



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 043 540 A1** 2006.03.30

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 043 540.5**

(22) Anmeldetag: **09.09.2004**

(43) Offenlegungstag: **30.03.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **C08G 18/78** (2006.01)

**C08G 18/67** (2006.01)

**C08G 18/83** (2006.01)

**C08G 18/81** (2006.01)

**C08F 20/36** (2006.01)

**C08F 283/00** (2006.01)

**C09D 4/02** (2006.01)

**C09D 175/16** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Bayer MaterialScience AG, 51373 Leverkusen, DE**

(72) Erfinder:

**Weikard, Jan, Dr., 51519 Odenthal, DE;**

**Dètrebleur, Christophe, Dr., Liège, BE;**

**Greszta-Franz, Dorota, Dr., 40699 Erkrath, DE;**

**Richter, Frank, Dr., 51373 Leverkusen, DE;**

**Fischer, Wolfgang, Dr., 40668 Meerbusch, DE;**

**Schmitz, Jörg, Dr., 51065 Köln, DE; Mundstock,**

**Holger, 42929 Wermelskirchen, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Niedrigviskose Allophanate mit aktinisch härtbaren Gruppen**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft niedrigviskose Umsetzungsprodukte von Alkoholen, die aktiviert unter Einwirkung aktinischer Strahlung mit ethylenisch ungesättigten Verbindungen unter Polymersation reagierende Gruppen enthalten, mit Polyisocyanaten ein Verfahren zu ihrer Herstellung sowie deren Verwendung in Beschichtungsmitteln.

**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft niedrigviskose Umsetzungsprodukte von Alkoholen, die aktivierte unter Einwirkung aktivischer Strahlung mit ethylenisch ungesättigten Verbindungen unter Polymerisation reagierende Gruppen enthalten, mit Polyisocyanaten ein Verfahren zu ihrer Herstellung sowie deren Verwendung in Beschichtungsmitteln.

**[0002]** Die Härtung von aktivierten Doppelbindungen tragenden Beschichtungssystemen durch aktivische Strahlung, wie z. B. UV-Licht, IR-Strahlung oder auch Elektronenstrahlung ist bekannt und technisch etabliert. Es ist eine der schnellsten Härtungsmethoden in der Beschichtungstechnologie. Auf diesem Prinzip basierende Beschichtungsmittel werden daher als strahlen- oder aktivisch-härtende bzw. härtbare Systeme bezeichnet.

**Stand der Technik**

**[0003]** Bedingt durch die ökologischen und ökonomischen Anforderungen an moderne Lacksysteme möglichst wenig oder gar kein organisches Lösungsmittel zur Viskositätseinstellung zu verwenden, besteht der Wunsch, bereits niedrigviskose Lackrohstoffe zu verwenden. Bekannt hierfür sind seit langem Polyisocyanate mit Allophanatstruktur wie sie u. a. in EP-A 0 682 012 beschrieben werden.

**[0004]** In der Technik werden diese durch Umsetzung eines ein- oder mehrwertigen Alkohols mit überschüssigem aliphatischen und/oder cycloaliphatischen Diisocyanat hergestellt (vgl. GB-A 994 890, EP-A 0 000 194 oder EP-A 0 712 840). Anschließend erfolgt die Entfernung nicht reagierten Diisocyanats mittels Abdestillation im Vakuum. Nach DE-A 198 60 041 kann diese Verfahrensweise auch mit OH-funktionellen Verbindungen mit aktivierten Doppelbindungen, wie z.B. Hydroxyalkylacrylaten, durchgeführt werden, wobei jedoch zur Herstellung besonders monomerenarmer Produkte Schwierigkeiten auftreten. Da der Destillationsschritt bei Temperaturen bis zu 135°C verlaufen muss, um den Rest-Isocyanatgehalt ausreichend senken zu können (< 0,5 Gew.-% Restmonomer), können während der Aufreinigung bereits Doppelbindungen thermisch initiiert unter Polymerisation reagieren, so dass keine einwandfreien Produkte mehr erhalten werden.

**[0005]** Die Herstellung monomerenarmer, allophanathaltiger, strahlenhärtender Bindemittel auf Polyurethanbasis wird in EP-A 0 867 457 und US-A 5 739 251 beschrieben. Diese Bindemittel tragen allerdings keine aktivierten Doppelbindungen, sondern reaktionsträge Allylethergruppen (Struktur  $R-O-CH_2-CH=CH_2$ ). Daher benötigt man den Zusatz von Reaktivverdünnern (niedermolekulare Ester der Acrylsäure), die die notwendige UV-Reaktivität ein-

bringen.

**[0006]** EP-A 0 825 211 beschreibt ein Verfahren zum Aufbau von Allophanatstrukturen aus Oxadiazintronen, wobei allerdings keine strahlenhärtenden Derivate mit aktivierten Doppelbindungen bekannt sind. Lediglich die Verwendung von Maleinat- und/oder Fumarat-haltigen Polyestern wird erwähnt, die Möglichkeit der Strahlenhärtung wird nicht beschrieben.

**[0007]** US-A 5 777 024 beschreibt die Herstellung der niedrigviskosen strahlenhärtenden Allophanaten durch eine Reaktion von hydroxyfunktionellen Monomeren, die aktivierte Doppelbindungen tragen, mit Isocyanatgruppen von allophanatmodifizierten Isocyanurat-Polyisocyanaten. Die über die Allophanatgruppen gebundenen Reste sind dabei gesättigt.

**[0008]** Die Bildung von Allophanat-Verbindungen durch Ringöffnung von Uretdionen mit Alkoholen ist als Vernetzungsmechanismus in Pulverlacken grundsätzlich bekannt (vgl. Proceedings of the International Waterborne, High-Solids, and Powder Coatings Symposium 2001, 28<sup>th</sup>, 405–419 sowie US-A 2003 0153713). Allerdings sind die dazu nötigen Reaktionstemperaturen für eine gezielte Herstellung von strahlenhärtenden Monomeren auf Allophanatbasis mit aktivierten Doppelbindungen zu hoch (> 130°C).

**[0009]** Historisch wurde die direkte Reaktion von Uretdion-Ringen mit Alkoholen zu Allophanaten erstmals für lösemittelhaltige isocyanatfreie 2K-Polyurethan-Lacke untersucht. Unkatalysiert ist diese Reaktion aufgrund der geringen Reaktionsgeschwindigkeit ohne technische Bedeutung (F. Schmitt, Angew. Makromol. Chem. (1989), 171, S. 21–38). Mit geeigneten Katalysatoren soll die Vernetzungsreaktion zwischen HDI-basierten Uretdionhärttern und Polyolen aber schon bei 60–80°C einsetzen (K. B. Chandalia; R. A. Englebach; S. L. Goldstein; R. W. Good; S. H. Harris; M. J. Morgan; P. J. Whitman; R. T. Wojcik, Proceedings of the International Waterborne, High-Solids, and Powder Coatings Symposium, (2001), S. 77–89). Die Struktur dieser Katalysatoren wurde bisher nicht veröffentlicht. Kommerzielle Produkte, zu deren Herstellung diese Reaktion genutzt wird, sind bisher auch nicht bekannt.

**[0010]** Zusammenfassend läßt sich festhalten, dass die Herstellung von niedrigviskosen strahlenhärtenden Allophanaten durch eine ringöffnende Umsetzung von Alkoholen, die aktivierte Doppelbindungen tragen, mit Uretdionen bei Temperaturen  $\leq 130^\circ\text{C}$  aus dem Stand der Technik her nicht explizit beschrieben wird.

**Aufgabenstellung**

**[0011]** Überraschenderweise wurde nun gefunden,

dass aus der Umsetzung von Uretdionen mit olefinisch ungesättigten Alkoholen, die bevorzugt aktivierte Doppelbindungen enthalten, unter Einsatz von bestimmten Zinkverbindungen als Katalysatoren bereits bei Temperaturen unter 130°C niedrigviskose strahlenhärtende Allophanate mit niedrigen Restmonomeranteilen erhalten werden können, die bevorzugt Viskositäten gemessen bei 23°C von weniger als 100 000 mPas aufweisen.

**[0012]** Gegenstand der Erfindung ist daher ein Verfahren zur Herstellung strahlenhärtender, allophanatgruppenhaltiger Bindemittel, bei dem bei Temperaturen  $\leq 130^\circ\text{C}$

- A) eine oder mehrere uretdiongruppenhaltige Verbindungen mit
- B) einer oder mehreren OH-funktionellen Verbindungen, die unter Einwirkung aktinischer Strahlung mit ethylenisch ungesättigten Verbindungen unter Polymerisation reagierende Gruppen (strahlenhärtende Gruppen) aufweisen und
- C) gegebenenfalls weiteren gegenüber NCO-Gruppen reaktiven Verbindungen in Anwesenheit
- D) einer oder mehrerer Verbindungen enthaltend mindestens eine Zinkverbindung als Katalysator und
- E) optional Hilfs- und Zusatzstoffen

unter Öffnung des Uretdionringes zu Allophanatgruppen umgesetzt werden.

**[0013]** Darüber hinaus sind die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhältlichen Bindemittel ein Gegenstand der Erfindung.

**[0014]** In Komponente A) können alle organischen Verbindungen eingesetzt werden, die mindestens eine Uretdiongruppe aufweisen.

**[0015]** Bevorzugt sind dies Verbindungen, die durch katalytische Dimerisierung von aliphatischen, cycloaliphatischen und/oder araliphatischen Di- oder Polyisocyanaten nach an sich bekannten Verfahren erhältlich sind (vgl. J. Prakt. Chem. 1994, 336, Seite 196–198).

**[0016]** Geeignete Diisocyanate sind beispielsweise 1,4-Diisocyanatobutan, 1,6-Diisocyanatohexan (HDI), Trimethylhexandiisocyanat, 1,3- und 1,4-bis-Isocyanatomethylcyclohexan, Isophorondiiisocyanat (IPDI), 4,4'-Diisocyanatodicyclohexylmethane, 1,3- und 1,4-Xylylendiisocyanate (XDI Handelsprodukt der Fa. Takeda, Japan), Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat und Diphenylmethan-2,4'-diisocyanat (MDI), 2,4- und 2,6-Toluendiisocyanat (TDI), oder ihre Mischungen. Bevorzugt ist 1,6-Diisocyanatohexan.

**[0017]** Als Katalysatoren kommen dabei z.B.: Trial-

kylphosphine, Dimethylaminopyridine, Tris-(dimethylamino)-phosphin zum Einsatz.

**[0018]** Das Ergebnis der Dimerisierungsreaktion hängt in dem Fachmann bekannter Weise von dem verwendeten Katalysator, den Verfahrensbedingungen sowie den eingesetzten Diisocyanaten ab. Insbesondere können Produkte entstehen, die im Mittel mehr als eine Uretdiongruppe pro Molekül aufweisen, wobei die Anzahl der Uretdiongruppen einer Verteilung unterliegt. In Abhängigkeit von dem verwendeten Katalysator, den Verfahrensbedingungen sowie den eingesetzten Diisocyanaten entstehen auch Produktgemische, die neben Uretdionen auch andere Struktureinheiten aufweisen wie z.B. Isocyanurat und/oder Iminooxadiazindion.

**[0019]** Besonders bevorzugte Produkte sind durch katalytische Dimerisierung von HDI erhältlich und weisen einen Gehalt an freien HDI von unter 0,5 Gew.-%, einen NCO-Gehalt von 17–25 Gew.-%, bevorzugt von 21–24 Gew.-% und eine Viskosität bei 23°C von 20 bis 500 mPas, bevorzugt von 50 bis 200 mPas auf.

**[0020]** Die durch katalytische Dimerisierung erhältlichen in der Regel NCO-funktionellen Verbindungen werden bevorzugt direkt als Teil von Komponente A) eingesetzt, sie können aber grundsätzlich auch zunächst noch weiter umgesetzt werden und dann erst in A) verwendet werden. Dies kann beispielsweise eine Blockierung der freien NCO-Gruppen oder die weitere Umsetzung von NCO-Gruppen mit NCO-reaktiven zwei- oder mehrfachfunktionellen Verbindungen zu Iminooxadiazindion-, Isocyanurat-, Urethan-, Allophanat-, Biuret-, Harnstoff-, Oxadiazintrion-, Oxazolidinon-, Acylharnstoff- oder Carbodiimid-Strukturen sein. Dabei werden höhermolekulare uretdiongruppenhaltige Verbindungen erhalten, die abhängig von der gewählten Verhältnisse NCO-gruppenhaltig oder NCO-gruppenfrei sein können.

**[0021]** Beispielsweise geeignete Blockierungsmittel sind Alkohole, Lactame, Oxime, Malonester, Alkyl-acetoacetate, Triazole, Phenole, Imidazole, Pyrazole sowie Amine, wie z.B. Butanonoxim, Diisopropylamin, 1,2,4-Triazol, Dimethyl-1,2,4-triazol, Imidazol, Malonsäurediethylester, Acetessigester, Acetonoxim, 3,5-Dimethylpyrazol,  $\epsilon$ -Caprolactam, N-tert.-Butyl-benzylamin, Cyclopentanoncarboxyethylester oder beliebige Gemische dieser Blockierungsmittel. Die Verfahrensweise zur Blockierung von NCO-Gruppen ist dem Fachmann vertraut und exemplarisch in Progress in Organic Coatings 1999, 36, 148–172 beschrieben.

**[0022]** NCO-reaktive zwei- oder mehrfachfunktionelle Verbindungen zur Derivatisierung der in A) eingesetzten Uretdione können die oben genannten Di- und/oder Polyisocyanate sein, weiterhin einfache

zwei- oder mehrfunktionelle Alkohole wie Ethylenglykol, Propandiol-1,2, Propandiol-1,3, Diethylenglykol, Dipropylenglykol, die isomeren Butandiole, Neopentylglykol, Hexandiol-1,6, 2-Ethylhexandiol und Tripropylenglykol oder auch alkoxylierte Derivate dieser Alkohole. Bevorzugte zweiwertige Alkohole sind Hexandiol-1,6, Dipropylenglykol und Tripropylenglykol. Geeignete dreiwertige Alkohole sind Glycerin oder Trimethylolpropan oder deren alkoxylierte Derivate. Vierwertige Alkohole sind Pentaerythrit oder dessen alkoxylierte Derivate.

**[0023]** Unter aktinischer Strahlung wird elektromagnetische, ionisierende Strahlung verstanden, insbesondere Elektronenstrahlen, UV-Strahlen sowie sichtbares Licht (Roche Lexikon Medizin, 4.Auflage; Urban & Fischer Verlag, München 1999).

**[0024]** Unter Einwirkung aktinischer Strahlung mit ethylenisch ungesättigten Verbindungen unter Polymerisation reagierende Gruppen (strahlenhärtende Gruppen) sind beispielsweise Vinyl-, Vinylether-, Propenyl-, Allyl-, Maleinyl-, Fumaryl-, Maleinimid-, Dicyclopentadienyl-, Acrylamid-, Acryl- und Methacryl-Gruppen, wobei bevorzugt aktivierte Gruppen dieser Art wie Vinylether-, Acrylat- und/oder Methacrylat-Gruppen, besonders bevorzugt Acrylatgruppen in den Verbindungen der Komponente B) zum Einsatz kommen.

**[0025]** Beispielsweise geeignete hydroxylgruppenhaltige Verbindungen der Komponente B) sind 2-Hydroxyethyl(meth)acrylat, Polyethylenoxidmono(meth)acrylat (z.B. PEA6/PEM6; Laporte Performance Chemicals Ltd., UK), Polypropylenoxidmono(meth)acrylat (z.B. PPA6, PPM5S; Laporte Performance Chemicals Ltd., UK), Polyalkylenoxidmono(meth)acrylat (z.B. PEM63P, Laporte Performance Chemicals Ltd., UK), Poly( $\epsilon$ -caprolacton)mono(meth)acrylate wie z.B. Tone M100® (Dow, Schwalbach, DE), 2-Hydroxypropyl(meth)acrylat, 4-Hydroxybutyl(meth)acrylat, Hydroxybutylvinylether, 3-Hydroxy-2,2-dimethylpropyl(meth)acrylat, die hydroxyfunktionellen Mono-, Di- oder soweit möglich höheren Acrylate wie z.B. Glycerindi(meth)acrylat, Trimethylolpropandi(meth)acrylat, Pentaerythrittri(meth)acrylat oder Dipentaerythritpenta(meth)acrylat, die durch Umsetzung mehrwertiger gegebenenfalls alkoxylierter Alkohole wie Trimethylolpropan, Glycerin, Pentaerythrit, Dipentaerythrit zugänglich sind.

**[0026]** Ebenfalls geeignet als Bestandteil von B) sind auch Alkohole, die sich aus der Umsetzung von doppelbindungshaltigen Säuren mit gegebenenfalls doppelbindungshaltigen Epoxidverbindungen erhalten werden, so z.B. die Umsetzungsprodukte von (Meth)acrylsäure mit Glycidyl(meth)acrylat oder Bisphenol-A-diglycidylether.

**[0027]** Darüber hinaus können ebenfalls ungesättigte Alkohole eingesetzt werden, die aus der Umsetzung von gegebenenfalls ungesättigten Säureanhydriden mit gegebenenfalls acrylatgruppenhaltigen Hydroxy- und Epoxidverbindungen erhalten werden. Beispielsweise sind dies die Umsetzungsprodukte von Maleinsäureanhydrid mit 2-Hydroxyethyl(meth)acrylat und Glycidyl(meth)acrylat.

**[0028]** Besonders bevorzugt entsprechen die Verbindungen der Komponente B) der vorgenannten Art und weisen eine OH-Funktionalität von 0,9 bis 1,1 auf.

**[0029]** Ganz besonders bevorzugt werden in B) Verbindungen der vorstehend genannten Art mit primären Hydroxylgruppen eingesetzt. Solche sind bevorzugt 2-Hydroxyethylacrylat und 4-Hydroxybutylacrylat.

**[0030]** Neben den OH-funktionellen ungesättigten Verbindungen der Komponente B) können im erfindungsgemäßen Verfahren auch weitere Verbindungen C) eingesetzt werden, die verschieden von denen aus B) sind und NCO-reaktive Gruppen wie beispielsweise OH, SH oder NH aufweisen.

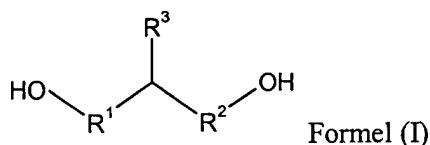
**[0031]** Dies können beispielsweise NH- oder SH-funktionelle Verbindungen mit unter Einwirkung aktinischer Strahlung mit ethylenisch ungesättigten Verbindungen unter Polymerisation reagierende Gruppen sein.

**[0032]** Weiterhin können hydrophilierend wirkende Gruppen eingebaut werden, insbesondere wenn eine Verwendung aus wässrigem Medium, z.B. in einem wässrigen Lack, vorgesehen ist. Hydrophilierend wirkende Gruppen sind ionische Gruppen, die entweder kationischer oder anionischer Natur sein können und/oder nichtionische hydrophile Gruppen. Kationisch, anionisch oder nichtionisch dispergierend wirkende Verbindungen sind solche, die beispielsweise Sulfonium-, Ammonium-, Phosphonium-, Carboxylat-, Sulfonat-, Phosphonat-Gruppen oder die Gruppen, die durch Salzbildung in die vorgenannten Gruppen überführt werden können (potentiell ionische Gruppen) oder Polyethergruppen enthalten und durch vorhandene isocyanatreaktive Gruppen eingebaut werden können. Bevorzugt geeignete isocyanatreaktive Gruppen sind Hydroxyl- und Amingruppen.

**[0033]** Geeignete ionische oder potentiell ionische Gruppen enthaltende Verbindungen sind z.B. Mono- und Dihydroxycarbonsäuren, Mono- und Diaminocarbonsäuren, Mono- und Dihydroxysulfonsäuren, Mono- und Diaminosulfonsäuren sowie Mono- und Dihydroxyphosphonsäuren oder Mono- und Diaminophosphonsäuren und ihre Salze wie Dimethylolpropionsäure, Dimethylolbuttersäure, Hydroxypivalinsäure

re, N-(2-Aminoethyl)- $\beta$ -alanin, 2-(2-Amino-ethylamino)-ethansulfonsäure, Ethylendiamin-propyl- oder butylsulfonsäure, 1,2- oder 1,3-Propylendiamin- $\beta$ -ethylsulfonsäure, Äpfelsäure, Zitronensäure, Glykolsäure, Milchsäure, Glycin, Alanin, Taurin, Lysin, 3,5-Diaminobenzoessäure, ein Additionsprodukt von IPDI und Acrylsäure (EP-A 0 916 647, Beispiel 1) und dessen Alkali- und/oder Ammoniumsalze; das Addukt von Natriumbisulfit an Buten-2-diol-1,4, Polyethersulfonat, das propoxylierte Addukt aus 2-Butendiol und  $\text{NaHSO}_3$ , z.B. beschrieben in der DE-A 2 446 440 (Seite 5–9, Formel I-III) sowie in kationische Gruppen überführbare Bausteine wie N-Methyl-dietanolamin als hydrophile Aufbaukomponenten. Bevorzugte ionische oder potentielle ionische Verbindungen sind solche, die über Carboxy- oder Carboxylat- und/oder Sulfonatgruppen und/oder Ammoniumgruppen verfügen. Besonders bevorzugte ionische Verbindungen sind solche, die Carboxyl- und/oder Sulfonatgruppen als ionische oder potentiell ionische Gruppen enthalten, wie die Salze von N-(2-Aminoethyl)- $\beta$ -alanin, der 2-(2-Amino-ethylamino)ethansulfonsäure oder des Additionsproduktes von IPDI und Acrylsäure (EP-A 0 916 647, Beispiel 1) sowie der Dimethylolpropionsäure.

**[0034]** Geeignete nichtionisch hydrophilierend wirkende Verbindungen sind z.B. Polyoxyalkylenether, die mindestens eine Hydroxy- oder Aminogruppe enthalten. Diese Polyether enthalten einen Anteil von 30 Gew.-% bis 100 Gew.-% an Bausteinen, die vom Ethylenoxid abgeleitet sind. In Frage kommen linear aufgebaute Polyether einer Funktionalität von 1 bis 3, aber auch Verbindungen der allgemeinen Formel (I),



in welcher

$\text{R}^1$  und  $\text{R}^2$  unabhängig voneinander jeweils einen zweiwertigen aliphatischen, cycloaliphatischen oder aromatischen Rest mit 1 bis 18 C-Atomen, die durch Sauerstoff und/oder Stickstoffatome unterbrochen sein können, bedeuten und  $\text{R}^3$  für einen alkoxyterminierten Polyethylenoxidrest steht.

**[0035]** Nichtionisch hydrophilierend wirkende Verbindungen sind beispielsweise auch einwertige, im statistischen Mittel 5 bis 70, bevorzugt 7 bis 55 Ethylenoxideinheiten pro Molekül aufweisende Polyalkylenoxidpolyetheralkohole, wie sie in an sich bekannter Weise durch Alkoxylierung geeigneter Startermoleküle zugänglich sind (z.B. in Ullmanns Encyclopädie der technischen Chemie, 4.Auflage, Band 19, Verlag Chemie, Weinheim S. 31–38).

**[0036]** Geeignete Startermoleküle sind beispiels-

weise gesättigte Monoalkohole wie Methanol, Ethanol, n-Propanol, Isopropanol, n-Butanol, Isobutanol, sec-Butanol, die Isomeren Pentanole, Hexanole, Octanole und Nonanole, n-Decanol, n-Dodecanol, n-Tetradecanol, n-Hexadecanol, n-Octadecanol, Cyclohexanol, die isomeren Methylcyclohexanole oder Hydroxymethylcyclohexan, 3-Ethyl-3-hydroxymethylcyclohexan oder Tetrahydrofurfurylalkohol, Diethylenglykolmonoalkylether wie beispielsweise Diethylenglykolmonobutylether, ungesättigte Alkohole wie Allylalkohol, 1,1-Dimethylallylalkohol oder Oleinalkohol, aromatische Alkohole wie Phenol, die isomeren Kresole oder Methoxyphenole, araliphatische Alkohole wie Benzylalkohol, Anisalkohol oder Zimtalkohol, sekundäre Monoamine wie Dimethylamin, Diethylamin, Dipropylamin, Diisopropylamin, Dibutylamin, Bis-(2-ethylhexyl)-amin, N-Methyl- und N-Ethylcyclohexylamin oder Dicyclohexylamin sowie heterocyclische sekundäre Amine wie Morpholin, Pyrrolidin, Piperidin oder 1H-Pyrazol. Bevorzugte Startermoleküle sind gesättigte Monoalkohole. Besonders bevorzugt wird Diethylenglykolmonobutylether als Startermolekül verwendet.

**[0037]** Für die Alkoxylierungsreaktion geeignete Alkylenoxide sind insbesondere Ethylenoxid und Propylenoxid, die in beliebiger Reihenfolge oder auch im Gemisch bei der Alkoxylierungsreaktion eingesetzt werden können.

**[0038]** Bei den Polyalkylenoxidpolyetheralkoholen handelt es sich entweder um reine Polyethylenoxidpolyether oder gemischte Polyalkylenoxidpolyether, deren Alkylenoxideinheiten zu mindestens 30 mol-% bevorzugt zu mindestens 40 mol-% aus Ethylenoxideinheiten bestehen. Bevorzugte nichtionische Verbindungen sind monofunktionelle gemischte Polyalkylenoxidpolyether, die mindestens 40 mol-% Ethylenoxid- und maximal 60 mol-% Propylenoxideinheiten aufweisen.

**[0039]** Insbesondere bei der Verwendung eines ionischen Gruppen enthaltenden Hydrophilierungsmittels muss sein Einfluss auf die Wirkung des Katalysators D) überprüft werden. Aus diesem Grund sind nichtionische Verbindungen als Hydrophilierungsmittel bevorzugt.

**[0040]** Als Verbindungen der Katalysatorkomponente D) können neben den erfindungsgemäß zu verwendenden Zinkverbindungen grundsätzlich auch die dem Fachmann an sich bekannten Verbindungen zur Katalyse der Reaktion von Isocyanatgruppen mit isocyanatreaktiven Gruppen einzeln oder in beliebigen Mischungen untereinander verwendet werden.

**[0041]** Beispielhaft sind hier tert. Amine wie Triethylamin, Pyridin, Methylpyridin, Benzyl-dimethylamin, N,N-Endoethylenpiperazin, N-Methyl-piperidin, Pentamethyldiethylen-triamin, N,N-Dimethylaminocyclo-

hexan, N,N'-Dimethyl-piperazin, 1,4-Diazabicyclo[2.2.2]octan (DABCO) oder Metallsalze wie Eisen(III)-chlorid, Zinn(II)-octoat, Zinn(II)-ethyl-caproat, Zinn(II)-palmitat, Dibutylzinn(IV)-dilaurat, Dibutylzinn(IV)-diacetat und Molybdänglykolat oder beliebige Gemische solcher Katalysatoren zunennen.

**[0042]** Geeignete erfindungsgemäß einzusetzende Zinkverbindungen sind beliebige anorganische oder organische Zinkverbindungen, wie Zinkoxid, Zinksulfid, Zinkcarbonat, Zinkfluorid, Zinkchlorid, Zinkbromid, Zinkiodid, Zinkphosphat, Zinkborat, Zinktitanat, Zinkhexafluorosilicat, Zinksulfit, Zinksulfat, Zinknitrat, Zinktetrafluorborat, Zinkacetat, Zinkoctoat, Zinkcyclohexan-butytrat, Zinklaurat, Zinkpalmitat, Zinkstearat, Zinkbehenat, Zinkcitrat, Zinkgluconat, Zinkacetyl-acetonat, Zink-2,2,6,6-tetramethyl-3,5-heptandionat, Zinktrifluoracetat, Zinktrifluormethansulfonat, Zinkdimethyldithiocarbamat sowie beliebige Gemische dieser Verbindungen. Bevorzugte Katalysatoren D) sind Zinkoctoat und/oder Zinkacetylacetonat.

**[0043]** Bevorzugt werden allerdings in D) ausschließlich Zinkverbindungen der vorstehend genannten Art als Katalysatoren eingesetzt.

**[0044]** Es ist auch möglich die Katalysatoren D) nach dem Fachmann bekannten Methoden auf Trägermaterialien zu bringen und als heterogene Katalysatoren zu verwenden.

**[0045]** Die Verbindungen der Katalysatorkomponente D) können vorteilhafterweise in einer der im Verfahren beteiligten Komponenten oder einem Teil davon gelöst werden. Insbesondere lösen sich die erfindungsgemäß einzusetzenden Zinkverbindungen sehr gut in den polaren Hydroxyalkylacrylaten, so dass D) gelöst in kleinen Mengen von B) als konzentrierte Lösung flüssig dosiert werden kann.

**[0046]** Im erfindungsgemäßen Verfahren wird die Katalysatorkomponente D) typischerweise in Mengen von 0,001–5,0 Gew.-%, bevorzugt 0,01–2,0 Gew.-% und besonders bevorzugt 0,05–1,0 Gew.-% bezogen auf Festgehalt des Verfahrensprodukts eingesetzt.

**[0047]** Als Bestandteile der Komponente E) können im erfindungsgemäßen Verfahren beispielsweise Lösemittel oder Reaktivverdünner eingesetzt werden.

**[0048]** Geeignete Lösemittel sind gegenüber den vorhandenen funktionellen Gruppen des Verfahrensprodukts vom Zeitpunkt der Zugabe bis zum Ende des Verfahrens inert. Geeignet sind z.B. in der Lacktechnik verwendete Lösemittel wie Kohlenwasserstoffe, Ketone und Ester, z.B. Toluol, Xylol, Isooctan, Aceton, Butanon, Methylisobutylketon, Ethylacetat, Butylacetat, Tetrahydrofuran, N-Methylpyrrolidon, Dimethylacetamid, Dimethylformamid, wobei jedoch

bevorzugt kein Lösungsmittel zugesetzt wird.

**[0049]** Als Reaktivverdünner können Verbindungen mitverwendet werden, die bei der UV-Härtung ebenfalls (co)polymerisieren und somit in das Polymer Netzwerk mit einbauen und gegenüber NCO-Gruppen inert sind. Solche Reaktivverdünner sind in P. K. T. Oldring (Ed.), Chemistry & Technology of UV & EB Formulations For Coatings, Inks & Paints, Vol. 2, 1991, STTA Technology, London, S. 237 – 285 exemplarisch beschrieben. Dies können Ester der Acrylsäure oder Methacrylsäure, bevorzugt der Acrylsäure mit mono- oder mehrfachfunktionellen Alkoholen sein. Als Alkohole eignen sich beispielsweise die isomeren Butanole, Pentanole, Hexanole, Heptanole, Octanole, Nonanole und Decanole, weiterhin cycloaliphatische Alkohole wie Isobornol, Cyclohexanol und alkylierte Cyclohexanole, Dicyclopentanol, arylaliphatischer Alkohole wie Phenoxyethanol und Nonylphenylethanol, sowie Tetrahydrofurfurylalkohole. Weiterhin können alkoxylierte Derivate dieser Alkohole verwendet werden. Geeignete zweiwertige Alkohole sind beispielsweise Alkohole wie Ethylenglykol, Propandiol-1,2, Propandiol-1,3, Diethylenglykol, Dipropylenglykol, die isomeren Butandiole, Neopentylglykol, Hexandiol-1,6, 2-Ethylhexandiol und Tripropylenglykol oder auch alkoxylierte Derivate dieser Alkohole. Bevorzugte zweiwertige Alkohole sind Hexandiol-1,6, Dipropylenglykol und Tripropylenglykol. Geeignete dreiwertige Alkohole sind Glycerin oder Trimethylolpropan oder deren alkoxylierte Derivate. Vierwertige Alkohole sind Pentaerythrit oder dessen alkoxylierte Derivate.

**[0050]** Die erfindungsgemäßen Bindemittel müssen gegen vorzeitige Polymerisation stabilisiert werden. Daher gibt man als Bestandteil von Komponente E) vor und/oder während der Reaktion bevorzugt phenolische Stabilisatoren zu, die die Polymerisation inhibieren. Verwendet werden dabei Phenole wie para-Methoxyphenol, 2,5-Di-tert.-Butylhydrochinon oder 2,6-Di-tert.-butyl-4-methylphenol. Geeignet sind auch N-Oxyl-Verbindungen zur Stabilisierung wie z.B. 2,2,6,6-Tetramethylpiperidin-N-Oxid (TEMPO) oder seine Derivate. Ebenso können die Stabilisatoren auch chemisch mit in das Bindemittel eingebaut werden, dabei eignen sich Verbindungen der oben genannten Klassen insbesondere wenn sie noch weitere freie aliphatische Alkoholgruppen oder primäre oder sekundäre Amingruppen tragen und damit über Urethan- oder Harnstoff-Gruppen chemisch an Verbindungen der Komponente A) gebunden werden können. Hierfür besonders geeignet sind 2,2,6,6-Tetramethyl-4-hydroxy-piperidin-N-Oxid. Bevorzugt sind phenolische Stabilisatoren insbesondere para-Methoxyphenol und/oder 2,6-Di-tert.-butyl-4-methylphenol

**[0051]** Andere Stabilisatoren wie z. B. Verbindungen der Klasse der HALS (HALS = hindered amine

light stabilizers) werden dagegen weniger bevorzugt in E) eingesetzt, da sie bekanntermaßen keine so effektive Stabilisierung zu ermöglichen und vielmehr zu einer „schleichenden“ radikalischen Polymerisation ungesättigter Gruppen führen können.

**[0052]** Zur Stabilisierung der Reaktionsmischung, insbesondere der ungesättigten Gruppen gegen vorzeitige Polymerisation, kann ein sauerstoffhaltiges Gas, bevorzugt Luft, in und/oder über das Reaktionsgemisch geleitet werden. Es ist bevorzugt, dass das Gas einen möglichst geringen Anteil an Feuchtigkeit besitzt, um unerwünschte Reaktion bei Vorhandensein von Isocyanat zu verhindern.

**[0053]** In der Regel wird während der Herstellung der erfindungsgemäßen Bindemittel ein Stabilisator zugesetzt und abschließend um eine Langzeitstabilität zu erreichen nochmals mit einem phenolischen Stabilisator nachstabilisiert und ggf. mit Luft das Reaktionsprodukt gesättigt.

**[0054]** Im erfindungsgemäßen Verfahren wird die Stabilisatorkomponente typischerweise in Mengen von 0,001–5,0 Gew.-%, bevorzugt 0,01–2,0 Gew.-% und besonders bevorzugt 0,05–1,0 Gew.-% bezogen auf Festgehalt des Verfahrensprodukts eingesetzt.

**[0055]** Das Verhältnis von OH-Gruppen aus der Komponente B) zu der Summe aus NCO- und Uretidiongruppen aus A) beträgt typischerweise von 1,5 : 1,0 bis 1,0 : 1,9, bevorzugt von 1,0 : 1,0 bis 1,0 : 1,9, besonders bevorzugt von 1,0 : 1,0 bis 1,0 : 1,2.

**[0056]** Das erfindungsgemäße Verfahren wird bevorzugt bei Temperaturen von 20 bis 130°C, besonders bevorzugt von 40 bis 100°C, ganz besonders bevorzugt bei 80 bis 90 °C durchgeführt.

**[0057]** Üblicherweise reagieren die ggf. vorhandenen NCO-Gruppen schneller mit den Hydroxylgruppen der Komponente B) als die Uretidiongruppen der Komponente A). Es ist daher möglich, wenn in B) mehrere unterschiedliche Bestandteile vorhanden sind, durch die Zugabereihenfolge der Bestandteile die Urethanisierung und Allophanatisierung entsprechend so zu steuern, dass ein Bestandteil von B) bevorzugt unter Urethanisierung, während der zuletzt zugegebene bevorzugt unter Allophanatisierung eingebaut wird.

**[0058]** Die Umsetzung der Komponente A) mit B) und weiteren gegenüber NCO-Gruppen reaktiven Verbindungen C) ist dann abgeschlossen, sobald alle NCO-Gruppen gemäß der gewählten stöchiometrischen Verhältnisse mit NCO-reaktiven Gruppen aus B) und C) abreagiert haben und alle Uretidiongruppen gemäß der gewählten stöchiometrischen Verhältnisse mit den Hydroxylgruppen aus B abreagiert haben.

**[0059]** Es ist allerdings auch möglich, die Allophanatisierung durch Zugabe von den Katalysator desaktivierenden Verbindungen (z.B. starke Säuren wie saure Phosphorsäureester) oder Zugabe von weiteren isocyanathaltigen Verbindungen, die die verbleibenden Verbindungen der Komponente B) abfangen, zu beenden.

**[0060]** Es ist unerheblich, ob das erfindungsgemäße Verfahren kontinuierlich z.B. in einem Statik-Mischer, Extruder oder Knetter oder diskontinuierlich z.B. in einem Rührreaktor durchgeführt wird.

**[0061]** Bevorzugt wird das erfindungsgemäße Verfahren in einem Rührreaktor durchgeführt, wobei die Reihenfolge der Zugabe der Komponenten A)–E) beliebig ist.

**[0062]** Der Verlauf der Reaktion kann durch geeignete im Reaktionsgefäß installierte Meßgeräte und/oder anhand von Analysen an entnommenen Proben verfolgt werden. Geeignete Verfahren sind dem Fachmann bekannt. Es handelt sich beispielsweise um Viskositätsmessungen, Messungen des Brechungsindex, des OH-Gehalts, Gaschromatographie (GC), kernmagnetische Resonanzspektroskopie (NMR), Infrarotspektroskopie (IR) und nahe Nahinfrarotspektroskopie (NIR). Bevorzugt ist die IR-Kontrolle auf ggf. vorhandene freie NCO Gruppen (für aliphatische NCO-Gruppen, Bande bei ca.  $\nu = 2272 \text{ cm}^{-1}$ ) sowie insbesondere auf Uretidiongruppen (z.B. Bande für Uretidione auf Basis Hexamethylendiisocyanat bei  $\nu = 1761 \text{ cm}^{-1}$ ) und GC-Untersuchungen auf nicht umgesetzte Verbindungen aus B) und C).

**[0063]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erfolgt eine parallele Allophanatisierung und Urethanisierung der Verbindungen der Komponente A). Dazu wird A) vorgelegt, mit Stabilisatoren und ggf. weiteren Hilfs- und Zusatzstoffen aus E) versetzt, anschließend werden die Komponenten B)–E) zugegeben und die Reaktionsmischung auf Reaktionstemperatur gebracht.

**[0064]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird zunächst A) mit B) bis zur vollständigen Reaktion der NCO-Gruppen umgesetzt. Wobei E) oder Teile davon bereits anwesend sein können. Anschließend wird durch Zugabe von D) und zusätzlich ggf. durch Temperaturanpassung die Reaktion der Uretidiongruppen von A) mit B) gestartet.

**[0065]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsform erfolgt die Umsetzung der Isocyanatgruppen und der Uretidiongruppen mit einem Überschuss an Hydroxylgruppen der Komponente B. Die nach der Umsetzung A) mit B) unter Katalyse von D) verbleibenden Hydroxylgruppen werden anschließend bevorzugt mit weiteren isocyanathaltigen Verbindungen, insbesondere mit solchen als mögliche Be-

standteile der Komponente B) beschriebenen unter Urethanisierung umgesetzt.

**[0066]** Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhältlichen ungesättigten Allophanate weisen bevorzugt Viskositäten gemessen mit einem Kegel-Platte-Viskosimeter bei 23°C von  $\leq 100\,000$  mPas, besonders bevorzugt  $\leq 75\,000$  mPas auf.

**[0067]** Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhältlichen ungesättigten Allophanate weisen bevorzugt zahlenmittlere Molekulargewichte  $M_n$  von 600 bis 3000 g/mol, besonders bevorzugt 750 bis 1500 g/mol auf.

**[0068]** Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhältlichen ungesättigten Allophanate weisen bevorzugt Gehalte an freien Di- bzw. Triisocyanatmonomeren von unter 0,5 Gew.-%, besonders bevorzugt unter 0,1 Gew.-% auf.

**[0069]** Die erfindungsgemäßen Bindemittel können zur Herstellung von Beschichtungen und Lacken sowie Klebstoffen, Druckfarben, Gießharzen, Dentalmassen, Schichten, Photoresisten, Stereolithographiesystemen, Harzen für Verbundwerkstoffe und Dichtungsmassen verwendet werden. Im Falle der Verklebung oder Abdichtung ist allerdings Voraussetzung, dass bei UV-Stahlenhärtung mindestens eines der beiden zu verklebenden oder miteinander abzdichtenden Substrate für UV-Strahlung durchlässig, also i. d. R. transparent sein muss. Bei der Elektronenstrahlung ist auf eine hinreichende Durchlässigkeit für Elektronen zu achten. Bevorzugt ist die Verwendung in Lacken und Beschichtungen.

**[0070]** Ein weiterer Gegenstand der Erfindung sind Beschichtungsmittel enthaltend

- a) ein oder mehrere erfindungsgemäß erhältliche Bindemittel
- b) gegebenenfalls ein oder mehrere Polyisocyanate mit freien oder blockierten Isocyanatgruppen, die frei sind von unter Einwirkung aktinischer Strahlung mit ethylenisch ungesättigten Verbindungen unter Polymerisation reagierenden Gruppen,
- c) gegebenenfalls weitere von denen aus a) verschiedene Verbindungen, die unter Einwirkung aktivischer Strahlung mit ethylenisch ungesättigten Verbindungen unter Polymerisation reagierende Gruppen und gegebenenfalls freie oder blockierte NCO-Gruppen aufweisen,
- d) gegebenenfalls ein oder mehrere mit Isocyanaten reagierende, aktiven Wasserstoff enthaltende Verbindungen
- e) Initiatoren,
- f) gegebenenfalls Lösemittel und
- g) gegebenenfalls Hilfs- und Zusatzstoffe.

**[0071]** Die Polyisocyanate der Komponente b) sind

dem Fachmann an sich bekannt. Bevorzugt werden hier gegebenenfalls mit Isocyanurat-, Allophanat-, Biuret-, Uretidion- und/oder Iminooxadiazintriengruppen modifizierte Verbindungen auf Hexamethyldiisocyanat-, Isophorondiisocyanat-, 4,4'-Diisocyanatodicyclohexylmethan- und/oder Trimethylhexamethyldiisocyanat-Basis verwendet.

**[0072]** Die NCO-Gruppen können dabei auch blockiert sein, wobei als Blockierungsmittel die bereits bei Beschreibung der Komponente A) genannten Verbindungen zum Einsatz kommen.

**[0073]** Zu den Verbindungen der Komponente c) gehören Verbindungen wie insbesondere Urethanacrylate bevorzugt auf Hexamethyldiisocyanat-, Isophorondiisocyanat-, 4,4'-Diisocyanatodicyclohexylmethan- und/oder Trimethylhexamethyldiisocyanat-Basis, welche gegebenenfalls mit Isocyanurat-, Allophanat-, Biuret-, Uretidion- und/oder Iminooxadiazintriengruppen modifiziert sein können, welche keine gegenüber Isocyanatgruppen reaktive, aktiven Wasserstoff enthaltene Funktionen aufweisen.

**[0074]** NCO-haltige Urethanacrylate sind kommerziell bei Bayer MaterialScience AG, Leverkusen, DE als Roskydal® UA VP LS 2337, Roskydal® UA VP LS 2396 oder Roskydal® UA XP 2510 erhältlich.

**[0075]** Weiterhin können die bereits beschriebenen und in der Technik der strahlenhärtenden Beschichtungen bekannten Reaktiwärddünnere als Bestandteil von c) verwendet werden, sofern sie keine mit NCO-Gruppen reaktiven Gruppen enthalten.

**[0076]** Verbindungen der Komponente d) können gesättigt oder ungesättigt sein. Mit NCO-Gruppen reagierende chemische Funktionalitäten sind aktivierte Wasserstoffatome enthaltende Funktionalitäten wie Hydroxyl, Amin oder Thiol.

**[0077]** Bevorzugt sind gesättigte Polyhydroxyverbindungen, z.B. die an sich aus der Technologie des Beschichtens, des Klebens, der Druckfarben oder der Dichtungsmassen bekannten Polyetherpolyole, Polyesterpolyole, Polycarbonatpolyole, Poly(meth)acrylatpolyole, Polyurethanpolyole, die keine unter Einwirkung aktinischer Strahlung mit ethylenisch ungesättigten Verbindungen unter Polymerisation reagierende Gruppen aufweisen.

**[0078]** Ungesättigte hydroxyfunktionelle Verbindungen sind z.B. die in der Technik der strahlenhärtenden Beschichtungen bekannten Epoxyacrylate, Polyesteracrylate, Polyetheracrylate, Urethanacrylate sowie acrylierte Polyacrylate, die eine OH-Zahl von 30 bis 300 mg KOH/g aufweisen.

**[0079]** Weiterhin können die bereits beschriebenen und in der Technik der strahlenhärtenden Beschich-

tungen bekannten Reaktiwärddünner als Bestandteil von d) verwendet werden, sofern sie mit NCO-Gruppen reaktive Gruppen enthalten.

**[0080]** Als Initiatoren der Komponente e) für eine radikalische Polymerisation können durch Strahlung und/oder thermisch aktivierbare Initiatoren zum Einsatz kommen. Fotoinitiatoren, die durch UV- oder sichtbares Licht aktiviert werden, sind hierbei bevorzugt. Fotoinitiatoren sind an sich bekannte, kommerziell vertriebene Verbindungen, wobei zwischen unimolekularen (Typ I) und bimolekularen (Typ II) Initiatoren unterschieden wird. Geeignete (Typ I-Systeme sind aromatische Ketonverbindungen, z.B. Benzophenone in Kombination mit tertiären Aminen, Alkylbenzophenone, 4,4'-Bis(dimethylamino)benzophenon (Michlers Keton), Anthron und halogenierte Benzophenone oder Mischungen der genannten Typen. Weiter geeignet sind (Typ II-Initiatoren wie Benzoin und seine Derivate, Benzilketale, Acylphosphinoxide z.B. 2,4,6-Trimethyl-benzoyldiphenylphosphinoxid, Bisacylphosphinoxide, Phenylglyoxylsäureester, Campherchinon,  $\alpha$ -Aminoalkylphenone,  $\alpha,\alpha$ -Dialkoxyacetophenone und  $\alpha$ -Hydroxyalkylphenone.

**[0081]** Die Initiatoren, die in Mengen zwischen 0,1 und 10 Gew.-%, vorzugsweise 0,1 bis 5 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht des Lackbindemittels, eingesetzt werden, können als einzelne Substanz oder, wegen häufiger vorteilhafter synergistischer Effekte, auch in Kombination miteinander verwendet werden.

**[0082]** Werden Elektronenstrahlen statt UV-Strahlung verwendet, so benötigt man keinen Photoinitiator. Elektronenstrahlung wird wie dem Fachmann bekannt ist, mittels thermischer Emission erzeugt und über eine Potentialdifferenz beschleunigt. Die energiereichen Elektronen schlagen dann durch eine Titanfolie und werden auf die zu härtenden Bindemittel gelenkt. Die allgemeinen Prinzipien der Elektronenstrahlhärtung sind in „Chemistry & Technology of UV & EB Formulations for Coatings, Inks & Paints“, Vol. 1, P K T Oldring (Ed.), SITA Technology, London, England, S. 101–157, 1991 im Detail beschrieben.

**[0083]** Im Falle einer thermischen Härtung der aktivierten Doppelbindungen, kann diese auch unter Zusatz von thermisch zerfallenden Radikalbildnern erfolgen. Geeignet sind, wie dem Fachmann bekannt ist, z.B. Peroxyverbindungen wie Dialkoxydicarbonat wie z.B. Bis(4-tert-butylcyclohexyl)peroxydicarbonat, Dialkylperoxide wie z.B. Dilaurylperoxid, Perester aromatischer oder aliphatischer Säuren wie z.B. tert.-Butylperbenzoat oder tert.-Amylperoxy 2-ethylhexanoat, anorganische Peroxide wie z. B. Ammoniumperoxodisulfat, Kaliumperoxodisulfat, organische Peroxide wie z.B. 2,2-Bis(tert.-butylperoxy)butan, Dicumylperoxid, tert.-Butylhydroperoxid oder auch Azoverbindungen wie 2,2'-Azobis[N-(2-propenyl)-2-methylpropionamide], 1-[(cyano-1-methyle-

thyl)azo]formamide, 2,2'-Azobis(N-butyl-2-methylpropionamide), 2,2'-Azobis(N-cyclohexyl-2-methylpropionamide), 2,2'-Azobis{2-methyl-N-[2-(1-hydroxybutyl)]propionamide}, 2,2'-Azobis{2-methyl-N-[2-(1-hydroxybutyl)]propionamide}, 2,2'-Azobis{2-methyl-N-[1,1-bis(hydroxymethyl)-2-hydroxyethyl]propionamide. Möglich sind auch hochsubstituierte 1,2-Diphenylethane (Benzpinakole), wie z. B. 3,4-Dimethyl-3,4-diphenylhexan, 1,1,2,2-Tetraphenyl-ethandiol-1,2 oder auch deren silylierten Derivate.

**[0084]** Es ist auch möglich eine Kombination von durch UV-Licht und thermisch aktivierbaren Initiatoren zu verwenden.

**[0085]** Zu den Hilfs- und Zusatzstoffen der Komponente e) gehören Lösemittel der vorstehend unter E) genannten Art.

**[0086]** Des Weiteren können in e) zur Erhöhung der Wetterstabilität der gehärteten Lackschicht auch UV-Absorber und/oder HALS-Stabilisatoren enthalten sein. Bevorzugt ist die Kombination. Erstere sollten einen Absorptionsbereich von maximal 390 nm haben wie Triphenyltriazintypen (z.B. Tinuvin® 400 (Ciba Spezialitätenchemie GmbH, Lampertheim, DE)), Benztriazole wie Tinuvin® 622 (Ciba Spezialitätenchemie GmbH, Lampertheim, DE) oder Oxalsäure-dianilide (z. B. Sanduvor® 3206 (Clariant, Muttenz, CH)) und werden in 0,5 bis 3,5 Gew.-% bezogen auf Festharz zugegeben. Geeignete HALS-Stabilisatoren sind kommerziell erhältlich (Tinuvin® 292 oder Tinuvin® 123 (Ciba Spezialitätenchemie GmbH, Lampertheim, DE) oder Sanduvor® 3258 (Clariant, Muttenz, CH). Bevorzugte Mengen sind 0,5–2,5 Gew.-% bezogen auf Festharz.

**[0087]** Ebenfalls können in e) Pigmente, Farbstoffe, Füllstoffe, Verlaufs- und Entlüftungsadditive enthalten sein.

**[0088]** Darüber hinaus können, sofern erforderlich die aus der Polyurethanchemie bekannten Katalysatoren zur Beschleunigung der NCO/OH-Reaktion in e) enthalten sein. Dies sind z.B. Zinn- oder Zinksalze oder Zinnorganoverbindungen, Zinn- und/oder Zinkseifen wie z.B. Zinnoctoat, Dibutylzinndilaurat, Dibutylzinnoxid oder tertiäre Amine wie z. B. Diazabicyclo[2,2,2]octan (DABCO).

**[0089]** Das Auftragen der erfindungsgemäßen Beschichtungsmittel auf das zu beschichtende Material erfolgt mit den in der Beschichtungstechnologie üblichen und bekannten Methoden wie Spritzen, Rakeln, Walzen, Gießen, Tauchen, Schleudern, Streichen oder Sprühen oder durch Druck-Techniken wie Sieb-, Tief-, Flexo- oder Offsetdruck sowie durch Transfer-Methoden.

**[0090]** Geeignete Substrate sind beispielsweise Holz, Metall, insbesondere auch Metall wie es in den Anwendungen der sogenannten Draht-, Coil-, Can- oder Container-Lackierung verwendet wird, weiterhin Kunststoff auch in Form von Folien, insbesondere ABS, AMMA, ASA, CA, CAB, EP, UF, CF, MF, MPF, PF, PAN, PA, PE, HDPE, LDPE, LLDPE, UHMWPE, PET, PMMA, PP, PS, SB, PUR, PVC, RF, SAN, PBT, PPE, POM, PUR-RIM, SMC, BMC, PP-EPDM, und UP (Kurzbezeichnungen nach DIN 7728T1), Papier, Leder, Textilien, Filz, Glas, Holz, Holzwerkstoffe, Kork, anorganisch gebundene Substrate wie Holz- und Faserzementplatten, elektronische Baugruppen oder mineralische Untergründe. Es können auch Substrate, die aus verschiedenen der vorgenannten Materialien bestehen, oder bereits beschichtete Substrate wie Fahrzeuge, Flugzeuge oder Schiffe sowie deren Teile, insbesondere Karosserien oder Anbauteile lackiert werden. Es ist auch möglich die Beschichtungsmittel nur temporär auf ein Substrat aufzubringen, dann teilweise oder vollständig zu härten und gegebenenfalls wieder abzulösen, um z.B. Folien herzustellen.

**[0091]** Zur Aushärtung können durch Ablüften z.B. enthaltene Lösemittel ganz oder teilweise entfernt werden.

**[0092]** Anschließend oder gleichzeitig können der oder die ggf. notwendigen thermischen und der und die photochemischen Aushärtungsprozesse nacheinander oder gleichzeitig durchgeführt werden.

**[0093]** Falls notwendig kann die thermische Härtung kann bei Raumtemperatur aber auch bei erhöhter Temperatur, vorzugsweise bei 40 bis 160°C, bevorzugte bei 60 bis 130°C, besonders bevorzugte bei 80 bis 110°C erfolgen.

**[0094]** Bei Verwendung von Photoinitiatoren in d) erfolgt die Strahlungshärtung bevorzugt durch Einwirkung energiereicher Strahlung, also UV-Strahlung oder Tageslicht, z.B. Licht der Wellenlänge 200 bis 700 nm oder durch Bestrahlen mit energiereichen Elektronen (Elektronenstrahlung, 150 bis 300 keV). Als Strahlungsquellen für Licht oder UV-Licht dienen beispielsweise Hoch- oder Mitteldruckquecksilberdampflampen, wobei der Quecksilberdampf durch Dotierung mit anderen Elementen wie Gallium oder Eisen modifiziert sein kann. Laser, gepulste Lampen (unter der Bezeichnung UV-Blitzlichtstrahler bekannt), Halogenlampen oder Eximerstrahler sind ebenfalls möglich. Die Strahler können bauartbedingt oder durch Einsatz spezieller Filter und/oder Reflektoren so ausgestattet sein, dass der Austritt eines Teils des UV-Spektrums verhindert wird. Beispielsweise kann z.B. aus arbeitshygienischen Gründen die dem UV-C oder UV-C und UV-B zugeordnete Strahlung herausgefiltert werden. Die Strahler können ortsunbeweglich installiert sein, so dass das zu bestrahlen-

de Gut mittels einer mechanischen Vorrichtung an der Strahlungsquelle vorbeibewegt wird oder die Strahler können beweglich sein und das zu bestrahlende Gut verändert bei der Härtung seinen Ort nicht. Die üblicherweise zur Vernetzung ausreichende Strahlungsdosis bei UV-Härtung liegt im Bereich von 80 bis 5000 mJ/cm<sup>2</sup>.

**[0095]** Die Bestrahlung kann gegebenenfalls auch unter Ausschluss von Sauerstoff, z. B. unter Inertgas-Atmosphäre oder Sauerstoff-reduzierter Atmosphäre durchgeführt werden. Als Inertgase eignen sich bevorzugt Stickstoff, Kohlendioxid, Edelgase oder Verbrennungsgase. Des Weiteren kann die Bestrahlung erfolgen, indem die Beschichtung mit für die Strahlung transparenten Medien abgedeckt wird. Beispiele hierfür sind z.B. Kunststofffolien, Glas oder Flüssigkeiten wie Wasser.

**[0096]** Je nach Strahlungsdosis und Aushärtungsbedingungen sind Typ und Konzentration des gegebenenfalls verwendeten Initiators in dem Fachmann bekannter Weise zu variieren.

**[0097]** Besonders bevorzugt werden zur Härtung Quecksilberhochdruckstrahler in ortsfesten Anlagen eingesetzt. Fotoinitiatoren werden dann in Konzentrationen von 0,1 bis 10 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,2 bis 3,0 Gew.-% bezogen auf den Festkörper der Beschichtung eingesetzt. Zur Härtung dieser Beschichtungen wird bevorzugt eine Dosis von 200 bis 3000 mJ/cm<sup>2</sup> gemessen im Wellenlängenbereich von 200 bis 600 nm verwendet.

**[0098]** Bei Verwendung von thermisch aktivierbaren Initiatoren in d) durch Erhöhung der Temperatur. Die thermische Energie kann dabei durch Strahlung, Wärmeleitung und/oder Konvektion in die Beschichtung eingebracht werden, wobei üblicherweise die in der Beschichtungstechnologie gebräuchlichen Infrarot-Strahler, Nahinfrarotstrahler und/oder Öfen zum Einsatz kommen.

**[0099]** Die applizierten Schichtdicken (vor der Härtung) liegen typischerweise zwischen 0,5 und 5000 µm, bevorzugt zwischen 5 und 1000 µm, besonders bevorzugt zwischen 15 und 200 µm. Bei Verwendung von Lösungsmitteln wird dieses nach der Applikation und vor der Härtung durch die gängigen Methoden entfernt.

#### Ausführungsbeispiel

**[0100]** Alle Prozentangaben beziehen sich sofern nicht abweichend angegeben auf Gewichtsprozent.

**[0101]** Die Bestimmung der NCO-Gehalte in % wurde über Rücktitration mit 0,1 mol/l Salzsäure nach Reaktion mit Butylamin vorgenommen, Grundlage DIN EN ISO 11909.

**[0102]** Die Viskositätsmessungen wurden mit einem Kegelplatte Viskosimeter (SM-KP), Viskolab LC3/ISO der Fa. Paar Physica, Ostfildern, DE nach ISO/DIS 3219:1990 durchgeführt.

**[0103]** Infrarot-Spektroskopie wurde an zwischen Natriumchloridplatten aufgetragenen Flüssigkeitsfilmen an einem Gerät Modell 157 von Perkin Elmer, Überlingen, DE.

**[0104]** Gehalt an Restmonomeren bzw. flüchtiger Aufbaukomponenten wurde mittels GC (Methode mit Tetradekan als internem Standard, Ofentemperatur 110°C, Injektortemperatur 150°C, Trägergas Helium, Gerät: 6890 N, Agilent, Waldbronn, DE, Säule: Restek RT 50, 30 m, 0,32 mm Innendurchmesser, Filmdicke 0,25 µm) analysiert.

**[0105]** Die Bestimmung des Festkörpers erfolgte nach DIN 53216/1 Entwurf 4/89, ISO 3251 Die zur Zeit der Versuchsdurchführung herrschende Umgebungstemperatur von 23°C wird als RT bezeichnet.

Desmodur® N 3400: HDI-Polyisocyanat vorwiegend enthaltend Uretdionstruktur, Viskosität 185 mPas/23°C, NCO-Gehalt 21,4 %, Handelsprodukt der Bayer MaterialScience AG, Leverkusen, DE

Desmorapid® Z: Dibutylzinndilaurat (DBTL), Handelsprodukt der Bayer MaterialScience AG, Leverkusen, DE

Darocur® 1173: Photoinitiator, Handelsprodukt der Ciba Spezialitätenchemie GmbH, Lampertheim, DE

Beispiel 1: Erfindungsgemäßes allophanathaltiges Bindemittel

**[0106]** In einem Dreihalskolben mit Rückflusskühler, Rührer, Tropftrichter und Luftdurchleitung (0,5 l/h) wurden 263,13 g Desmodur® N3400, 0,50 g 2,6-Di-tert.-butyl-4-methylphenol und 0,07 g Desmorapid® Z bei RT vorgelegt und dann auf 60°C erhitzt. 219,25 g 2-Hydroxyethylacrylat wurden langsam zuge tropft, wobei eine maximale Temperatur von 70°C erreicht wurde. Danach wurde das Reaktionsgemisch bei 65°C gehalten, bis der NCO-Gehalt < 0,1 %. Anschließend wurde eine Mischung aus 14,41 g 2-Hydroxyethylacrylat und 2,14 g Zink(II)ethylhexanoat zuge tropft. Das Reaktionsgemisch wurde weiter aufgeheizt und bei 80°C gehalten, bis im IR-Spektrum bei  $\nu = 1768 \text{ cm}^{-1}$  nach 3,5 h nur ein sehr schwaches Signal für Uretdiongruppen nachweisbar war. Es wurden 0,50 g Isophthalsäuredichlorid zugegeben und rasch auf RT abgekühlt. Gaschromatographisch wurde an einer entnommenen Probe ein Gehalt an Hydroxyethylacrylat von 4,96 % bestimmt. Es erfolgte die Zugabe von 41,33 g Desmodur N3400 und 0,07 g Desmorapid® Z. Es wurde bei 60°C gerührt, bis im IR-Spektrum bei  $\nu = 2272 \text{ cm}^{-1}$  kein Signal für die Isocyanatgruppe mehr vorhanden war. Gaschromatographisch wurde an einer entnommenen Probe

der Gehalt an Hydroxyethylacrylat mit 0,14 % bestimmt. Es wurde ein Produkt mit der Viskosität 62.800 mPas/23°C, einer Farbzahl 8 APHA und einem NCO-Gehalt unter 0,1 % erhalten.

Beispiel 2: Erfindungsgemäßes allophanathaltiges Bindemittel

**[0107]** Beispiel 1 wurde wiederholt mit dem Unterschied, dass anstelle Zink(II)ethylhexanoat jetzt 1,59 g Zink(II)acetylacetonat verwendet wurden. Die Reaktionszeit nach Zugabe des Katalysators betrug 1,5 h. Gaschromatographisch wurde an einer entnommenen Probe ein Gehalt an Hydroxyethylacrylat von 4,08 % bestimmt. Es erfolgte die Zugabe von 34,00 g Desmodur N3400 und 0,07 g Desmorapid® Z. Es wurde bei 60°C gerührt, bis im IR-Spektrum bei  $\nu = 2272 \text{ cm}^{-1}$  kein Signal für die Isocyanatgruppe mehr vorhanden war. Gaschromatographisch wurde an einer entnommenen Probe der Gehalt an Hydroxyethylacrylat mit 0,40 % bestimmt. Es erfolgte die weitere Zugabe von 3,5 g Desmodur N3400. Es wurde bei 60°C gerührt, bis im IR-Spektrum bei  $\nu = 2272 \text{ cm}^{-1}$  kein Signal für die Isocyanatgruppe mehr vorhanden war. Gaschromatographisch wurde an einer entnommenen Probe der Gehalt an Hydroxyethylacrylat mit 0,09 % bestimmt. Es wurde ein Produkt mit der Viskosität 71.000 mPas/23°C, einer Farbzahl 91 APHA und einem NCO-Gehalt unter 0,1 % erhalten.

Vergleichsbeispiel 3: Versuch der Herstellung eines allophanathaltigen Bindemittels

**[0108]** Die in US-A 2003 301 537 13 für die Vernetzung von Pulverlacken aus Uretdiongruppen-haltigen Härtern und polymeren Hydroxylverbindungen ohne aktivierte Doppelbindungen beschriebenen Katalysatoren wurden auf Eignung überprüft:

Beispiel 5 wurde wiederholt mit dem Unterschied, dass statt des Katalysators aus Beispiel 3 jetzt 0,51 g Tetrabutylammoniumhydroxid als Katalysator verwendet wurden. Das Reaktionsgemisch wurde aufgeheizt und bei 80°C gehalten, bis im IR-Spektrum bei  $\nu = 1768 \text{ cm}^{-1}$  nach 2 h nur ein sehr schwaches Signal für Uretdiongruppen nachweisbar war. Es wurden 0,10 g Benzoylchlorid zugegeben und rasch auf RT abgekühlt. Die Reaktionsmischung trübte dabei ein. Gaschromatographisch wurde an einer entnommenen Probe der Gehalt an Hydroxyethylacrylat mit 2,4 % bestimmt. Zur Reaktionsmischung wurden 5,20 g Desmodur® N3400 gegeben und bei 70°C gerührt, bis im IR-Spektrum bei  $\nu = 2272 \text{ cm}^{-1}$  kein Signal für die Isocyanatgruppe mehr vorhanden war. Gaschromatographisch wurde an einer entnommenen Probe der Gehalt an Hydroxyethylacrylat mit 0,17 % bestimmt. Es wurde ein trübes Produkt mit einer Viskosität von 84.000 mPas/23°C und einem NCO-Gehalt von 0 % erhalten.

#### Vergleichsbeispiel 4: Versuch der Herstellung eines allophanathaltigen Bindemittels

**[0109]** Die in US-A 2003 301 537 13 für die Vernetzung von Pulverlacken aus Uretdiongruppen-haltigen Härtern und polymeren Hydroxylverbindungen ohne aktivierte Doppelbindungen beschriebenen Katalysatoren wurden auf Eignung überprüft:

Beispiel 5 wurde wiederholt mit dem Unterschied, dass statt des Katalysators aus Beispiel 3 jetzt 0,67 g Tetrabutylammoniumfluorid als Katalysator verwendet wurden. Das Reaktionsgemisch wurde aufgeheizt und bei 80°C gehalten, bis im IR-Spektrum bei  $\nu = 1768 \text{ cm}^{-1}$  nach 3 h nur ein sehr schwaches Signal für Uretdiongruppen nachweisbar war. Es wurden 0,10 g Benzoylchlorid zugegeben und rasch auf RT abgekühlt. Die Reaktionsmischung trübte dabei stark ein, es bildete sich ein farbloser Niederschlag. Gaschromatographisch wurde an einer entnommenen Probe der Gehalt an Hydroxyethylacrylat mit 1,7 % bestimmt. Zur Reaktionsmischung wurden 4,30 g Desmodur® N3400 gegeben und bei 70°C gerührt, bis im IR-Spektrum bei  $\nu = 2272 \text{ cm}^{-1}$  kein Signal für die Isocyanatgruppe mehr vorhanden war. Gaschromatographisch wurde an einer entnommenen Probe der Gehalt an Hydroxyethylacrylat mit 0,15 % bestimmt. Es wurde ein trübes Produkt mit einer Viskosität von 92.000 mPas/23°C und einem NCO-Gehalt von 0 % erhalten.

**[0110]** Die Vergleichsbeispiele 3 und 4 zeigen, dass die für die Vernetzung von Pulverlacken bestehend aus Uretdiongruppen-haltigen Härtern und polymeren Hydroxylverbindungen geeignete Substanzen für eine gezielte Synthese von Allophanaten aus Uretdion- und Alkoholen nicht geeignet sind. Die so erhaltenen Produkte sind getrübt und relativ hochviskos, so dass sie sich zur Herstellung von Beschichtungen nicht eignen.

#### Beispiel 5: Lackformulierung und Lack

**[0111]** Jeweils ein Teil der Produkte aus Beispiel 1 und 2 wurde mit 3,0 % des Photoinitiators Darocur® 1173 intensiv gemischt. Mittels eines Knochen-Rakels mit einem Spalt von 90  $\mu\text{m}$  wurde die Mischung als dünner Film auf eine Glasplatte aufgezogen. Nach UV-Bestrahlung (Quecksilbermitteldruckstrahler, IST Metz GmbH, Nürtingen, DE, 750  $\text{mJ/cm}^2$ ) wurde ein transparente, harte und lösemittelfeste Beschichtung mit einer Pendelhärte 153 s bzw. 154 s erhalten, die sich durch Stahlwolle (Typ 0/0/0) mit einer auf den Film gerichteten Kraft von 500 g in zehn Doppelhüben kaum verkratzen ließ und sich durch 100 Doppelhübe mit einem Butylacetat getränkten Wattebausch nicht sichtbar veränderte.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung strahlenhärtender,

allophanatgruppenhaltiger Bindemittel, bei dem bei Temperaturen  $\leq 130^\circ\text{C}$

A) eine oder mehrere uretdiongruppenhaltige Verbindungen mit

B) einer oder mehreren OH-funktionellen Verbindungen, die unter Einwirkung aktinischer Strahlung mit ethylenisch ungesättigten Verbindungen unter Polymerisation reagierende Gruppen (strahlenhärtende Gruppen) aufweisen und

C) gegebenenfalls weiteren gegenüber NCO-Gruppen reaktiven Verbindungen in Anwesenheit

D) einer oder mehrerer Verbindungen enthaltend mindestens eine Zinkverbindung als Katalysator und

E) optional Hilfs- und Zusatzstoffen unter Öffnung des Uretdionringes zu Allophanatgruppen umgesetzt werden.

2. Verfahren zur Herstellung strahlenhärtender, allophanatgruppenhaltiger Bindemittel gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die uretdiongruppenhaltigen Verbindungen der Komponente A) auf Hexamethyldiisocyanat basieren.

3. Verfahren zur Herstellung strahlenhärtender, allophanatgruppenhaltiger Bindemittel gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in Komponente B) 2-Hydroxyethylacrylat und/oder 4-Hydroxybutylacrylat eingesetzt werden.

4. Verfahren zur Herstellung strahlenhärtender, allophanatgruppenhaltiger Bindemittel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass in Komponente D) ausschließlich Zinkverbindungen als Katalysator eingesetzt werden.

5. Verfahren zur Herstellung strahlenhärtender, allophanatgruppenhaltiger Bindemittel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass in Komponente D) als Katalysator Zinkacetylacetonat und/oder Zinkethylhexanoat verwendet wird.

6. Verfahren zur Herstellung strahlenhärtender, allophanatgruppenhaltiger Bindemittel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Verfahrenstemperaturen 40 bis 100°C betragen.

7. Strahlenhärtende, allophanatgruppenhaltige Bindemittel, die nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 erhältlich sind.

8. Verwendung der strahlenhärtenden, allophanatgruppenhaltigen Bindemittel nach Anspruch 7 bei der Herstellung von Beschichtungen, Lacken, Klebstoffen, Druckfarben, Gießharzen, Dentalmassen, Schlichten, Photoresisten, Stereolithographiesystemen, Harzen für Verbundwerkstoffe und Dichtungsmassen.

9. Beschichtungsmittel enthaltend

- a) ein oder mehrere strahlenhärtende, allophanatgruppenhaltige Bindemittel gemäß Anspruch 7,
- b) gegebenenfalls ein oder mehrere Polyisocyanate mit freien oder blockierten Isocyanatgruppen, die frei sind von unter Einwirkung aktivischer Strahlung mit ethylenisch ungesättigten Verbindungen unter Polymerisation reagierenden Gruppen,
- c) gegebenenfalls weitere von denen aus a) verschiedene Verbindungen, die unter Einwirkung aktivischer Strahlung mit ethylenisch ungesättigten Verbindungen unter Polymerisation reagierende Gruppen und gegebenenfalls freie oder blockierte NCO-Gruppen aufweisen,
- d) gegebenenfalls ein oder mehrere mit Isocyanaten reagierende, aktiven Wasserstoff enthaltende Verbindungen
- e) Initiatoren,
- f) gegebenenfalls Lösemittel und
- g) gegebenenfalls Hilfs- und Zusatzstoffe.

10. Substrate beschichtet mit Beschichtungen erhältlich aus strahlenhärtenden, allophanatgruppenhaltigen Bindemitteln gemäß Anspruch 7.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen