

(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
19. Juni 2008 (19.06.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/071768 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

C08J 11/06 (2006.01) **C08K 3/00** (2006.01)

C08F 8/50 (2006.01) **C08K 5/00** (2006.01)

(74) Anwalt: **REITSTÖTTER, KINZEBACH & PART-
NER**; Ludwigsplatz 4, 67059 Ludwigshafen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/063893

(22) Internationales Anmeldedatum:

13. Dezember 2007 (13.12.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

06126265.5 15. Dezember 2006 (15.12.2006) EP

07106445.5 18. April 2007 (18.04.2007) EP

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, 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, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **BASF SE** [DE/DE]; 67056 Ludwigshafen (DE).

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **KÜHLING, Klaus** [DE/DE]; Limburgstr. 7, 67158 Ellerstadt (DE). **HALBRITTER, Klaus** [DE/DE]; Leisberg 32, 69124 Heidelberg (DE). **HAASS, Frank** [DE/DE]; Hauptstr. 77, 64390 Erzhausen (DE). **STERZEL, Hans-Josef** [DE/DE]; Wasgauring 3, 67125 Dannstadt-Schauernheim (DE). **RITTER, Helmut** [DE/DE]; Rotdornweg 37, 42111 Wuppertal (DE). **AMAJJAHE, Sadik** [DE/DE]; Werstener Feld 29, 40591 Düsseldorf (DE).

(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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, 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:

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

(54) **Title:** METHOD OF SEPARATING JOINED SUBSTRATES BY MEANS OF MICROWAVE IRRADIATION

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUM TRENNEN VERBUNDENER SUBSTRATE DURCH MIKROWELLENBESTRAHLUNG

(57) **Abstract:** The present invention relates to methods of separating adhesively bonded substrates by irradiation with microwaves, with one of the substrates consisting partly or entirely of a material which decomposes at least partially on absorption of microwave radiation, and the use of these methods for the parting of specific substrates.

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft Verfahren zum Trennen von stoffschlüssig verbundenen Substraten durch Bestrahlung mit Mikrowellen, wobei eines der Substrate teilweise oder vollständig aus einem Material besteht, das sich unter Absorption von Mikrowellenstrahlung wenigstens teilweise zersetzt, sowie die Verwendung dieser Verfahren zum Lösen spezifischer Substrate.



WO 2008/071768 A2

Verfahren zum Trennen verbundener Substrate durch Mikrowellenbestrahlung

Beschreibung

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft Verfahren zum Trennen von stoffschlüssig verbundenen Substraten durch Bestrahlung mit Mikrowellen, wobei eines der Substrate teilweise oder vollständig aus einem Material besteht, das sich unter Absorption von Mikrowellenstrahlung wenigstens teilweise zersetzt, sowie die Verwendung dieser Verfahren zum Lösen spezifischer Substrate.
- 10 Die US 6,160,031 beschreibt Verfahren zur Zersetzung von Polymeren, die zur Depolymerisation unter thermischer Belastung befähigt sind, unter teilweiser Rückgewinnung der Monomere, wobei das Polymer einer Erhitzung durch Mikrowellenstrahlung unterworfen wird.
- 15 Die WO 2006053083 beschreibt polymerisierbare ionische Flüssigkeiten und deren Polymere. Diese zeigen eine hohe Absorption speziell im Mikrowellen- und Radarbereich und finden Verwendung in der Beschichtung von Körpern, um die Reflektion von Radiofrequenzstrahlung dieser Körper zu verringern.
- 20 Die WO 03054102 beschreibt nanopartikuläre Zubereitungen, die wenigstens ein Metallmischoxid in Form superparamagnetischer, nanoskaliger Teilchen enthalten, sowie Verfahren zum Erwärmen solcher Zubereitungen mit dem Zweck, Klebeverbindungen auf Basis dieser Zubereitungen herzustellen und zu lösen.
- 25 Aufgabe der vorliegenden Erfindung war, ein Verfahren bereitzustellen, womit sich stoffschlüssig verbundene Substrate unter geringem Aufwand voneinander trennen lassen.
- 30 Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Trennen von stoffschlüssig verbundenen Substraten durch Bestrahlung mit Mikrowellen, wobei eines der Substrate teilweise oder vollständig aus einem Material besteht, das sich unter Absorption von Mikrowellenstrahlung wenigstens teilweise zersetzt, gelöst.
- 35 Der Begriff „stoffschlüssig verbunden“ bezeichnet im Rahmen der vorliegenden Anmeldung den Zusammenhalt aufgrund atomarer und/oder molekularer Kräfte zwischen voneinander verschiedenen Substraten. Stoffschlüssig verbundene Substrate lassen sich ausschließlich durch physikalische oder chemische Zerstörung wenigstens eines der
- 40 diese Kräfte ausübenden Substrate trennen.

Der Begriff „Substrat“ bezeichnet im Rahmen der vorliegenden Anmeldung sowohl Werkstücke als auch Schichten, sofern diese über eine definierte Zusammensetzung verfügen, über eine ausreichende Festigkeit verfügen und eine definierte, zusammenhängende Oberfläche aufweisen.

5

Der Begriff „Trennen“ bezeichnet im Rahmen der vorliegenden Anmeldung das physische Trennen zweier Substrate, d. h. das Zerstören atomarer und/oder molekularer Kräfte zwischen den beteiligten Substraten. Bevorzugt bleibt dabei wenigstens eines der beteiligten Substrate unzerstört.

10

Der Begriff „Zersetzung“ wird im Rahmen der vorliegenden Anmeldung für Vorgänge verwendet, in deren Anschluss das zu zersetzende Substrat seinen ursprünglichen Zweck aufgrund struktureller Veränderungen nicht mehr erfüllen kann. Die Zersetzung kann beispielsweise unter Abspaltung einzelner Komponenten und/oder unter Änderung des Aggregatzustands erfolgen. Bevorzugt erfolgt die Zersetzung unter Absorption von Mikrowellenstrahlung irreversibel, d. h. unter Zerstörung des Substratmaterials. Besonders bevorzugt wird die Zersetzung des Materials wenigstens teilweise durch mikrowelleninduzierte Gasentwicklung herbeigeführt.

15

20

In einer ersten bevorzugten Ausführungsform besteht eines der Substrate vollständig aus dem unter Absorption von Mikrowellenstrahlung zur Zersetzung befähigten Material.

25

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das Substrat, das aus einem unter Absorption von Mikrowellenstrahlung zur Zersetzung befähigtem Material besteht, oberflächlich auf ein davon verschiedenes Substrat aufgebracht. In dieser Ausführungsform handelt es sich insbesondere um Beschichtungen, die in Form von Lacken, Farben, Lasuren, Firnissen, Folien etc. aufgetragen werden.

30

In einer ebenfalls bevorzugten Ausführungsform verbindet das Substrat, das aus einem unter Absorption von Mikrowellenstrahlung zur Zersetzung befähigtem Material besteht, zwei davon verschiedene Substrate stoffschlüssig. In dieser Ausführungsform handelt es sich um Schichten, insbesondere um Grundierungen, Primer- und Klebeschichten.

35

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfasst das Substrat, das aus einem unter Absorption von Mikrowellenstrahlung zur Zersetzung befähigtem Material besteht, eine Polymerzusammensetzung oder besteht aus einer Polymerzusammensetzung.

40

Geeignete Polymerzusammensetzungen umfassen oder bestehen beispielsweise aus den im Folgenden aufgeführten Homo- und Copolymeren.

Die im Folgenden aufgeführten Verwendungen der gegebenenfalls umfassten Polymere erfüllen lediglich den Zweck zu verdeutlichen, dass das erfindungsgemäße Verfahren in Verbindung mit einer Vielzahl von Gegenständen des täglichen Lebens Anwendung finden kann.

Geeignete Polymerzusammensetzungen umfassen Polymere ausgewählt unter Homopolymeren und Copolymeren von cyclischen Ethern, wie Polyalkylenglykole, z. B. Polyethylenoxid, Polypropylenoxid oder Copolymeren davon mit Bisglycidylethern. Polyalkylenglykole entstehen durch Polyaddition eines cyclischen Ethers, wie beispielsweise Ethylenoxid, Propylenoxid oder Tetrahydrofuran mit einer OH-Verbindung als Startermolekül, wie beispielsweise Wasser. Startermoleküle für die Polyaddition können auch ein- oder mehrwertige Alkohole sein. Polyalkylenglykole werden beispielsweise als Weichmacher und Trennmittel eingesetzt.

Geeignete Polymerzusammensetzungen umfassen weiterhin Polymere ausgewählt unter Polyacetalen, Copolymerisaten aus Polyacetalen mit cyclischen Ethern und Polyacetalen, die mit thermoplastischen Polyurethanen, Acrylaten oder Methacrylat-/Butadien/Styrol-Copolymeren modifiziert sind. Polyacetale entstehen durch Polymerisation von Aldehyden beziehungsweise von cyclischen Acetalen. Ein technisch bedeutsames Polyacetal ist Polyoxymethylen (POM), das durch kationische oder anionische Polymerisation von Formaldehyd beziehungsweise Trioxan erhältlich ist. Modifiziertes POM wird beispielsweise durch Copolymerisation mit cyclischen Ethern, wie Ethylenoxid oder 1,3-Dioxolan, erhalten. Die Kombination von POM mit thermoplastischen Polyurethan-Elastomeren ergibt Polymerblends auf POM-Basis. Unverstärktes POM zeichnet sich durch eine sehr hohe Steifheit, Festigkeit und Zähigkeit aus. POM wird vorzugsweise für Haushaltsgeräte- und Apparatebau, Fahrzeugbau, Maschinenbau, Sanitär- und Installationstechnik verwendet.

Geeignete Polymerzusammensetzungen umfassen weiterhin Polymere ausgewählt unter Polyarylethern, Polyarylsulfiden und Gemischen von Polyarylethern mit Styrolpolymeren und Polyamiden. Ein Beispiel für Polyarylether sind Polyphenylenoxide, deren Hauptkette aus über Sauerstoffatomen verknüpften Phenyleneinheiten, die gegebenenfalls durch Alkylgruppen substituiert sind, aufgebaut ist. Ein technisch bedeutsames Polyphenylenoxid ist Poly-2,6-dimethylphenylether. Ein Beispiel für Polyarylsulfide sind Polyphenylensulfide, die durch Polykondensation von 1,4-Dichlorbenzol mit Natriumsulfid erhältlich sind. Sie zeichnen sich durch eine hohe Festigkeit, Steifheit, Härte und Temperaturbeständigkeit aus. Sie eignen sich als Substitut für Metalle im Bau von Pumpengehäusen und bei anderen Elementen des Maschinen- und Apparatebaus. Weitere Einsatzgebiete für Polyphenylensulfide sind die Elektrotechnik und die Elektronik.

Geeignete Polymerzusammensetzungen umfassen weiterhin Polymere ausgewählt unter Polyurethanen. Geeignete Polyisocyanat-Polyadditionsprodukte (Polyurethane) sind beispielsweise zellige Polyurethane, z. B. harte oder weiche Polyurethanschäume oder -schaumstoffe, kompakte Polyurethane, thermoplastische Polyurethane (TPU),
5 duromere oder elastische Polyurethane oder Polyisocyanurate. Diese sind allgemein bekannt und ihre Herstellung ist vielfach beschrieben. Sie erfolgt üblicherweise durch Umsetzung von zwei- und höherwertigen Isocyanaten oder von entsprechenden Isocyanatanaloga mit gegenüber Isocyanaten reaktiven Verbindungen. Die Herstellung erfolgt nach üblichen Verfahren, beispielsweise im one-shot-Verfahren oder nach dem
10 Prepolymerverfahren, z. B. in Formen, in einem Reaktionsextruder oder auch einer Bandanlage. Ein spezielles Herstellverfahren stellt das Reaction-Injection-Moulding-(RIM-)Verfahren dar, das bevorzugt zur Herstellung von Polyurethanen mit einem geschäumten oder kompakten Kern und einer überwiegend kompakten, nichtporösen Oberfläche angewandt wird.

15 Polyurethane sind im Allgemeinen aufgebaut aus wenigstens einem Polyisocyanat und wenigstens einer Verbindung mit wenigstens zwei gegenüber Isocyanatgruppen reaktiven Gruppen pro Molekül. Geeignete Polyisocyanate besitzen vorzugsweise 2 bis 5 NCO-Gruppen. Die gegenüber Isocyanatgruppen reaktiven Gruppen sind vorzugsweise ausgewählt unter Hydroxyl-, Mercapto-, primären und sekundären Aminogruppen.
20 Dazu zählen vorzugsweise zwei- oder höherwertige Polyole.

Geeignete Polyisocyanate sind aliphatische, cycloaliphatische, araliphatische und aromatische Isocyanate. Geeignete aromatische Diisocyanate sind beispielsweise 2,2',
25 2,4'- und/oder 4,4'-Diphenylmethandiisocyanat (MDI), 1,5-Naphthylendiisocyanat (NDI), 2,4- und/oder 2,6-Toluylendiisocyanat (TDI), Diphenylmethandiisocyanat, 3,3'-Dimethyldiphenyldiisocyanat, 1,2-Diphenylethandiisocyanat und/oder Phenylendiisocyanat. Aliphatische und cycloaliphatische Diisocyanate umfassen beispielsweise Tri-, Tetra-, Penta-, Hexa-, Hepta- und/oder Octamethylendiisocyanat, 2-Methyl-penta-
30 methylen-1,5-diisocyanat, 2-Ethylbutylen-1,4-diisocyanat, 1-Isocyanato-3,3,5-trimethyl-5-isocyanatomethylcyclohexan (Isophorondiisocyanat, IPDI), 1,4- und/oder 1,3-Bis(isocyanatomethyl)cyclohexan (HXXDI), Cyclohexan-1,4-diisocyanat, 1-Methyl-2,4- und/oder 1-Methyl-2,6-cyclohexandiisocyanat und/oder 4,4', 2,4'- und/oder 2,2'-Dicyclohexylmethandiisocyanat. Zu den bevorzugten Diisocyanaten zählen Hexa-
35 methylendiisocyanat (HMDI) und Isophorondiisocyanat. Beispiele für höherfunktionelle Isocyanate sind Triisocyanate, z. B. Triphenylmethan-4,4',4''-triisocyanat, weiterhin die Cyanurate der vorgenannten Diisocyanate, sowie die durch partielle Umsetzung von Diisocyanaten mit Wasser erhältlichen Oligomere, z. B. die Biurethe der vorgenannten Diisocyanate, ferner Oligomere, die durch gezielte Umsetzung von semiblockierten
40 Diisocyanaten mit Polyolen, die im Mittel mehr als 2 und vorzugsweise 3 oder mehr Hydroxygruppen aufweisen, erhältlich sind.

Als Polyolkomponenten werden dabei für Polyurethanhartschaumstoffe, die gegebenenfalls Isocyanuratstrukturen aufweisen können, hochfunktionelle Polyole, insbesondere Polyetherpolyole auf Basis hochfunktioneller Alkohole, Zuckeralkohole und/oder Saccharide als Startermoleküle eingesetzt. Für flexible Polyisocyanat-Polyadditionsprodukte, z. B. Polyurethanweichschaumstoffe oder RIM-Werkstoffe, sind 2- und/oder 3-funktionelle Polyetherpolyole auf Basis von Glycerin und/oder Trimethylolpropan und/oder Glykolen als Startermoleküle als Polyole und 2- und/oder 3-funktionelle Polyetherpolyole auf Basis von Glycerin und/oder Trimethylolpropan und/oder Glykolen als zu veresternde Alkohole als Polyole bevorzugt. Thermoplastische Polyurethane basieren üblicherweise auf überwiegend difunktionellen Polyesterpolyalkoholen und/oder Polyetherpolyalkoholen, die bevorzugt eine mittlere Funktionalität von 1,8 bis 2,5, besonders bevorzugt 1,9 bis 2,1, aufweisen.

Die Herstellung der Polyetherpolyole erfolgt dabei nach einer bekannten Technologie. Geeignete Alkylenoxide zur Herstellung der Polyole sind beispielsweise 1,3-Propylenoxid, 1,2- bzw. 2,3-Butylenoxid, Styroloxid und vorzugsweise Ethylenoxid und 1,2-Propylenoxid. Die Alkylenoxide können einzeln, alternierend nacheinander oder als Mischungen verwendet werden. Bevorzugt werden Alkylenoxide verwendet, die zu primären Hydroxylgruppen im Polyol führen. Besonders bevorzugt werden als Polyole solche eingesetzt, die zum Abschluss der Alkoxylierung mit Ethylenoxid alkoxyliert wurden und damit primäre Hydroxylgruppen aufweisen. Weitere geeignete Polyetherole sind Polytetrahydrofurane und Polyoxymethylene. Die Polyetherpolyole besitzen eine Funktionalität von vorzugsweise 2 bis 6 und insbesondere 2 bis 4 und Molekulargewichte von 200 bis 10000, vorzugsweise 200 bis 8000.

Geeignete Polyesterpolyole können beispielsweise aus organischen Dicarbonsäuren mit 2 bis 12 Kohlenstoffatomen, vorzugsweise aliphatischen Dicarbonsäuren mit 4 bis 6 Kohlenstoffatomen, und mehrwertigen Alkoholen, vorzugsweise Diolen, mit 2 bis 12 Kohlenstoffatomen, vorzugsweise 2 bis 6 Kohlenstoffatomen, hergestellt werden. Die Polyesterpolyole besitzen vorzugsweise eine Funktionalität von 2 bis 4, insbesondere 2 bis 3, und ein Molekulargewicht von 480 bis 3000, vorzugsweise 600 bis 2000 und insbesondere 600 bis 1500.

Weiterhin kann die Polyolkomponente auch Dirole oder höherwertige Alkohole umfassen. Geeignete Dirole sind Glykole mit vorzugsweise 2 bis 25 Kohlenstoffatomen. Hierzu zählen 1,2-Ethandiol, 1,2-Propandiol, 1,3-Propandiol, 1,4-Butandiol, 1,5-Pentandiol, 1,6-Hexandiol, 1,10-Decandiol, Diethylenglykol, 2,2,4-Trimethyl-1,5-pentandiol, 2,2-Dimethyl-1,3-propandiol, 1,4-Dimethylolcyclohexan, 1,6-Dimethylolcyclohexan, 2,2-Bis(4-hydroxyphenyl)propan (Bisphenol A), 2,2-Bis(4-hydroxyphenyl)butan (Bisphenol B) oder 1,1-Bis(4-hydroxyphenyl)-3,3,5-trimethylcyclohexan (Bisphenol C). Geeignete höherwertige Alkohole sind z. B. dreiwertige (Triole), vierwertige (Tetrole) und/oder fünfwertige Alkohole (Pentole). Sie weisen in der Regel 3 bis 25, vorzugswei-

se 3 bis 18 Kohlenstoffatome auf. Hierzu zählen Glycerin, Trimethylolethan, Trimethylolpropan, Erythrit, Pentaerythrit, Sorbit und deren Alkoxylate.

5 Zur Modifizierung der mechanischen Eigenschaften, z. B. der Härte, kann sich jedoch der Zusatz von Kettenverlängerungsmitteln, Vernetzungsmitteln, Abstoppern oder gegebenenfalls auch Gemischen davon als vorteilhaft erweisen. Die Kettenverlängerungs- und/oder Vernetzungsmittel weisen beispielsweise ein Molekulargewicht von 40 bis 300 auf. In Betracht kommen beispielsweise aliphatische, cycloaliphatische und/oder araliphatische Diole mit 2 bis 14, vorzugsweise 2 bis 10 Kohlenstoffatomen, wie z. B. Ethylenglykol, 1,3-Propandiol, 1,2-Propandiol, 1,10-Decandiol, 1,2-, 1,3-, 10 1,4-Dihydroxycyclohexan, Diethylenglykol, Dipropylenglykol und vorzugsweise Ethylenglykol, 1,4-Butandiol, 1,6-Hexandiol und Bis-(2-hydroxyethyl)-hydrochinon, Triole, wie 1,2,4-, 1,3,5-Trihydroxycyclohexan, Glycerin, Trimethylolpropan, Triethanolamin und niedermolekulare hydroxylgruppenhaltige Polyalkylenoxide auf Basis Ethylen- und/oder 1,2-Propylenoxid und den vorgenannten Diolen und/oder Triolen als Starter- 15 moleküle. Geeignete Abstopper umfassen beispielsweise monofunktionelle Alkohole oder sekundäre Amine.

20 Polyurethane werden zum größten Teil zu Schaumstoffen verarbeitet.

Geeignete Polymerzusammensetzungen umfassen weiterhin Polymere ausgewählt unter Polyharnstoffen, Polyimiden, Polyamidimiden, Polyetherimiden, Polyesterimiden, Polyhydantoinen und Polybenzimidazolen. Polyharnstoffe entstehen bekanntermaßen durch Polyaddition von Diaminen und Diisocyanaten. Polyimide, deren wesentliches 25 Strukturelement die Imidgruppe in der Hauptkette ist, entstehen durch Umsetzung von aromatischen Tetracarbonsäurendianhydriden mit aliphatischen oder aromatischen Diaminen. Polyimide werden unter anderem als Klebstoffe in Verbundwerkstoffen, außerdem für Beschichtungen, dünne Folien, beispielsweise als Isoliermaterial in der Mikroelektronik, für Hochmodulfasern und für semi-permeable Membranen eingesetzt.

30 Geeignete Polymerzusammensetzungen umfassen weiterhin Polymere ausgewählt unter Polyestern. Geeignete Polyester und Copolyester sind in der EP-A-0678376, EP-A-0 595 413 und US 6,096,854 beschrieben, worauf hiermit Bezug genommen wird. Polyester sind bekanntermaßen Kondensationsprodukte aus einem oder mehreren Polyolen und einer oder mehreren Polycarbonsäuren. In linearen Polyestern ist das Polyol ein Diol und die Polycarbonsäure eine Dicarbonsäure. Die Diolkomponente kann unter Ethylenglykol, 1,4-Cyclohexandimethanol, 1,2-Propandiol, 1,3-Propandiol, 1,4-Butandiol, 2,2-Dimethyl-1,3-propandiol, 1,6-Hexandiol, 1,2-Cyclohexandiol, 1,4-Cyclohexandiol, 1,2-Cyclohexandimethanol und 1,3-Cyclohexandimethanol ausgewählt sein. Ferner kommen Diole in Betracht, deren Alkylenkette durch nicht be- 35 nachbarte Sauerstoffatome ein- oder mehrfach unterbrochen ist. Hierzu zählen Diethylenglykol, Triethylenglykol, Dipropylenglykol, Tripropylenglykol und dergleichen. In der

Regel enthält das Diol 2 bis 18 Kohlenstoffatome, vorzugsweise 2 bis 8 Kohlenstoffatome. Cycloaliphatische Diole können in Form ihres cis- oder trans-Isomeren oder als Isomerengemisch eingesetzt werden. Die Säurekomponente kann eine aliphatische, alicyclische oder aromatische Dicarbonsäure sein. Die Säurekomponente linearer Polyester ist in der Regel ausgewählt unter Terephthalsäure, Isophthalsäure, 1,4-Cyclohexandicarbonsäure, 1,3-Cyclohexandicarbonsäure, Bernsteinsäure, Glutarsäure, Adipinsäure, Sebacinsäure, 1,12-Dodecandisäure, 2,6-Naphthalindicarbonsäure und Gemische davon. Selbstverständlich kann man auch die funktionellen Derivate der Säurekomponente wie Ester, beispielsweise der Methylester, Anhydride oder Halogenide, vorzugsweise Chloride, einsetzen. Bevorzugte Polyester sind Polyalkylenterephthalate, und Polyalkylennaphthalate, die durch Kondensation von Terephthalsäure beziehungsweise Naphthalindicarbonsäure mit einem aliphatischen Diol erhältlich sind.

Polyethylenterephthalate PET und Polybutylenterephthalate PBT werden in großem Umfang zur Produktion von Fasern eingesetzt und weisen außerdem eine hohe Beständigkeit als thermoplastische Werkstoffe für technische Teile wie Lager, Zahnräder, Nockenscheiben, Rollen, Schaltergehäuse, Stecker, Handgriffe, Bedienungsknöpfe auf. PET wird in hohem Maß als Material für Getränkeflaschen verwendet.

Geeignete Polymerzusammensetzungen umfassen weiterhin Polymere ausgewählt unter Polycarbonaten, Polyester carbonaten und Gemischen davon. Polycarbonate entstehen z. B. durch Kondensation von Phosgen oder Kohlensäureestern wie Diphenylcarbonat oder Dimethylcarbonat mit Dihydroxyverbindungen. Geeignete Dihydroxyverbindungen sind aliphatische oder aromatische Dihydroxyverbindungen. Als aromatische Dihydroxyverbindungen seien beispielsweise Bisphenole wie 2,2-Bis-(4-hydroxyphenyl)-propan (Bisphenol-A), Tetraalkylbisphenol-A, 4,4-(meta-Phenylendiisopropyl)-diphenol (Bisphenol M), 4,4-(para-Phenylendiisopropyl)diphenol, 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-3,3,5-trimethylcyclohexan (BP-TMC), 2,2-Bis-(4-hydroxyphenyl)-2-phenylethan, 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-cyclohexan (Bisphenol-Z) sowie gegebenenfalls deren Gemische genannt. Die Polycarbonate können durch Verwendung geringer Mengen an Verzweigern verzweigt werden. Zu den geeigneten Verzweigern zählen Phloroglucin, 4,6-Dimethyl-2,4,6-tri-(4-hydroxyphenyl)-hepten, 4,6-Dimethyl-2,4,6-tri-(4-hydroxyphenyl)-heptan, 1,3,5-Tri-(4-hydroxyphenyl)-benzol, 1,1,1-Tri(4-hydroxyphenyl)-heptan, 1,3,5-Tri-(4-hydroxyphenyl)-benzol, 1,1,1-Tri-(4-hydroxyphenyl)-ethan, Tri-(4-hydroxyphenyl)-phenylmethan, 2,2-Bis-[4,4-bis-(4-hydroxyphenyl)-cyclohexyl]-propan, 2,4-Bis-(4-hydroxyphenyl-isopropyl)-phenol, 2,6-Bis(2-hydroxy-5'-methylbenzyl)-4-methylphenol, 2-(4-Hydroxyphenyl)-2-(2,4-dihydroxyphenyl)-propan, Hexa-(4-(4-hydroxyphenyl-isopropyl)-phenyl)-orthoterephthalsäureester, Tetra-(4-hydroxyphenyl)-methan, Tetra-(4-(4-hydroxyphenyl-isopropyl)-phenoxy)-methan, α,α',α'' -Tris-(4-hydroxyphenyl)-1,3,5-triisopropylbenzol, 2,4-Dihydroxybenzoesäure, Trimesinsäure, Cyanurchlorid, 3,3-Bis-(3-methyl-4-hydroxyphenyl)-2-oxo-2,3-dihydroindol, 1,4-Bis-(4',4''-dihydroxytriphenyl)-methyl)-benzol und insbesondere

1,1,1-Tri-(4-hydroxyphenyl)-ethan und Bis-(3-methyl-4-hydroxyphenyl)-2-oxo-2,3-dihydroindol.

5 Zum Kettenabbruch eignen sich beispielsweise Phenole wie Phenol, Alkylphenole wie Kresol und 4-tert.-Butylphenol, Chlorphenol, Bromphenol, Cumylphenol oder deren Mischungen. Der Anteil an Kettenabbrechern beträgt in der Regel 1 bis 20 Mol-%, pro Mol an Dihydroxyverbindung.

10 Geeignete Polymerzusammensetzungen umfassen weiterhin Polymere ausgewählt unter Polysulfonen, Polyethersulfonen, Polyetherketonen und Gemischen davon. Polyetherketone werden beispielsweise in der Elektroindustrie und im Fahrzeugbau eingesetzt.

15 Geeignete Polymerzusammensetzungen umfassen weiterhin Polymere ausgewählt unter synthetischen Harzen. Zu den synthetischen Harzen gehören vernetzte Polymere, die sich von Aldehyden einerseits und Phenolen, Harnstoffen und Melaminen andererseits ableiten, wie Phenol/Formaldehydharze, Harnstoff/Formaldehydharze und Melamin/Formaldehydharze. Ebenfalls zu den synthetischen Harzen zählen trocknende und nicht trocknende Alkydharze und ungesättigte Polyesterharze, abgeleitet von
20 Copolyestern gesättigter und ungesättigter Dicarbonsäuren mit mehrwertigen Alkoholen und Vinylverbindungen als Vernetzungsmittel und auch Halogen-enthaltende Modifizierungen davon mit niedriger Entflammbarkeit. Weiterhin zählen zu den synthetischen Harzen vernetzbare Acrylharze, die sich von substituierten Acrylaten ableiten, wie Epoxyacrylate, Urethanacrylate oder Polyesteracrylate. Des Weiteren zählen zu den
25 synthetischen Harzen Alkydharze, Polyesterharze und Acrylatharze, vernetzt mit Melaminharzen, Harnstoffharzen, Isocyanaten, Isocyanuraten, Polyisocyanaten oder Epoxidharzen und vernetzte Epoxidharze, die sich von aliphatischen, cycloaliphatischen, heterocyclischen oder aromatischen Glycidylverbindungen ableiten. Epoxidharze entstehen bekanntermaßen durch ringöffnende Vernetzungsreaktion von mehrwertigen
30 Epoxiden. Beispiele für Epoxidharze umfassen Diglycidylether von Bisphenol-A oder Bisphenol F. Sie lassen sich mit Säureanhydriden oder Aminen, mit oder ohne Beschleuniger, vernetzen.

35 Geeignete Polymerzusammensetzungen umfassen weiterhin Polymere ausgewählt unter natürlich vorkommenden und synthetischen organischen Materialien, die hergestellt sind aus reinen monomeren Verbindungen oder Gemischen solcher Verbindungen, z. B. Mineralöle, tierische und pflanzliche Fette, Öle und Wachse, oder Öle, Fette und Wachse, die auf synthetischen Estern basieren, wie Phthalate, Adipate, Phosphate oder Trimellitate und auch Gemische von synthetischen Estern mit Mineralölen in beliebigen Gewichtsverhältnissen, im Allgemeinen jene, die als Spinnmittel verwendet
40 werden, sowie wässrige Emulsionen solcher Materialien.

Geeignete Polymerzusammensetzungen umfassen weiterhin Polymere ausgewählt unter wässrigen Emulsionen von natürlichem oder synthetischem Kautschuk. Zu den wässrigen Emulsionen von natürlichem oder synthetischem Kautschuk zählen natürlicher Latex oder Latizes von carboxylierten Styrol/Butadien-Copolymeren.

5

Geeignete Polymerzusammensetzungen umfassen weiterhin Polymere ausgewählt unter Polymeren, die sich von ungesättigten Alkoholen und Aminen oder von deren Acylderivaten oder Acetalen ableiten, wie Polyvinylacetat (PVAC) und Polyvinylalkohol (PVAL). Bei der Umsetzung von Polyvinylalkohol mit einem Aldehyd entstehen Polyvinylacetale, beispielsweise bei Umsetzung mit Formaldehyd Polyvinylformale (PVFM) oder mit Butyraldehyd die Polyvinylbutyrale (PVB). Polyvinylverbindungen sind wegen ihrer niedrigen Glasatemperatur keine thermoplastischen Werkstoffe, sondern Polymerisatharze. Sie werden als Beschichtungsmassen, beispielsweise für Teppichrückenbeschichtungen, Käsebeschichtungen, Papierstreichmassen, Lack- und Pigmentbindemittel, Lackrohstoff, Leime, Klebstoffe, Schutzkolloide, Kaugummimasse, Betonzusatz, Folien zur Herstellung von Verbundgläsern für Windschutzscheiben von Kraftfahrzeugen und zu vielen anderen Zwecken eingesetzt.

Geeignete Polymerzusammensetzungen umfassen weiterhin Polymere ausgewählt unter Polyamiden (Kurzzeichen PA) oder Copolyamiden, die als wesentliches Strukturelement Amid-Gruppen in der Polymerhauptkette aufweisen. Polyamide können beispielsweise durch Polykondensation aus Diaminen und Dicarbonsäuren oder deren Derivaten hergestellt werden. Geeignete Diamine sind beispielsweise Alkylendiamine wie C₂-C₂₀-Alkylendiamine, z. B. Hexamethyldiamin, oder aromatische Diamine, wie C₆-C₂₀-aromatische Diamine, z. B. o-, m- oder p-Phenylendiamin oder m-Xylyldiamin. Geeignete Dicarbonsäuren umfassen aliphatischen Dicarbonsäuren oder deren Derivate, beispielsweise Chloride, wie C₂-C₂₀-aliphatische Dicarbonsäuren, z. B. Sebacinsäure, Decandicarbonsäure oder Adipinsäure oder aromatische Dicarbonsäuren, beispielsweise C₆-C₂₀-aromatischen Dicarbonsäuren oder deren Derivate, beispielsweise Chloride, wie 2,6-Naphthalindicarbonsäure, Isophthalsäure oder Terephthalsäure. Beispiele für derartige Polyamide sind Poly-2,4,4-trimethylhexamethylenterephthalamid oder Polyphenylenisophthalamid, PA 6,6 (Polyhexamethylenadipamid), PA 4,6 (Polytetramethylenadipamid), PA 6,10 (Polyhexamethylensebacamid), PA 6/9, PA 6/12, PA 4/6, PA 12/12, wobei die erste Zahl stets die Anzahl der Kohlenstoffatome des Diamins und die zweite Zahl die Anzahl der Kohlenstoffatome der Dicarbonsäure angibt.

Polyamide sind ebenfalls durch Polykondensation aus Aminosäure, beispielsweise C₂-C₂₀-Aminosäuren, wie 6-Aminocapronsäure, 11-Aminoundecansäure oder durch ringöffnende Polymerisation aus Lactamen, z. B. Caprolactam erhältlich. Beispiele für derartige Polyamide sind PA 4 (aufgebaut aus 4-Aminobuttersäure), PA 6 (aufgebaut aus 6-Aminohexansäure). PA 11 ist beispielsweise ein Polyundecanolactam und PA 12

ist ein Polydodecanolactam. Bei Polyamiden, die wie in diesem Fall nur aus einem Monomer aufgebaut sind, gibt die Zahl hinter der Abkürzung PA die Anzahl der Kohlenstoffatome des Monomers an.

- 5 Polyamide können gegebenenfalls mit einem Elastomer als Modifizierungsmittel hergestellt werden. Geeignete Copolyamide sind beispielsweise Blockcopolymeren der vorstehend erwähnten Polyamide mit Polyolefinen, Olefin-Copolymeren, Ionomen oder chemisch gebundenen oder gepfropften Elastomeren; oder mit Polyethern, beispielsweise mit Polyethylenglykol, Polypropylenglykol oder Polytetramethylenglykol. Geeignet sind
- 10 ferner mit Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM) oder Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymerisat (ABS) modifizierte Polyamide oder Copolyamide und während der Verarbeitung kondensierte Polyamide (RIM-Polyamidsysteme).

- Polyamid findet in Spritzgussteilen mit hohen Anforderungen an Zähigkeit, Abriebfestigkeit und thermische Stabilität (Formstabilität) Verwendung, wie zum Beispiel für
- 15 Kunststoffbauteile im Motorraum von Automobilen, Zahnräder etc. Außerdem wird Polyamid in Kunstfasern (z. B. Nylon, Perlon) eingesetzt.

- Geeignete Polymerzusammensetzungen umfassen weiterhin Polymere ausgewählt
- 20 unter Polymeren, die sich von α,β -ungesättigten Säuren und deren Derivaten ableiten, wie Polyacrylate und Polymethacrylate; Polymethylmethacrylate (PMMA), Polyacrylamide (PAA) und Polyacrylnitrile (PAN), schlagzähmodifiziert mit Essigsäurebutylester. Bekanntermaßen entstehen Polyacrylsäuren durch Polymerisation von Acrylsäure. Die Polymerisation kann als Lösungspolymerisation in Wasser, als Fällungspolymerisation
- 25 beispielsweise in Benzol oder als Suspensionspolymerisation durchgeführt werden.

- Polyacrylsäure wird in Form ihrer Salze als Verdicker und in wässrigen Medien für Beschichtungen eingesetzt. Polyacrylsäure und ihre Copolymeren mit Acrylamid werden als Suspendierungsmittel für Pigmente, als Flockungsmittel in der Wasseraufbereitung,
- 30 als Bohrhilfe im Bergbau, als Papierhilfsmittel, als Klebstoff für Metall/Kunststoffverbindungen und für viele andere Zwecke verwendet. Polyacrylsäureester werden hauptsächlich als Bindemittel für Anstrichstoffe und Lacke, in der Papierindustrie in Streichmassen und als Binder und Leimungsmittel, zur Ausrüstung von Textilien, in Klebstoffen und Dichtungsmassen, als Lederhilfsmittel, als Elastomere und zu vielen anderen
- 35 Zwecken verwendet. Ein großes Anwendungsgebiet für PMMA ist der Einsatz als hartmachende Komponente in Bindemitteln von Lackharzen. In Kombination mit Acrylaten liefert es hochwertige Beschichtungen, die sich durch ihre Dauerhaftigkeit, Filmzähigkeit, Glanz und Wetterbeständigkeit auszeichnen. Solche Harze werden bei Grundierungen und Beschichtungen, Dispersionsfarben und -lacken eingesetzt. PAA
- 40 wird hauptsächlich als Flockungsmittel in der Wasseraufbereitung, als Papierhilfsmittel und als Flotationshilfsmittel im Bergbau verwendet. Außerdem wird es noch als Klärhilfe für Obstsaften, Textilhilfsmittel, als Vernetzer in Beschichtungen, z. B. in der Leder-

branche, als Verdicker in Anstrichdispersionen, in Klebstoffen und vielen anderen Anwendungen eingesetzt.

5 Geeignete Polymerzusammensetzungen umfassen weiterhin Polymere ausgewählt unter Copolymeren der im obigen Absatz genannten Monomeren miteinander oder mit anderen ungesättigten Monomeren wie Acrylnitril/Butadien-Copolymere, Acrylnitril/-Alkylacrylat-Copolymere, Acrylnitril/Alkoxyalkylacrylat- oder Acrylnitril/Vinylhalogenid-Copolymere oder Acrylnitril/Alkylmethacrylat/Butadien-Terpolymere.

10 Geeignete Polymerzusammensetzungen umfassen weiterhin Copolymere von Styrol mit Acrylnitril und gegebenenfalls zusätzlich mit Butadien und/oder Acryl- oder Methacrylestern.

15 Geeignete Polymerzusammensetzungen umfassen weiterhin Polymerblends der zuvor genannten Polymerkomponenten.

In einer speziellen Ausführungsform ist wenigstens ein Teil der enthaltenen Homo- und/oder Copolymere der Polymerzusammensetzung zur Absorption von Mikrowellenstrahlung unter Zersetzung des Substrats befähigt ist.

20 Beispiele für unter Absorption von Mikrowellenstrahlung zur Zersetzung befähigte Homo- und Copolymere sind aus dem Stand der Technik bekannt. Bei diesen Polymeren handelt es sich beispielsweise um Polymethylmethacrylat, Polytetrafluorethylen, Polystyrol, Polyethylenterephthalat, Poly- α -methylstyrol, Polyisobutylen, Melaminharze, Bakelit (Phenol-Formaldehyd), Epoxidharze, Polyvinylformal, Vinyliden-Vinylchlorid-Copolymere, Ethylcellulose sowie Polyamide wie Hexamethylen-Adipamide (Nylon).

30 In einer speziellen Ausführungsform werden in die zuvor genannten Polymere, speziell durch Copolymerisation mit den im Folgenden als ionische Flüssigkeiten beschriebenen Monomeren, zur Mikrowellenabsorption befähigte Gruppen eingebracht.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform enthält die Polymerzusammensetzung wenigstens ein Additiv, das zur Absorption von Mikrowellenstrahlung unter Zersetzung des Substrats befähigt ist.

35 In einer speziellen Ausführungsform sind die zur Absorption von Mikrowellenstrahlung unter Zersetzung des Substrats befähigten Additive ausgewählt unter anorganischen Verbindungen.

40 Als Additive geeignete anorganische Verbindungen gemäß der vorliegenden Erfindung sind beispielsweise Metalle und Übergangsmetalle, wie Al, Fe, Zn, Ti oder Cu, deren Salze, wie beispielsweise deren Oxide, wie ZnO, Eisenoxide, speziell Ferrite, und TiO₂,

Carbonate oder Sulfide, Kohlenstoff, wie Graphit, Ruß, nanopartikulärer Kohlenstoff oder Nanotubes, Siliciumcarbid, Silicium, Alkali- und Erdalkalimetallsalze etc.

5 In einer weiteren speziellen Ausführungsform sind die zur Absorption von Mikrowellenstrahlung unter Zersetzung des Substrats befähigten Additive ausgewählt unter organischen Salzen.

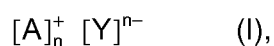
10 Bevorzugt sind die zur Absorption von Mikrowellenstrahlung unter Zersetzung des Substrats befähigten Additive organische Salze, ausgewählt unter ionischen Flüssigkeiten und deren Homo- und Copolymeren.

15 Ionische Flüssigkeiten bezeichnen im Rahmen der vorliegenden Anmeldung organische Salze, die bereits bei Temperaturen unterhalb 180 °C flüssig sind. Vorzugsweise besitzen die ionischen Flüssigkeiten einen Schmelzpunkt von weniger als 180 °C. Weiterhin bevorzugt liegt der Schmelzpunkt in einem Bereich von -50 °C bis 150 °C, mehr bevorzugt im Bereich von -20 °C bis 120 °C und weiterhin mehr bevorzugt unter 100 °C.

20 Ionische Flüssigkeiten, die bereits bei Raumtemperatur in flüssigem Aggregatzustand vorliegen, werden beispielsweise von K. N. Marsh et al., Fluid Phase Equilibria 219 (2004), 93-98 und J. G. Huddleston et al., Green Chemistry 2001, 3, 156-164 beschrieben.

25 Ionische Flüssigkeiten im Sinne der vorliegenden Erfindung sind vorzugsweise

(A) Salze der allgemeinen Formel (I)



30 in der n für 1, 2, 3 oder 4 steht, $[A]^+$ für ein quartäres Ammonium-Kation, ein Oxonium-Kation, ein Sulfonium-Kation oder ein Phosphonium-Kation und $[Y]^{n-}$ für ein-, zwei-, drei- oder vierwertige Anionen oder für Gemische dieser Anionen steht;

35 (B) gemischte Salze der allgemeinen Formeln (II)



40 wobei $[A^1]^+$, $[A^2]^+$, $[A^3]^+$ und $[A^4]^+$ unabhängig voneinander aus den für $[A]^+$ genannten Gruppen ausgewählt sind und $[Y]^{n-}$ die unter (A) genannte Bedeutung besitzt; oder

(C) gemischte Salze der allgemeinen Formeln (III)

- | | | |
|----|---|-------------------------------|
| | $[A^1]^+[A^2]^+[A^3]^+[M^1]^+ [Y]^{n-}$ | (III.a), wobei $n = 4$; |
| | $[A^1]^+[A^2]^+[M^1]^+[M^2]^+ [Y]^{n-}$ | (III.b), wobei $n = 4$; |
| 5 | $[A^1]^+[M^1]^+[M^2]^+[M^3]^+ [Y]^{n-}$ | (III.c), wobei $n = 4$; |
| | $[A^1]^+[A^2]^+[M^1]^+ [Y]^{n-}$ | (III.d), wobei $n = 3$; |
| | $[A^1]^+[M^1]^+[M^2]^+ [Y]^{n-}$ | (III.e), wobei $n = 3$; |
| | $[A^1]^+[M^1]^+ [Y]^{n-}$ | (III.f), wobei $n = 2$; |
| | $[A^1]^+[A^2]^+[M^4]^{2+} [Y]^{n-}$ | (III.g), wobei $n = 4$; |
| 10 | $[A^1]^+[M^1]^+[M^4]^{2+} [Y]^{n-}$ | (III.h), wobei $n = 4$; |
| | $[A^1]^+[M^5]^{3+} [Y]^{n-}$ | (III.i), wobei $n = 4$; oder |
| | $[A^1]^+[M^4]^{2+} [Y]^{n-}$ | (III.j), wobei $n = 3$ und |

- 15 wobei $[A^1]^+$, $[A^2]^+$ und $[A^3]^+$ unabhängig voneinander aus den für $[A]^+$ genannten Gruppen ausgewählt sind, $[Y]^{n-}$ die unter (A) genannte Bedeutung besitzt und $[M^1]^+$, $[M^2]^+$, $[M^3]^+$ einwertige Metallkationen, $[M^4]^{2+}$ zweiwertige Metallkationen und $[M^5]^{3+}$ dreiwertige Metallkationen bedeuten.

- 20 Bei den in den Formeln (III.a) bis (III.j) genannten Metallkationen $[M^1]^+$, $[M^2]^+$, $[M^3]^+$, $[M^4]^{2+}$ und $[M^5]^{3+}$ handelt es sich im Allgemeinen um Metallkationen der 1., 2., 6., 7., 8., 9., 10., 11., 12, 13. und 14. Gruppe des Periodensystems. Geeignete Metallkationen sind beispielsweise Li^+ , Na^+ , K^+ , Cs^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} , Cr^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Ag^+ , Zn^{2+} und Al^{3+} .

- 25 Verbindungen, die sich zur Bildung des Kations $[A]^+$ von ionischen Flüssigkeiten eignen, sind z. B. aus DE 102 02 838 A1 bekannt. So können solche Verbindungen Sauerstoff-, Phosphor-, Schwefel- oder insbesondere Stickstoffatome enthalten, beispielsweise mindestens ein Stickstoffatom, bevorzugt 1 bis 10 Stickstoffatome, besonders bevorzugt 1 bis 5, ganz besonders bevorzugt 1 bis 3 und insbesondere 1 bis 2 Stickstoffatome. Gegebenenfalls können auch weitere Heteroatome wie Sauerstoff-, Schwefel- oder Phosphoratome enthalten sein. Das Stickstoffatom ist ein geeigneter Träger der positiven Ladung im Kation der ionischen Flüssigkeit, von dem im Gleichgewicht dann ein Proton bzw. ein Alkylrest auf das Anion übergehen kann, um ein elektrisch
- 30 neutrales Molekül zu erzeugen.

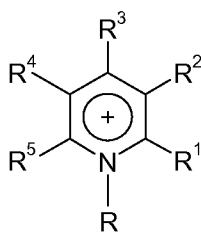
- 35 Für den Fall, dass das Stickstoffatom der Träger der positiven Ladung im Kation der ionischen Flüssigkeit ist, kann bei der Synthese der ionischen Flüssigkeiten zunächst durch Quaternisierung am Stickstoffatom etwa eines Amins oder Stickstoff-Heterocyclus ein Kation erzeugt werden. Die Quaternisierung kann durch Protonierung des Stickstoffatoms erfolgen. Je nach verwendetem Protonierungsreagens werden Salze mit unterschiedlichen Anionen erhalten. In Fällen, in denen es nicht möglich ist, das gewünschte Anion bereits bei der Quaternisierung zu bilden, kann dies in einem weite-
- 40

ren Syntheseschritt erfolgen. Ausgehend beispielsweise von einem Ammoniumhalogenid kann das Halogenid mit einer Lewissäure umgesetzt werden, wobei aus Halogenid und Lewissäure ein komplexes Anion gebildet wird. Alternativ dazu ist der Austausch eines Halogenidions gegen das gewünschte Anion möglich. Dies kann durch Zugabe eines Metallsalzes unter Ausfällung des gebildeten Metallhalogenids, über einen Ionenaustauscher oder durch Verdrängung des Halogenidions durch eine starke Säure (unter Freisetzung der Halogenwasserstoffsäure) geschehen. Geeignete Verfahren sind beispielsweise in Angew. Chem. 2000, 112, S. 3926-3945 und der darin zitierten Literatur beschrieben.

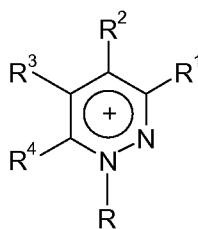
Bevorzugt sind solche Verbindungen, die mindestens einen fünf- bis sechsgliedrigen Heterocyclus, insbesondere einen fünfgliedrigen Heterocyclus, enthalten, der mindestens ein Stickstoffatom sowie gegebenenfalls ein Sauerstoff- oder Schwefelatom aufweist, besonders bevorzugt sind solche Verbindungen, die mindestens einen fünf- bis sechsgliedrigen Heterocyclus enthalten, der ein, zwei oder drei Stickstoffatome und ein Schwefel- oder ein Sauerstoffatom aufweist, ganz besonders bevorzugt solche mit zwei Stickstoffatomen. Weiterhin bevorzugt sind aromatische Heterocyclen.

Besonders bevorzugte Verbindungen sind solche, die eine molare Masse von weniger als 1000 g/mol aufweisen, ganz besonders bevorzugt weniger 500 g/mol und insbesondere weniger 250 g/mol.

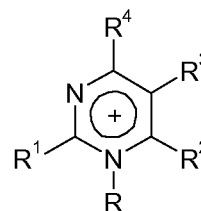
Weiterhin sind solche Kationen bevorzugt, die ausgewählt sind aus den Verbindungen der Formeln (IV.a) bis (IV.w),



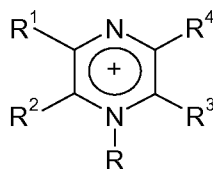
(IV.a)



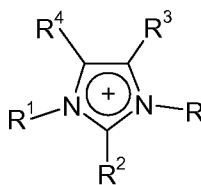
(IV.b)



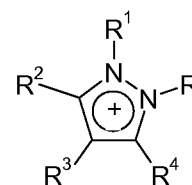
(IV.c)



(IV.d)

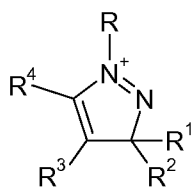


(IV.e)

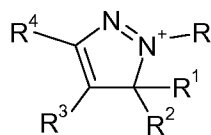


(IV.f)

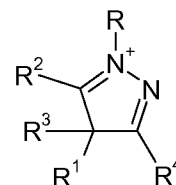
15



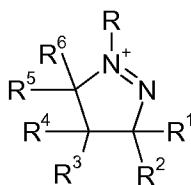
(IV.g)



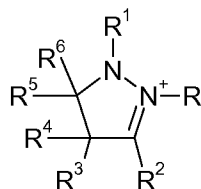
(IV.g')



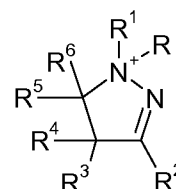
(IV.h)



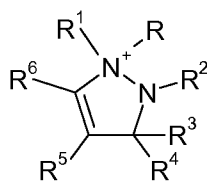
(IV.i)



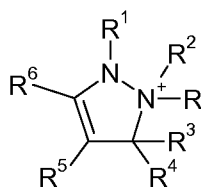
(IV.j)



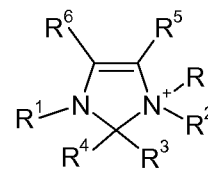
(IV.j')



(IV.k)

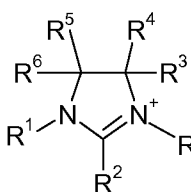


(IV.k')

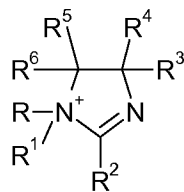


(IV.l)

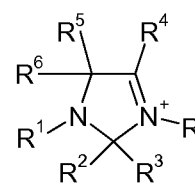
5



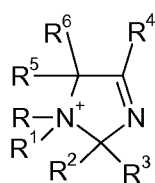
(IV.m)



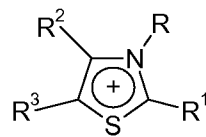
(IV.m')



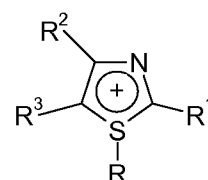
(IV.n)



(IV.n')

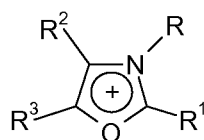


(IV.o)

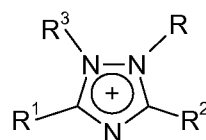


(IV.o')

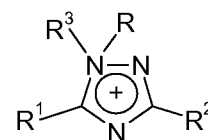
10



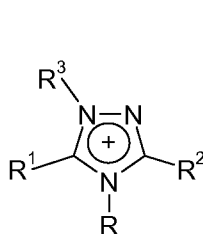
(IV.p)



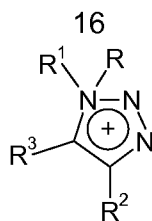
(IV.q)



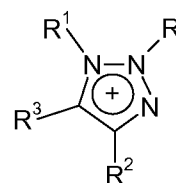
(IV.q')



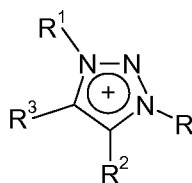
(IV.q'')



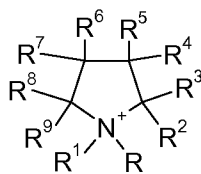
(IV.r)



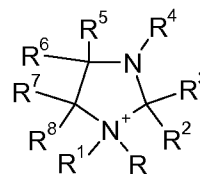
(IV.r')



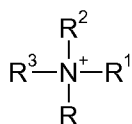
(IV.r'')



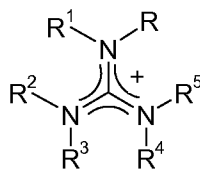
(IV.s)



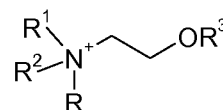
(IV.t)



(IV.u)



(IV.v)



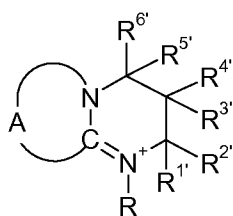
(IV.w)

5

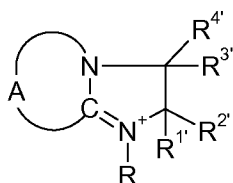
sowie Oligomere, die diese Strukturen enthalten.

10

Spezielle, geeignete Kationen sind Verbindungen der allgemeinen Formel (IV.x.1) und (IV.x.2)



(IV.x.1)



(IV.x.2)

worin

15

A zusammen mit der C-N-Gruppe, an die es gebunden ist, einen 4- bis 8-gliedrigen, gesättigten oder ungesättigten oder aromatischen Cyclus bildet, der gegebenenfalls substituiert ist und/oder der gegebenenfalls weitere Heteroatome oder heteroatomhaltige Gruppen aufweisen kann und/oder der weitere anellierte gesättigte, ungesättigte oder aromatische Carbocyclen oder Heterocyclen umfassen kann;

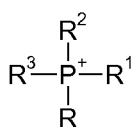
20

R und R^{1'} bis R^{6'} eine der für R und R¹ bis R⁹ gegebenen Bedeutungen aufweisen, oder

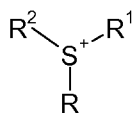
in den Verbindungen der Formel (IV.x.1) R^{1'} und R^{3'} oder R^{3'} und R^{5'} auch gemeinsam für den Bindungsanteil einer Doppelbindung zwischen den Ringatomen, die diese Reste tragen, stehen können.

Bevorzugt sind in den Verbindungen der Formeln (IV.x.1) die Kationen ausgewählt unter Kationen von 1,5-Diazabicyclo[4.3.0]non-5-en (DBN) und 1,8-Diazabicyclo[5.4.0]-undec-7-en (DBU).

Weitere geeignete Kationen sind Verbindungen der allgemeinen Formel (IV.y) und (IV.z)



(IV.y)



(IV.z)

sowie Polymere und Oligomere, die diese Struktur enthalten.

In den oben genannten Formeln (IV.a) bis (IV.z) stehen

die Reste R und R¹ bis R⁹ unabhängig voneinander für Wasserstoff, eine Sulfogruppe oder einen kohlenstoffhaltigen organischen, gesättigten oder ungesättigten, acyclischen oder cyclischen, aliphatischen, aromatischen oder araliphatischen, unsubstituierten oder durch 1 bis 5 Heteroatome oder funktionelle Gruppen unterbrochenen oder substituierten Rest mit 1 bis 20 Kohlenstoffatomen, wobei die Reste R¹ bis R⁹, welche in den oben genannten Formeln (IV) an ein Kohlenstoffatom (und nicht an ein Heteroatom) gebunden sind, zusätzlich auch für Halogen oder eine funktionelle Gruppe stehen können; oder

zwei benachbarte Reste aus der Reihe R¹ bis R⁹ zusammen auch für einen zweibindigen, kohlenstoffhaltige organischen, gesättigten oder ungesättigten, acyclischen oder cyclischen, aliphatischen, aromatischen oder araliphatischen, unsubstituierten oder durch 1 bis 5 Heteroatome oder funktionelle Gruppen unterbrochenen oder substituierten Rest mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen.

Als Heteroatome kommen bei der Definition der Reste R und R¹ bis R⁹ prinzipiell alle Heteroatome in Frage, welche in der Lage sind, formell eine -CH₂-, eine -CH=, eine -C≡ oder eine =C= -Gruppe zu ersetzen. Enthält der Kohlenstoff-enthaltende Rest Heteroatome, so sind Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor und Silizium bevorzugt.

Als bevorzugte Gruppen seien insbesondere -O-, -S-, -SO-, -SO₂-, -NR'-, -N=, -PR'-, -PR'₂ und -SiR'₂- genannt, wobei es sich bei den Resten R' um den verbleibenden Teil des Kohlenstoff-enthaltenden Rests handelt. Die Reste R¹ bis R⁹ können dabei in den Fällen, in denen diese in den oben genannten Formeln (IV) an ein Kohlenstoffatom (und nicht an ein Heteroatom) gebunden sind, auch direkt über das Heteroatom gebunden sein.

Als funktionelle Gruppen kommen prinzipiell alle funktionellen Gruppen in Frage, welche an ein Kohlenstoffatom oder ein Heteroatom gebunden sein können. Als geeignete Beispiele seien -OH (Hydroxy), =O (insbesondere als Carbonylgruppe), -NH₂ (Amino), =NH (Imino), -COOH (Carboxy), -CONH₂ (Carboxamid), -SO₃H (Sulfo) und -CN (Cyano) genannt. Funktionelle Gruppen und Heteroatome können auch direkt benachbart sein, so dass auch Kombinationen aus mehreren benachbarten Atomen, wie etwa -O- (Ether), -S- (Thioether), -COO- (Ester), -CONH- (sekundäres Amid) oder -CONR'- (tertiäres Amid) mit umfasst sind, beispielsweise Di-(C₁-C₄-Alkyl)-amino, C₁-C₄-Alkyloxy-carbonyl oder C₁-C₄-Alkyloxy.

Als Halogene seien Fluor, Chlor, Brom und Iod genannt.

Bevorzugt stehen die Reste R¹ bis R⁹ unabhängig voneinander für

- Wasserstoff;
- Halogen;
- eine funktionelle Gruppe, wie zuvor definiert;
- gegebenenfalls durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Alkyloxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituiertes und/oder durch ein oder mehrere Sauerstoff- und/oder Schwefelatome und/oder ein oder mehrere substituierte oder unsubstituierte Iminogruppen unterbrochenes C₁-C₁₈-Alkyl;
- gegebenenfalls durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Alkyloxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituiertes und/oder durch ein oder mehrere Sauerstoff- und/oder Schwefelatome und/oder ein oder mehrere substituierte oder unsubstituierte Iminogruppen unterbrochenes C₂-C₁₈-Alkenyl;
- gegebenenfalls durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Alkyloxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituiertes C₆-C₁₂-Aryl;
- gegebenenfalls durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Alkyloxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituiertes C₅-C₁₂-Cycloalkyl;

- gegebenenfalls durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Alkyloxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituiertes C₅-C₁₂-Cycloalkenyl; oder
- 5 • einen gegebenenfalls durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Alkyloxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituierten fünf- bis sechsgliedrigen, Sauerstoff-, Stickstoff- und/oder Schwefelatome aufweisenden Heterocyclen bedeuten; oder
- 10 zwei benachbarte Reste R¹ bis R⁹ zusammen für
- einen ungesättigten, gesättigten oder aromatischen, gegebenenfalls durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Alkyloxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituierten und gegebenenfalls durch ein oder mehrere Sauerstoff- und/oder Schwefelatome und/oder ein oder mehrere substituierte oder unsubstituierte Iminogruppen unterbrochenen Ring.
- 15

Bei gegebenenfalls durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Alkyloxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituiertem C₁-C₁₈-Alkyl handelt es sich bevorzugt um Methyl, Ethyl, 1-Propyl, 2-Propyl, 1-Butyl, 2-Butyl, 2-Methyl-1-propyl (Isobutyl), 2-Methyl-2-propyl (tert.-Butyl), 1-Pentyl, 2-Pentyl, 3-Pentyl, 2-Methyl-1-butyl, 3-Methyl-1-butyl, 2-Methyl-2-butyl, 3-Methyl-2-butyl, 2,2-Dimethyl-1-propyl, 1-Hexyl, 2-Hexyl, 3-Hexyl, 2-Methyl-1-pentyl, 3-Methyl-1-pentyl, 4-Methyl-1-pentyl, 2-Methyl-2-pentyl, 3-Methyl-2-pentyl, 4-Methyl-2-pentyl, 2-Methyl-3-pentyl, 3-Methyl-3-pentyl,

20 2,2-Dimethyl-1-butyl, 2,3-Dimethyl-1-butyl, 3,3-Dimethyl-1-butyl, 2-Ethyl-1-butyl, 2,3-Dimethyl-2-butyl, 3,3-Dimethyl-2-butyl, Heptyl, Octyl, 2-Ethylhexyl, 2,4,4-Trimethylpentyl, 1,1,3,3-Tetramethylbutyl, 1-Nonyl, 1-Decyl, 1-Undecyl, 1-Dodecyl, 1-Tridecyl, 1-Tetradecyl, 1-Pentadecyl, 1-Hexadecyl, 1-Heptadecyl, 1-Octadecyl, Cyclopentylmethyl, 2-Cyclopentylethyl, 3-Cyclopentylpropyl, Cyclohexylmethyl, 2-Cyclohexylethyl,

30 3-Cyclohexylpropyl, Benzyl (Phenylmethyl), Diphenylmethyl (Benzhydryl), Triphenylmethyl, 1-Phenylethyl, 2-Phenylethyl, 3-Phenylpropyl, α,α -Dimethylbenzyl, p-Tolylmethyl, 1-(p-Butylphenyl)-ethyl, p-Chlorbenzyl, 2,4-Dichlorbenzyl, p-Methoxybenzyl, m-Ethoxybenzyl, 2-Cyanoethyl, 2-Cyanopropyl, Methoxycarbonylmethyl, Ethoxycarbonylmethyl, Butoxycarbonylmethyl, 2-Methoxycarbonylethyl, 2-Ethoxycarbonylethyl, 2-Butoxycarbonylethyl, 3-Methoxycarbonylpropyl, 3-Ethoxycarbonylpropyl,

35 3-Butoxycarbonylpropyl, 1,2-Di-(methoxycarbonyl)-ethyl, Methoxy, Ethoxy, Formyl, 1,3-Dioxolan-2-yl, 1,3-Dioxan-2-yl, 2-Methyl-1,3-dioxolan-2-yl, 4-Methyl-1,3-dioxolan-2-yl, 2-Hydroxyethyl, 2-Hydroxypropyl, 3-Hydroxypropyl, 4-Hydroxybutyl, 6-Hydroxyhexyl, 2-Aminoethyl, 2-Aminopropyl, 3-Aminopropyl, 4-Aminobutyl, 6-Aminohexyl,

40 2-Methylaminoethyl, 2-Methylaminopropyl, 3-Methylaminopropyl, 4-Methylaminobutyl, 6-Methylaminohexyl, 2-Dimethylaminoethyl, 2-Dimethylaminopropyl, 3-Dimethylaminopropyl, 4-Dimethylaminobutyl, 6-Dimethylaminohexyl, 2-Hydroxy-2,2-dimethylethyl,

2-Phenoxyethyl, 2-Phenoxypropyl, 3-Phenoxypropyl, 4-Phenoxybutyl, 6-Phenoxyhexyl, 2-Methoxyethyl, 2-Methoxypropyl, 3-Methoxypropyl, 4-Methoxybutyl, 6-Methoxyhexyl, 2-Ethoxyethyl, 2-Ethoxypropyl, 3-Ethoxypropyl, 4-Ethoxybutyl, 6-Ethoxyhexyl, Acetyl, $C_nF_{2(n-a)+(1-b)}H_{2a+b}$ mit n gleich 1 bis 30, $0 \leq a \leq n$ und $b = 0$ oder 1 (beispielsweise CF_3 , C_2F_5 , $CH_2CH_2-C_{(n-2)}F_{2(n-2)+1}$, C_6F_{13} , C_8F_{17} , $C_{10}F_{21}$, $C_{12}F_{25}$), Chlormethyl, 2-Chlorethyl, Trichlormethyl, 1,1-Dimethyl-2-chlorethyl, Methoxymethyl, 2-Butoxyethyl, Diethoxymethyl, Diethoxyethyl, 2-Isopropoxyethyl, 2-Butoxypropyl, 2-Octyloxyethyl, 2-Methoxyisopropyl, 2-(n-Butoxycarbonyl)-ethyl, Butylthiomethyl, 2-Dodecylthioethyl, 2-Phenylthioethyl, 5-Hydroxy-3-oxa-pentyl, 8-Hydroxy-3,6-dioxa-octyl, 11-Hydroxy-3,6,9-trioxa-undecyl, 7-Hydroxy-4-oxa-heptyl, 11-Hydroxy-4,8-dioxa-undecyl, 15-Hydroxy-4,8,12-trioxa-pentadecyl, 9-Hydroxy-5-oxa-nonyl, 14-Hydroxy-5,10-dioxa-tetradecyl, 5-Methoxy-3-oxa-pentyl, 8-Methoxy-3,6-dioxa-octyl, 11-Methoxy-3,6,9-trioxa-undecyl, 7-Methoxy-4-oxa-heptyl, 11-Methoxy-4,8-dioxa-undecyl, 15-Methoxy-4,8,12-trioxa-pentadecyl, 9-Methoxy-5-oxa-nonyl, 14-Methoxy-5,10-dioxa-tetradecyl, 5-Ethoxy-3-oxa-pentyl, 8-Ethoxy-3,6-dioxa-octyl, 11-Ethoxy-3,6,9-trioxa-undecyl, 7-Ethoxy-4-oxa-heptyl, 11-Ethoxy-4,8-dioxa-undecyl, 15-Ethoxy-4,8,12-trioxa-pentadecyl, 9-Ethoxy-5-oxa-nonyl oder 14-Ethoxy-5,10-oxa-tetradecyl.

Bei gegebenenfalls durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Alkyloxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituiertes und/oder durch ein oder mehrere Sauerstoff- und/oder Schwefelatome und/oder ein oder mehrere substituierte oder unsubstituierte Iminogruppen unterbrochenes C_2-C_{18} -Alkenyl handelt es sich bevorzugt um Vinyl, 2-Propenyl, 3-Butenyl, cis-2-Butenyl, trans-2-Butenyl oder $C_nF_{2(n-a)-(1-b)}H_{2a-b}$ mit $n \leq 30$, $0 \leq a \leq n$ und $b = 0$ oder 1.

Bei gegebenenfalls durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Alkyloxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituiertes C_6-C_{12} -Aryl handelt es sich bevorzugt um Phenyl, Toly, Xylyl, α -Naphthyl, β -Naphthyl, 4-Diphenyl, Chlorphenyl, Dichlorphenyl, Trichlorphenyl, Difluorphenyl, Methylphenyl, Dimethylphenyl, Trimethylphenyl, Ethylphenyl, Diethylphenyl, iso-Propylphenyl, tert.-Butylphenyl, Dodecylphenyl, Methoxyphenyl, Dimethoxyphenyl, Ethoxyphenyl, Hexyloxyphenyl, Methylnaphthyl, Isopropylphenyl, Chlornaphthyl, Ethoxynaphthyl, 2,6-Dimethylphenyl, 2,4,6-Trimethylphenyl, 2,6-Dimethoxyphenyl, 2,6-Dichlorphenyl, 4-Bromphenyl, 2-Nitrophenyl, 4-Nitrophenyl, 2,4-Dinitrophenyl, 2,6-Dinitrophenyl, 4-Dimethylaminophenyl, 4-Acetylphenyl, Methoxyethylphenyl, Ethoxymethylphenyl, Methylthiophenyl, Isopropylthiophenyl oder tert.-Butylthiophenyl oder $C_6F_{(5-a)}H_a$ mit $0 \leq a \leq 5$.

Bei gegebenenfalls durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Alkyloxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituiertes C_5-C_{12} -Cycloalkyl handelt es sich bevorzugt um Cyclopentyl, Cyclohexyl, Cyclooctyl, Cyclododecyl, Methylcyclopentyl, Dimethylcyclopentyl, Methylcyclohexyl, Dimethylcyclohexyl, Diethylcyclohexyl, Butylcyclohexyl, Methoxycyclohexyl, Dimethoxycyclohexyl, Diethoxycyclohexyl, Butylthio-

cyclohexyl, Chlorcyclohexyl, Dichlorcyclohexyl, Dichlorcyclopentyl, $C_nF_{2(n-a)-(1-b)}H_{2a-b}$ mit $n \leq 30$, $0 \leq a \leq n$ und $b = 0$ oder 1 sowie ein gesättigtes oder ungesättigtes bicyclisches System wie z. B. Norbornyl oder Norbornenyl.

- 5 Bei gegebenenfalls durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Alkyloxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituiertes C_5 - C_{12} -Cycloalkenyl handelt es sich bevorzugt um 3-Cyclopentenyl, 2-Cyclohexenyl, 3-Cyclohexenyl, 2,5-Cyclohexadienyl oder $C_nF_{2(n-a)-3(1-b)}H_{2a-3b}$ mit $n \leq 30$, $0 \leq a \leq n$ und $b = 0$ oder 1 .
- 10 Bei einen gegebenenfalls durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Alkyloxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituierten fünf- bis sechsgliedrigen, Sauerstoff-, Stickstoff- und/oder Schwefelatome aufweisenden Heterocyclen handelt es sich bevorzugt um Furyl, Thiophenyl, Pyrrol, Pyridyl, Indolyl, Benzoxazolyl, Dioxolyl, Dioxyl, Benzimidazolyl, Benzthiazolyl, Dimethylpyridyl, Methylchinolyl, Dimethylpyrrol, 15 Methoxyfuryl, Dimethoxypyridyl oder Difluorpyridyl.

- Bilden zwei benachbarte Reste gemeinsam einen ungesättigten, gesättigten oder aromatischen, gegebenenfalls durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Alkyloxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituierten und gegebenenfalls durch
- 20 ein oder mehrere Sauerstoff- und/oder Schwefelatome und/oder ein oder mehrere substituierte oder unsubstituierte Iminogruppen unterbrochenen Ring, so handelt es sich bevorzugt um 1,3-Propylen, 1,4-Butylen, 1,5-Pentylen, 2-Oxa-1,3-propylen, 1-Oxa-1,3-propylen, 2-Oxa-1,3-propylen, 1-Oxa-1,3-propenylen, 3-Oxa-1,5-pentylen, 1-Aza-1,3-propenylen, 1- C_1 - C_4 -Alkyl-1-aza-1,3-propenylen, 1,4-Buta-1,3-dienylen, 1-Aza- 25 1,4-buta-1,3-dienylen oder 2-Aza-1,4-buta-1,3-dienylen.

- Enthalten die oben genannten Reste Sauerstoff- und/oder Schwefelatome und/oder substituierte oder unsubstituierte Iminogruppen, so ist die Anzahl der Sauerstoff- und/oder Schwefelatome und/oder Iminogruppen nicht beschränkt. In der Regel beträgt
- 30 sie nicht mehr als 5 in dem Rest, bevorzugt nicht mehr als 4 und ganz besonders bevorzugt nicht mehr als 3.

- Enthalten die oben genannten Reste Heteroatome, so befinden sich zwischen zwei Heteroatomen in der Regel mindestens ein Kohlenstoffatom, bevorzugt mindestens
- 35 zwei Kohlenstoffatome.

Besonders bevorzugt stehen die Reste R^1 bis R^9 unabhängig voneinander für

- Wasserstoff;
 - unverzweigtes oder verzweigtes, unsubstituiertes oder ein bis mehrfach mit Hydroxy, Halogen, Phenyl, Cyano, C_1 - C_6 -Alkoxycarbonyl und/oder Sulfonsäure substituiertes C_1 - C_{18} -Alkyl mit insgesamt 1 bis 20 Kohlenstoffatomen, wie bei-
- 40

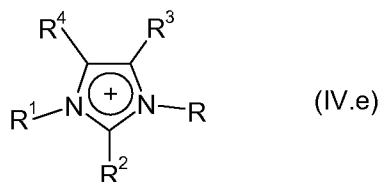
spielsweise Methyl, Ethyl, 1-Propyl, 2-Propyl, 1-Butyl, 2-Butyl, 2-Methyl-1-propyl (Isobutyl), 2-Methyl-2-propyl (tert.-Butyl), 1-Pentyl, 2-Pentyl, 3-Pentyl, 2-Methyl-1-butyl, 3-Methyl-1-butyl, 2-Methyl-2-butyl, 3-Methyl-2-butyl, 2,2-Dimethyl-1-propyl, 1-Hexyl, 2-Hexyl, 3-Hexyl, 2-Methyl-1-pentyl, 3-Methyl-1-pentyl, 4-Methyl-1-pentyl, 2-Methyl-2-pentyl, 3-Methyl-2-pentyl, 4-Methyl-2-pentyl, 2-Methyl-3-pentyl, 3-Methyl-3-pentyl, 2,2-Dimethyl-1-butyl, 2,3-Dimethyl-1-butyl, 3,3-Dimethyl-1-butyl, 2-Ethyl-1-butyl, 2,3-Dimethyl-2-butyl, 3,3-Dimethyl-2-butyl, 1-Heptyl, 1-Octyl, 1-Nonyl, 1-Decyl, 1-Undecyl, 1-Dodecyl, 1-Tetradecyl, 1-Hexadecyl, 1-Octadecyl, 2-Hydroxyethyl, Benzyl, 3-Phenyl-propyl, 2-Cyanoethyl, Methoxycarbonylmethyl, Ethoxycarbonylmethyl, n-Butoxycarbonylmethyl, t-Butoxycarbonylmethyl, 2-(Methoxycarbonyl)-ethyl, 2-(Ethoxycarbonyl)-ethyl, 2-(n-Butoxy-carbonyl)-ethyl, Trifluormethyl, Difluormethyl, Fluormethyl, Pentafluorethyl, Heptafluorpropyl, Heptafluorisopropyl, Nonafluorbutyl, Nonafluorisobutyl, Undecylfluorpentyl, Undecylfluorisopentyl, 6-Hydroxyhexyl und Propylsulfonsäure;

- Glykole, Butylenglykole und deren Oligomere mit 1 bis 100 Einheiten und einem Wasserstoff oder einem C₁-C₈-Alkyl als Endgruppe, wie beispielsweise R^AO-(CHR^B-CH₂-O)_n-CHR^B-CH₂- oder R^AO-(CH₂CH₂CH₂CH₂O)_n-CH₂CH₂CH₂CH₂O- mit R^A und R^B bevorzugt Wasserstoff, Methyl oder Ethyl und n bevorzugt 0 bis 3, insbesondere 3-Oxabutyl, 3-Oxapentyl, 3,6-Dioxaheptyl, 3,6-Dioxaoctyl, 3,6,9-Trioxadecyl, 3,6,9-Trioxaundecyl, 3,6,9,12-Tetraoxatridecyl und 3,6,9,12-Tetraoxatetradecyl;
- Vinyl;
- Allyl; und
- N,N-Di-C₁-C₆-alkyl-amino, wie beispielsweise N,N-Dimethylamino und N,N-Diethylamino.

Ganz besonders bevorzugt stehen die Reste R¹ bis R⁹ unabhängig voneinander für Wasserstoff oder C₁-C₁₈-Alkyl, wie beispielsweise Methyl, Ethyl, 1-Butyl, 1-Pentyl, 1-Hexyl, 1-Heptyl, 1-Octyl, für Phenyl, für 2-Hydroxyethyl, für 2-Cyanoethyl, für 2-(Methoxycarbonyl)ethyl, für 2-(Ethoxycarbonyl)ethyl, für 2-(n-Butoxycarbonyl)ethyl, für N,N-Dimethylamino, für N,N-Diethylamino, für Chlor sowie für CH₃O-(CH₂CH₂O)_n-CH₂CH₂- und CH₃CH₂O-(CH₂CH₂O)_n-CH₂CH₂- mit n gleich 0 bis 3.

Unter den vorstehend genannten heterocyclischen Kationen sind die Pyridiniumionen, Pyrazolinium-, Pyrazoliumionen und die Imidazolinium- sowie die Imidazoliumionen bevorzugt. Ebenfalls bevorzugt sind Ammoniumionen.

Besonders bevorzugt ist die Verwendung von ionischen Flüssigkeiten der allgemeinen Formel (IV.e)



worin

- 5 R, R¹ unabhängig voneinander für Wasserstoff, eine Sulfogruppe oder einen kohlenstoffhaltigen organischen, gesättigten oder ungesättigten, acyclischen oder cyclischen, aliphatischen, aromatischen oder araliphatischen, unsubstituierten oder durch 1 bis 5 Heteroatome oder funktionelle Gruppen unterbrochenen oder substituierten Rest mit 1 bis 20 C-Atomen stehen;
- 10 R², R³, R⁴ unabhängig voneinander für eine der für R und R¹ gegebenen Bedeutungen, Halogen oder eine funktionelle Gruppe stehen; oder
- 15 zwei benachbarte Reste R, R¹, R², R³ oder R⁴ zusammen für einen zweibindigen, Kohlenstoff enthaltenden organischen, gesättigten oder ungesättigten, acyclischen oder cyclischen, aliphatischen, aromatischen oder araliphatischen, unsubstituierten oder durch 1 bis 5 Heteroatome oder funktionelle Gruppen unterbrochenen oder substituierten Rest mit 1 bis 30 C-Atomen stehen;
- 20 sowie von Homo- und Copolymeren der Verbindungen der allgemeinen Formel (IV.e).

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind die Additive der Polymerzusammensetzung ausgewählt unter ionischen Flüssigkeiten der allgemeinen Formel (IV.e), worin

- 25 R für gegebenenfalls durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Alkyloxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituiertes C₁-C₁₈-Alkyl steht;
- R¹ für eine zur Polymerisation befähigte kohlenstoffhaltige Gruppe steht;
- 30 R², R³, R⁴ unabhängig voneinander Wasserstoff oder C₁-C₄-Alkyl stehen;

und Homo- und Copolymeren der Verbindungen der allgemeinen Formel (IV.e).

- 35 In einer besonders bevorzugten Ausführungsform sind die Additive der Polymerzusammensetzung ausgewählt unter ionischen Flüssigkeiten der allgemeinen Formel (IV.e), worin

R für R^a -[O-C(=O)-(CH₂)_n]- steht,

worin n für 0 bis 17 steht und R^a für gegebenenfalls durch Sauerstoff unterbrochenes, gegebenenfalls Hydroxy-substituiertes C₁-C₁₈-Alkyl steht;

5

R¹ für eine zur Polymerisation befähigte kohlenstoffhaltige Gruppe steht;

R², R³, R⁴ unabhängig voneinander für Wasserstoff oder C₁-C₄-Alkyl stehen;

10 und Homo- und Copolymeren der Verbindungen der allgemeinen Formel (IV.e).

In einer speziellen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sind die Additive der Polymerzusammensetzung ausgewählt unter ionischen Flüssigkeiten der allgemeinen Formel (IV.e), worin

15

R für (C₁-C₁₈-Alkoxycarbonyl)-C₀-C₁₇-alkyl steht,

R¹ für eine Vinyl-Gruppe steht;

20 R², R³, R⁴ für Wasserstoff steht;

und Homo- und Copolymeren der Verbindungen der allgemeinen Formel (IV.e).

25 Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung werden unter Homo- und Copolymeren die Polymerisationsprodukte von ionischen Flüssigkeiten, die als Rest R¹ eine zur Polymerisation befähigte kohlenstoffhaltige Gruppe enthalten, gegebenenfalls mit den im Folgenden genannten Monomeren verstanden. Polymerisierbare ionische Flüssigkeiten sind beispielsweise bekannt aus der WO2006/053083, Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry, Vol. 42, 208-212 (2004), Wiley Periodicals, Inc. oder Poly-
30 meric Materials: Science & Engineering 2005, 93, 546-547.

Die zur Polymerisation befähigten kohlenstoffhaltigen Reste R¹ stehen beispielsweise für Reste, die eine ethylenisch ungesättigte Doppelbindung, wie beispielsweise eine Vinyleinheit, eine Styroleinheit oder eine (Meth)acrylateinheit, oder eine Hydroxyfunktion, wie beispielsweise eine Phenoleinheit oder eine Hydroxyalkyleinheit, umfassen.
35

Die Copolymere der zuvor genannten ionischen Flüssigkeiten umfassen bevorzugt als weitere einpolymerisierte Komponente, Monomere, ausgewählt unter α,β -ethylenisch ungesättigten Mono- und Dicarbonsäuren, Estern α,β -ethylenisch ungesättigter Mono- und Dicarbonsäuren mit C₁-C₃₀-Alkanolen und C₁-C₃₀-Alkandiolen, primären Amiden α,β -ethylenisch ungesättigter Monocarbonsäuren, N-Vinylamiden gesättigter Monocarbonsäuren, N-Vinyllactamen, N-Alkyl- und N,N-Dialkylamiden α,β -ethylenisch ungesätt-

40

- 5 tigger Monocarbonsäuren, Amiden α,β -ethylenisch ungesättigter Mono- und Dicarbonsäuren mit C₂-C₃₀-Amino-alkoholen, die eine primäre oder sekundäre Aminogruppe aufweisen, Estern von Vinylalkohol und Allylalkohol mit C₁-C₃₀-Monocarbonsäuren, Vinylethern, Vinylaromaten, Vinylhalogeniden, Vinylidenhalogeniden, C₁-C₈-Monoolefinen, nicht aromatischen Kohlenwasserstoffen mit mindestens zwei konjugierten Doppelbindungen und Mischungen davon.

Als Anionen sind prinzipiell alle Anionen einsetzbar.

- 10 Das Anion $[Y]^{n-}$ der ionischen Flüssigkeit ist beispielsweise ausgewählt aus

der Gruppe der Halogenide, Pseudohalogenide und halogenhaltigen Verbindungen der Formeln:

F⁻, Cl⁻, Br⁻, I⁻, BF₄⁻, PF₆⁻, CF₃SO₃⁻, (CF₃SO₃)₂N⁻, CF₃CO₂⁻, CCl₃CO₂⁻, CN⁻, SCN⁻, OCN⁻;

15

der Gruppe der Sulfate, Sulfite und Sulfonate der allgemeinen Formeln:

SO₄²⁻, HSO₄⁻, SO₃²⁻, HSO₃⁻, R^aOSO₃⁻, R^aSO₃⁻;

der Gruppe der Phosphate der allgemeinen Formeln:

- 20 PO₄³⁻, HPO₄²⁻, H₂PO₄⁻, R^aPO₄²⁻, HR^aPO₄⁻, R^aR^bPO₄⁻;

der Gruppe der Phosphonate und Phosphinate der allgemeinen Formeln:

R^aHPO₃⁻, R^aR^bPO₂⁻, R^aR^bPO₃⁻;

- 25 der Gruppe der Phosphite der allgemeinen Formeln:

PO₃³⁻, HPO₃²⁻, H₂PO₃⁻, R^aPO₃²⁻, R^aHPO₃⁻, R^aR^bPO₃⁻;

der Gruppe der Phosphonite und Phosphinite der allgemeinen Formeln:

R^aR^bPO₂⁻, R^aHPO₂⁻, R^aR^bPO⁻, R^aHPO⁻;

30

der Gruppe der Carbonsäuren der allgemeinen Formel:

R^aCOO⁻;

Anionen von Hydroxycarbonsäuren und Zuckersäuren;

35

Saccharinate (Salze des o-Benzoesäuresulfimids);

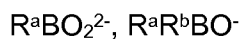
der Gruppe der Borate der allgemeinen Formeln:

BO₃³⁻, HBO₃²⁻, H₂BO₃⁻, R^aR^bBO₃⁻, R^aHBO₃⁻, R^aBO₃²⁻, B(OR^a)(OR^b)(OR^c)(OR^d)⁻,

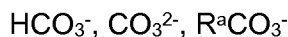
40

B(HSO₄)⁻, B(R^aSO₄)⁻

der Gruppe der Boronate der allgemeinen Formeln:

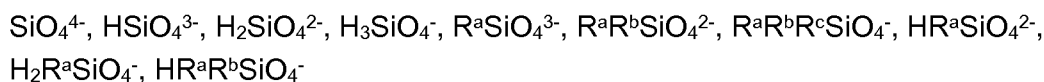


der Gruppe der Carbonate und Kohlensäureester der allgemeinen Formeln:



5

der Gruppe der Silikate und Kieselsäuresäureester der allgemeinen Formeln:

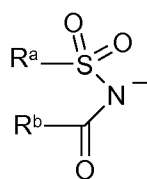
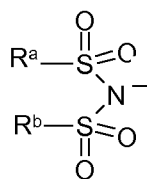
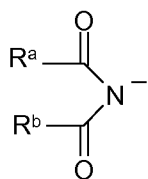
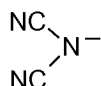


10 der Gruppe der Alkyl- bzw. Arylsilanolate der allgemeinen Formeln:

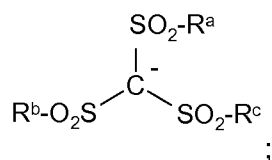


der Gruppe der Carbonsäureimide, Bis(sulfonyl)imide und Sulfonylimide der allgemeinen Formel:

15



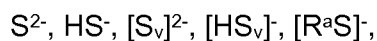
20 der Gruppe der Methide der allgemeinen Formel:



der Gruppe der Alkoxide und Aryloxide der allgemeinen Formel R^aO^- ;

25

der Gruppe der Sulfide, Hydrogensulfide, Polysulfide, Hydrogenpolysulfide und Thiolate der allgemeinen Formeln:



30 wobei v eine ganze positive Zahl von 2 bis 10 ist.

Darin bedeuten R^a , R^b , R^c und R^d unabhängig voneinander jeweils Wasserstoff, C_1 - C_{30} -Alkyl, gegebenenfalls durch ein oder mehrere nicht-benachbarte Sauerstoff- und/oder Schwefelatome und/oder ein oder mehrere substituierte oder unsubstituierte Iminogruppen unterbrochenes C_2 - C_{18} -Alkyl, C_6 - C_{14} -Aryl, C_5 - C_{12} -Cycloalkyl oder einen

35

fünf- bis sechsgliedrigen, Sauerstoff-, Stickstoff- und/oder Schwefelatome aufweisenden Heterocyclus, wobei zwei von ihnen gemeinsam einen ungesättigten, gesättigten oder aromatischen, gegebenenfalls durch ein oder mehrere Sauerstoff- und/oder Schwefelatome und/oder ein oder mehrere unsubstituierte oder substituierte Imino-

5 gruppen unterbrochenen Ring bilden können, wobei die genannten Reste jeweils zusätzlich durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Alkyloxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituiert sein können.

Darin sind gegebenenfalls durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Alkyloxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituiertes C₁-C₁₈-Alkyl beispielsweise Methyl, Ethyl, Propyl, Isopropyl, n-Butyl, sec-Butyl, tert.-Butyl, Pentyl, Hexyl, Heptyl, Octyl, 2-Ethylhexyl, 2,4,4-Trimethylpentyl, Decyl, Dodecyl, Tetradecyl, Hexadecyl, Octadecyl, 1,1-Dimethylpropyl, 1,1-Dimethylbutyl, 1,1,3,3-Tetramethylbutyl, Benzyl, 1-Phenylethyl, α,α -Dimethylbenzyl, Benzhydryl, p-Tolylmethyl, 1-(p-Butylphenyl)-ethyl,

15 p-Chlorbenzyl, 2,4-Dichlorbenzyl, p-Methoxybenzyl, m-Ethoxybenzyl, 2-Cyanoethyl, 2-Cyanopropyl, 2-Methoxycarbonyl-ethyl, 2-Ethoxycarbonyl-ethyl, 2-Butoxycarbonyl-propyl, 1,2-Di-(methoxycarbonyl)-ethyl, 2-Methoxyethyl, 2-Ethoxyethyl, 2-Butoxyethyl, Diethoxymethyl, Diethoxyethyl, 1,3-Dioxolan-2-yl, 1,3-Dioxan-2-yl, 2-Methyl-1,3-dioxolan-2-yl, 4-Methyl-1,3-dioxolan-2-yl, 2-Isopropoxyethyl, 2-Butoxypropyl,

20 2-Octyloxyethyl, Chlormethyl, Trichlormethyl, Trifluormethyl, 1,1-Dimethyl-2-chlorethyl, 2-Methoxyisopropyl, 2-Ethoxyethyl, Butylthiomethyl, 2-Dodecylthioethyl, 2-Phenylthioethyl, 2,2,2-Trifluorethyl, 2-Hydroxyethyl, 2-Hydroxypropyl, 3-Hydroxypropyl, 4-Hydroxybutyl, 6-Hydroxyhexyl, 2-Aminoethyl, 2-Aminopropyl, 4-Aminobutyl, 6-Aminohexyl, 2-Methylaminoethyl, 2-Methylaminopropyl, 3-Methylaminopropyl, 4-Methylaminobutyl, 6-Methylaminoethyl, 2-Dimethylaminoethyl, 2-Dimethylaminopropyl, 3-Dimethylaminopropyl, 4-Dimethylaminobutyl, 6-Dimethylaminoethyl, 2-Hydroxy-2,2-dimethylethyl, 2-Phenoxyethyl, 2-Phenoxypropyl, 3-Phenoxypropyl, 4-Phenoxybutyl, 6-Phenoxyhexyl, 2-Methoxyethyl, 2-Methoxypropyl, 3-Methoxypropyl, 4-Methoxybutyl, 6-Methoxyhexyl, 2-Ethoxyethyl, 2-Ethoxypropyl, 3-Ethoxypropyl, 4-Ethoxybutyl

30 oder 6-Ethoxyhexyl.

Gegebenenfalls durch ein oder mehrere nicht-benachbarte Sauerstoff- und/oder Schwefelatome und/oder ein oder mehrere substituierte oder unsubstituierte Iminogruppen unterbrochenes C₂-C₁₈-Alkyl sind beispielsweise 5-Hydroxy-3-oxapentyl,

35 8-Hydroxy-3,6-dioxaoctyl, 11-Hydroxy-3,6,9-trioxaundecyl, 7-Hydroxy-4-oxaheptyl, 11-Hydroxy-4,8-dioxaundecyl, 15-Hydroxy-4,8,12-trioxapentadecyl, 9-Hydroxy-5-oxanonyl, 14-Hydroxy-5,10-oxatetradecyl, 5-Methoxy-3-oxapentyl, 8-Methoxy-3,6-dioxaoctyl, 11-Methoxy-3,6,9-trioxaundecyl, 7-Methoxy-4-oxaheptyl, 11-Methoxy-4,8-dioxaundecyl, 15-Methoxy-4,8,12-trioxapentadecyl, 9-Methoxy-5-oxanonyl, 14-Methoxy-

40 5,10-oxatetradecyl, 5-Ethoxy-3-oxapentyl, 8-Ethoxy-3,6-dioxaoctyl, 11-Ethoxy-3,6,9-trioxaundecyl, 7-Ethoxy-4-oxaheptyl, 11-Ethoxy-4,8-dioxaundecyl, 15-Ethoxy-4,8,12-trioxapentadecyl, 9-Ethoxy-5-oxanonyl oder 14-Ethoxy-5,10-oxatetradecyl.

Bilden zwei Reste einen Ring, so können diese Reste gemeinsam beispielsweise 1,3-Propylen, 1,4-Butylen, 2-Oxa-1,3-propylen, 1-Oxa-1,3-propylen, 2-Oxa-1,3-propenyl, 1-Aza-1,3-propenyl, 1-C₁-C₄-Alkyl-1-aza-1,3-propenyl, 1,4-Buta-1,3-dienyl, 1-Aza-1,4-buta-1,3-dienyl oder 2-Aza-1,4-buta-1,3-dienyl bedeuten.

Die Anzahl der nicht-benachbarten Sauerstoff- und/oder Schwefelatome und/oder Iminogruppen ist grundsätzlich nicht beschränkt, bzw. beschränkt sich automatisch durch die Größe des Rests oder des Ringbausteins. In der Regel beträgt sie nicht mehr als 5 in dem jeweiligen Rest, bevorzugt nicht mehr als 4 oder ganz besonders bevorzugt nicht mehr als 3. Weiterhin befinden sich zwischen zwei Heteroatomen in der Regel mindestens ein, bevorzugt mindestens zwei Kohlenstoffatome.

Substituierte und unsubstituierte Iminogruppen können beispielsweise Imino-, Methylimino-, iso-Propylimino, n-Butylimino oder tert-Butylimino sein.

Unter dem Begriff „funktionelle Gruppen“ sind beispielsweise die folgenden zu verstehen: Carboxy, Carboxamid, Hydroxy, Di-(C₁-C₄-Alkyl)-amino, C₁-C₄-Alkyloxycarbonyl, Cyano oder C₁-C₄-Alkoxy. Dabei ist C₁-C₄-Alkyl Methyl, Ethyl, Propyl, Isopropyl, n-Butyl, sec-Butyl oder tert-Butyl.

Gegebenenfalls durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Alkyloxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituiertes C₆-C₁₄-Aryl sind beispielsweise Phenyl, Toly, Xylyl, α -Naphthyl, β -Naphthyl, 4-Diphenyl, Chlorphenyl, Dichlorphenyl, Trichlorphenyl, Difluorphenyl, Methylphenyl, Dimethylphenyl, Trimethylphenyl, Ethylphenyl, Diethylphenyl, iso-Propylphenyl, tert.-Butylphenyl, Dodecylphenyl, Methoxyphenyl, Dimethoxyphenyl, Ethoxyphenyl, Hexyloxyphenyl, Methyl-naphthyl, Isopropyl-naphthyl, Chlornaphthyl, Ethoxynaphthyl, 2,6-Dimethylphenyl, 2,4,6-Trimethylphenyl, 2,6-Dimethoxyphenyl, 2,6-Dichlorphenyl, 4-Bromphenyl, 2- oder 4-Nitrophenyl, 2,4- oder 2,6-Dinitrophenyl, 4-Dimethylaminophenyl, 4-Acetylphenyl, Methoxyethylphenyl oder Ethoxymethylphenyl.

Gegebenenfalls durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituiertes C₅-C₁₂-Cycloalkyl sind beispielsweise Cyclopentyl, Cyclohexyl, Cyclooctyl, Cyclododecyl, Methylcyclopentyl, Dimethylcyclopentyl, Methylcyclohexyl, Dimethylcyclohexyl, Diethylcyclohexyl, Butylcyclohexyl, Methoxycyclohexyl, Dimethoxycyclohexyl, Diethoxycyclohexyl, Butylthiocyclohexyl, Chlorcyclohexyl, Dichlorcyclohexyl, Dichlorcyclopentyl sowie ein gesättigtes oder ungesättigtes bicyclisches System wie Norbornyl oder Norbornenyl.

Ein fünf- bis sechsgliedriger, Sauerstoff-, Stickstoff- und/oder Schwefelatome aufweisender Heterocyclus ist beispielsweise Furyl, Thiophenyl, Pyryl, Pyridyl, Indolyl, Ben-

zoxazolyl, Dioxolyl, Dioxyl, Benzimidazolyl, Benzthiazolyl, Dimethylpyridyl, Methylchinolyl, Dimethylpyryl, Methoxifuryl, Dimethoxypyridyl, Diflourpyridyl, Methylthiophenyl, Isopropylthiophenyl oder tert-Butylthiophenyl.

- 5 Bevorzugte Anionen sind beispielsweise ausgewählt aus der Gruppe der Halogenide, Pseudohalogenide und halogenhaltigen Verbindungen, der Gruppe der Carbonsäuren, der Gruppe der Sulfate, Sulfite und Sulfonate sowie der Gruppe der Phosphate.

- 10 Bevorzugte Anionen sind Chlorid, Bromid, Iodid, BF_4^- , SCN^- , OCN^- , CN^- , Formiat, Acetat, Propionat, Butyrat, Lactat, Saccharinat, Carbonat, Hydrogencarbonat, Sulfat, Sulfit, C_1 - C_4 -Alkylsulfate, Methansulfonat, Tosylat, Trifluoracetat, C_1 - C_4 -Dialkylphosphate und Hydrogensulfat.

- 15 Besonders bevorzugte Anionen sind Cl^- , Br^- , BF_4^- , CH_3COO^- , Carbonat, Hydrogencarbonat, Sulfat, Sulfit, Tosylat, CH_3SO_3^- oder $\text{CH}_3\text{OSO}_3^-$.

- 20 In der ionischen Flüssigkeit liegen Kationen sowie Anionen vor. Innerhalb der ionischen Flüssigkeit wird vom Kation ein Proton oder ein Alkylrest an das Anion übertragen. Hierdurch entstehen zwei neutrale Moleküle. Es liegt also ein Gleichgewicht vor, in welchem Anionen, Kationen und die zwei daraus gebildeten neutralen Moleküle vorliegen.

- 25 Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich im besonderen Maße zum Trennen von Substraten, welche, aufgrund der physikalischen Belastungen bei ihrer zweckmäßigen Benutzung eine hohe Festigkeit der Verbindung aufweisen müssen, und nach Erfüllung ihres Zweckes wieder getrennt werden sollen. Eine spezielle Ausführungsform einer solchen Verwendung ist das Lösen oder Entfernen temporärer Markierungen und/oder Beschriftungen von einem Substrat. Da in der Regel das Substrat, auf dem die temporäre Markierung und/oder Beschriftung aufgebracht wurde, nicht beschädigt oder gar zerstört werden soll, hat es sich als vorteilhaft erwiesen, das Lösen oder Entfernen durch Zersetzung der temporären Markierungen und/oder Beschriftungen zu gewährleisten. Das erfindungsgemäße Verfahren gewährleistet ein Entfernen von Markierung und/oder Beschriftung ohne die Anwendung physischer Kraft. Diese Methode schont somit das Substrat, auf dem die temporäre Markierung und/oder Beschriftung aufgebracht wurde.
- 30
- 35

- 40 Bei der Markierung und/oder Beschriftung kann es sich beispielsweise um eine Folie, speziell um eine Fahrbahnmarkierung handeln. Die Verwendung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Entfernen von Fahrbahnmarkierungen ist besonders vorteilhaft, da dieses bislang eine aufwendige und langwierige Tätigkeit darstellt, die angesichts der aktuellen Verkehrslage und dem Zustand der Fahrbahnen zu einer erheblichen Verkehrsbehinderung führt.

Eine weitere bevorzugte Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist das Entfernen von Markierungen und/oder Beschriftungen, wobei diese in Form einer Lack- oder Farbschicht aufgebracht wurden.

5

Eine ebenfalls bevorzugte Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist das Zersetzen von Klebstoff- und Grundierungsschichten. Speziell bei dieser Verwendung ist es vorteilhaft, bei Verwendung nicht mikrowellenaktiver Substrate eine einfache Trennung dieser stoffschlüssig verbundenen Substrate gewährleisten zu können.

10

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verbindet die Klebstoff- oder Grundierungsschicht daher zwei Substrate, die nicht oder nur im untergeordneten Maße zur Absorption von Mikrowellenstrahlung befähigt sind.

15 Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand nicht einschränkender Beispielen erläutert.

1. Synthesebeispiel

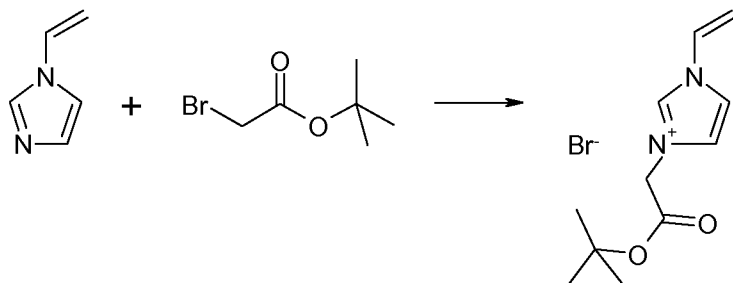
20 ¹H-NMR-Spektroskopie

200 MHz ¹H-NMR-Spektren wurden an einem FT-NMR-Spektrometer vom Typ Bruker Avance DRX200 erstellt.

1.1 (Poly(N-vinyl-N'-tert-butylacetatimidazoliumbromid)):

25

a)

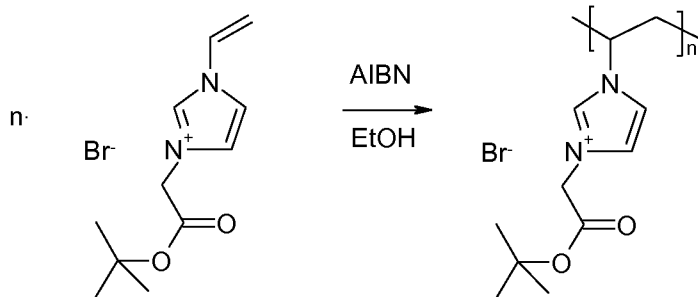


In einem 100 ml Einhalskolben wurde Vinylimidazol (2,9 g, 30 mmol) mit tert-Butylbromacetat (6,4 g, 33 mmol) versetzt und unter Eiskühlung für 5 min gerührt. Anschließend wurde das Eisbad entfernt und die Mischung bei Raumtemperatur für weitere 30 min gerührt. Es bildete sich eine hochviskose Lösung, die mit Ethylacetat und mit Diethylether gewaschen wurde. Das Produkt wurde anschließend aus der hochviskosen Lösung bei -20 °C zur Kristallisation gebracht und die farblosen Kristalle vom restlichen Lösungsmittel abfiltriert. Ausbeute: 87 %.

35

$^1\text{H-NMR}$ (200 MHz, CDCl_3): δ = 1,48 (s, 9H), 5,36 (s, 2H), 5,41 (dd, 1H), 5,95 (dd, 1H), 7,36 (dd, 1H), 7,69 (t, 1H), 7,80 (t, 1H), 10,7 ppm (s, 1H).

b)



5

In einem 250 ml Zweihalskolben wurde Vinyl-tert-butylacetatimidazoliumbromid (7,0 g, 24 mmol) und 2,2-Azobisisobutyronitril (AIBN, 0,20 g, 1,2 mmol) in Ethanol (70 ml) gelöst und unter einer statischen Stickstoffatmosphäre bei 65 °C für 24 h gerührt. Es verblieb eine klare Lösung, aus der das Produkt mit Ethylacetat ausgefällt wurde. Der Niederschlag wurde abfiltriert und mit Diethylether gewaschen. Das Produkt wurde im Vakuum getrocknet. Ausbeute: 92 %.

$^1\text{H-NMR}$ (200 MHz, D_2O): δ = 1,2-1,9 (s (br), 9H), 2,2-2,9 (s (br), 2H), 4,6-5,1 (s (br), 3H), 7,2-7,8 ppm (s (br), 3H).

15

1.2 Poly(N-Vinyl-N'-butylimidazoliumtetrafluoroborat)

a) In einem 100 ml Rundkolben wurde N-Vinyl-N'-butylimidazoliumchlorid (19,6 g, 105 mmol) in Wasser (20 ml) gelöst und mit einer wässrigen Lösung von Tetrafluorbor-säure (Massenanteil der Säure: 50 %; 20 g, 114 mmol) unter Eisbadkühlung vorsichtig versetzt. Nach 48 h wurde das Wasser aus der entstandenen orangefarbenen Lösung durch Gefriertrocknung entfernt. Der viskose Rückstand wurde mit einigen Millilitern Dichlormethan und einigen Millilitern Wasser versetzt und gründlich ausgewaschen. Die Dichlormethan-Phase wurde nachfolgend noch zweimal mit etwas Wasser extrahiert. Die Dichlormethan-Lösung wurde am Rotationsverdampfer eingeeengt und der Rückstand über Nacht am Hochvakuum getrocknet. Man erhielt N-Vinyl-N'-butylimidazoliumtetrafluoroborat als viskose, gelbliche Masse (chloridfrei nach Silbernitrat-Test). Ausbeute: 88 %.

25

$^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3): δ = 10,45 (s, 1H), 7,95 (s, 1H), 7,71 (s, 1H), 7,38 (q, 1H), 6,04 (dd, 1H), 5,38 (dd, 1H), 4,41 (t, 2H), 1,91 (m, 2H), 1,35 (m, 2H), 0,89 ppm (t, 3H).

30

$^{19}\text{F-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3): δ = -151,3 ppm (d, $^1J(\text{BF})$ = 22 Hz)

35

b) N-Vinyl-N'-butylimidazoliumtetrafluoroborat (20 g, 84 mmol) und 2,2-Azobisisobutyronitril (AIBN, 690 mg, 4,2 mmol) wurden in tert-Butanol (70 ml) gelöst und unter einer statischen Stickstoffatmosphäre für 1 h bei Raumtemperatur gerührt. Dabei entstand eine hochviskose Masse. Diese wurde in Diethylether gegeben, worauf ein farb-
5 loser Niederschlag ausfiel. Der Niederschlag wurde abfiltriert, mit Diethylether gewaschen, und im Hochvakuum bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Ausbeute: 95 %.

$^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, D_2O): δ = 0,77-1,12 (s (br), 3H), 1,15-1,48 (s (br), 2H), 1,65-1,95 (s (br), 2H), 2,24-2,80 (s (br), 2H), 3,82-4,50 (s (br), 3H), 7,21-7,81 ppm (s (br), 2H).

Analog zu den Vorschriften 1.1 und 1.2 lassen sich die in den folgenden Beispielen zur Zersetzung verwendeten Polymere der ionischen Flüssigkeiten (PIL) bereitstellen.

2. Mikrowellenunterstützte Zersetzungen

Mikrowellenunterstützte Zersetzungen wurden in einer Labormikrowelle vom Typ DiscoverTM des Herstellers CEM durchgeführt; das System arbeitet mit einer Frequenz von 2,45 GHz und einer Maximalleistung von 300 W. Das Gerät ist mit einem IR-Tempersensor ausgestattet.

2.1 Poly(N-vinyl-N'-methylimidazoliumtosylat) wurde in einem Probenglas in der Mikrowelle für 90 Sekunden bei einer Strahlungsleistung von 300 Watt bestrahlt. Dabei erwärmt sich die Substanz auf über 300 °C. Die Probe war nach der Bestrahlung vollständig zersetzt und es verblieb ein schwarzer Rückstand.

2.2 Poly(N-vinyl-N'-tert-butylacetatimidazoliumbromid) wurde in einem Probenglas in der Mikrowelle für 90 Sekunden bei einer Strahlungsleistung von 300 Watt bestrahlt. Dabei erwärmte sich die Substanz auf 165 °C. Die Probe war nach der Bestrahlung vollständig zersetzt und es verblieb ein schwarzer Rückstand.

2.3 Polyoxymethylen wurde durch Erhitzen erweicht und mit Poly(N-vinyl-N'-propylimidazoliumiodid) in einem Massenverhältnis von 10:1 mechanisch homogen vermengt. Die Mischung wurde anschließend in einem Probenglas in der Mikrowelle für 90 Sekunden bei einer Strahlungsleistung von 300 Watt bestrahlt. In dieser Zeit erwärmte sich das Material auf 158 °C, schäumte dabei stark auf und zersetzte sich zu einem schwarzen, nicht mehr am Probenglas haftenden Rückstand.

2.4 Poly(N-vinyl-N'-tert-butylacetatimidazoliumbromid) wurde mit einem Klarlack (Glasurit HS-Multi-Klarlack 923-255, Glasurit HS-Decklackhärter Normal 929-93) vermischt. Dabei betrug das Massenverhältnis in der Mischung 1:10 (PIL:Lack). Diese Mischung wurde anschließend auf einem planaren Glaträger bei Raum-

temperatur für 5 Tage getrocknet. Die so erhaltenen klaren Filme hatten eine Dicke von maximal 1,5 mm, typischerweise 1 mm. Die Filme hafteten fest auf dem Glasträger.

5 Die beschichteten Glasträger wurden in der Mikrowelle für 60 Sekunden bei einer Strahlungsleistung von 300 Watt bestrahlt. Dabei stieg die Temperatur innerhalb dieser Zeit auf bis zu 240 °C. Es kam hierbei zu einem starken Aufschäumen des Films und erkennbarer Zersetzung der Polymerschicht. Diese löste sich vom Untergrund ab. Nach der Bestrahlung war der Film schwarz und hatte seine Haften-
10 genschaften verloren.

2.5 Poly(N-vinyl-N'-methylimidazoliumtosylat) wurde mit einem Klarlack (Glasurit HS-Multi-Klarlack 923-255, Glasurit HS-Decklackhärter Normal 929-93) vermischt. Dabei betrug das Massenverhältnis in der Mischung 1:10 (PIL:Lack). Diese Mi-
15 schung wurde anschließend auf einem planaren Glasträger bei Raumtemperatur für 5 Tage getrocknet. Die so erhaltenen klaren Filme hatten eine Dicke von maximal 1,5 mm, typischerweise 1 mm. Die Filme hafteten fest auf dem Glasträger.

20 Die beschichteten Glasträger wurden in der Mikrowelle für 60 Sekunden bei einer Strahlungsleistung von 300 Watt bestrahlt. Dabei stieg die Temperatur innerhalb dieser Zeit auf bis zu 300 °C. Es kam hierbei zur erkennbaren Zersetzung der Polymerschicht. Diese löste sich vom Untergrund ab. Nach der Bestrahlung war der Film schwarz und hatte seine Haften-
25 genschaften verloren.

2.6 Poly(N-vinyl-N'-butylimidazoliumbromid) wurde mit einem Klarlack (Glasurit HS-Multi-Klarlack 923-255, Glasurit HS-Decklackhärter Normal 929-93) vermischt. Dabei betrug das Massenverhältnis der Mischung 1:10 (PIL:Lack). Diese Mi-
25 schung wurde anschließend auf einem planaren Glasträger bei Raumtemperatur für 5 Tage getrocknet. Die so erhaltenen klaren Filme hatten eine Dicke von maximal 1,5 mm, typischerweise 1 mm. Die Filme hafteten fest auf dem Glasträger.
30

35 Die beschichteten Glasträger wurden in der Mikrowelle für 60 Sekunden bei einer Strahlungsleistung von 300 Watt bestrahlt. Dabei stieg die Temperatur innerhalb dieser Zeit auf über 150 °C. Es kam hierbei zur erkennbaren Zersetzung der Polymerschicht. Diese löste sich vom Untergrund ab. Nach der Bestrahlung war der Film schwarz und hatte seine Haften-
40 genschaften verloren.

2.7 Kommerzielles Aluminiumpulver wurde mit Polybutandiolformal in einem Massenverhältnis von 1:10 zusammengegeben und nach Erwärmung auf 50 °C mechanisch homogen suspendiert. Das Aluminiumpulver wies eine Korngrößenverteilung von $d_{10} = 38 \mu\text{m}$, $d_{50} = 80 \mu\text{m}$ und $d_{90} = 140 \mu\text{m}$ auf. Die Suspension wurde in einem Probenglas in der Mikrowelle für 15 Sekunden mit einer Leistung von

300 Watt bestrahlt. In dieser Zeit erwärmte sich die Suspension auf über 180 °C und es kam zur vollständigen thermischen Zersetzung des Polymers.

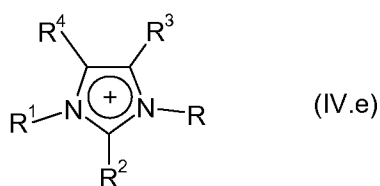
- 5 2.8 Kommerzieller Graphit (Korngröße <20 µm) und Polybutandiolformal wurden in einem Massenverhältnis von 1:20 zusammengegeben und mechanisch nach Erwärmung auf 50 °C homogen suspendiert. Die Suspension wurde anschließend in einem Probenglas in der Mikrowelle für 17 Sekunden bei einer Leistung von 300 Watt bestrahlt. In dieser Zeit erwärmte sich die Suspension auf 232 °C. Dies führte zu einer thermischen Zersetzung des Polymers. Es verblieb ein schwarzer Rückstand.
- 10 2.9 Polybutandiolformal wurde mit kommerziellem Eisenpulver (Carbonyleisenpulver, $d_{50} = 4 \mu\text{m}$) in einem Mischungsverhältnis von 10 : 1 zusammengegeben und mechanisch nach Erwärmung auf 50 °C homogen suspendiert. Diese Suspension wurde anschließend in einem Probenglas in der Mikrowelle für 60 Sekunden bei einer Leistung von 300 Watt bestrahlt. In dieser Zeit erwärmte sich die Suspension auf 255°C und es kam zu einer Zersetzung des Polymers unter Aufschäumen.
- 20 2.10 Poly(N-vinyl-N'-tert-butylacetatimidazoliumbromid) wurde in einem Probenglas mit flachem Boden mit Polymethylmethacrylat (PMMA) in einem Massenverhältnis von 1:10 in Aceton gelöst. Es entstand eine klare Lösung. Das Aceton wurde bei Raumtemperatur verdampft und zurück blieb ein klarer Polymerfilm, der fest am Boden des Probenglases haftete. Die Filmdicke betrug 1 mm. Der Film wurde anschließend für 90 s in der Mikrowelle mit einer Strahlungsleistung von 300 W bestrahlt. In dieser Zeit heizte sich der Inhalt des Probenglases auf 216 °C auf. Der Film schäumte dabei auf und zersetzte sich. Nach der Reaktion verblieb ein schwarzer, spröder Rückstand, der die Haftung am Untergrund verloren hatte und leicht aus dem Probenglas entfernt werden konnte.
- 25 30 2.11 Poly(N-vinyl-N'-tert-butylacetatimidazoliumbromid) wurde in einem Probenglas mit flachem Boden mit Polystyrol (PS) in einem Massenverhältnis von 1 : 10 in Aceton gelöst. Es entstand eine klare Lösung. Das Aceton wurde bei Raumtemperatur verdampft und zurück blieb ein klarer Polymerfilm, der fest am Boden des Probenglases haftete. Die Filmdicke betrug 1 mm. Der Film wurde anschließend für 90 s in der Mikrowelle mit einer Strahlungsleistung von 300 W bestrahlt. In dieser Zeit heizte sich der Inhalt des Probenglases auf 212 °C auf. Der Film schäumte dabei auf und zersetzte sich. Nach der Reaktion verblieb ein schwarzer, spröder Rückstand, der die Haftung am Untergrund verloren hatte und leicht aus dem Probenglas entfernt werden konnte.
- 35 40

- 2.12 Poly(N-vinyl-N'-tert-butylacetatimidazoliumbromid) wurde in einem Probenglas mit flachem Boden mit Polyurethan (PUR, aus Hexamethylendiisocyanat und 1,4-Butandiol im Stoffmengenverhältnis 1 : 1) in einem Massenverhältnis von 1 : 10 in N,N-Dimethylformamid (DMF) gelöst. Das DMF wurde bei Raumtemperatur verdampft und zurück blieb ein farbloser Polymerfilm, der fest am Boden des Probenglases haftete. Die Filmdicke betrug 1,2 mm. Der Film wurde anschließend für 50 s in der Mikrowelle mit einer Strahlungsleistung von 300 W bestrahlt. In dieser Zeit heizte sich der Inhalt des Probenglases auf 220 °C auf. Der Film schäumte dabei auf und zersetzte sich. Nach der Reaktion verblieb ein schwarzer, spröder Rückstand, der die Haftung am Untergrund verloren hatte und leicht aus dem Probenglas entfernt werden konnte.
- 2.13 Poly(N-vinyl-N'-tert-butylacetatimidazoliumtetrafluoroborat) wurde mit einem Klarlack (Glasurit HS-Multi-Klarlack 923-255, Glasurit HS-Decklackhärter Normal 929-93) vermischt. Dabei betrug das Massenverhältnis in der Mischung 1:10 (PIL:Lack). Diese Mischung wurde anschließend auf einem planaren Glasträger bei Raumtemperatur für 5 Tage getrocknet. Der so erhaltene klare Film hatte eine Dicke von 1,5 mm. Der Film haftete fest auf dem Glasträger.
- Der beschichtete Glasträger wurde in der Mikrowelle für 29 Sekunden bei einer Strahlungsleistung von 300 Watt bestrahlt. Dabei stieg die Temperatur innerhalb dieses Zeitraums auf 293 °C. Es kam hierbei zu einer erkennbaren Zersetzung der Polymerschicht und zur Ablösung vom Untergrund. Das durch die Zersetzung entstandene schwarze Zersetzungsprodukt ließ sich leicht und rückstandsfrei vom Träger entfernen.
- 2.14 Kommerzielles Siliciumcarbid (SiC, Alfa-Aeser, Korngröße ca. 400 mesh) wurde mit einem Klarlack (Glasurit HS-Multi-Klarlack 923-255, Glasurit HS-Decklackhärter Normal 929-93) vermischt. Dabei betrug das Massenverhältnis in der Mischung 1:10 (SiC:Lack). Diese Mischung wurde anschließend auf einem planaren Glasträger bei Raumtemperatur für 5 Tage getrocknet. Der so erhaltene Film hatte eine Dicke von 1,5 mm. Der Film haftete fest auf dem Glasträger.
- Der beschichtete Glasträger wurde in der Mikrowelle für 37 Sekunden bei einer Strahlungsleistung von 300 Watt bestrahlt. Dabei stieg die Temperatur innerhalb dieses Zeitraums auf 291 °C. Es kam hierbei zu einer erkennbaren Zersetzung der Polymerschicht und zur Ablösung vom Untergrund. Das durch die Zersetzung entstandene schwarze Zersetzungsprodukt ließ sich leicht und rückstandsfrei vom Träger entfernen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Trennen von stoffschlüssig verbundenen Substraten durch Be-
strahlung mit Mikrowellen, wobei eines der Substrate teilweise oder vollständig
5 aus einem Material besteht, das sich unter Absorption von Mikrowellenstrahlung
wenigstens teilweise zersetzt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Zersetzung unter Absorption von Mikro-
wellenstrahlung irreversibel erfolgt.
10
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei eines der Substrate voll-
ständig aus dem unter Absorption von Mikrowellenstrahlung zur Zersetzung be-
fähigten Material besteht.
- 15 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, wobei das Substrat, das aus
einem unter Absorption von Mikrowellenstrahlung zur Zersetzung befähigten Ma-
terial besteht, oberflächlich auf ein davon verschiedenes Substrat aufgebracht ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, wobei das Substrat, das aus
20 einem unter Absorption von Mikrowellenstrahlung zur Zersetzung befähigten Ma-
terial besteht, zwei davon verschiedene Substrate stoffschlüssig verbindet.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Substrat, das
aus einem unter Absorption von Mikrowellenstrahlung zur Zersetzung befähigten
25 Material besteht, eine Polymerzusammensetzung umfasst oder aus einer Poly-
merzusammensetzung besteht.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Polymerzusammensetzung wenigstens
ein Homo- oder Copolymer umfasst, das sich von α,β -ungesättigten Säuren und
30 deren Derivaten ableitet.
8. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Polymerzusammensetzung wenigstens
ein Polyisocyanat-Polyadditionsprodukt umfasst.
- 35 9. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Polymerzusammensetzung wenigstens
ein synthetisches Harz umfasst.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei wenigstens ein Teil der ent-
haltenen Homo- und/oder Copolymere der Polymerzusammensetzung zur Ab-
40 sorption von Mikrowellenstrahlung unter Zersetzung des Substrats befähigt ist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, wobei die Polymerzusammensetzung wenigstens ein Additiv enthält, das zur Absorption von Mikrowellenstrahlung unter Zersetzung des Substrats befähigt ist.
- 5 12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das zur Absorption von Mikrowellenstrahlung unter Zersetzung des Substrats befähigte Additiv ausgewählt ist unter anorganischen Verbindungen.
- 10 13. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das zur Absorption von Mikrowellenstrahlung unter Zersetzung des Substrats befähigte Additiv ausgewählt ist unter organischen Salzen.
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei das zur Absorption von Mikrowellenstrahlung unter Zersetzung des Substrats befähigte Additiv ausgewählt ist unter ionischen Flüssigkeiten und deren Homo- und Copolymeren.
- 15 15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei das Additiv ausgewählt ist unter ionischen Flüssigkeiten, enthaltend ein Kation der allgemeinen Formel (IV.e)



20

worin

R, R¹ unabhängig voneinander für Wasserstoff, eine Sulfogruppe oder einen kohlenstoffhaltigen organischen, gesättigten oder ungesättigten, acyclischen oder cyclischen, aliphatischen, aromatischen oder araliphatischen, unsubstituierten oder durch 1 bis 5 Heteroatome oder funktionelle Gruppen unterbrochenen oder substituierten Rest mit 1 bis 20 C-Atomen stehen;

25

R², R³, R⁴ unabhängig voneinander für eine der für R und R¹ gegebenen Bedeutungen, Halogen oder eine funktionelle Gruppe stehen; oder

30

zwei benachbarte Reste R, R¹, R², R³ oder R⁴ zusammen für einen zweibindigen, kohlenstoffhaltigen organischen, gesättigten oder ungesättigten, acyclischen oder cyclischen, aliphatischen, aromatischen oder araliphatischen, unsubstituierten oder durch 1 bis 5 Heteroatome oder funktionelle Gruppen unterbrochenen oder substituierten Rest mit 1 bis 30 C-Atomen stehen;

35

und Homo- und Copolymeren der Verbindungen der allgemeinen Formel (IV.e).

- 5 16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei das Additiv ausgewählt ist unter ionischen Flüssigkeiten, enthaltend ein Kation der allgemeinen Formel (IV.e), worin

R für gegebenenfalls durch funktionelle Gruppen, Aryl, Alkyl, Aryloxy, Alkyl-oxy, Halogen, Heteroatome und/oder Heterocyclen substituiertes C₁-C₁₈-Alkyl steht;

10

R¹ für eine zur Polymerisation befähigte kohlenstoffhaltige Gruppe steht;

R², R³, R⁴ unabhängig voneinander für Wasserstoff oder C₁-C₄-Alkyl stehen;

15

und Homo- und Copolymeren der Verbindungen der allgemeinen Formel (IV.e).

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei das Additiv ausgewählt ist unter ionischen Flüssigkeiten enthaltend ein Kation der allgemeinen Formel (IV.e), worin

20 R für R^a-[O-C(=O)-(CH₂)_n]- steht,

worin n für 0 bis 17 steht und R^a für gegebenenfalls durch Sauerstoff unterbrochenes, gegebenenfalls Hydroxy-substituiertes C₁-C₁₈-Alkyl steht;

25

R¹ für eine zur Polymerisation befähigte kohlenstoffhaltige Gruppe steht;

R², R³, R⁴ unabhängig voneinander für Wasserstoff oder C₁-C₄-Alkyl stehen;

und Homo- und Copolymeren der Verbindungen der allgemeinen Formel (IV.e).

30

18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei die Additive ausgewählt sind unter ionischen Flüssigkeiten, enthaltend ein Kation der allgemeinen Formel (IV.e), worin

R für (C₁-C₁₈-Alkoxy-carbonyl)-C₀-C₁₇-alkyl steht,

35

R¹ für eine Vinyl-Gruppe steht;

R², R³, R⁴ für Wasserstoff steht;

40

und Homo- und Copolymeren der Verbindungen der allgemeinen Formel (IV.e).

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zersetzung des Materials wenigstens teilweise durch mikrowelleninduzierte Gasentwicklung herbeigeführt wird.
- 5 20. Verwendung eines Verfahrens gemäß Anspruch 1 zum Lösen temporärer Markierungen und/oder Beschriftungen von einem Substrat.
21. Verwendung gemäß Anspruch 20, wobei das Lösen durch Zersetzung der temporären Markierungen und/oder Beschriftungen erfolgt.
- 10 22. Verwendung gemäß einem der Ansprüche 20 oder 21, wobei es sich bei der zu lösenden Markierung und/oder Beschriftung um eine Folie handelt.
- 15 23. Verwendung gemäß einem der Ansprüche 20 oder 21, wobei es sich bei der zu lösenden Markierung und/oder Beschriftung um eine Fahrbahnmarkierung handelt.
- 20 24. Verwendung gemäß einem der Ansprüche 20 oder 21, wobei es sich bei der zu lösenden Markierung und/oder Beschriftung um einen Lack- oder Farbschicht handelt.
25. Verwendung eines Verfahrens gemäß Anspruch 1 zum Zersetzen einer Klebstoff- oder Grundierungsschicht.