3,3,3-Trifluorpropyl-, 2-Fluorethyl-, 1,1-Dihydroperfluordodecyl- oder der 2-Cyanoethylrest. Bevorzugte Reste R^{10} sind der Phenylrest und der 3,3,3-Trifluorpropylrest.
- 15 Besonders bevorzugter Rest R^{10} ist der Phenylrest.

Bevorzugte Reste R^{11} , entsprechen der allgemeinen Formel (VI)



20

wobei

s, **t**, **u** und **w** unabhängig voneinander die Werte 0, 1 oder 2,

R^{12} unabhängig voneinander gleich oder verschieden sein können, und einen bivalenten, unsubstituierten oder halogensubstituierten Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 10 Kohlenstoffatome, der frei von aliphatisch ungesättigten Gruppen und in dem einzelne Kohlenstoffatome durch O-, N-, S-, oder P-Atome ersetzt sein können, wie beispielsweise -CH₂-, -CH₂-CH₂-, -CH₂-CH₂-CH₂-, -CF₂-, -CH₂-CF₂-, -CH₂-CH(CH₃)-, -C(CH₃)₂-, -CH₂-C(CH₃)₂-, -C(CH₃)₂-CH₂-, -CH₂-CH₂-O- oder -CF₂-CF₂-O-, und

30

M einen bivalenten Rest wie -Ph-, -Ph-O-Ph-, -Ph-S-Ph-, -Ph-SO₂-Ph-, -Ph-C(CH₃)₂-Ph-, -Ph-C(CF₃)₂-Ph-, -Ph-C(O)-Ph-,

Cyclohexylen oder Norbornylen, wobei **Ph** eine Phenylengruppe bezeichnet, bedeuten.

- 5 Es können auch Mischungen unterschiedlicher, den Kriterien des Bestandteils (B) genügender Siloxane eingesetzt werden. Insbesondere können die den Bestandteil (B) bildenden Moleküle zusätzlich zu den obligaten SiH-Gruppen ggf. zugleich auch aliphatisch ungesättigte Gruppen enthalten. Besonders bevorzugt
- 10 ist die Verwendung niedermolekularer SiH-funktioneller Verbindungen wie Tetrakis(dimethylsiloxyl)silan und Tetramethylcyclotetrasiloxan, sowie höhermolekularer, SiH-haltiger Siloxane, wie Poly(hydrogenmethyl)siloxan und Poly(dimethylhydrogenmethyl)siloxan mit einer Viskosität bei 25°C
- 15 von 10 bis 10 000 mPa•s, oder analoge SiH-haltige Verbindungen, bei denen ein Teil der Methylgruppen durch 3,3,3-Trifluorpropyl- oder Phenylgruppen ersetzt ist.

Bestandteil (B) ist vorzugsweise in einer solchen Menge in den

20 erfindungsgemäßen vernetzbaren Siliconzusammensetzungen enthalten, dass das Molverhältnis von SiH-Gruppen zu aliphatisch ungesättigten Gruppen aus (A) bei 0,1 bis 20, besonders bevorzugt zwischen 1,0 und 5,0, liegt.

- 25 Die erfindungsgemäß eingesetzten Komponenten (A) und (B) sind handelsübliche Produkte bzw. nach in der Chemie gängigen Verfahren herstellbar.

Anstelle von Komponente (A) und (B) können die erfindungsgemä-

30 ßen Siliconzusammensetzungen Organopolysiloxane (C), die gleichzeitig aliphatische Kohlenstoff-Kohlenstoff-Mehrfachbindungen und Si-gebundene Wasserstoffatome aufweisen, enthalten. Auch können die erfindungsgemäßen Siliconzusammensetzungen alle drei Komponenten (A), (B) und (C) enthalten.

Falls Siloxane (C) eingesetzt werden, handelt es sich vorzugsweise um solche aus Einheiten der allgemeinen Formeln (VII), (VIII) und (IX)

5



10 wobei

R⁷ und **R⁸** die oben dafür angegebene Bedeutung haben

g 0, 1, 2 oder 3 ist,

h 0, 1 oder 2 ist und

i 0, 1 oder 2 ist,

15

mit der Maßgabe, dass je Molekül mindestens 2 Reste **R⁸** und mindestens 2 Si-gebundene Wasserstoffatome vorliegen.

Beispiele für Organopolysiloxane (C) sind solche aus $SiO_{4/2}$,

20 $R^7_3 SiO_{1/2}$ -, $R^7_2 R^8 SiO_{1/2}$ - und $R^7_2 H SiO_{1/2}$ - Einheiten, sogenannte MP-Harze, wobei diese Harze zusätzlich $R^7 SiO_{3/2}$ - und $R^7_2 SiO$ - Einheiten enthalten können, sowie lineare Organopolysiloxane im wesentlichen bestehend aus $R^7_2 R^8 SiO_{1/2}$ -, $R^7_2 SiO$ - und $R^7 H SiO$ - Einheiten mit **R⁷** und **R⁸** gleich der obengenannten Bedeutung.

25

Die Organopolysiloxane (C) besitzen vorzugsweise eine durchschnittliche Viskosität von 0,01 bis 500 000 Pa•s, besonders bevorzugt 0,1 bis 100 000 Pa•s jeweils bei 25°C.

30 Organopolysiloxane (C) sind nach in der Chemie gängigen Methoden herstellbar.

Neben den oben genannten Komponenten (A), (B), (C) und (D) können noch weitere Komponenten (E) oder (F) in den erfindungsgemäßen Siliconzusammensetzungen enthalten sein.

- 5 Komponenten (E) wie beispielsweise Inhibitoren und Stabilisatoren dienen der gezielten Einstellung der Verarbeitungszeit, dem Ansprungsverhalten und der Vernetzungsgeschwindigkeit der erfindungsgemäßen Siliconzusammensetzungen. Diese Inhibitoren und Stabilisatoren sind auf dem Gebiet der additionsvernetzenden
- 10 Zusammensetzungen sehr gut bekannt. Beispiele gebräuchlicher Inhibitoren sind acetylenische Alkohole, wie 1-Ethynyl-1-cyclohexanol, 2-Methyl-3-butin-2-ol und 3,5-Dimethyl-1-hexin-3-ol, 3-Methyl-1-dodecin-3-ol, Polymethylvinylcyclosiloxane wie beispielsweise 1,3,5,7-Tetravinyltetramethyltetracyclosiloxan
- 15 niedermolekulare Siliconöle mit Methylvinyl-SiO_{1/2}-Gruppen und/oder R₂vinylSiO_{1/2}-Endgruppen. wie Divinyltetramethydisiloxan Tetravinyldimethyldisiloxan, Trialkylcyanurate, Alkylmaleate, wie Diallylmaleate, Dimethylmaleat und Diethylmaleat, Alkylfumarate, wie Diallylfumarat und Diethylfurnarat, organische
- 20 Hydroperoxide wie Cumolhydroperoxid, tert-Butylhydroperoxid und Pinanhydroperoxid, organische Peroxide, organische Sulfoxide organische Amine, Diamine und Amide, Phosphane und Phosphite, Nitrile, Triazole, Diaziridine und Oxime. Die Wirkung dieser Inhibitorzusätze (E) hängt von ihrer chemischen Struktur ab, so
- 25 dass die Konzentration individuell bestimmt werden muss. Inhibitoren und Inhibitormischungen werden vorzugsweise in einem Mengenanteil von 0,00001 % bis 5 % bezogen auf das Gesamtgewicht der Mischung zugesetzt, bevorzugt 0,00005 bis 2 % und besonders bevorzugt 0,0001 bis 1 %.

30

Komponenten (F) sind alle weiteren Zusatzstoffe, die auch bisher zur Herstellung von additionsvernetzbaaren Zusammensetzungen eingesetzt wurden. Beispiele für verstärkende Füllstoffe, die

als Komponente (F) in den erfindungsgemäßen Siliconzusammensetzungen eingesetzt werden können, sind pyrogene oder gefällte Kieselsäuren mit BET-Oberflächen von mindestens 50 m²/g oder vorzugsweise im Bereich von 100 bis 400 m²/g gemäß der Bestimmung nach der BET-Methode liegen, sowie Ruße und Aktivkohlen wie Furnace-Ruß und Acetylen-Ruß, wobei pyrogene und gefällte Kieselsäuren mit BET-Oberflächen von mindestens 50 m²/g bevorzugt sind. Die genannten Kieselsäurefüllstoffe können hydrophilen Charakter haben oder nach bekannten Verfahren hydrophobiert sein. Beim Einmischen hydrophiler Füllstoffe ist die Zugabe eines Hydrophobierungsmittels erforderlich. Der Gehalt der erfindungsgemäßen vernetzbaren Zusammensetzung an aktiv verstärkendem Füllstoff (F) liegt im Bereich von 0 bis 70 Gew.-%, vorzugsweise bei 0 bis 50 Gew.-%.

Die erfindungsgemäße Siliconzusammensetzung kann wahlweise als Bestandteile (F) weitere Zusätze zu einem Anteil von bis zu 70 Gew.-%, vorzugsweise 0,0001 bis 40 Gew.-%, enthalten. Diese Zusätze können z.B. inaktive Füllstoffe, harzartige Polyorganosiloxane, die von den Siloxanen (A), (B) und (C) verschieden sind, verstärkende und nicht verstärkende Füllstoffe, Fungizide, Duftstoffe, rheologische Additive, Korrosionsinhibitoren, Oxidationsinhibitoren, Lichtschutzmittel, flammabweisend machende Mittel und Mittel zur Beeinflussung der elektrischen Eigenschaften Dispergierhilfsmittel, Lösungsmittel, Haftvermittler, Pigmente, Farbstoffe, Weichmacher, organische Polymere, Hitzestabilisatoren usw. sein. Hierzu zählen Zusätze, wie Aktivkohle, Quarzmehl, Diatomeenerde, Tone, Kreide, Lithopone, Ruße, Graphit, Metalloxide, Metallcarbonate, -sulfate, Metallsalze von Carbonsäuren, Metallstäube, Fasern, wie beispielsweise Glasfasern, Kunststofffasern, Kunststoffpulver, Metallstäube, Farbstoffe, Pigmente usw.

Die erfindungsgemäßen Siliconzusammensetzungen können, falls erforderlich, in Flüssigkeiten gelöst, dispergiert, suspendiert oder emulgiert werden.

- 5 Die erfindungsgemäßen Zusammensetzungen können - insbesondere je nach Viskosität der Bestandteile sowie Füllstoffgehalt - niedrigviskos und gießbar sein, eine pastöse Konsistenz aufweisen, pulverförmig sein oder auch geschmeidige, hochviskose Massen darstellen, wie dies bekanntermaßen bei den in Fachkreisen häufig als RTV-1, RTV-2, LSR und HTV bezeichneten Zusammensetzungen der Fall sein kann. Insbesondere können die erfindungsgemäßen Zusammensetzungen, falls sie hochviskos sind, in Form eines Granulates zubereitet werden. Hierbei kann das einzelne Granulatteilchen alle Komponenten enthalten, oder die erfindungsgemäß eingesetzten Komponenten sind getrennt in verschiedenen Granulatteilchen eingearbeitet. Hinsichtlich der elastomeren Eigenschaften der vernetzten erfindungsgemäßen Siliconzusammensetzungen wird gleichfalls das gesamte Spektrum umfasst, beginnend bei extrem weichen Silicongelen, über gummiartige Materialien bis hin zu hochvernetzten Siliconen mit glasartigem Verhalten.

Die Herstellung der erfindungsgemäßen Siliconzusammensetzungen kann nach bekannten Verfahren erfolgen, wie beispielsweise durch gleichmäßige Vermischung der einzelnen Komponenten, beispielsweise, dass entweder

- jeweils mindestens eine Verbindung (A), (B) und (D),
oder
- jeweils mindestens eine Verbindung (C) und (D),
oder
- jeweils mindestens eine Verbindung (A), (B), (C) und (D),
oder

- jeweils mindestens eine Verbindung (A), (C) und (D),
in beliebiger Reihenfolge miteinander vermischt werden.

Die Reihenfolge dabei ist beliebig, bevorzugt ist jedoch die
5 gleichmäßige Vermischung des Platinkatalysators (D) mit einer
Mischung aus (A), (B) gegebenenfalls (E) und (F). Der erfindungsgemäß eingesetzte Platinkatalysator (D) kann dabei als
Substanz oder als Lösung - in einem geeigneten Lösungsmittel
gelöst - oder als sogenannter Batch - gleichmäßig mit einer ge-
10 ringen Menge (A) oder (A) mit (E) vermischt - eingearbeitet
werden.

Bei den erfindungsgemäß eingesetzten Komponenten (A) bis (F)
kann es sich jeweils um eine einzelne Art einer solchen Kompo-
15 nente, wie auch um ein Gemisch aus mindestens zwei verschiedene
Arten einer solchen Komponente handeln.

Die erfindungsgemäßen durch Anlagern von Si-gebundenem Wasser-
stoff an aliphatische Mehrfachbindung vernetzbaren Siliconzu-
20 sammensetzungen können unter den gleichen Bedingungen vernetzt
werden, wie die bisher bekannten durch Hydrosilylierungsreakti-
on vernetzbaren Zusammensetzungen.

Die erfindungsgemäße additionsvernetzende Siliconzusammenset-
25 zungen kann weitere Katalysatoren (G) enthalten, die eine Ver-
netzung bewirken können, wie etwa Hydrosilylierungskatalysato-
ren, Peroxide, kationische oder anionische Vernetzer oder Kon-
densationsvernetzer.

30 Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind Form-
körper hergestellt durch Vernetzung der erfindungsgemäßen Sili-
conzusammensetzungen.

Die erfindungsgemäßen Siliconzusammensetzungen sowie die erfindungsgemäß daraus hergestellten Vernetzungsprodukte können für alle Zwecke eingesetzt werden, für die auch bisher zu Elastomeren vernetzbare Organopolysiloxanzusammensetzungen bzw. Elastomere verwendet wurden. Dies umfasst beispielsweise die Siliconbeschichtung bzw. Imprägnierung beliebiger Substrate, die Herstellung von Formteilen, beispielsweise im Spritzgussverfahren, Vakuumextrusionsverfahren, Extrusionsverfahren Formgießen und Formpressen, und Abformungen, die Verwendung als Dicht- Einbett- und Vergussmassen usw.

Die erfindungsgemäßen vernetzbaren Siliconzusammensetzungen haben den Vorteil, dass sie in einem einfachen Verfahren unter Verwendung leicht zugänglicher Ausgangsstoffe und damit wirtschaftlich hergestellt werden können. Die erfindungsgemäßen vernetzbaren Zusammensetzungen haben den weiteren Vorteil, dass sie als einkomponentige Formulierung bei 25°C und Umgebungsdruck eine gute Lagerstabilität aufweisen und erst bei Bestrahlung durch sichtbare oder ultraviolette Strahlung vernetzen. Die Vernetzungsdauer ist abhängig von der Dauer und der Intensität Strahlung.

Die erfindungsgemäßen Siliconzusammensetzungen haben den Vorteil, dass diese bei zweikomponentiger Formulierung nach Vermischen der beiden Komponenten eine vernetzungsfähige Siliconmasse ergeben, deren Verarbeitbarkeit über einen langen Zeitraum hinweg bei 25°C und Umgebungsdruck bestehen bleibt, also extrem lange Topfzeit zeigen, und erst bei Bestrahlung vernetzt.

Bei der Herstellung der erfindungsgemäßen vernetzbaren Zusammensetzungen ist es von großem Vorteil, dass sich der Platinkatalysator (D) gut dosieren und leicht einarbeiten lässt.

Die erfindungsgemäßen Zusammensetzungen haben des Weiteren den Vorteil, dass die daraus erhaltenen vernetzten Siliconkautschuke eine ausgezeichnete Durchsichtigkeit aufweisen.

- 5 Die erfindungsgemäßen Zusammensetzungen haben ferner den Vorteil, dass die Hydrosilylierungsreaktion sich nicht mit der Reaktionsdauer verlangsamt und nicht zwangsläufig nach Ende der Bestrahlung abbricht. Es härten auch Bereiche aus, die nicht direkt belichtet wurden, was besonders bei detailgetreuen Ab-
- 10 formungen oder beim Verguss elektronischer Bauteile von Vorteil ist. Durch Temperaturerhöhung kann die Vernetzung nicht initiiert aber beschleunigt werden.

- Erfindungsgemäß vernetzte Silikonelastomere werden durch licht-
- 15 induzierte Additionsvernetzung der erfindungsgemäßen Zusammensetzungen erhalten. Dabei erfolgt die Vernetzungsreaktion nach dem Fachmann bekannten Verfahren.

- Im Folgenden werden von dem Begriff Organopolysiloxane sowohl
- 20 polymere, oligomere als auch dimere Siloxane umfasst.

Beispiele

- In den nachstehend beschriebenen Beispielen beziehen sich alle
- 25 Angaben von Teilen und Prozentsätzen, falls nicht anders angegeben, auf das Gewicht. Sofern nicht anders angegeben, werden die nachstehenden Beispiele bei einem Druck der umgebenden Atmosphäre, also etwa bei 1000 hPa, und bei Raumtemperatur, also bei etwa 20°C, bzw. bei einer Temperatur, die sich beim Zusammen-
- 30 mengen der Reaktanden bei Raumtemperatur ohne zusätzliche Heizung oder Kühlung einstellt, durchgeführt. Im Folgenden beziehen sich alle Viskositätsangaben auf eine Temperatur von 25 °C. Die nachfolgenden Beispiele erläutern die Erfindung, ohne dabei beschränkend zu wirken.

Es werden folgende Abkürzungen verwendet:

Kat. Platinkatalysator

Bsp. Beispiel

5 Nr. Nummer

Beispiel 1: Herstellung des Cyclopentadienyl-funktionalisierten Silans 1:

10 Zu einer Suspension von 15 g (417 mmol) Natriumhydrid in 250 ml
absolutem Tetrahydrofuran werden bei Raumtemperatur innerhalb
einer Stunde 27,5 g (417 mmol) frisch destilliertes Cyclopenta-
dien tropft. Anschließend werden innerhalb von 30 Minuten 100,3
g (3-Chlorpropyl) triethoxysilan zugetropft. Dabei erwärmt sich
15 die Lösung. Nach Abziehen des Lösungsmittels wird im Ölpumpen-
vakuum fraktioniert destilliert um in 90 %iger Ausbeute 96,1 g
(3-Cyclopentadienylpropyl)triethoxysilan zu erhalten.

Beispiel 2: Herstellung des Cyclopentadienyl-funktionalisierten Silans 2:

20 Zu einer Suspension von 10 g (417 mmol) Natriumhydrid in 250 ml
absolutem Tetrahydrofuran werden bei Raumtemperatur innerhalb
einer Stunde 27,5 g (417 mmol) frisch destilliertes Cyclopenta-
dien getropft. Anschließend werden innerhalb von 30 Minuten
76,1 g (3-Chlorpropyl)dimethoxymethylsilan getropft. Dabei er-
25 wärmt sich die Lösung. Nach Abziehen des Lösungsmittels wird im
Ölpumpenvakuum fraktioniert destilliert um in 83 %iger Ausbeute
68,6 g (3-Cyclopentadienylpropyl)dimethoxymethylsilan zu erhal-
ten.

30 **Beispiel 3: Herstellung des Cyclopentadienyl-funktionalisierten Silans 3:**

Zu einer Suspension von 10 g (417 mmol) Natriumhydrid in 250 ml
absolutem Diethylether werden bei RT innerhalb einer Stunde 33,4

g (417 mmol) frisch destilliertes Methylcyclopentadien getropft. Anschließend werden innerhalb von 30 Minuten 76,1 g (3-Chlorpropyl)dimethoxymethylsilan getropft. Dabei erwärmt sich die Lösung. Nach Abziehen des Lösungsmittels wird im Ölpumpen-

5 vakuum fraktioniert destilliert um in 89 %iger Ausbeute 78,9 g (3-Methylcyclopentadienylpropyl)dimethoxymethylsilan zu erhalten.

Beispiel 4: Herstellung des Cyclopentadienyl-funktionalisierten

10 **Silans 4:**

Zu einer Lösung 167 ml n-Butyllithium (2,5 molar) (417 mmol) in 250 ml absolutem Tetrahydrofuran werden bei RT innerhalb einer Stunde 27,5 g (417 mmol) frisch destilliertes Cyclopentadien getropft. Anschließend werden innerhalb von 30 Minuten

15 71,11 g (Chlormethyl)trimethoxysilan getropft. Dabei erwärmt sich die Lösung. Nach Abziehen des Lösungsmittels wird im Vakuum fraktioniert destilliert um in 93 %iger Ausbeute 72,2 g (Cyclopentadienylmethyl)trimethoxysilan zu erhalten.

20 **Beispiel 5: Herstellung monomere Platinverbindung**

Zu einer Lösung von 7,0 g Silan 1 in 50 ml absolutem Tetrahydrofuran werden 0,72 g Natriumhydrid gegeben. Dazu werden 10 g Trimethylplatin(IV)iodid (27,2 mmol) addiert und zwei

25 Stunden bei Raumtemperatur gerührt. Nach Abziehen des Lösungsmittels wird die Platinverbindung im Vakuum zur Reinigung destilliert. Man erhält 12,3 g reines Trimethyl[(3-triethoxysilyl)propyl-cyclopentadienyl]-platin(IV).

30 **Beispiel 6: Herstellung monomere Platinverbindung 2**

Zu einer Lösung von 5,4 g Silan 2 in 50 ml absolutem Tetrahydrofuran werden 0,72 g Natriumhydrid gegeben. Dazu werden

10 g Trimethylplatin(IV)iodid (27,2 mmol) addiert und zwei Stunden bei Raumtemperatur gerührt. Nach Abziehen des Lösungsmittels wird die Platinverbindung im Vakuum zur Reinigung destilliert. Man erhält 11,2 g reines Trimethyl[(3-dimethoxymethylsilyl)propyl-cyclopentadienyl]-platin(IV).

Beispiel 7: Herstellung monomere Platinverbindung 3

Zu einer Lösung von 5,8 g Silan 3 in 50 ml absolutem Tetrahydrofuran werden 0,72 g Natriumhydrid gegeben. Dazu werden 10 g Trimethylplatin(IV)iodid (27,2 mmol) addiert und zwei Stunden bei Raumtemperatur gerührt. Nach Abziehen des Lösungsmittels wird die Platinverbindung im Vakuum zur Reinigung destilliert. Man erhält 11,5 g reines Trimethyl[(3-dimethoxymethylsilyl)propyl-methylcyclopentadienyl]-platin(IV).

Beispiel 8: Herstellung monomere Platinverbindung 4

Zu einer Lösung von 5,1 g Silan 4 in 50 ml absolutem Tetrahydrofuran werden 12,0 ml einer 2,5 molaren Butyllithiumlösung gegeben. Dazu werden 10 g Trimethylplatin(IV)iodid (27,2 mmol) addiert und zwei Stunden bei Raumtemperatur gerührt. Nach Abziehen des Lösungsmittels wird die Platinverbindung im Vakuum zur Reinigung destilliert. Man erhält 10,3 g reines Trimethyl[(trimethoxysilyl)methylcyclopentadienyl]-platin(IV).

Beispiel 9: Vergleichsbeispiel Platinverbindung 5

Als Vergleichsbeispiel dient die kommerziell verfügbare Platinverbindung Trimethyl(methylcyclopentadienyl)-platin(IV), die hierket als Katalysator eingesetzt wird. Sie trägt keine weiteren funktionellen Gruppen und kann folglich nicht in die Siloxanmatrix einvernetzt werden..

Es folgen Beispiele für die Cohydrolyse der Platinverbindungen mit Siloxanen. Für die Reaktion können alle dem Fachmann bekannten Edukte (Monomere, Oligomere, Polymere und die dazugehörigen Katalysatoren) verwendet werden, die in Kondensationssystemen zum Einsatz kommen.

Beispiel 10: Cohydrolyse von Platinverbindung 1 aus Beispiel 5

Eine Mischung aus 2,54 g Platinverbindung 1, 97,46 g α,ω -Silanol-terminiertes Polydimethylsiloxan [CAS 70131-67-8] mit einer Viskosität von 1000 mPa*s und 0,025 g Aluminium-tris(2,4-pentandionat) werden bei 25 °C gemischt und 24 h bei Raumtemperatur gerührt.

Beispiel 11:

Eine Mischung aus 2,24 g Platinverbindung 2, 97,46 g α,ω -Silanol-terminiertes Polydimethylsiloxan [CAS 70131-67-8] mit einer Viskosität von 1000 mPa*s und 0,025 g $\text{Zn}(\text{acac})_2$ werden bei 50 °C gemischt und 24 h bei Raumtemperatur gerührt.

Beispiel 12:

Eine Mischung aus 2,31 g Platinverbindung 3, 97,46 g α,ω -Silanol-terminiertes Polydimethylsiloxan [CAS 70131-67-8] mit einer Viskosität von 1000 mPa*s und 0,025 g $\text{Zn}(\text{acac})_2$ werden bei 50 °C gemischt und 24 h bei Raumtemperatur gerührt.

Beispiel 13:

Eine Mischung aus 2,18 g Platinverbindung 4, 97,46 g α,ω -Silanol-terminiertes Polydimethylsiloxan [CAS 70131-67-8] mit einer Viskosität von 1000 mPa*s und 0,025 g Butyllithium werden gemischt und 24 h bei Raumtemperatur gerührt.

Tabelle 1

Bsp. Nr.	Kat. aus Bsp. Nr.	Dunkelreaktivität [h]		Gelzeit nach
		22 °C	120 °C	Belichtung ¹⁾
15	9	1300	1,5	120
16	10	> 1500	2	104
17	11	> 1500	3,2	93
18	12	> 1500	2,5	125
19	13	> 1500	3	108

¹⁾ 10 Sekunden Belichtung in einem UV cube der Fa. Höhnle (ca. 70mW/cm²) mittels eines Eisenstrahlers der Wellenlänge 230 – 400 nm.

- 5 Die Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse aus der Bestimmung der Dunkelreaktivität und Gelzeit nach Belichtung ausgewählter Beispiele.

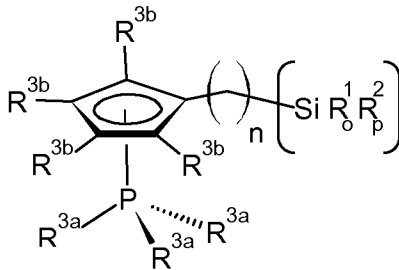
Patentansprüche

1. Platinverbindung der allgemeinen Formel (I)

5

(I)

10



wobei

15

$n = 1$ bis 8 ,

$o = 0$ bis 2 ,

$p = 1$ bis 3 ,

20

R^1 unabhängig voneinander, gleich oder verschieden einen monovalenten, unsubstituierten oder substituierten, linearen, cyclischen oder verzweigten, aliphatisch gesättigte oder ungesättigte oder aromatisch ungesättigte Reste enthaltenden Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, in dem einzelne Kohlenstoffatome durch O-, N-, S- oder P-Atome ersetzt sein können,

25

R^2 unabhängig voneinander, gleiche oder verschiedene hydrolysierbare funktionelle Gruppen, ausgewählt aus der Gruppe enthaltend

30

Carboxy $-O-C(O)R^4$,

Oxim $-O-N=CR^4_2$,

Alkoxy $-OR^4$,

Alkenyloxy $-O-R^6$

Amid $-NR^4-C(O)R^5$,

35

Amin $-NR^4R^5$,

Aminoxy -O-NR⁴R⁵, mit

R⁴ unabhängig voneinander, gleich oder verschieden H, Alkyl, Aryl, Arylalkyl, Alkylaryl,

R⁵ unabhängig voneinander, gleich oder verschieden Alkyl, Aryl, Arylalkyl, Alkylaryl,

R⁶ einen linearen oder verzweigten, aliphatisch ungesättigten organischen Rest,

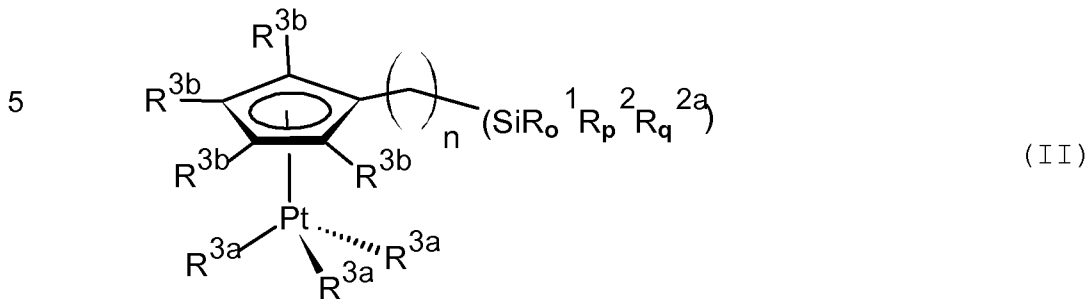
R^{3a} unabhängig voneinander, gleich oder verschieden Alkyl, Aryl, Arylalkyl, Alkylaryl mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, wobei die Wasserstoffe durch -Hal oder -SiR₃³ substituiert sein können, mit

R³ unabhängig voneinander, gleich oder verschieden einen monovalenten, unsubstituierten oder substituierten, linearen, cyclischen oder verzweigten Kohlenwasserstoffrest,

R^{3b} unabhängig voneinander, gleich oder verschieden Wasserstoff oder einen monovalenten, unsubstituierten oder substituierten, linearen oder verzweigten, aliphatisch gesättigte oder ungesättigte oder aromatisch ungesättigte Reste enthaltenden Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, in dem einzelne Kohlenstoffatome durch O-, N-, S- oder P-Atome ersetzt sein können, bedeuten.

2. Verfahren zur Herstellung der Paltinverbindung der allgemeinen Formel (I) gemäß Anspruch 1, durch Umsetzung einer Platinvorstufe mit einem monomeren Cyclopentadienyl-alkyl-Silan, enthaltend mindestens eine hydrolysierbare Gruppe, in einem aprotischen Lösungsmittel bei Temperaturen von -78°C bis 150°C.

3. Platinkatalysator (D) der allgemeinen Formel (II)



10 wobei

R^1 , R^2 , R^3 , R^{3a} und R^{3b} n , o , p die oben genannte Bedeutung tragen,

$q = 1$ bis 3 bedeutet, und

15 R^{2a} unabhängig voneinander, gleich oder verschieden ein monovalenter, linearer, cyclischer oder verzweigter, monomerer, oligomerer oder polymerer siliziumorganischer Rest ist, der

20 -aliphatisch gesättigte Gruppen mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, in denen einzelne Kohlenstoffatome durch Hal, O-, N-, S- oder P-Atome ersetzt sein können und/oder

-aliphatisch ungesättigte Gruppen mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, in denen einzelne Kohlenstoffatome
25 durch Hal, O-, N-, S- oder P-Atome ersetzt sein können und/oder

-aromatische Gruppen mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, in denen einzelne Kohlenstoffatome durch Hal, O-, N-, S- oder P-Atome ersetzt sein können und/oder

30 -Si-gebundene Wasserstoffatome

-und/oder Hydroxylgruppen

-und/oder hydrolysierbare Gruppen

enthalten kann.

4. Platinkatalysator (D) gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass er ein Molekulargewicht von mindestens 500 g/mol aufweist.
- 5 5. Verfahren zur Herstellung des Platinkatalysators (D) gemäß einem der Ansprüche 3 oder 4, durch Co-Hydrolyse der Platinverbindung der allgemeinen Formel (I) mit mindestens einer siliciumorganischen Verbindung.
- 10 6. Verwendung des Platinkatalysators (D) gemäß einem der Ansprüche 3 oder 4, für Hydrosilylierungsreaktionen, für die Hydrierung ungesättigter Verbindungen, für Polymerisationsreaktionen, bei denen die Aktivierung durch ultraviolette- oder sichtbare Strahlung erfolgt.
- 15 7. Additionsvernetzende Siliconkautschukzusammensetzungen, enthaltend
(i) mindestens eine Verbindung ausgewählt aus der Gruppe enthaltend die Verbindungen (A), (B) und (C),
20 wobei
(A) eine organische Verbindung und/oder eine siliziumorganische Verbindung, enthaltend mindestens zwei Reste mit aliphatischen Kohlenstoff-Kohlenstoff-Mehrfachbindungen,
25 (B) eine siliziumorganische Verbindung, enthaltend mindestens zwei Si-gebundenen Wasserstoffatome, und
(C) eine siliziumorganische Verbindung, enthaltend SiC-gebundene Reste mit aliphatischen Kohlenstoff-Kohlenstoff-Mehrfachbindungen und Si-gebundene Wasserstoffatome,
30 bedeuten,
mit der Maßgabe, dass die Zusammensetzung mindestens eine Verbindung mit aliphatischen Kohlenstoff-Kohlenstoff-Mehrfachbindungen und mindestens eine Verbindung mit Si-
35 gebundenen Wasserstoffatomen enthält,

und

(ii) mindestens einen Platinkatalysator (D).

8. Siliconkautschukzusammensetzungen gemäß Anspruch 8, da-
5 durch gekennzeichnet, dass sie als weiteren Bestandteil
(E) Inhibitoren oder Stabilisatoren oder eine Mischung
mindestens zweier Bestandteile (E) in einem Mengenanteil
von 0,00001 % bis 5 % bezogen auf das Gesamtgewicht der
Zusammensetzung enthalten.

9. Siliconkautschukzusammensetzungen gemäß einem der Ansprü-
che 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass sie als weite-
ren Bestandteil zusätzlich mindestens einen Bestandteil
(F) enthalten, ausgewählt aus der Gruppe enthaltend ver-
10 stärkende und nicht verstärkende Füllstoffe, Disper-
gierhilfsmittel, Lösungsmittel, Haftvermittler, Pigmente,
Farbstoffe, Weichmacher, organische Polymere, Hitzestabi-
lisatoren, Fungizide, Duftstoffe, rheologische Additive,
Korrosionsinhibitoren, Oxidationsinhibitoren, Lichtschutz-
20 mittel, flammabweisend machende Mittel und Mittel zur Be-
einflussung der elektrischen Eigenschaften.

10. Verfahren zur Herstellung der Siliconkautschukzusammenset-
zungen gemäß einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekenn-
25 zeichnet, dass entweder
- jeweils mindestens eine Verbindung (A), (B) und (D),
oder
- jeweils mindestens eine Verbindung (C) und (D),
oder
30 - jeweils mindestens eine Verbindung (A), (B), (C) und
(D),
oder
- jeweils mindestens eine Verbindung (A), (C) und (D),
in beliebiger Reihenfolge miteinander vermischt werden.

11. Vernetzte Siliconelastomere durch lichtinduzierte Additionsvernetzung der Siliconkautschukzusammensetzungen gemäß einem der Ansprüche 7 bis 9.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/050715

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C07F15/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C07F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, CHEM ABS Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 358 452 A (MINNESOTA MINING & MFG [US]) 14 March 1990 (1990-03-14) page 11; table VI -----	1-11
X	US 4 510 094 A (DRAHNAK TIMOTHY J [US]) 9 April 1985 (1985-04-09) column 4, line 65 -----	1-11
A	EP 1 803 728 A (GEN ELECTRIC [US]) 4 July 2007 (2007-07-04) sentence 54, paragraph 50 -----	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 April 2009

Date of mailing of the international search report

20/04/2009

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bader, Karl Günther

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2009/050715

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0358452	A	14-03-1990	CA 1338813 C	24-12-1996
			DE 68929120 D1	27-01-2000
			DE 68929120 T2	29-06-2000
			JP 2107668 A	19-04-1990
			JP 2873022 B2	24-03-1999
			US 4916169 A	10-04-1990
US 4510094	A	09-04-1985	CA 1231960 A1	26-01-1988
			DE 3474034 D1	20-10-1988
			EP 0146307 A2	26-06-1985
			JP 2500250 B2	29-05-1996
			JP 5239216 A	17-09-1993
			JP 1935446 C	26-05-1995
			JP 6053850 B	20-07-1994
			JP 60139756 A	24-07-1985
EP 1803728	A	04-07-2007	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/050715

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. C07F15/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
C07F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, CHEM ABS Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 358 452 A (MINNESOTA MINING & MFG [US]) 14. März 1990 (1990-03-14) Seite 11; Tabelle VI	1-11
X	US 4 510 094 A (DRAHNAK TIMOTHY J [US]) 9. April 1985 (1985-04-09) Spalte 4, Zeile 65	1-11
A	EP 1 803 728 A (GEN ELECTRIC [US]) 4. Juli 2007 (2007-07-04) Satz 54, Absatz 50	1-11

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6. April 2009

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

20/04/2009

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Bader, Karl Günther

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/050715

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0358452	A	14-03-1990	CA 1338813 C 24-12-1996
		DE 68929120 D1	27-01-2000
		DE 68929120 T2	29-06-2000
		JP 2107668 A	19-04-1990
		JP 2873022 B2	24-03-1999
		US 4916169 A	10-04-1990
US 4510094	A	09-04-1985	CA 1231960 A1 26-01-1988
		DE 3474034 D1	20-10-1988
		EP 0146307 A2	26-06-1985
		JP 2500250 B2	29-05-1996
		JP 5239216 A	17-09-1993
		JP 1935446 C	26-05-1995
		JP 6053850 B	20-07-1994
		JP 60139756 A	24-07-1985
EP 1803728	A	04-07-2007	KEINE