



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 17 336 T2 2005.06.02**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 099 721 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 17 336.4**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 123 449.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **06.11.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **16.05.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **12.01.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **02.06.2005**

(51) Int Cl.7: **C08G 75/08**

C08G 18/38, G02B 1/04

(30) Unionspriorität:

31896099 09.11.1999 JP

(73) Patentinhaber:

**Mitsubishi Gas Chemical Co., Inc., Tokio/Tokyo,
JP**

(74) Vertreter:

**Gille Hrabal Struck Neidlein Prop Roos, 40593
Düsseldorf**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(72) Erfinder:

**Yoshimura, Yuiichi, Katsushika-ku, Tokyo, JP;
Takeuchi, Motoharu, Katsushika-ku, Tokyo, JP;
Niimi, Atsuki, Katsushika-ku, Tokyo, JP;
Horikoshi, Hiroshi, Katsushika-ku, Tokyo, JP**

(54) Bezeichnung: **Zusammensetzung zur Herstellung von Harzen**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Zusammensetzung zur Herstellung von Harzen. Der Harz, welcher ausgehend von der Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung hergestellt wurde, wird vorteilhaft als optisches Material für Kunststofflinsen, Prismen, optische Fasern, Substraten von Informationsaufzeichnungsmedien und Filtern, insbesondere als ein Material für Kunststoffbrillengläsern, verwendet.

BESCHREIBUNG DES STANDES DER TECHNIK

[0002] Kunststoffmaterialien werden vielseitig verwendet in verschiedenen optischen Anwendungen, insbesondere für die Herstellung von Brillengläsern, aufgrund ihres leichten Gewichtes, ihrer Robustheit und der Einfachheit sie zu färben. Optische Produkte, insbesondere Brillengläser, sollen zusätzlich zu einer niedrigen spezifischen Dichte, optische Eigenschaften wie einen hohen Brechungsindex und eine große Abbesche Zahl und physikalische Eigenschaften wie eine hohe Wärmebeständigkeit und hohe mechanische Festigkeit aufweisen. Ein hoher Brechungsindex erlaubt eine Verringerung der Linsendicke. Eine hohe Abbesche Zahl ist wichtig, um die chromatische Aberration einer Linse zu verringern. Eine hohe Wärmebeständigkeit und eine hohe mechanische Festigkeit sind wichtig, um die Herstellung zu erleichtern und auch aus Sicherheitsgründen.

[0003] Als Material mit hohem Brechungsindex sind in der japanischen Patentveröffentlichung Nr. JP 4-58489 und dem US-Patent 5,294,666 hitzehärtbare optische Materialien mit Thiourethan-Struktur vorgeschlagen worden, die durch Reaktion einer Polythiolverbindung und einer Polyisocyanatverbindung erhalten wurden. Die offengelegten japanischen Patentanmeldungen Nr. 1-98615 und 3-81320 sowie die EP 0 374 258 A offenbaren die Herstellung von Linsen durch Polymerisation eines Epoxy-Harzes oder eines Episulfid-Harzes mit einer multifunktionalen Verbindung. Nichtsdestotrotz wird weiterhin ein höherer Brechungsindex verlangt. Eine kleine chromatische Aberration ist eine andere wichtige Eigenschaft, die von optische Materialien benötigt wird. Je größer die Abbesche Zahl ist, desto kleiner ist die chromatische Aberration. Deshalb wird ein Material, welches gleichzeitig einen hohen Brechungsindex und eine große Abbesche Zahl aufweist, gewünscht.

[0004] Jedoch neigt die Abbesche Zahl mit dem Anstieg des Brechungsindex zu sinken. Kunststoffmaterialien, die aus bekannten Verbindungen hergestellt wurden, weisen eine maximale Abbesche Zahl von 50 bis 55 auf, wenn der Brechungsindex bei 1,50 bis 1,55 liegt; von ungefähr 40, wenn der Brechungsindex bei 1,60 ist und von 31, wenn der Brechungsindex bei 1,66 liegt. Bei Versuchen einen Brechungsindex von 1,70 oder größer zu erreichen, wurden keine optischen Materialien erhalten, die zum praktischen Einsatz geeignet waren, da die Abbesche Zahl nur 30 oder weniger betrug.

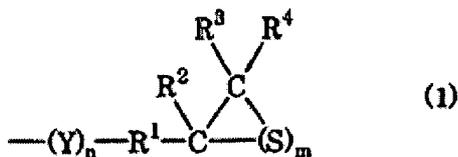
[0005] Zusätzlich ist es bei bekannten Thiourethan-Materialien zum Erhalt eines hohen Brechungsindex notwendig, das Molekulargewicht des Schwefel-Ausgangsmaterials zu erhöhen, was zu einer verringerten Vernetzungsdichte führt. Darüber hinaus sollte der Gehalt an Alkylgruppen erhöht werden, um eine hohe Abbesche Zahl zu erreichen. Dies führt zu einer verringerten Festigkeit der Moleküle der Ausgangsverbindungen, was zu Nachteilen wie eine schlechte Wärmebeständigkeit führt. Es gibt in optischen Materialien, welche aus Episulfid-Verbindungen, Polythiol-Verbindungen und Isocyanat-Verbindungen erhalten wurden, eine Grenze beim Erhalt eines hohen Brechungsindex. Zusätzlich führt eine Erhöhung des Brechungsindex zu einer verringerten Abbeschen Zahl. Deshalb kann mit bekannten optischen Materialien nicht gleichzeitig ein zufrieden hoher Brechungsindex und eine große Abbesche Zahl erhalten werden.

[0006] Um die vorstehenden Probleme zu lösen, haben die Erfinder neue schwefelhaltigen Verbindungen gefunden, welche geeignet sind dünne optische Materialien mit kleiner chromatischer Aberration (US-Patente 5,807,975 und 5,945,504) zu liefern. Die Erfinder haben auch Harz-Zusammensetzungen gefunden, welche eine verbesserte Oxidationsbeständigkeit und Anfärbbarkeit der optischen Materialien, welche durch Härtung der vorstehend erwähnten schwefelhaltigen Verbindungen mittels Polymerisation (US-Patent 6,117,923 und europäische Patentanmeldung EP 0 921 417) erhalten wurden, aufweisen. Jedoch optische Materialien, die aus diesen Zusammensetzungen erhalten wurden, weisen eine ungenügende Schlagfestigkeit auf. Eine geringe Schlagfestigkeit verlangt eine Dicke, welche für den praktischen Einsatz groß genug ist. Dies verhindert eine Verringerung der Dicke und des Gewichts, obwohl ein hoher Brechungsindex der optischen Materialien eine verringerte Dicke ermöglicht.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Ein Ziel der vorliegenden Erfindung ist die Verbesserung der Schlagfestigkeit eines Harzes, welcher durch Härtung schwefelhaltiger Verbindungen mittels Polymerisation erhalten wurde.

[0008] Nach ausgiebigen Untersuchungen im Hinblick des vorstehenden Zieles, haben die Erfinder gefunden, dass das Ziel mittels eines Harzes erreicht werden kann, welcher durch Härtung einer Zusammensetzung mittels Polymerisation erhalten wurde, wobei die Zusammensetzung (a) 30 bis 95 Gew.-% einer Verbindung, die in einem Molekül eine oder mehr Strukturen dargestellt durch die folgende Formel (1) aufweist



worin R^1 eine Einfachbindung oder eine zweiwertige Kohlenwasserstoffgruppe mit 1 bis 10 Kohlenstoff-Atomen, R^2 , R^3 und R^4 jeweils Wasserstoff oder eine Kohlenwasserstoffgruppe mit 1 bis 10 Kohlenstoffatomen, Y gleich O, Se oder Te, m eine ganze Zahl von 1 bis 5 und n eine ganze Zahl von 0 bis 5 ist; (b) 1 bis 40 Gew.-% einer Verbindung mit mindestens einer Gruppe ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus der Isocyanat-Gruppe und der Isothiocyanat-Gruppe in einem Molekül und (c) 1 bis 50 Gew.-% einer Verbindung mit mindestens einer Mercapto-Gruppe in einem Molekül.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0009] In der Zusammensetzung gemäß der vorliegenden Erfindung ist das Mengenverhältnis von Verbindung (a), Verbindung (b) und Verbindung (c) nicht streng limitiert, weil es vom Brechungsindex und der Viskosität der entsprechenden Verbindungen und den beabsichtigten physikalischen Eigenschaften des erhaltenen Harzes abhängt. Es ist bevorzugt 30 bis 95 Gew.-% für Verbindung (a), 1 bis 40 Gew.-% für Verbindung (b) und 1 bis 40 Gew.-% für Verbindung (c).

[0010] Die Mengenverhältnisse außerhalb der oben stehenden Bereiche führen zu einem Versagen im Erhalt einer hohen Schlagfestigkeit, welche das Ziel der vorliegenden Erfindung ist. Weitere Nachteile sind schlechte Wärmebeständigkeit, Zerstörung des Farbtons von gehärteten Produkten und einem Versagen bei der gleichzeitigen Erfüllung eines hohen Brechungsindex und einer großen Abbeschen Zahl. Mehr bevorzugte Bereiche sind 50 bis 95 Gew.-% für Verbindung (a), 1 bis 25 Gew.-% für Verbindung (b) und 1 bis 35 Gew.-% für Verbindungen (c). Besonders bevorzugte Bereiche sind 60 bis 90 Gew.-% für Verbindung (a), 3 bis 15 Gew.-% für Verbindung (b) und 5 bis 25 Gew.-% für Verbindungen (c). Die Gew.-% der Verbindungen (a), (b) und (c) werden geeignet aus den entsprechenden, oben genannten Bereichen ausgewählt, so dass die Summe der Gew.-% der Verbindungen (a), (b) und (c) zu 100 Gew.-% aufaddiert.

[0011] Um die Schlagfestigkeit des Harzes, welcher durch Härtung der Zusammensetzung mittels Polymerisation erhalten wurde, weiter zu verbessern, ist es bevorzugt, dass die Verbindung (a) mindestens zwei Strukturen dargestellt durch Formel (1) in einem Molekül aufweist, die Verbindung (b) mindestens zwei Gruppen ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus der Isocyanat-Gruppe und der Isothiocyanat-Gruppe in einem Molekül aufweist und die Verbindung (c) mindestens zwei Mercapto-Gruppen in einem Molekül aufweist.

[0012] Um einen hohen Brechungsindex zu erhalten, ist in der Formel (1) R^1 vorzugsweise eine Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 0 bis 2 Kohlenstoffatomen und R^2 , R^3 und R^4 sind jeweils vorzugsweise ein Wasserstoff-Atom oder eine Methyl-Gruppe. Mehr bevorzugt ist R^1 eine Kohlenwasserstoff-Gruppe mit 0 bis 1 Kohlenstoffatomen und R^2 , R^3 und R^4 sind jeweils ein Wasserstoff-Atom. Es ist bevorzugt, dass die Verbindung (c) ein Schwefel-Atom zusätzlich zu dem Schwefel-Atom in der Mercapto-Gruppe und mehr bevorzugt eine Schwefelbindung aufweist.

[0013] Beispiele für die Verbindung (a) werden im Folgenden gelistet und sind dabei klassifiziert in die Gruppen (A) bis (D):

- (A) Verbindungen (a) mit mindestens einer Struktur in einem Molekül dargestellt durch Formel (1) in der n gleich 0 ist;
- (B) Verbindungen (a) mit mindestens einer Struktur in einem Molekül dargestellt durch Formel (1) in der Y gleich O ist;
- (C) Verbindungen (a) mit mindestens einer Struktur in einem Molekül dargestellt durch Formel (1) in der Y gleich Se ist;
- (D) Verbindungen (a) mit mindestens einer Struktur in einem Molekül dargestellt durch Formel (1) in der Y gleich Te ist.

[0014] Die Gruppe (A) bis (D) Verbindungen weisen ein Grundgerüst auf, welches sich von einer Kettenver-

bindung, einer verzweigten Verbindung, einer cycloaliphatischen Verbindung, einer aromatischen Verbindung oder einer heteroaromatischen Verbindung mit Stickstoff, Sauerstoff, Schwefel, Selen oder Tellur als Heteroatom ableiten. Die Verbindungen können eine Vielzahl der oben genannten Strukturen in einem Molekül aufweisen. Die Verbindungen können auch eine Schwefelbindung, eine Selenbindung, eine Tellurbindung, eine Etherbindung, eine Sulfonylbindung, eine Ketobindung, eine Esterbindung, eine Amidbindung oder eine Urethanbindung in dem Molekül aufweisen.

[0015] Beispiele für Gruppe (A) Verbindungen umfassen:

[0016] Organische Verbindungen mit kettenförmiger aliphatischer Grundgerüststruktur wie zum Beispiel 1,1-Bis(epithioethyl)methan, 1,1-Bis(epidithioethyl)methan, 1-(Epithioethyl)-1-(β -epithiopropyl)-methan, 1,1-Bis(β -epithiopropyl)-methan, 1-(Epithioethyl)-1-(β -epithiopropyl)ethan, 1,2-Bis(β -epithiopropyl)ethan, 1,2-Bis(β -epidithiopropyl)ethan, 1-(Epithioethyl)-3-(β -epithiopropyl)butan, 1,3-Bis(β -epithiopropyl)propan, 1-(Epithioethyl)-4-(β -epithiopropyl)pentan, 1,4-Bis(β -epithiopropyl)butan, 1-(Epithioethyl)-5-(β -epithiopropyl)hexan, 1-(Epithioethyl)-2-(β -epithiobutylthio)ethan, 1-(Epithioethyl)-2-[2-(β -epithiobutylthio)ethylthio]ethan, Tetrakis(β -epithiopropyl)methan, 1,1,1-Tris(β -epithiopropyl)propan, 1,3-Bis(β -epithiopropyl)-1-(β -epithiopropyl)-2-thiapropan und 1,5-Bis(β -epithiopropyl)-2,4-Bis(β -epithiopropyl)-3-thiapentan;

[0017] Verbindungen mit cycloaliphatischer Grundgerüststruktur wie zum Beispiel 1,3-Bis(epithioethyl)cyclohexan, 1,4-Bis(epithioethyl)cyclohexan, 1,3-Bis(β -epithiopropyl)cyclohexan, 1,4-Bis(β -epithiopropyl)cyclohexan, Bis[4-(epithioethyl)cyclohexyl]methan, Bis[4-(β -epithiopropyl)cyclohexyl]methan, 2,2-Bis[4-(epithioethyl)cyclohexyl]propan, 2,2-Bis[4-(β -epithiopropyl)cyclohexyl]propan, Bis[4-(β -epithiopropyl)cyclohexyl]sulfid, Bis[4-(epithioethyl)cyclohexyl]sulfid, 2,5-Bis(epithioethyl)-1,4-dithian, 2,5-Bis(β -epithiopropyl)-1,4-dithian, 4-Epithioethyl-1,2-cyclohexensulfid, 4-Epoxy-1,2-cyclohexensulfid, 2,3-Bis(1,2-epithioethyl)-1,4-diselenan, 2,5-Bis(1,2-epithioethyl)-1,4-diselenan, 2,6-Bis(1,2-epithioethyl)-1,4-diselenan, 2,3-Bis(2,3-epithiopropyl)-1,4-diselenan, 2,5-Bis(2,3-epithiopropyl)-1,4-diselenan, 2,6-Bis(2,3-epithiopropyl)-1,4-diselenan, 2,4-Bis(1,2-epithioethyl)-1,3-diselenan, 2,5-Bis(1,2-epithioethyl)-1,3-diselenan, 2,6-Bis(1,2-epithioethyl)-1,3-diselenan, 2,4-Bis(2,4-epithiopropyl)-1,3-diselenan, 2,5-Bis(2,4-epithiopropyl)-1,3-diselenan, 2,6-Bis(2,4-epithiopropyl)-1,3-diselenan, 2,3-Bis(1,2-epithioethyl)-1-thia-4-selenan, 2,5-Bis(1,2-epithioethyl)-1-thia-4-selenan, 2,6-Bis(1,2-epithioethyl)-1-thia-4-selenan, 3,5-Bis(1,2-epithioethyl)-1-thia-4-selenan, 2,3-Bis(2,3-epithiopropyl)-1-thia-4-selenan, 2,5-Bis(2,3-epithiopropyl)-1-thia-4-selenan, 2,6-Bis(2,3-epithiopropyl)-1-thia-4-selenan, 3,5-Bis(2,3-epithiopropyl)-1-thia-4-selenan, 2,4-Bis(1,2-epithioethyl)-1,3-diselenolan, 4,5-Bis(1,2-epithioethyl)-1,3-diselenolan, 2,4-Bis(2,4-epithiopropyl)-1,3-diselenolan, 4,5-Bis(2,4-epithiopropyl)-1,3-diselenolan, 2,4-Bis(1,2-epithioethyl)-1-thia-3-selenolan, 2,5-Bis(1,2-epithioethyl)-1-thia-3-selenolan, 4,5-Bis(1,2-epithioethyl)-1-thia-3-selenolan, 2,4-Bis(2,4-epithiopropyl)-1-thia-3-selenolan, 2,5-Bis(2,4-epithiopropyl)-1-thia-3-selenolan, 4,5-Bis(2,4-epithiopropyl)-1-thia-3-selenolan, 2,3-Bis(1,2-epithioethyl)selenophan, 2,4-Bis(1,2-epithioethyl)selenophan, 2,5-Bis(1,2-epithioethyl)selenophan, 3,4-Bis(1,2-epithioethyl)selenophan, 2,3-Bis(2,3-epithiopropyl)selenophan, 2,4-Bis(2,3-epithiopropyl)selenophan, 2,5-Bis(2,3-epithiopropyl)selenophan, 3,4-Bis(2,3-epithiopropyl)selenophan, 2,3-Bis(1,2-epithioethyl)-1,4-ditelluran, 2,5-Bis(1,2-epithioethyl)-1,4-ditelluran, 2,6-Bis(1,2-epithioethyl)-1,4-ditelluran, 2,3-Bis(2,3-epithiopropyl)-1,4-ditelluran, 2,5-Bis(2,3-epithiopropyl)-1,4-ditelluran, 2,6-Bis(2,3-epithiopropyl)-1,4-ditelluran, 2,4-Bis(1,2-epithioethyl)-1,3-ditelluran, 2,5-Bis(1,2-epithioethyl)-1,3-ditelluran, 2,6-Bis(1,2-epithioethyl)-1,3-ditelluran, 2,4-Bis(2,4-epithiopropyl)-1,3-ditelluran, 2,5-Bis(2,4-epithiopropyl)-1,3-ditelluran, 2,6-Bis(2,4-epithiopropyl)-1,3-ditelluran, 2,3-Bis(1,2-epithioethyl)-1-thia-4-telluran, 2,5-Bis(1,2-epithioethyl)-1-thia-4-telluran, 2,6-Bis(1,2-epithioethyl)-1-thia-4-telluran, 3,5-Bis(1,2-epithioethyl)-1-thia-4-telluran, 2,3-Bis(2,3-epithiopropyl)-1-thia-4-telluran, 2,5-Bis(2,3-epithiopropyl)-1-thia-4-telluran, 2,6-Bis(2,3-epithiopropyl)-1-thia-4-telluran, 3,5-Bis(2,3-epithiopropyl)-1-thia-4-telluran, 2,4-Bis(1,2-epithioethyl)-1,3-ditellurolan, 4,5-Bis(1,2-epithioethyl)-1,3-ditellurolan, 2,4-Bis(2,4-epithiopropyl)-1,3-ditellurolan, 4,5-Bis(2,4-epithiopropyl)-1,3-ditellurolan, 2,4-Bis(1,2-epithioethyl)-1-thia-3-tellurolan, 2,5-Bis(1,2-epithioethyl)-1-thia-3-tellurolan, 4,5-Bis(1,2-epithioethyl)-1-thia-3-tellurolan, 2,4-Bis(2,4-epithiopropyl)-1-thia-3-tellurolan, 2,5-Bis(2,4-epithiopropyl)-1-thia-3-tellurolan, 4,5-Bis(2,4-epithiopropyl)-1-thia-3-tellurolan, 2,3-Bis(1,2-epithioethyl)tellurophan, 2,4-Bis(1,2-epithioethyl)tellurophan, 2,5-Bis(1,2-epithioethyl)tellurophan, 3,4-Bis(1,2-epithioethyl)tellurophan, 2,3-Bis(2,3-epithiopropyl)tellurophan, 2,4-Bis(2,3-epithiopropyl)tellurophan, 2,5-Bis(2,3-epithiopropyl)tellurophan und 3,4-Bis(2,3-epithiopropyl)tellurophan;

[0018] Verbindungen mit aromatischer Grundgerüststruktur wie zum Beispiel 1,3-Bis(epithioethyl)benzol, 1,4-Bis(epithioethyl)benzol, 1,3-Bis(β -epithiopropyl)benzol, 1,4-Bis(β -epithiopropyl)benzol, Bis[4-(epithioethyl)phenyl]methan, Bis[4-(β -epithiopropyl)phenyl]methan, 2,2-Bis[4-(epithioethyl)phenyl]propan, 2,2-Bis[4-(β -epithiopropyl)phenyl]propan, Bis[4-(epithioethyl)phenyl]sulfid, Bis[4-(β -epithiopropyl)phenyl]sulfid, Bis[4-(epithioethyl)phenyl]sulfon, Bis[4-(β -epithiopropyl)phenyl]sulfon, 4,4'-Bis(epithioethyl)biphenyl und

4,4'-Bis(β -epithiopropyl)biphenyl; und Verbindungen, welche durch Ersetzen von mindestens einem Wasserstoff in der Epithio-Gruppe durch Methyl in den oben genannten Verbindungen erhalten werden.

[0019] Beispiele für Gruppe (B) Verbindungen umfassen:

[0020] Verbindungen mit kettenförmiger aliphatischer Grundgerüststruktur wie zum Beispiel Bis(β -epithiopropyl)ether, Bis(β -epidithiopropyl)ether, Bis(β -epithiopropoxy)methan, 1,2-Bis(β -epithiopropoxy)ethan, 1,3-Bis(β -epithiopropoxy)propan, 1,2-Bis(β -epithiopropoxy)propan, 1-(β -epithiopropoxy)-2-(β -epithiopropoxymethyl)propan, 1,4-Bis(β -epithiopropoxy)butan, 1,3-Bis(β -epithiopropoxy)butan, 1-(β -Epithiopropoxy)-3-(β -epithiopropoxymethyl)butan, 1,5-Bis(β -epithiopropoxy)pentan, 1-(β -Epithiopropoxy)-4-(β -epithiopropoxymethyl)pentan, 1,6-Bis(β -epithiopropoxy)hexan, Bis(epithioethyl)ether, 1-(β -Epithiopropoxy)-5-(β -epithiopropoxymethyl)hexan, 1-(β -Epithiopropoxy)-2-[(2- β -epithiopropoxyethyl)oxy]ethan, 1-(β -Epithiopropoxy)-2-[(2-(2- β -epithiopropoxyethyl)oxyethyl)oxy]ethan, Bis(5,6-epithio-3-oxahexyl)selenid, Bis(5,6-epithio-3-oxahexyl)tellurid, Tetrakis(β -epithiopropoxymethyl)methan, 1,1,1-Tris(β -epithiopropoxymethyl)propan, 1,5-Bis(β -epithiopropoxy)-2-(β -epithiopropoxymethyl)-3-thiapentan, 1,5-Bis(β -epithiopropoxy)-2,4-bis(β -epithiopropoxymethyl)-3-thiapentan, 1-(β -Epithiopropoxy)-2,2-bis(β -epithiopropoxymethyl)-4-thiahexan, 1,5,6-Tris(β -epithiopropoxy)-4-(β -epithiopropoxymethyl)-3-thiahexan, 1,8-Bis(β -epithiopropoxy)-4-(β -epithiopropoxymethyl)-3,6-dithiaoctan, 1,8-Bis(β -epithiopropoxy)-4,5-bis(β -epithiopropoxymethyl)-3,6-dithiaoctan, 1,8-Bis(β -epithiopropoxy)-4,4-bis(β -epithiopropoxymethyl)-3,6-dithiaoctan, 1,8-Bis(β -epithiopropoxy)-2,4,5-tris(β -epithiopropoxymethyl)-3,6-dithiaoctan, 1,8-Bis(β -epithiopropoxy)-2,5-bis(β -epithiopropoxymethyl)-3,6-dithiaoctan, 1,9-Bis(β -epithiopropoxy)-5-(β -epithiopropoxymethyl)-5-[(2- β -epithiopropoxyethyl)oxymethyl]-3, 7-dithianonan, 1,10-Bis(β -epithiopropoxy)-5,6-bis[(2- β -epithiopropoxyethyl)oxy]-3,6,9-trithiadecan, 1,11-Bis(β -epithiopropoxy)-4,8-bis(β -epithiopropoxymethyl)-3,6,9-trithiaundecan, 1,11-Bis(β -epithiopropoxy)-5,7-bis(β -epithiopropoxymethyl)-3,6,9-trithiaundecan, 1,11-Bis(β -epithiopropoxy)-5,7-[(2- β -epithiopropoxyethyl)oxymethyl]-3,6,9-trithiaundecan und 1,11-Bis(β -epithiopropoxy)-4,7-bis(β -epithiopropoxymethyl)-3,6,9-trithiaundecan;

[0021] Verbindungen mit cycloaliphatischer Grundgerüststruktur wie zum Beispiel 1,3-Bis(β -epithiopropoxy)cyclohexan, 1,4-Bis(β -epithiopropoxy)cyclohexan, 1,3-Bis(β -epithiopropoxymethyl)cyclohexan, 1,4-Bis(β -epithiopropoxymethyl)cyclohexan, Bis[4-(β -epithiopropoxy)-cyclohexyl]methan, 2,2-Bis[4-(β -epithiopropoxy)cyclohexyl]propan, Bis[4-(β -epithiopropoxy)cyclohexyl]sulfid, 2,5-Bis(β -epithiopropoxymethyl)-1,4-dithian, 2,5-Bis(β -epithiopropoxyethyloxymethyl)-1,4-dithian, 2,4-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1,3-diselenolan, 4,5-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1,3-diselenolan, 4,5-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1,3-diselenolan, 2,4-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1,3-diselenolan, 2,4-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1-thia-3-selenolan, 2,5-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1-thia-3-selenolan, 4,5-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1-thia-3-selenolan, 2,4-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1-thia-3-selenolan, 2,5-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1-thia-3-selenolan, 4,5-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1-thia-3-selenolan, Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)tricycloselenaoctan, Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)dicycloselenaanonan, 2,3-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)selenophan, 2,4-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)selenophan, 2,5-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)selenophan, 3,4-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)selenophan, 2,3-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)selenophan, 2,4-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)selenophan, 2,5-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)selenophan, 3,4-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)selenophan, 2,3-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1,4-diselenan, 2,5-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1,4-diselenan, 2,6-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1,4-diselenan, 2,3-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1,4-diselenan, 2,5-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1,4-diselenan, 2,6-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1,4-diselenan, 2,4-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1,3-diselenan, 2,5-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1,3-diselenan, 2,6-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1,3-diselenan, 2,4-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1,3-diselenan, 2,5-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1,3-diselenan, 2,6-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1,3-diselenan, 2,3-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1-thia-4-selenan, 2,5-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1-thia-4-selenan, 2,6-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1-thia-4-selenan, 3,5-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1-thia-4-selenan, 2,3-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1-thia-4-selenan, 2,5-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1-thia-4-selenan, 2,6-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1-thia-4-selenan, 3,5-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1-thia-4-selenan, 2,4-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1,3-ditellurolan, 4,5-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1,3-ditellurolan, 2,4-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1,3-ditellurolan, 2,5-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1,3-ditellurolan, 2,4-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1-thia-3-tellurolan, 2,5-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1-thia-3-tellurolan, 4,5-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1-thia-3-tellurolan, 2,4-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1-thia-3-tellurolan, 2,5-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1-thia-3-tellurolan, 4,5-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1-thia-3-tellurolan, Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)tricyclotelluraoctan, Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)dicyclotellurananonan, 2,3-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)tellurophan, 2,4-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)tellurophan, 2,5-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)tellurophan, 3,4-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)tellurophan, 2,3-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)tellurophan, 2,4-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)tellurophan, 2,5-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)tellurophan, 3,4-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)tellurophan, 2,3-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1,4-ditelluran, 2,5-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1,4-ditelluran,

2,6-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1,4-ditelluran, 2,3-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1,4-ditelluran, 2,5-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1,4-ditelluran, 2,6-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1,4-ditelluran, 2,4-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1,3-ditelluran, 2,5-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1,3-ditelluran, 2,6-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1,3-ditelluran, 2,4-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1,3-ditelluran, 2,5-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1,3-ditelluran, 2,6-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1,3-ditelluran, 2,3-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1-thia-4-telluran, 2,5-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1-thia-4-telluran, 2,6-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1-thia-4-telluran, 3,5-Bis(3,4-epithio-1-oxabutyl)-1-thia-4-telluran, 2,3-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1-thia-4-telluran, 2,5-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1-thia-4-telluran, 2,6-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1-thia-4-telluran und 3,5-Bis(4,5-epithio-2-oxapentyl)-1-thia-4-telluran;

[0022] Verbindungen mit aromatischer Grundgerüststruktur wie zum Beispiel 1,3-Bis(β -epithiopropoxy)benzol, 1,4-Bis(β -epithiopropoxy)benzol, 1,3-Bis(β -epithiopropoxymethyl)benzol, 1,4-Bis(β -epithiopropoxymethyl)benzol, Bis[4-(β -epithiopropyl)phenyl]methan, 2,2-Bis[4-(β -epithiopropylthio)phenyl]propan, Bis[4-(β -epithiopropylthio)phenyl]sulfid, Bis[4-(β -epithiopropylthio)phenyl]sulfon und 4,4'-Bis(β -epithiopropylthio)biphenyl; und Verbindungen, welche durch Ersetzen von mindestens einem Wasserstoff in der Epithio-Gruppe durch Methyl in den oben genannten Verbindungen erhalten werden.

[0023] Beispiele für Gruppe (C) Verbindungen umfassen:

[0024] Organische Verbindungen mit kettenförmiger aliphatischer Grundgerüststruktur wie zum Beispiel Bis(β -epithiopropyl)selenid, Bis(β -epidithiopropyl)selenid, Bis(β -epithiopropyl)diselenid, Bis(β -epidithiopropyl)diselenid, Bis(β -epithiopropyl)triselenid, Bis(β -epithiopropylseleno)methan, 1,2-Bis(β -epithiopropylseleno)ethan, 1,3-Bis(β -epithiopropylseleno)propan, 1,2-Bis(β -epithiopropylseleno)propan, Bis(epithioethyl)selenid, Bis(epithioethyl)diselenid, 1-(β -Epithiopropylseleno)-2-(β -Epithiopropylselenomethyl)propan, 1,4-Bis(β -epithiopropylseleno)butan, 1,3-Bis(β -epithiopropylseleno)butan, 1-(β -Epithiopropylseleno)-3-(β -epithiopropylselenomethyl)butan, 1,5-Bis(β -epithiopropylseleno)pentan, 1-(β -Epithiopropylseleno)-4-(β -epithiopropylselenomethyl)pentan, 1,6-Bis(β -epithiopropylseleno)hexan, 1-(β -Epithiopropylseleno)-5-(β -epithiopropylselenomethyl)hexan, 1-(β -Epithiopropylseleno)-2-[(2- β -epithiopropylselenoethyl)thio]ethan, 1-(β -Epithiopropylseleno)-2-[[2-(2- β -epithiopropylselenoethyl)selenoethyl]thio]ethan, Tetrakis(β -Epithiopropylselenomethyl)methan, 1,1,1-Tris(β -epithiopropylselenomethyl)propan, 1,5-Bis(β -epithiopropylseleno)-2-(β -epithiopropylselenomethyl)-3-thiapentan, 1,5-Bis(β -epithiopropylseleno)-2,4-bis(β -epithiopropylselenomethyl)-3-thiapentan, 1-(β -Epithiopropylseleno)-2,2-bis(β -epithiopropylselenomethyl)-4-thiahexan, 1,5,6-Tris(β -epithiopropylseleno)-4-(β -epithiopropylselenomethyl)-3-thiahexan, 1,8-Bis(β -epithiopropylseleno)-4-(β -epithiopropylselenomethyl)-3,6-dithiaoctan, 1,8-Bis(β -epithiopropylseleno)-4,5-Bis(β -epithiopropylselenomethyl)-3,6-dithiaoctan, 1,8-Bis(β -epithiopropylseleno)-4,4-Bis(β -epithiopropylselenomethyl)-3,6-dithiaoctan, 1,8-Bis(β -epithiopropylseleno)-2,4,5-tris(β -epithiopropylselenomethyl)-3,6-dithiaoctan, 1,8-Bis(β -epithiopropylseleno)-2,5-bis(β -epithiopropylselenomethyl)-3,6-dithiaoctan, 1,9-Bis(β -epithiopropylseleno)-5-(β -epithiopropylselenomethyl)-5-[(2- β -epithiopropylselenoethyl)selenomethyl]-3,7-dithianonan, 1,10-Bis(β -epithiopropylseleno)-5,6-bis[(2- β -epithiopropylselenoethyl)thio]-3,6, 9-trithiadecan, 1,11-Bis(β -epithiopropylseleno)-4,8-bis(β -epithiopropylselenomethyl)-3,6,9-trithiaundecan, 1,11-Bis(β -epithiopropylseleno)-5,7-bis(β -epithiopropylselenomethyl)-3,6,9-trithiaundecan, 1,11-Bis(β -epithiopropylseleno)-5,7-[(2- β -epithiopropylselenoethyl)selenomethyl]-3,6,9-trithiaundecan, 1,11-Bis(β -epithiopropylseleno)-4,7-bis(β -epithiopropylselenomethyl)-3,6,9-trithiaundecan, Tetra[2-(β -epithiopropylseleno)acetylmethyl]methan, 1,1,1-Tri[2-(β -epithiopropylseleno)acetylmethyl]propan, Tetra[2-(β -epithiopropylselenomethyl)acetylmethyl]methan, 1,1,1-Tri(2-(β -epithiopropylselenomethyl)acetylmethyl)propan, Bis(5,6-epithio-3-selenohexyl)selenid, 2,3-Bis(6,7-thioepoxy-1-selena-4-selenoheptyl)-1-(3,4-thioepoxy-1-selenobutyl)propan, 1,1,3,3-Tetrakis(4,5-thioepoxy-2-selenopentyl)-2-selenapropan, Bis(4,5-thioepoxy-2-selenopentyl)-3,6,9-triselenaundecan-1,11-bis(3,4-thioepoxy-1-selenobutyl), 1,4-Bis(3,4-thioepoxy-1-selenobutyl)-2,3-bis(6,7-thioepoxy-1-selena-4-selenoheptyl)butan, Tris(4,5-thioepoxy-2-selenopentyl)-3-selena-6-thiaoctan-1,8-bis(3,4-thioepoxy-1-selenobutyl), Bis(5,6-epithio-3-selenohexyl)tellurid, 2,3-Bis(6,7-thioepoxy-1-tellura-4-selenoheptyl)-1-(3,4-thioepoxy-1-selenobutyl)propan, 1,1,3,3-Tetrakis(4,5-thioepoxy-2-selenopentyl)-2-tellurapropan, Bis(4,5-thioepoxy-2-selenopentyl)-3,6,9-tritelleraundecan-1,11-bis(3,4-thioepoxy-1-selenobutyl), 1,4-Bis(3,4-thioepoxy-1-selenobutyl)-2,3-bis(6,7-thioepoxy-1-tellura-4-selenoheptyl)butan und Tris(4,5-thioepoxy-2-selenopentyl)-3-tellura-6-thiaoctan-1,8-bis(3,4-thioepoxy-1-selenobutyl);

[0025] Verbindungen mit cycloaliphatischer Grundgerüststruktur wie zum Beispiel 1,3-Bis(β -epithiopropylseleno)cyclohexan, 1,4-Bis(β -epithiopropylseleno)cyclohexan, 1,3-Bis(β -epithiopropylselenomethyl)cyclohexan, 1,4-Bis(β -epithiopropylselenomethyl)cyclohexan, Bis[4-(β -epithiopropylseleno)cyclohexyl]methan, 2,2-Bis[4-(β -epithiopropylseleno)cyclohexyl]propan, Bis[4-(β -epithiopropylseleno)cyclohexyl]sulfid, 2,5-Bis(β -epithiopropylselenomethyl)-1,4-dithian, 2,5-Bis(β -epithiopropylselenoethylthiomethyl)-1,4-dithian,

2,3-Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)-1,4-diselenan, 2,6-Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)-1,4-diselenan, 2,5-Bis(4,5-epithio-2-selenopentyl)-1,4-diselenan, 2,4-Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)-1,3-diselenan, 5,6-Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)-1,3-diselenan, 2,5-Bis(4,5-epithio-2-selenopentyl)-1,3-diselenan, 2,3-Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)-1-thia-4-selenan, 2,6-Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)-1-thia-4-selenan, 2,3-Bis(4,5-epithio-2-selenopentyl)-1-thia-4-selenan, 2,6-Bis(4,5-epithio-2-selenopentyl)-1-thia-4-selenan, 2,4-Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)-1,3-diselenolan, 2,4-Bis(4,5-epithio-2-selenopentyl)-1,3-diselenolan, 2,4-Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)-1-thia-3-selenolan, 4,5-Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)-1-thia-3-selenolan, 2,5-Bis(4,5-epithio-2-selenopentyl)-1-thia-3-selenolan, 2,6-Bis(4,5-epithio-2-selenopentyl)-1,3,5-triselenan, Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)dicycloselenanonan, 2,4-Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)selenophan, 2,5-Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)selenophan, 3,4-Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)selenophan, 2,3-Bis(4,5-epithio-2-selenopentyl)selenophan, 2,4-Bis(4,5-epithio-2-selenopentyl)selenophan, 2,5-Bis(4,5-epithio-2-selenopentyl)selenophan, 3,4-Bis(4,5-epithio-2-selenopentyl)selenophan, 2-(4,5-thioepoxy-2-selenopentyl)-5-(3,4-thioepoxy-1-selenobutyl)-1-selenacyclohexan, 2,3-, 2,4-, 2,5-, 2,6-, 3,4-, 3,5- oder 4,5-Bis(3,4-thioepoxy-1-selenobutyl)-1-selenacyclohexan, 2,3-, 2,4-, 2,5-, 2,6-, 3,4-, 3,5- oder 4,5-Bis(4,5-thioepoxy-2-selenopentyl)-1-selenacyclohexan, 2,3-, 2,5- oder 2,6-Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)-1,4-ditelluran, 2,3-, 2,5- oder 2,6-Bis(4,5-epithio-2-selenopentyl)-1,4-ditelluran, 2,4- 2,5- oder 5,6-Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)-1,3-ditelluran, 2,4- 2,5- oder 5,6-Bis(4,5-epithio-2-selenopentyl)-1,3-ditelluran, 2,3-, 2,5-, 2,6- oder 3,5-Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)-1-thia-4-telluran, 2,3-, 2,5-, 2,6- oder 3,5-Bis(4,5-epithio-2-selenopentyl)-1-thia-4-telluran, 2,4- oder 4,5-Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)-1,3-ditelluro-lan, 2,4- oder 4,5-Bis(4,5-epithio-2-selenopentyl)-1,3-ditelluro-lan, 2,4-, 2,5- oder 4,5-Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)-1-thia-3-telluro-lan, 2,4-, 2,5- oder 4,5-Bis(4,5-epithio-2-selenopentyl)-1-thia-3-telluro-lan, 2,6-Bis(4,5-epithio-2-selenopentyl)-1,3,5-tritelluran, Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)tricyclotelluraoctan, Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)dicyclotelluranonan, 2,3-, 2,4-, 2,5- oder 3,4-Bis(3,4-epithio-1-selenobutyl)tellurophan, 2,3-, 2,4-, 2,5- oder 3,4-Bis(4,5-epithio-2-selenopentyl)tellurophan, 2-(4,5-Thioepoxy-2-selenopentyl)-5-(3,4-thioepoxy-1-selenobutyl)-1-telluracyclohexan, 2,3-, 2,4-, 2,5-, 2,6-, 3,4-, 3,5- oder 4,5-Bis(3,4-thioepoxy-1-selenobutyl)-1-telluracyclohexan, und 2,3-, 2,4-, 2,5-, 2,6-, 3,4-, 3,5- oder 4,5-Bis(4,5-thioepoxy-2-selenopentyl)-1-telluracyclohexan;

[0026] Verbindungen mit aromatischer Grundgerüststruktur wie zum Beispiel 1,3- oder 1,4-Bis(β -epithiopropylseleno)benzol, 1,3- oder 1,4-Bis(β -epithiopropylselenomethyl)benzol, Bis[4-(β -epithiopropylseleno)phenyl]methan, 2,2-Bis[4-(β -epithiopropylseleno)phenyl]propan, Bis(4-(β -epithiopropylseleno)phenyl)sulfid, Bis[4-(β -epithiopropylseleno)phenyl]sulfon und 4,4'-Bis(β -epithiopropylseleno)biphenyl; und Verbindungen, welche durch Ersetzen von mindestens einem Wasserstoff in der β -Epithiopropyl-Gruppe durch Methyl in den oben genannten Verbindungen erhalten werden.

[0027] Beispiele für Gruppe (D) Verbindungen umfassen:

[0028] Organische Verbindungen mit kettenförmiger aliphatischer Grundgerüststruktur wie zum Beispiel Bis(β -epithiopropyl)tellurid, Bis(β -epidithiopropyl)tellurid, Bis(β -epithiopropyl)ditellurid, Bis(β -epidithiopropyl)ditellurid, Bis(β -epithiopropyl)tritellurid, Bis(β -epithiopropyltelluro)methan, 1,2-Bis(β -epithiopropyltelluro)ethan, 1,3-Bis(β -epithiopropyltelluro)propan, 1,2-Bis(β -epithiopropyltelluro)propan, Bis(epithioethyl)tellurid, Bis(epithioethyl)ditellurid, 1-(β -Epithiopropyltelluro)-2-(β -epithiopropyltelluromethyl)propan, 1,4-Bis(β -epithiopropyltelluro)butan, 1,3-Bis(β -epithiopropyltelluro)butan, 1-(β -Epithiopropyltelluro)-3-(β -epithiopropyltelluromethyl)-butan, 1,5-Bis(β -epithiopropyltelluro)pentan, 1-(β -Epithiopropyltelluro)-4-(β -epithiopropyltelluromethyl)pentan, 1,6-Bis(β -epithiopropyltelluro)hexan, 1-(β -Epithiopropyltelluro)-5-(β -epithiopropyltelluromethyl)hexan, 1-(β -Epithiopropyltelluro)-2-[(2- β -epithiopropyltelluroethyl)thio]ethan, 1-(β -Epithiopropyltelluro)-2-[[2-(2- β -epithiopropyltelluroethyl)telluroethyl]thio]ethan, Tetrakis(β -epithiopropyltelluromethyl)methan, 1,1,1-Tris(β -epithiopropyltelluromethyl)propan, 1,5-Bis(β -epithiopropyltelluro)-2-(β -epithiopropyltelluromethyl)-3-thiapentan, 1,5-Bis(β -epithiopropyltelluro)-2,4-bis(β -epithiopropyltelluromethyl)-3-thiapentan, 1-(β -Epithiopropyltelluro)-2,2-bis(β -epithiopropyltelluromethyl)-4-thiahexan, 1,5,6-Tris(β -epithiopropyltelluro)-4-(β -epithiopropyltelluromethyl)-3-thiahexan, 1,8-Bis(β -epithiopropyltelluro)-4-(β -epithiopropyltelluromethyl)-3,6-dithiaoctan, 1,8-Bis(β -epithiopropyltelluro)-4,5-bis(β -epithiopropyltelluromethyl)-3,6-dithiaoctan, 1,8-Bis(β -epithio-

propyltelluro)-4,4-bis(β epithiopropyltelluromethyl)-3,6-dithiaoctan, 1,8-Bis(β -epithiopropyltelluro)-2,4,5-tris(β -epithiopropyltelluromethyl)-3,6-dithiaoctan, 1,8-Bis(β -epithiopropyltelluro)-2,5-bis(β -epithiopropyltelluromethyl)-3,6-dithiaoctan, 1,9-Bis(β -epithiopropyltelluro)-5-(β -epithiopropyltelluromethyl)-5-[(2- β -epithiopropyltelluroethyl)selenomethyl]-3,7-dithianonan, 1,10-Bis(β -epithiopropyltelluro)-5,6-bis[(2- β -epithiopropyltelluroethyl)thio]-3,6,9-trithiadecan, 1,11-Bis(β -epithiopropyltelluro)-4,8-bis(β -epithiopropyltelluromethyl)-3,6,9-trithiaundecan, 1,11-Bis(β -epithiopropyltelluro)-5,7-bis(β -epithiopropyltelluromethyl)-3,6,9-trithiaundecan, 1,11-Bis(β -epithiopropyltelluro)-5,7-[(2- β -epithiopropyltelluroethyl)selenomethyl]-3,6,9-trithiaundecan, 1,11-Bis(β -epithiopropyltelluro)-4,7-bis(β -epithiopropyltelluromethyl)-3,6,9-trithiaundecan, tetra[2-(β -epithiopropyltelluro)acetylmethyl]methan, 1,1,1-Tri[2-(β -epithiopropyltelluro)acetylmethyl]propan, Tetra[2-(β -epithiopropyltelluromethyl)acetylmethyl]methan, 1,1,1-Tri[2-(β -epithiopropyltelluromethyl)acetylmethyl]propan, Bis(5,6-epithio-3-tellurohexyl)selenid, 2,3-Bis(6,7-thioepoxy-1-selena-4-telluroheptyl)-1-(3,4-thioepoxy-1-tellurobutyl)propan, 1,1,3,3-Tetrakis(4,5-thioepoxy-2-telluropentyl)-2-selenapropan, Bis(4,5-thioepoxy-2-telluropentyl)-3,6,9-triselenaundecan-1,11-bis(3,4-thioepoxy-1-tellurobutyl), 1,4-Bis(3,4-thioepoxy-1-tellurobutyl)-2,3-bis(6,7-thioepoxy-1-selena-4-telluroheptyl)butan, Tris(4,5-thioepoxy-2-telluropentyl)-3-selena-6-thiaoctan-1,8-bis(3,4-thioepoxy-1-tellurobutyl), Bis(5,6-epithio-3-tellurohexyl)tellurid, 2,3-Bis(6,7-thioepoxy-1-tellura-4-telluroheptyl)-1-(3,4-thioepoxy-1-tellurobutyl)propan, 1,1,3,3-Tetrakis(4,5-thioepoxy-2-telluropentyl)-2-tellurapropan, Bis(4,5-thioepoxy-2-telluropentyl)-3,6,9-tritelleraundecan-1,11-bis(3,4-thioepoxy-1-tellurobutyl), 1,4-Bis(3,4-thioepoxy-1-tellurobutyl)-2,3-bis(6,7-thioepoxy-1-tellura-4-telluroheptyl)butan und Tris(4,5-thioepoxy-2-telluropentyl)-3-tellura-6-thiaoctan-1,8-bis(3,4-thioepoxy-1-tellurobutyl);

[0029] Verbindungen mit cycloaliphatischer Grundgerüststruktur wie zum Beispiel 1,3-Bis(β -epithiopropyltelluro)cyclohexan, 1,4-Bis(β -epithiopropyltelluro)cyclohexan, 1,3-Bis(β -epithiopropyltelluromethyl)cyclohexan, 1,4-Bis(β -epithiopropyltelluromethyl)cyclohexan, Bis[4-(β -epithiopropyltelluro)cyclohexyl]methan, 2,2-Bis[4-(β -epithiopropyltelluro)cyclohexyl]propan, Bis[4-(β -epithiopropyltelluro)cyclohexyl]sulfid, 2,5-Bis(β -epithiopropyltelluromethyl)-1,4-dithian, 2,5-Bis(β -epithiopropyltelluroethylthiomethyl)-1,4-dithian, 2,3-, 2,5- oder 2,6-Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)-1,4-diselenan, 2,3-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)-1,4-diselenan, 2,5-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)-1,4-diselenan, 2,6-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)-1,4-diselenan, 2,4-Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)-1,3-diselenan, 2,5-Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)-1,3-diselenan, 5,6-Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)-1,3-diselenan, 2,4-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)-1,3-diselenan, 2,5-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)-1,3-diselenan, 5,6-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)-1,3-diselenan, 2,3-Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)-1-thia-4-selenan, 2,5-Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)-1-thia-4-selenan, 2,6-Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)-1-thia-4-selenan, 3,5-Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)-1-thia-4-selenan, 2,3-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)-1-thia-4-selenan, 2,5-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)-1-thia-4-selenan, 2,6-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)-1-thia-4-selenan, 3,5-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)-1-thia-4-selenan, 2,4-Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)-1,3-diselenolan, 4,5-Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)-1,3-diselenolan, 2,4- oder 4,5-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)-1,3-diselenolan, 2,4-, 2,5- oder 4,5-Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)-1-thia-3-selenolan, 2,4-, 2,5- oder 4,5-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)-1-thia-3-selenolan, 2,6-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)-1,3,5-triselenan, Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)tricycloselenaoctan, Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)dicycloselenaanonan, 2,3-, 2,4-, 2,5- oder 3,4-Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)selenophan, 2,3-, 2,4-, 2,5- oder 3,4-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)selenophan, 2-(4,5-thioepoxy-2-telluropentyl)-5-(3,4-thioepoxy-1-tellurobutyl)-1-selenacyclohexan, 2,3-, 2,4-, 2,5-, 2,6-, 3,4-, 3,5- oder 4,5-Bis(3,4-thioepoxy-1-tellurobutyl)-1-selenacyclohexan, 2,3-, 2,5- oder 2,6-Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)-1,4-ditelluran, 2,3-, 2,5- oder 2,6-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)-1,4-ditelluran, 2,4-, 2,5- oder 5,6-Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)-1,3-ditelluran, 2,4-, 2,5- oder 5,6-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)-1,3-ditelluran, 2,3-, 2,5-, 2,6- oder 3,5-Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)-1-thia-4-telluran, 2,3-, 2,5-, 2,6- oder 3,5-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)-1-thia-4-telluran, 2,4- oder 4,5-Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)-1,3-ditellurolan, 2,4- oder 4,5-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)-1,3-ditellurolan, 2,4-, 2,5- oder 4,5-Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)-1-thia-3-tellurolan, 2,4-, 2,5- oder 4,5-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)-1-thia-3-tellurolan, 2,6-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)-1,3,5-tritelluran, Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)tricyclotelluraoctan, Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)dicyclotellurananonan, 2,3-, 2,4-, 2,5- oder 3,4-Bis(3,4-epithio-1-tellurobutyl)tellurophan, 2,3-, 2,4-, 2,5- oder 3,4-Bis(4,5-epithio-2-telluropentyl)tellurophan, 2-(4,5-Thioepoxy-2-telluropentyl)-5-(3,4-thioepoxy-1-tellurobutyl)-1-telluracyclohexan, 2,3-, 2,4-, 2,5-, 2,6-, 3,4-, 3,5- oder 4,5-Bis(3,4-thioepoxy-1-tellurobutyl)-1-telluracyclohexan, und 2,3-, 2,4-, 2,5-, 2,6-, 3,4-, 3,5- oder 4,5-Bis(4,5-thioepoxy-2-telluropentyl)-1-telluracyclohexan;

[0030] Verbindungen mit aromatischer Grundgerüststruktur wie zum Beispiel 1,3- oder 1,4-Bis(β -epithiopropyltelluro)benzol, 1,3- oder 1,4-Bis(β -epithiopropyltelluromethyl)benzol, Bis[4-(β -epithiopropyltelluro)phenyl]methan, 2,2-Bis[4-(β -epithiopropyltelluro)phenyl]propan, Bis[4-(β -epithiopropyltelluro)phenyl]sulfid, Bis[4-(β -epithiopropyltelluro)phenyl]sulfon und 4,4'-Bis(β -epithiopropyltelluro)biphenyl; und Verbindungen,

welche durch Ersetzen von mindestens einem Wasserstoff in der β -Epithiopropyl-Gruppe durch Methyl in den oben genannten Verbindungen erhalten werden.

[0031] Weiter Beispiele von Gruppe (A) bis (D) Verbindungen umfassen organische Verbindungen mit ungesättigten Gruppen. Spezifische Beispiele von diesen Verbindungen umfassen Vinylphenylthioglycidylether, Vinylbenzylthioglycidylether, Thioglycidylmethacrylat, Thioglycidylacrylat und Allylthioglycidylether.

[0032] Es bleibt festzuhalten, dass die Verbindung (a) nicht auf die oben genannten Beispiele beschränkt ist. Verbindung (a) kann alleine oder in Kombination von zwei oder mehr eingesetzt werden.

[0033] Unter den oben genannten Verbindungen, sind die Gruppe (B) Verbindungen (Y in Formel (1) ist O), und die Gruppe (C) Verbindungen (Y in Formel (1) ist Se) bevorzugt. Mehr bevorzugt sind die Gruppe (C) Verbindungen. Die Gruppe (C) Verbindungen, bei denen m gleich 1 oder 2 und n gleich 1 oder 2 sind noch bevorzugter und sind insbesondere bevorzugt, wenn m gleich 1 und n gleich 1 oder 2 ist. Beispiele dieser insbesondere bevorzugten Verbindungen umfassen Bis(β -epithiopropyl)selenid und Bis(β -epithiopropyl)diselenid. Andere Beispiele umfassen Kettenverbindungen, verzweigte Verbindungen, cycloaliphatische Verbindungen, aromatische Verbindungen und heterocyclische Verbindungen, welche mindestens zwei β -Epithiopropylseleno-Gruppen aufweisen und oben als Beispiele aufgeführt sind. Unter den insbesondere bevorzugten Verbindungen sind Kettenverbindungen und verzweigte Verbindungen, welche wenigstens zwei β -Epithiopropylseleno-Gruppen aufweisen sowie Bis(β -epithiopropyl)selenid und Bis(β -epithiopropyl)diselenid, am meisten bevorzugt.

[0034] Die Verbindung (b), welche in der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird, weist in einem Molekül mindestens eine Gruppe ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus der Isocyanat-Gruppe und der Isothiocyanat-Gruppe auf. Beispiele umfassen Monoisocyanate wie beispielsweise Methylisocyanat, Ethylisocyanat, Propylisocyanat, Isopropylisocyanat, n-Butylisocyanat, sec-Butylisocyanat, tert-Butylisocyanat, Pentylisocyanat, Hexylisocyanat, Octylisocyanat, Dodecylisocyanat, Cyclohexylisocyanat, Phenylisocyanat und Tolylisocyanat; Polyisocyanate wie zum Beispiel Diethylendiisocyanat, Tetramethylendiisocyanat, Hexamethylendiisocyanat, Trimethylhexamethylendiisocyanat, Cyclohexandiisocyanat, 1,3-Bis(isocyanatomethyl)cyclohexan, 1,4-Bis(isocyanatomethyl)cyclohexan, isophorondiisocyanat, 2,6-Bis(isocyanatomethyl)decahydronaphthalin, Lysintriisocyanat, 2,4-Tolylendiisocyanat, 2,6-Tolylendiisocyanat, o-Toluidindiisocyanat, 4,4'-Diphenylmethandiisocyanat, Diphenyletherdiisocyanat, 3-(2'-Isonyanatocyclohexyl)propylisocyanat, Tris(phenylisocyanato)thiophosphat, Isopropylidenbis(cyclohexylisocyanat), 2,2'-Bis(4-isocyanatophenyl)propan, Triphenylmethantriisocyanat, Bis(diisocyanatotolyl)phenylmethan, 4,4',4''-Triisocyanato-2,5-dimethoxyphenylamin, 3,3'-Dimethoxybenzidin-4,4'-diisocyanat, 1,3-Phenylendiisocyanat, 1,4-Phenylendiisocyanat, 4,4'-Diisocyanatobiphenyl, 4,4'-Diisocyanato-3,3'-dimethylbiphenyl, Dicyclohexylmethan-4,4'-diisocyanat, 1,1'-Methylenbis(4-isocyanatobenzol), 1,1'-Methylenbis(3-methyl-4-isocyanatobenzol), m-Xylylendiisocyanat, p-Xylylendiisocyanat, 1,3-Bis(1-isocyanato-1-methylethyl)benzol, 1,4-Bis(1-isocyanato-1-methylethyl)benzol, 1,3-Bis(2-isocyanato-2-propyl)benzol, 2,6-Bis(isocyanatomethyl)naphthalin, 1,5-Naphthalindiisocyanat, Bis(isocyanatomethyl)tetrahydrodicyclopentadiin, Bis(isocyanatomethyl)dicyclopentadiin, Bis(isocyanatomethyl)tetrahydrothiophen, Bis(isocyanatomethyl)thiophen, 2,5-Diisocyanatomethylnorbornen, Bis(isocyanatomethyl)adamantan, 3,4-Diisocyanatoselenophan, 2,6-Diisocyanato-9-selenabicyclononan, Bis(isocyanatomethyl)selenophan, 3,4-Diisocyanato-2,5-diselenolan, saures Diisocyanatdimer und 1,3,5-Tri(1-isocyanatohexyl)isocyanursäure; Dimere aus der Büretten-Reaktion dieser Polyisocyanate; cyclische Trimere dieser Polyisocyanate; Additionprodukte dieser Polyisocyanate mit Alkoholen oder Thiolen; und Verbindungen, die durch teilweise oder komplette Ersetzung der Isocyanat-Gruppe durch eine Isothiocyanat-Gruppe in den oben genannten Verbindungen mit Isocyanat-Gruppe erhalten werden.

[0035] Es bleibt festzuhalten, dass die Verbindungen (b), die in der vorliegenden Erfindung verwendet werden könne, nicht auf die oben aufgeführten beschränkt sind. Die Verbindungen (b) können alleine oder in Kombination von zwei oder mehr eingesetzt werden. Unter den oben aufgeführten Verbindungen sind solche Verbindungen, die mindestens zwei Gruppen ausgewählt aus der Gruppe der Isocyanat-Gruppe und der Isothiocyanat-Gruppe aufweisen bevorzugt. Cyclische Verbindungen mit mindestens zwei Gruppen ausgewählt aus der Gruppe der Isocyanat-Gruppe und der Isothiocyanat-Gruppe sind mehr bevorzugt. Noch mehr bevorzugt sind aromatische oder cycloaliphatische Verbindungen mit zwei oder mehr Isocyanat-Gruppen und am meisten bevorzugt sind aromatische Diisocyanate und cycloaliphatische Diisocyanate.

[0036] Die Verbindungen (c), welche in der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden können, weisen in einem Molekül mindestens eine Mercapto-Gruppe und können Mercaptane und Thiophenole, welche eine ungesättigte Gruppe wie beispielsweise eine Vinylgruppe, eine aromatische Vinylgruppe, eine Methacrylgruppe,

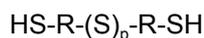
eine Acrylgruppe oder eine Allylgruppe aufweisen, umfassen. Beispiele an Mercaptanen umfassen Monomercaptane wie zum Beispiel Methylmercaptan, Ethylmercaptan, n-Propylmercaptan, n-Butylmercaptan, Allylmercaptan, n-Hexylmercaptan, n-Octylmercaptan, n-Decylmercaptan, n-Dodecylmercaptan, n-Tetradecylmercaptan, n-Hexadecylmercaptan, n-Octadecylmercaptan, Cyclohexylmercaptan, Isopropylmercaptan, tert-Butylmercaptan, tert-Nonylmercaptan, tert-Dodecylmercaptan, Benzylmercaptan, 4-Chlorbenzylmercaptan, Methylthioglycolat, Ethylthioglycolat, n-Butylthioglycolat, n-Octylthioglycolat, Methyl(3-mercaptopropionat), Ethyl(3-mercaptopropionat), 3-Methoxybutyl(3-methylpropionat), n-Butyl(3-mercaptopropionat), 2-Ethylhexyl(3-mercaptopropionat), n-Octyl(3-mercaptopropionat), 2-Mercaptoethanol, 3-Mercaptopropanol, 2-Mercaptopropanol, 2-Hydroxypropylmercaptan, 2-Phenyl-2-mercaptoethanol, 2-Phenyl-2-hydroxyethylmercaptan, 3-Mercapto-1,2-propandiol und 2-Mercapto-1,3-propandiol; Polymercaptane wie zum Beispiel Methandithiol, 1,2-Dimercaptoethan, 1,2-Dimercaptopropan, 2,2-Dimercaptopropan, 1,3-Dimercaptopropan, 1,2,3-Trimercaptopropan, 1,4-Dimercaptobutan, 1,6-Dimercaptohexan, Bis(2-mercaptoethyl)sulfid, 1,2-Bis(2-mercaptoethylthio)ethan, 1,5-Dimercapto-3-oxapentan, 1,8-Dimercapto-3,6-dioxaocan, 2,2-Dimethylpropan-1,3-dithiol, 3,4-Dimethoxybutan-1,2-dithiol, 2-Mercaptomethyl-1,3-dimercaptopropan, 2-Mercaptomethyl-1,4-dimercaptobutan, 2-(2-Mercaptoethylthio)-1,3-dimercaptopropan, 1,2-Bis(2-mercaptoethylthio)-3-mercaptopropan, 1,1,1-Tris(mercaptomethyl)propan, Tetrakis(mercaptomethyl)methan, Ethylenglycolbis(2-mercaptoacetat), Ethylenglycolbis(3-mercaptopropionat), 1,4-Butandiolbis(2-mercaptoacetat), 1,4-Butandiolbis(3-mercaptopropionat), Trimethylolpropantris(2-mercaptoacetat), Trimethylolpropantris(3-mercaptopropionat), Pentaerythritoltetrakis(2-mercaptoacetat), Pentaerythritoltetrakis(3-mercaptopropionat), 1,1-Dimercaptocyclohexan, 1,4-Dimercaptocyclohexan, 1,3-Dimercaptocyclohexan, 1,2-Dimercaptocyclohexan, 1,4-Bis(mercaptomethyl)cyclohexan, 1,3-Bis-(mercaptomethyl)cyclohexan, 2,5-Bis(mercaptomethyl)-1,4-dithian, 2,5-Bis(2-mercaptoethyl)-1,4-dithian, 2,5-Bis(mercaptomethyl)-1-thian, 2,5-Bis(2-mercaptoethyl)-1-thian, 1,4-Bis(mercaptomethyl)benzol, 1,3-Bis(mercaptomethyl)benzol, Bis(4-mercaptophenyl)sulfid, Bis(4-mercaptophenyl) ether, 2,2-Bis(4-mercaptophenyl)propan, Bis(4-mercaptomethylphenyl)sulfid, Bis(4-mercaptomethylphenyl)ether, 2,2-Bis(4-mercaptomethylphenyl)propan, 2,5-Dimercapto-1,3,4-thiadiazol, 3,4-Thiophenedithiol, 1,2-Dimercapto-3-propanol, 1,3-Dimercapto-2-propanol und Glyceryldithioglycolat sowie Oligomere der oben genannten Verbindungen mit einem Polymerisationsgrad von 2 to 20.

[0037] Beispiele von Thiophenolen umfassen Thiophenol, 4-tert-Butylthiophenol, 2-Methylthiophenol, 3-Methylthiophenol, 4-Methylthiophenol, 1,2-Dimercaptobenzol, 1,3-Dimercaptobenzol, 1,4-Dimercaptobenzol, 2-Hydroxythiophenol, 3-Hydroxythiophenol und 4-Hydroxythiophenol.

[0038] Beispiele an Mercaptanen mit einer ungesättigten Gruppe umfassen Allylmercaptan, 2-Vinylbenzylmercaptan, 3-Vinylbenzylmercaptan und 4-Vinylbenzylmercaptan.

[0039] Beispiele an Thiophenol mit einer ungesättigten Gruppe umfassen 2-Vinylthiophenol, 3-Vinylthiophenol und 4-Vinylthiophenol.

[0040] Es bleibt festzuhalten, dass die Verbindungen (c), die in der vorliegenden Erfindung verwendet werden können, nicht auf die oben aufgeführten beschränkt sind. Die Verbindungen (c) können alleine oder in Kombination von zwei oder mehr eingesetzt werden. Unter den oben aufgeführten Verbindungen sind solche Verbindungen, die mindestens zwei Gruppen Mercapto-Gruppen in einem Molekül aufweisen, und welche ein Schwefel-Atom ausgenommen in einer Mercapto-Gruppe, bevorzugt eine Sulfid-Gruppe, aufweisen bevorzugt. Besonders ein Polythiol mit einer Sulfid-Gruppe (-S-) ist mehr bevorzugt. Eine Polythiolverbindung mit einer Schwefel-haltigen Ringstruktur, bevorzugt eine in der eine Mercapto-Gruppe direkt oder indirekt durch eine Alkylen-Gruppe mit 1 bis 10 Kohlenstoffatomen an die Schwefel-haltige Ringstruktur gebunden ist, oder eine, welche durch die folgende Formel:



in der p gleich 1 oder 2 ist und zwei R-Gruppen gleich oder verschieden sein können und jede eine Alkylen-Gruppe mit 1 bis 10 Kohlenstoffatomen oder eine Mercaptoalkyl-Gruppe ist, sind am meisten bevorzugt.

[0041] Die Zusammensetzung gemäß der vorliegenden Erfindung enthaltend eine Verbindung (a), eine Verbindung (b) und eine Verbindung (c) wird mittels Polymerisation durch Erhitzen in Abwesenheit oder bevorzugt in Anwesenheit eines Härtungskatalysators in einen Harz überführt. Als Härtungskatalysator werden Amine, quaternäre Ammoniumsalze, Phosphine, quaternäre Phosphoniumsalze, tertiäre Sulfoniumsalze, sekundäre Iodoniumsalze, Mineralsäuren, Lewissäuren, organische Säuren, Kieselsäuren und Tetrafluorborsäure verwendet.

[0042] Beispiele an Härtungskatalysatoren umfassen:

(1) Amin-Verbindungen umfassend primäre Amine wie zum Beispiel Ethylamin, n-Propylamin, sec-Propylamin, n-Butylamin, sec-Butylamin, Isobutylamin, tert-Butylamin, Pentylamin, Hexylamin, Heptylamin, Octylamin, Decylamin, Laurylamin, Myristylamin, 1,2-Dimethylhexylamin, 3-Pentylamin, 2-Ethylhexylamin, Allylamin, Aminoethanol, 1-Aminopropanol, 2-Aminopropanol, Aminobutanol, Aminopentanol, Aminohexanol, 3-Ethoxypropylamin, 3-Propoxypropylamin, 3-Isopropoxypropylamin, 3-Butoxypropylamin, 3-Isobutoxypropylamin, 3-(2-Ethylhexyloxy)propylamin, Aminocyclopentan, Aminocyclohexan, Aminonorbornen, Aminomethylcyclohexan, Aminobenzol, Benzylamin, Phenethylamin, α -Phenylethylamin, Naphthylamin und Furfurylamin; primäre Polyamine wie zum Beispiel Ethylendiamin, 1,2-Diaminopropan, 1,3-Diaminopropan, 1,2-Diaminobutan, 1,3-Diaminobutan, 1,4-Diaminobutan, 1,5-Diaminopentan, 1,6-Diaminohexan, 1,7-Diaminoheptan, 1,8-Diaminooctan, Dimethylaminopropylamin, Diethylaminopropylamin, Bis-(3-aminopropyl)ether, 1,2-Bis-(3-aminopropoxy)ethan, 1,3-Bis-(3-aminopropoxy)-2,2'-dimethylpropan, Aminoethylethanolamin, 1,2-, 1,3- oder 1,4-Bisaminocyclohexan, 1,3- oder 1,4-Bisaminomethylcyclohexan, 1,3- oder 1,4-Bisaminoethylcyclohexan, 1,3- oder 1,4-Bisaminopropylcyclohexan, hydriertes 4,4'-Diaminodiphenylmethan, 2- oder 4-Aminopiperidin, 2- oder 4-Aminomethylpiperidin, 2- oder 4-Aminoethylpiperidin, N-Aminoethylpiperidin, N-Aminopropylpiperidin, N-Aminoethylmorpholin, N-Aminopropylmorpholin, Isophoronediamin, Menthandiamin, 1,4-Bisaminopropylpiperadin, o-, m- oder p-Phenylendiamin, 2,4- oder 2,6-Tolyldiamin, 2,4-Tolyldiamin, m-Aminobenzylamin, 4-Chlor-o-phenylendiamin, Tetrachloro-p-xylylendiamin, 4-Methoxy-6-methyl-m-phenylendiamin, m- oder p-Xylylendiamin, 1,5- oder 2,6-Naphthalindiamin, Benzidin, 4,4'-Bis(o-toluidin), Dianisidin, 4,4'-Diaminodiphenylmethan, 2,2-(4,4'-Diaminodiphenyl)propan, 4,4'-Diaminodiphenylether, 4,4'-Thiodianilin, 4,4'-Diaminodiphenylsulfon, 4,4'-Diaminoditolylsulfon, Methylenbis(o-chloroanilin), 3,9-Bis(3-aminopropyl)-2,4,8,10-Tetraoxaspiro[5,5]undecan, Diethylentriamin, Iminobispropylamin, Methyliminobispropylamin, Bis(hexamethylen)triamin, Triethylentetramin, Tetraethylenpentamin, Pentaethylenhexamin, N-Aminoethylpiperadin, N-Aminopropylpiperadin, 1,4-Bis(aminoethylpiperadin), 1,4-Bis(aminopropylpiperadin), 2,6-Diaminopyridin und Bis(3,4-diaminophenyl)sulfon; sekundäre Amine wie zum Beispiel Diethylamin, Dipropylamin, Di-n-butylamin, Di-sec-butylamin, Diisobutylamin, Di-n-pentylamin, Di-3-pentylamin, Dihexylamin, Dioctylamin, Di(2-ethylhexyl)amin, Methylhexylamin, Diallylamin, Pyrrolidin, Piperidin, 2-, 3- oder 4-Picolin, 2,4-, 2,6- oder 3,5-Lupetidin, Diphenylamin, N-Methylanilin, N-Ethylanilin, Dibenzylamin, Methylbenzylamin, Dinaphthylamin, Pyrrol, Indolin, Indol und Morpholin; sekundäre Polyamine wie zum Beispiel N,N'-Dimethylethylendiamin, N,N'-Dimethyl-1,2-diaminopropan, N,N'-Dimethyl-1,3-diaminopropan, N,N'-Dimethyl-1,2-diaminobutan, N,N'-Dimethyl-1,3-diaminobutan, N,N'-Dimethyl-1,4-diaminobutan, N,N'-Dimethyl-1,5-diaminopentan, N,N'-Dimethyl-1,6-diaminohexan, N,N'-Dimethyl-1,7-diaminoheptan, N,N'-Diethylethylenediamin, N,N'-Diethyl-1,2-diaminopropan, N,N'-diethyl-1,3-diaminopropan, N,N'-diethyl-1,2-diaminobutan, N,N'-Diethyl-1,3-diaminobutan, N,N'-Diethyl-1,4-diaminobutan, N,N'-Diethyl-1,6-diaminohexan, Piperadin, 2-Methylpiperadin, 2,5- oder 2,6-Dimethylpiperadin, Homopiperadin, 1,1-Di(4-piperidyl)methan, 1,2-Di(4-piperidyl)ethan, 1,3-Di(4-piperidyl)propan, 1,4-Di(4-piperidyl)butan und Tetramethylguanidin; tertiäre Amine wie zum Beispiel Trimethylamin, Triethylamin, Tri-n-propylamin, Triisopropylamin, Tri(1,2-dimethylpropyl)amin, Tri(3-methoxypropyl)amin, Tri-n-butylamin, Triisobutylamin, Tri-sec-butylamin, Tri-n-pentylamin, Tri-3-pentylamin, Tri-n-hexylamin, Tri-n-octylamin, Tri(2-ethylhexyl)amin, Tridodecylamin, Trilaurylamin, Dicyclohexylethylamin, Cyclohexyldiethylamin, Tricyclohexylamin, N,N-Dimethylhexylamin, N-Methylidihexylamin, N,N-Dimethylcyclohexylamin, N-Methylidicyclohexylamin, N,N-Diethylethanolamin, N,N-Dimethylethanolamin, N-Ethyl-diethanolamin, Triethanolamin, Tribenzylamin, N,N-Dimethylbenzylamin, Diethylbenzylamin, Triphenylamin, N,N-Dimethylamino-p-cresol, N,N-Dimethylaminomethylphenol, 2-(N,N-Dimethylaminomethyl)phenol, N,N-Dimethylanilin, N,N-Diethylanilin, Pyridin, Chinolin, N-Methylmorpholin, N-Methylpiperidin und 2-(2-Dimethylaminoethoxy)-4-methyl-1,3,2-dioxaboran; tertiäre Polyamine wie zum Beispiel Tetramethylethylendiamin, Pyrazin, N,N'-Dimethylpiperadin, N,N'-Bis(2-hydroxypropyl)piperadin, Hexamethylentetramin, N,N,N',N'-Tetramethyl-1,3-butanamin, 2-Dimethylamino-2-hydroxy-propan, Diethylaminoethanol, N,N,N-Tris(3-dimethylaminopropyl)amin, 2,4,6-Tris(N,N,-dimethylaminomethyl)phenol und Heptamethylisobiguanid; Imidazol wie zum Beispiel Imidazol, N-Methylimidazol, 2-Methylimidazol, 4-Methylimidazol, N-Ethylimidazol, 2-Ethylimidazol, 4-Ethylimidazol, N-Butylimidazol, 2-Butylimidazol, N-Undecylimidazol, 2-Undecylimidazol, N-Phenylimidazol, 2-Phenylimidazol, N-Benzylimidazol, 2-Benzylimidazol, 1-Benzyl-2-methylimidazol, N-(2'-cyanoethyl)-2-Methylimidazol, N-(2'-Cyanoethyl)-2-undecylimidazol, N-(2'-Cyanoethyl)-2-phenylimidazol, 3,3-Bis-(2-ethyl-4-methylimidazolyl)methan, Additionsprodukte von Alkylimidazol und Isocyanursäure und Kondensationsprodukte von Alkylimidazol und Formaldehyd; und Amidin wie zum Beispiel 1,8-Diazabicyclo[5.4.0]undecen-7,1,5-diazabicyclo[4.3.0]nonen-5, 6-dibutylamino-1,8-diazabicyclo[5.4.0]undecen-7;

(2) Quaternäre Ammoniumsalze wie zum Beispiel Tetramethylammoniumchlorid, Tetramethylammoniumbromid, Tetramethylammoniumacetat, Tetraethylammoniumchlorid, Tetraethylammoniumbromid, Tetraethylammoniumacetat, Tetra-n-butylammoniumfluorid, Tetra-n-Butylammoniumchlorid, Tetra-n-butylammoniumbromid, Tetra-n-butylammoniumiodid, Tetra-n-butylammoniumacetat, Tetra-n-butylammoniumborhydrid, Tetra-n-butylammoniumhexafluorophosphit, Tetra-n-butylammoniumhydrogensulfid, Tetra-n-butylammoniumtetra-

fluoroborat, Tetra-n-butylammoniumtetraphenylborat, Tetra-n-butylammonium-paratoluolsulfonat, Tetra-n-hexylammoniumchlorid, Tetra-n-hexylammoniumbromid, Tetra-n-hexylammoniumacetat, Tetra-n-octylammoniumchlorid, Tetra-n-octylammoniumbromid, Tetra-n-octylammoniumacetat, Trimethyl-n-octylammoniumchlorid, Trimethylbenzylammoniumchlorid, Trimethylbenzylammoniumbromid, Triethyl-n-octylammoniumchlorid, Triethylbenzylammoniumchlorid, Triethylbenzylammoniumbromid, Tri-n-butyl-n-octylammoniumchlorid, Tri-n-butylbenzylammoniumfluorid, Tri-n-butylbenzylammoniumchlorid, Tri-n-butylbenzylammoniumbromid, Tri-n-butylbenzylammoniumiodid, Methyltriphenylammoniumchlorid, Methyltriphenylammoniumbromid, Ethyltriphenylammoniumchlorid, Ethyltriphenylammoniumbromid, n-Butyltriphenylammoniumchlorid, n-Butyltriphenylammoniumbromid, 1-Methylpyridiniumbromid, 1-Ethylpyridiniumbromid, 1-n-Butylpyridiniumbromid, 1-n-Hexylpyridiniumbromid, 1-n-Octylpyridiniumbromid, 1-n-Dodecylpyridiniumbromid, 1-Phenylpyridiniumbromid, 1-Methylpicoliniumbromid, 1-Ethylpicoliniumbromid, 1-n-Butylpicoliniumbromid, 1-n-Hexylpicoliniumbromid, 1-n-Octylpicoliniumbromid, 1-n-Dodecylpicoliniumbromid und 1-Phenylpicoliniumbromid;

(3) Komplexe der Amine beschrieben unter (1) mit Boran und Bortrifluorid;

(4) Phosphine wie zum Beispiel Trimethylphosphin, Triethylphosphin, Triisopropylphosphin, Tri-n-butylphosphin, Tri-n-hexylphosphin, Tri-n-octylphosphin, Tricyclohexylphosphin, Triphenylphosphin, Tribenzylphosphin, Tris(2-methylphenyl)phosphin, Tris(3-methylphenyl)phosphin, Tris(4-methylphenyl)phosphin, Tris(diethylamino)phosphin, Tris(4-methylphenyl)phosphin, Dimethylphenylphosphin, Diethylphenylphosphin, Dicyclohexyloxyphenylphosphin, Ethyldiphenylphosphin, Diphenylcyclohexylphosphin und Chlordiphenylphosphin;

(5) Quaternäre Phosphoniumsalze wie zum Beispiel Tetramethylphosphoniumchlorid, Tetramethylphosphoniumbromid, Tetraethylphosphoniumchlorid, Tetraethylphosphoniumbromid, Tetra-n-butylphosphoniumchlorid, Tetra-n-butylphosphoniumbromid, Tetra-n-butylphosphoniumiodid, Tetra-n-hexylphosphoniumbromid, Tetra-n-octylphosphoniumbromid, Methyltriphenylphosphoniumbromid, Methyltriphenylphosphoniumiodid, Ethyltriphenylphosphoniumbromid, Ethyltriphenylphosphoniumiodid, n-Butyltriphenylphosphoniumbromid, n-Butyltriphenylphosphoniumiodid, n-Hexyltriphenylphosphoniumbromid, n-Octyltriphenylphosphoniumbromid, Tetraphenylphosphoniumbromid, Tetrakis(2-hydroxyethyl)phosphoniumchlorid, Tetrakis(2-hydroxyethyl)phosphoniumbromid, Tetrakis(2-hydroxyethyl)phosphoniumchlorid und Tetrakis(2-hydroxyethyl)phosphoniumbromid;

(6) Sulfoniumsalze wie zum Beispiel Trimethylsulfoniumbromid, Triethylsulfoniumbromid, Tri-n-butylsulfoniumchlorid, Tri-n-butylsulfoniumbromid, Tri-n-butylsulfoniumiodid, Tri-n-butylsulfoniumtetrafluoroborat, Tri-n-hexylsulfoniumbromid, Tri-n-octylsulfoniumbromid, Triphenylsulfoniumchlorid, Triphenylsulfoniumbromid und Triphenylsulfoniumiodid;

(7) Iodoniumsalze wie zum Beispiel Diphenyliodoniumchlorid, Diphenyliodoniumbromid und Diphenyliodoniumiodid;

(8) Mineralsäuren wie zum Beispiel Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure und Kohlensäure sowie Halbestoffe dieser Mineralsäuren;

(9) Lewissäuren wie zum Beispiel Bortrifluorid und Bortrifluoridetherate;

(10) Organische Säuren und Halbestoffe von organischen Säuren;

(11) Kieselsäure und Tetrafluorborosäure; und

(12) Zinn-Verbindungen wie zum Beispiel Dibutylzinn-dilaurat, Dibutylzinn-diacetat, Dibutylzinn-dichlorid, Dimethylzinn-dichlorid und Tributylzinn-chlorid.

[0043] Unter den oben aufgeführten Verbindungen sind primäre Monoamine, sekundäre Monoamine, tertiäre Monoamine, tertiäre Polyamine, Imidazole, Amidine, quaternäre Ammoniumsalze, Phosphine, quaternäre Phosphoniumsalze, tertiäre Sulfoniumsalze, sekundäre Iodoniumsalze und Zinn-Verbindungen bevorzugt, da die Verbindungen nur eine kleine Färbung der gehärteten Produkte hervorrufen. Die Verbindungen können alleine oder in Kombination von zwei oder mehr eingesetzt werden.

[0044] Obwohl die Menge an eingesetztem Härtungskatalysator in Abhängigkeit der Verbindungen in der Zusammensetzung, dem Mischungsverhältnis der Verbindungen und des Härtungsprozesses variiert, beträgt die Menge im allgemeinen 0.001 bis 5 Gewichtsteile, vorzugsweise 0.005 bis 3 Gewichtsteile, mehr bevorzugt 0.01 bis 1 Gewichtsteile und am meisten bevorzugt 0,01 bis 0,5 Gewichtsteile pro 100 Gewichtsteile an der gesamten Menge der Zusammensetzung. Wenn die Menge an Härtungskatalysator 5 Gewichtsteile überschreitet, sinken der Brechungsindex und die Wärmebeständigkeit des gehärteten Produkts und das gehärtete Produkt ist gefärbt. Wenn die Menge 0,001 Gewichtsteile unterschreitet, verläuft die Härtung nicht ausreichend und die Wärmebeständigkeit wird unzureichend.

[0045] Um die Färbbarkeit des bei der Härtung mittels Polymerisation der erfindungsgemäßen Zusammensetzung erhaltenen Harzes zu verbessern, kann eine Carbonsäure, eine Mercapto-carbonsäure, eine Hydroxy-carbonsäure, ein Amid, ein 1,3-Diketon, eine 1,3-Dicarbonsäure, eine 3-Ketosäure, ein Ester davon oder eine Verbindung mit einer ungesättigten Gruppe in Kombination mit der Komponente eingesetzt werden.

[0046] Beispiele an Carbonsäuren umfassen Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, Valeriansäure, Caprinsäure, Caprylsäure, Methylmercaptopropionsäure, Oxalsäure, Malonsäure, Bernsteinsäure, Glutarsäure, Adipinsäure, Cyclohexancarbonsäure, Benzoesäure, o-Toluylsäure, m-Toluylsäure, p-Toluylsäure, 2-Methoxybenzoesäure und 3-Methoxybenzoesäure, Phthalsäure, Isophthalsäure, Terephthalsäure, Thiodipropionsäure und Dithiodipropionsäure.

[0047] Beispiele an Mercaptocarbonsäuren umfassen Thioglycolsäure, 2-Thiopropionsäure, 3-Thiopropionsäure, Thiomilchsäure, Mercaptobernsteinsäure, Thioäpfelsäure, N-(2-Mercaptopropionyl)glycin, 2-Mercaptobenzoessäure, 2-Mercaptonicotinsäure, 3,3-Dithioisobuttersäure, Dithioglycolsäure, und Dithiopropionsäure.

[0048] Beispiele an Hydroxycarbonsäuren umfassen Hydroxyessigsäure, α -Hydroxypropionsäure, β -Hydroxypropionsäure, α -Hydroxybuttersäure, β -Hydroxybuttersäure, γ -Hydroxybuttersäure, Salicylsäure, 3-Hydroxybenzoesäure und 4-Hydroxybenzoesäure.

[0049] Beispiele an Amide umfassen Formamid, N-Methylformamid, Acetamid, N-Methylacetamid, Phthalamid, Isophthalamid, Terephthalamid, Benzamid, Toluamid, 4-Hydroxybenzamid und 3-Hydroxybenzamid.

[0050] Beispiele an 1,3-Diketonen umfassen Acetylaceton und Cyclohexan-1,3,5-trion.

[0051] Beispiele an 1,3-Dicarbonsäure und deren Ester umfassen Malonsäure, 2-Methylmalonsäure und deren Mono- und Diester.

[0052] Beispiele an 3-Ketocarbonsäure und deren Ester umfassen Acetoessigsäure und deren Ester.

[0053] Die Verbindungen mit einer ungesättigten Gruppe können Alkohole, Phenole, Mercaptane, Thiophenole, Mercaptoalkohole, Carbonsäuren und Amide umfassen, welche jeweils eine ungesättigte Gruppe aufweisen.

[0054] Beispiele der Alkohole mit einer ungesättigten Gruppe umfassen Monohydroxyverbindungen wie zum Beispiel 2-Hydroxyethylmethacrylat, 2-Hydroxyethylacrylat, 3-Hydroxypropylmethacrylat, 3-Hydroxypropylacrylat, 2-Hydroxypropylmethacrylat, 2-Hydroxypropylacrylat, 1,3-Dimethacryloxy-2-propanol, 1,3-Diacryloxy-2-propanol, 1-Acryloxy-3-methacryloxy-2-propanol, Pentaerythritol Trimethacrylat, Pentaerythritoltriacrylat, Bis(2,2,2-trimethylolethyl) etherpentamethacrylat, Bis(2,2,2-trimethylolethyl) etherpentaacrylat, Trimethylolpropanodimethacrylat, Trimethylolpropanodiacrylat, Allylalkohol, Crotonalkohol, Methylvinylcarbinol, Zimtalkohol, 4-Vinylbenzylalkohol, 3-Vinylbenzylalkohol, 2-(4-Vinylbenzylthio)ethanol, 2-(3-Vinylbenzylthio)ethanol, 1,3-bis(4-Vinylbenzylthio)-2-propanol, 1,3-Bis(3-vinylbenzylthio)-2-propanol, 2,3-Bis(4-vinylbenzylthio)-1-propanol, 2,3-Bis(3-vinylbenzylthio)-1-propanol, 3-Phenoxy-2-hydroxypropylacrylat, 2-Hydroxyethylisocyanuratbisacrylat, 2-Hydroxyethylisocyanuratbismethacrylat, 2-Hydroxyethylcyanuratbisacrylat, 2-Hydroxyethylcyanuratbismethacrylat, 3-Methyl-1-butyn-3-ol, 3-Methyl-1-pentyn-3-ol und Propargylalkohol; Polyhydroxyverbindungen wie zum Beispiel Pentaerythritoldimethacrylat, Pentaerythritoldiacrylat, Pentaerythritolmonomethacrylat, Pentaerythritolmonoacrylat, Trimethylolpropanmonomethacrylat, Trimethylolpropanmonoacrylat, 2-Hydroxyethylisocyanuratmonoacrylat, 2-Hydroxyethylisocyanuratmonomethacrylat, 2-Hydroxyethylcyanuratmonoacrylat und 2-Hydroxyethylcyanuratmonomethacrylat; und ungesättigte Polyhydroxyverbindungen hergestellt durch die Additionsreaktion von Acrylsäure oder Methacrylsäure an Epoxyverbindungen, welche später beschrieben werden, wie zum Beispiel 2,2-Bis[4-(2-hydroxy-3-methacryloxypropoxy)phenyl]propan.

[0055] Beispiele an Phenolen mit einer ungesättigten Gruppe umfassen 2-Vinylphenol, 3-Vinylphenol und 4-Vinylphenol.

[0056] Beispiele an Mercaptoalkoholen mit einer ungesättigten Gruppe umfassen 2-(4-Vinylbenzylthio)-2-mercaptoethanol und 2-(3-Vinylbenzylthio)-2-mercaptoethanol.

[0057] Beispiele an Carbonsäuren mit einer ungesättigten Gruppe umfassen Acrylsäure, Methacrylsäure, Crotonsäure, Mono(hydroxyethylacrylat)phthalat, Maleinsäure, Fumarsäure, Monoallylphthalat und Zimtsäure.

[0058] Beispiele an Amidinen mit einer ungesättigten Gruppe umfassen Amide von α,β -ungesättigten Carbonsäuren wie zum Beispiel Acrylsäure, Methacrylsäure, Maleinsäure, Maleinsäureanhydrid und Fumarsäure und N-Vinylformamid.

[0059] Die Mercaptoalkohole, Hydroxythiophenole und Alkohole mit einer ungesättigten Gruppe sind bevor-

zugt im Hinblick auf eine ausreichende Wärmebeständigkeit.

[0060] Die oben genannten Verbindungen können alleine oder in Kombination von zwei oder mehr in einer Menge von 0.001 bis 40 Gewichtsteile pro 100 Gewichtsteile der erfindungsgemäßen Zusammensetzung eingesetzt werden.

[0061] Zusätzlich zu den oben genannten, die Färbbarkeit verbessernden Verbindungen können die Zusammensetzungen gemäß der vorliegenden Erfindung in Gegenwart einer Verbindung mit zwei oder mehr funktionellen Gruppen, welche mit der Struktur gemäß Formel (1) reagieren können; einer Verbindung mit einer oder mehr funktionellen Gruppen, welche mit der Struktur gemäß Formel (1) reagieren können, und mit einer oder mehr weiteren homopolymerisierbaren funktionellen Gruppen; einer Verbindung mit einer oder mehr homopolymerisierbaren funktionellen Gruppen oder einer Verbindung mit einer homopolymerisierbaren funktionellen Gruppe, welche auch mit der Struktur gemäß Formel (1) reagieren kann, üblicherweise in einer Menge von 0.001 bis 40 Gewichtsteilen pro 100 Gewichtsteilen der Zusammensetzung, gehärtet werden.

[0062] Beispiele an Verbindungen mit zwei oder mehr funktionellen Gruppen, welche mit der Struktur gemäß Formel (1) reagieren können, umfassen Epoxyverbindungen, bekannte Episulfide und Anhydride von mehrwertigen Polycarbonsäuren. Beispiele an Verbindungen mit zwei oder mehr funktionellen Gruppen, welche mit der Struktur gemäß Formel (1) reagieren können, und mit einer oder mehr weiteren homopolymerisierbaren funktionellen Gruppen umfassen Epoxyverbindungen, Episulfide oder Carbonäureanhydride, wobei jede Verbindung eine ungesättigte Gruppe wie eine Methacrylgruppe, eine Acrylgruppe, eine Allylgruppe, eine Vinylgruppe oder eine aromatische Vinylgruppe aufweist. Beispiele an Verbindungen mit einer oder mehr homopolymerisierbaren funktionellen Gruppe umfassen Verbindungen mit einer ungesättigten Gruppe wie eine Methacrylgruppe, eine Acrylgruppe, eine Allylgruppe, eine Vinylgruppe oder eine aromatische Vinylgruppe.

[0063] Beispiele an Verbindungen mit einer homopolymerisierbaren funktionellen Gruppe, welche auch mit der Struktur gemäß Formel (1) reagieren kann sind: Epoxyverbindungen umfassend Phenolepoxyverbindungen, welche Kondensationsprodukte sind von Epihalohydrinen mit Phenolen, die mehrere Hydroxygruppen enthalten, wie zum Beispiel Hydrochinon, Catechol, Resorcin, Bisphenol A, Bisphenol F, Bisphenolsulfon, Bisphenolether, Bisphenolsulfid, halogeniertes Bisphenol A und Novolakharze; Alkoholepoxyverbindungen, welche Kondensationsprodukte sind von Epihalohydrinen mit Alkoholen, die mehrere Hydroxygruppen enthalten, wie zum Beispiel Ethylenglycol, Diethylenglycol, Triethylenglycol, Polyethylenglycol, Propylenglycol, Dipropylenglycol, Polypropylenglycol, 1,3-Propandiol, 1,4-Butandiol, 1,6-Hexandiol, Neopentylglycol, Glycerol, Trimethylolpropantrimethacrylat, Pentaerythritol, 1,3- oder 1,4-Cyclohexandiol, 1,3- oder 1,4-Cyclohexandimethanol, hydriertes Bisphenol A, Bisphenol A/Ethylenoxid-Addukte und Bisphenol A/Propylenoxid -Addukte; Glycidylesterepoxy-Verbindungen, welche Kondensationsprodukte sind von Epihalohydrinen mit mehrwertigen Carbonsäuren wie zum Beispiel Adipinsäure, Sebacinsäure, Dodecandicarbonsäure, Dimer(fett)säure, Phthalsäure, Isophthalsäure, Terephthalsäure, Tetrahydrophthalsäure, Methyltetrahydrophthalsäure, Hexahydrophthalsäure, Hexahydroisophthalsäure, Hexahydroterephthalsäure, HET-Säure, Nadi-Säure, Maleinsäure, Bernsteinsäure, Fumarsäure, Trimellitsäure, Benzoltetracarbonsäure, Benzophenontetracarbonsäure, Naphthalindicarbonsäure und Diphenyldicarboxylicsäure; Aminepoxy-Verbindungen welche Kondensationsprodukte von Epihalohydrinen mit primären Aminen wie zum Beispiel Ethylendiamin, 1,2-Diaminopropan, 1,3-Diaminopropan, 1,2-Diaminobutan, 1,3-Diaminobutan, 1,4-Diaminobutan, 1,5-Diaminopentan, 1,6-Diaminohexan, 1,7-Diaminoheptan, 1,8-Diaminooctan, Bis(3-aminopropyl)ether, 1,2-Bis(3-aminopropoxy)ethan, 1,3-Bis(3-aminopropoxy)-2,2'-dimethylpropan, 1,2-, 1,3- oder 1,4-Bisaminocyclohexan, 1,3- oder 1,4-Bisaminomethylcyclohexan, 1,3- oder 1,4-Bisaminoethylcyclohexan, 1,3- oder 1,4-Bisaminopropylcyclohexan, hydriertes 4,4'-Diaminodiphenylmethan, Isophorondiamin, 1,4-Bisaminopropylpiperadin, m- oder p- Phenylendiamin, 2,4- oder 2,6-Tolyldiamin, m- oder p-Xylyldiamin, 1,5- oder 2,6-Naphthalindiamin, 4,4'-Diaminodiphenylmethan, 4,4'-Diaminodiphenylether und 2,2-(4,4'-Diaminodiphenyl)propan, oder sekundären Aminen wie zum Beispiel N,N'-Dimethylethylendiamin, N,N'-Dimethyl-1,2-diaminopropan, N,N'-Dimethyl-1,3-Diaminopropan, N,N'-Dimethyl-1,2-diaminobutan, N,N'-Dimethyl-1,3-Diaminobutan, N,N'-Dimethyl-1,4-diaminobutan, N,N'-Dimethyl-1,5-diaminopentan, N,N'-Dimethyl-1,6-diaminohexan, N,N'-Dimethyl-1,7-diaminoheptan, N,N'-Diethylethylendiamin, N,N'-Diethyl-1,2-diaminopropan, N,N'-diethyl-1,3-diaminopropan, N,N'-diethyl-1,2-diaminobutan, N,N'-Diethyl-1,3-diaminobutan, N,N'-Diethyl-1,4-diaminobutan, N,N'-Diethyl-1,6-diaminohexan, Piperadin, 2-Methylpiperadin, 2,5- oder 2,6-Dimethylpiperadin, Homopiperadin, 1,1-Di(4-piperidyl)methan, 1,2-Di(4-piperidyl)ethan, 1,3-i(4-piperidyl)propan und 1,4-di(4-piperidyl)butan; cycloaliphatische Epoxyverbindungen wie zum Beispiel 3,4-Epoxycyclohexyl-3,4-epoxycyclohexancarboxylat, Vinylcyclohexandioxid, 2-(3,4-Epoxycyclohexyl)-5,5-spiro-3,4-epoxycyclohexan-meta-dioxan und Bis(3,4-epoxycyclohexyl)adipat; Epoxyverbindungen, hergestellt durch Epoxidierung von ungesättigten Verbindungen wie zum Beispiel Cyclopentadienepoxid, epoxidiertes Sojabohnenöll, epoxidiertes Polybutadien und Vinylcyclohexenepoxid; und Urethanepoxy-Verbin-

dungen hergestellt durch die Reaktion zwischen oben genannten mehrwertigen Alkoholen und Phenolen mit Diisocyanaten und Glycidol; Episulfidverbindungen enthaltend Verbindungen, welche durch partielle oder vollständige Überführung der Epoxygruppen in Episulfidgruppen erhalten wurden; und mehrwertige Carbonsäureanhydride umfassend Anhydride, welche oben als Verbindungen genannt wurden, welche die Epoxyverbindung durch Kondensation mit Epihalohydrinen ergeben.

[0064] Beispiele an Verbindungen mit einer oder mehr funktionellen Gruppen, welche mit der Struktur gemäß Formel (1) reagieren können und mit einer oder mehr homopolymerisierbaren funktionellen Gruppe umfassen Vinylphenylglycidylether, Vinylbenzylglycidylether, Glycidylmethacrylat, Glycidylacrylat und Allylglycidylether.

[0065] Beispiele an Verbindungen mit einer oder homopolymerisierbaren funktionellen Gruppe sind:

[0066] Verbindungen mit einer Esterstruktur, welche sich ableitet von (Meth)Acrylsäure und einem ein- oder mehrwertigen Alkohol wie zum Beispiel Methacrylat, Methylmethacrylat, Ethylacrylat, Ethylmethacrylat, Ethylenglycoldiacrylat, Ethylenglycoldimethacrylat, Diethylenglycoldiacrylat, Diethylenglycoldimethacrylat, Triethylenglycoldiacrylat, Triethylenglycoldimethacrylat, Polyethylenglycoldiacrylat, Polyethylenglycoldimethacrylat, 1,3-Butylenglycoldiacrylat, 1,3-Butylenglycoldimethacrylat, 1,6-Hexandioldiacrylat, 1,6-Hexandioldimethacrylat, Neopentylglycoldiacrylat, Neopentylglycoldimethacrylat, Polypropylenglycoldiacrylat, Polypropylenglycoldimethacrylat, 2,2-Bis[4-(acryloxyethoxy)phenyl]propan, 2,2-Bis[4-(methacryloxyethoxy)phenyl]propan, 2,2-Bis[4-(acryloxydiethoxy)phenyl]propan, 2,2-Bis[4-(methacryloxy-diethoxy)phenyl]propan, 2,2-Bis[4-(acryloxy-polyethoxy)phenyl]propan, 2,2-Bis[4-(methacryloxy-polyethoxy)phenyl]propan, Trimethylolpropan Triacrylat, Trimethylolpropantrimethacrylat, Pentarythritol tetraacrylat, Pentaerythritoltetramethacrylat, Bis(2,2,2-trimethylolethyl)etherhexaacrylat und Bis(2,2,2-trimethylolethyl)etherhexamethacrylat; Allylverbindungen wie zum Beispiel Allylsulfid, Diallylphthalat und Diethylenglycolbisallylcarbonat; Vinylverbindungen wie zum Beispiel Acrolein, Acrylnitril und Vinylsulfid; und Aromatische Vinylverbindungen wie zum Beispiel Styrol, α -Methylstyrol, Methylvinylbenzol, Ethylvinylbenzol, α -Chlorstyrol, Chlorvinylbenzol, Vinylbenzylchlorid, para-Divinylbenzol und meta-Divinylbenzol.

[0067] Beispiele der Verbindungen mit einer homopolymerisierbaren funktionellen Gruppe, welche auch mit der Struktur dargestellt durch die Formel (I) reagiert, umfassen vorzugsweise Verbindungen mit einer Epoxy-Gruppe oder Episulfid-Gruppe. Spezielle Beispiele dieser Verbindungen sind Monoepoxy-Verbindungen wie zum Beispiel Ethenoxid, Propylenoxid und Glycidol; Glycidylester von Monocarbonsäuren wie beispielsweise Essigsäure, Propionsäure und Benzoesäure; Glycidylether wie Glycidylmethylether, Glycidylethylether, Glycidylpropylether und Glycidylbutylether; Monoepisulfide wie Ethylensulfid und Propylensulfid; und Thioglycidylester mit einer Struktur, die sich von den oben genannten Monocarbonsäuren ableiten und Thioglycidyl(1,2-epithio-3-hydroxypropan). Von diesen Verbindungen sind Verbindungen mit einer Episulfidgruppe bevorzugt.

[0068] Die Verbindung mit zwei oder mehr funktionellen Gruppen, welche mit der Struktur dargestellt durch die Formel (I) reagieren, oder die Verbindung mit einer oder mehr funktionellen Gruppen, welche mit der Struktur dargestellt durch die Formel (I) reagieren und einer oder mehr weiteren homopolymerisierbaren funktionelle Gruppe können mit der Zusammensetzung gemäß der vorliegenden Erfindung zu einem Harz gehärtet werden mittels Polymerisation Gegenwart eines Härtungskatalysators. Als Härtungskatalysator können die oben beschriebenen Amine, Phosphine oder Säuren eingesetzt werden.

[0069] Wenn die Zusammensetzung gemäß der vorliegenden Erfindung mittels Polymerisation mit einer Verbindung mit einer ungesättigten Gruppe gehärtet wird, wird die Polymerisation vorzugsweise in Gegenwart von Radikalpolymerisationsinitiatoren als Polymerisationsbeschleuniger ausgeführt. Jede Verbindung, welche bei Erhitzen, bei Bestrahlung mit UV-Licht oder Bestrahlung mit Elektronenstrahlen ein Radikal bildet wie bekannte Hitzepolymerisationskatalysatoren und Photopolymerisationskatalysatoren, können als Radikalpolymerisationsinitiatoren eingesetzt werden. Beispiele für Hitzepolymerisationskatalysatoren sind Peroxide wie zum Beispiel Cumylperoxyneodecanoat, Diisopropylperoxydicarbonat, Diallylperoxydicarbonat, Di-n-propylperoxydicarbonat, Dimyristylperoxydicarbonat, Cumylperoxyneohexanoat, tert-Hexylperoxyneodecanoat, tert-Butylperoxyneodecanoat, tert-Hexylperoxyneohexanoat, tert-Butylperoxyneohexanoat, 2,4-Dichlorbenzoylperoxid, Benzoylperoxid, Dicumylperoxid und Di-tert-butylperoxid; Hydroperoxide wie beispielsweise Cumenhydroperoxid und tert-Butylhydroperoxid; und Azoverbindungen wie zum Beispiel 2,2'-Azobis(4-methoxy-2,4-dimethylvalernitril), 2,2'-Azobis(2-cyclopropylpropionitril), 2,2'-Azobis(2,4-dimethylvalernitril), 2,2'-Azobisisobutyronitril, 2,2'-Azobis(2-methylbutyronitril), 1,1'-Azobis(cyclohexan-1-carbonitril), 1-[(1-Cyano-1-methylethyl)azo]formamid, 2-Phenylazo-4-methoxy-2,4-dimethylvalernitril, 2,2'-Azobis(2-methylpropan) und 2,2'-Azobis(2,4,4-trime-

thylpentan). Beispiele an Photopolymerisationskatalysatoren sind Benzophenon und Benzoinmethylether. Von diesen Verbindungen sind Peroxide, Hydroperoxide und Azo-Verbindungen bevorzugt und Peroxide und Azo-Verbindungen sind mehr bevorzugt. Am meisten bevorzugte Beispiele umfassen Azo-Verbindungen wie zum Beispiel 2,2'-Azobis(4-methoxy-2,4-dimethylvalernitril), 2,2'-Azobis(2-cyclopropylpropionitril), 2,2'-Azobis(2,4-dimethylvalernitril), 2,2'-Azobisisobutyronitril, 2,2'-Azobis(2-methylbutyronitril), 1,1'-Azobis(cyclohexan-1-carbonitril), 1-[(1-Cyano-1-methylethyl)azo]formamid, 2-Phenylazo-4-methoxy-2,4-dimethylvalernitril, 2,2'-Azobis(2-methylpropan) und 2,2'-Azobis(2,4, 4-trimethylpentan). Die oben genannten Verbindungen können alleine oder in Kombination von zwei oder mehr eingesetzt werden. Obwohl die Menge an eingesetztem Radikalpolymerisationsinitiator in Abhängigkeit der Komponenten der Zusammensetzung und dem Härtingsprozess variiert und nicht streng begrenzt ist, ist die Menge vorzugsweise von 0.01 bis 5 Gew.-% und mehr bevorzugt 0.1 bis 2 Gew.-% bezogen auf die Gesamtmenge der Zusammensetzung.

[0070] Um die praktischen Eigenschaften der optischen Materialien, welche durch die Polymerisation der Zusammensetzung gemäß der vorliegenden Erfindung erhalten werden zu verbessern, können der Zusammensetzung bekannte Additive wie Antioxidantien, UV-Lichtabsorber, Antigilbmittel, Bläungsmittel und Pigmente in einer Menge im allgemeinen von 0.0001 bis 50 Gewichtsteilen bezogen auf 100 Gewichtsteile der Zusammensetzung zugefügt werden. Wenn die Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung sich während der Polymerisation leicht von den Formen löst, ist es effektiv bekannte externe und/oder interne Adhäsionsverbesserer zu verwenden oder zuzufügen, um dadurch die Adhäsion zwischen dem gehärteten Material und der Form zu kontrollieren und zu verbessern. Beispiele an internen Adhäsionsverbesserern umfassen Silanverbindungen wie zum Beispiel 3-Methacryloxypropyltrimethoxysilan, 3-Glycidoxypropyltrimethoxysilan, N-(2-Aminoethyl)-3-aminopropyltrimethoxysilan und 3-Mercaptopropyltrimethoxysilan. Die internen Adhäsionsverbesserer können in einer Menge von 0.0001 bis 50 Gewichtsteilen bezogen auf 100 Gewichtsteile der Zusammensetzung gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden.

[0071] Auf der anderen Seite, wenn die Zusammensetzung gemäß der vorliegenden Erfindung sich nach der Polymerisation schwer von den Formen lösen lässt, ist es effektiv bekannte externe oder interne Formablöse-Mittel zu verwenden oder zuzugeben, um damit die Ablösbarkeit der gehärteten Materialien, welche von der Form gebildet wurden, zu verbessern. Beispiele an internen Formablöse-Mitteln umfassen nichtionische Fluorhaltige Tenside, nichtionische Silikon-haltig Tenside, quaternäre Alkylammoniumsalze, Phosphorsäureester, saure Phosphorsäureester, saure Phosphorsäureester des Oxyalkylen-Typs, Alkalimetallsalze von sauren Phosphorsäureestern, Alkalimetallsalze von sauren Phosphorsäureester des Oxyalkylen-Typs, Metallsalze von höheren Fettsäuren, Fettsäureester, Paraffin, Wachs, höhere Alkylamide, höhere Alkylalkohole, Polysiloxane und Additionsprodukte von Ethylenoxid und aliphatischen Aminen.

[0072] Die Zusammensetzung (Verbindung (a), Verbindung (b) und Verbindung (c)) gemäß der vorliegenden Erfindung wird zusammen mit optionalen Komponenten wie zum Beispiel den die Anfärbbarkeit-verbessernden Mitteln, den Härtingkatalysatoren und der Verbindung mit ungesättigten Gruppen, welche mit der Episulfid-Gruppe reagieren, wie zum Beispiel Glycidymethacrylat und Thioglycidymethacrylat (eine Verbindung, die durch Überführung der Epoxy-Gruppe in Glycidymethacrylat in eine Episulfid-Gruppe erhalten wird) mit einem Radikalpolymerisationsinitiator, einem durch radikalische Polymerisation polymerisierbaren Monomer und anderen Additiven wie beispielsweise einem Adhäsionsverbesserer, einem Antioxidant und einem UV-Licht-Absorber gemischt. Dann wird die erhaltene Mischung in eine Form aus Glass oder Metall gespritzt und darin mittels Erhitzen gehärtet. Das gehärtete Produkt wird dann aus der Form genommen, um optische Materialien wie Linsen zu erhalten.

[0073] Wenn eine der Hauptausgangsverbindungen, zum Beispiel die Verbindung (a), die Verbindung (b) oder die Verbindung (c), und die optionalen Ausgangsverbindungen wie das die Anfärbbarkeit-verbessernde Mittel, die Die Verbindung mit zwei oder mehr funktionellen Gruppen, welche mit der Struktur dargestellt durch die Formel (I) reagieren, die Verbindung mit einer oder mehr funktionellen Gruppen, welche mit der Struktur dargestellt durch Formel (I) reagieren, und einer oder mehr homopolymerisierbaren funktionellen Gruppen, die Verbindung mit einer oder mehr homopolymerisierbaren funktionellen Gruppen und die Verbindung mit einer homopolymerisierbaren funktionellen Gruppe, welche mit der Struktur dargestellt durch Formel (I) reagiert, homopolymerisierbar ist, kann eine komplette Portion eines Teils der homopolymerisierbaren Verbindung alleine oder in Kombination mit anderen copolymerisierbaren Hauptausgangsverbindungen und/oder anderen copolymerisierbaren optionalen Ausgangsverbindungen vorab in Gegenwart oder in Abwesenheit eines Katalysators unter oder ohne Rühren bei - 100 bis 60 °C für 0.1 bis 100 Stunden vorreagiert werden. Die Ausgangsverbindungen oder in diesem Maße vorreagierte Verbindungen können mit den anderen Ausgangsverbindungen gemischt werden, um eine Zusammensetzung herzustellen, die anschließend in eine Form gespritzt wird.

[0074] Wenn die eingesetzten Hauptausgangsverbindungen und die optionalen Ausgangsverbindungen alle nicht homopolymerisierbar oder nicht homopolymerisierbar und nicht polymerisierbar miteinander sind, kann eine nicht homopolymerisierbare Ausgangsverbindung auf dieselbe Weise wie oben beschrieben in Kombination mit einer anderen copolymerisierbaren Hauptausgangsverbindung und/oder einer anderen copolymerisierbaren optionalen Ausgangsverbindung vorreagiert werden.

[0075] Die Härtingszeit ist vorzugsweise 0.1 bis 20 Stunden und ist mehr bevorzugt 1 bis 100 Stunden. Die Härtingstemperaturen sind vorzugsweise -10 bis 160 °C und mehr bevorzugt -10 bis 140 °C. Die Polymerisation kann durch geeignetes Kombinieren eines Schritts, bei dem die Temperatur bei einer spezifischen Polymerisationstemperatur für einen spezifischen Zeitraum gehalten wird, eines Schritts, bei dem die Temperatur mit einer Geschwindigkeit von 0.1 bis 100 °C/Stunde erhöht wird und eines Schritts, bei dem die Temperatur mit einer Geschwindigkeit von 0.1 bis 100 °C/Stunde gesenkt wird, durchgeführt werden. Um Spannungen vom optischen Material gemäß der vorliegenden Erfindung zu entfernen, wird das nach dem Härten erhaltene Material vorzugsweise bei 50 bis 150 °C für ungefähr 10 Minuten bis 5 Stunden getempert. Wo es notwendig ist, kann das erhaltene optische Material Behandlungen zum Anfärben, zum Ausbilden von harten Beschichtungen, zum Entspiegeln und zur Verhinderung von Trübungen unterworfen werden.

[0076] Wie oben beschrieben werden die Hauptausgangsverbindungen, die optionalen Ausgangsverbindungen und die optionalen Additive gemischt und die erhaltene Mischung wird in eine Form gespritzt und darin gehärtet. Die Hauptausgangsverbindungen, zum Beispiel die Verbindung (a), die Verbindung (b) und die Verbindung (c), die optionalen Ausgangsverbindungen, wie zum Beispiel das die Anfärbbarkeit-verbessernde Mittel, die Verbindung mit zwei oder mehr funktionellen Gruppen, welche mit der Struktur dargestellt durch Formel (I) reagieren, die Verbindung mit einer oder mehr funktionellen Gruppen, welche mit der Struktur dargestellt durch Formel (I) reagiert, und einer oder mehr homopolymerisierbaren funktionellen Gruppen, die Verbindung mit einer oder mehr homopolymerisierbaren funktionellen Gruppen und die Verbindung mit einer homopolymerisierbaren funktionellen Gruppe, welche mit der Struktur dargestellt durch Formel (I) reagiert, und die optionalen Additive wie zum Beispiel die Antioxidantien, die Härtingkatalysatoren, die Radikalinitiatoren, die Adhäsionsverbesserer, die Stabilisatoren, etc. können im selben Gefäß zur selben Zeit miteinander gemischt werden. Alternativ können die oben genannten Ausgangsverbindungen und Additive durch sukzessive Zugabe gemischt werden. Separate Mischungen der Ausgangsverbindungen und Additive können im selben Gefäß gemischt werden. Die Hauptausgangsverbindungen, die optionalen Ausgangsverbindungen und die Additive können in beliebiger Reihenfolge gemischt werden. Im allgemeinen sind die Mischtemperatur und die Mischzeit solange die Komponenten ausreichend gemischt werden nicht limitiert. Jedoch eine außerordentlich hohe Temperatur und eine außerordentlich lange Zeit sind nicht bevorzugt, weil ungewünschte Reaktionen zwischen den Komponenten auftreten können, welche die Viskosität erhöhen und den Vorgang des Gießens erschweren. Deshalb sollte die Mischtemperatur von ungefähr -20 bis 100 °C, vorzugsweise -10 bis 50 °C und mehr bevorzugt -5 bis 30 °C betragen. Die Mischzeit beträgt 1 Minute bis 5 Stunden, vorzugsweise 5 Minuten bis 2 Stunden, mehr bevorzugt 5 bis 30 Minuten und ganz besonders bevorzugt 5 bis 15 Minuten. Das Material und die Additive werden vorzugsweise unter Vakuum entgast vor, während oder nach dem Mischen, um die Bildung von Blasen während des Härtings in der Form zu verhindern. Die Stärke des Vakuum während des Entgasens beträgt 0.1 bis 700 mm Hg und beträgt vorzugsweise 10 bis 300 mm Hg. Um eine bessere Qualität der optischen Materialien der vorliegenden Erfindung zu erzielen, ist es bevorzugt vor der Injektion in die Form Unreinheiten durch Filtration durch einen Mikrofilter mit einem Porendurchmesser von ungefähr 0.1 bis 5 μm oder in diesem Bereich zu entfernen.

[0077] Die optischen Materialien, welche durch Härting der Zusammensetzung gemäß der vorliegenden Erfindung mittels Polymerisation erhalten wurden, weisen eine exzellente Balance zwischen einem ausreichend hohen Brechungsindex (1.65 oder höher) und einer exzellente Abbeschen Zahl (30 oder höher) auf und erreichen eine hohe Schlagfestigkeit in Höhe von 2.0 J ohne nachteilige Effekte in Bezug auf die Wärmebeständigkeit und Oxidationsbeständigkeit.

[0078] Die vorliegende Erfindung wird im Detail unter Bezugnahme auf die folgenden Beispiele beschrieben ohne dass diese den Umfang der vorliegenden Erfindung beschränken sollen. Die Polymere wurden durch die folgenden Methoden untersucht: Brechungsindex (nD) und Abbesche Zahl (vD): Gemessen bei 25 °C unter Verwendung eines Abbe Refraktometers

[0079] Schlagfestigkeit:

[0080] Eisenbälle wurden auf eine flache Polymerplatte mit einer Dicke von 2.5 mm aus einer Höhe von 127 cm fallen gelassen wurde, wobei das Gewicht des Balles mit einem Zunahme von 10 g erhöht wurde und bei

10 g gestartet wurde, bis die Platte durchgebrochen war. Die Schlagfestigkeit wurde als Auftreffenergie, welche notwendig ist, um die Platte zu brechen, angegeben.

Beispiel 1 (Vergleich)

[0081] Zu 100 Gewichtsteile einer Mischung umfassend 88 Gewichtsteile Bis(β -epithiopropyl)-Verbindung als Verbindung (a), 4 Gewichtsteile 1,3-Bis(isocyanatomethyl)cyclohexan als Komponente (b) und 8 Gewichtsteile Bis(2-mercaptoethyl)sulfid als Komponente (c) wurden 0.1 Gewichtsteile Tetrabutylphosphoniumbromid als Katalysator, 0.1 Gewichtsteile 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol als Antioxidans und 0.1 Gewichtsteile 2-(2-Hydroxy-5-tert-octylphenyl)benzotriazol als UV-Licht-Absorber gemischt und das Ganze bei Raumtemperatur gerührt, um eine homogene Flüssigkeit zu ergeben. Die erhaltene homogene Flüssigkeit wurde in eine Form für Linsen gespritzt und mittels Polymerisation mit Erhitzen gehärtet während die Temperatur von 10 °C über 22 h in einem Ofen auf 120 °C erhöht wurde, wobei eine Linse hergestellt wurde. Die erhaltene Linse hatte eine hohe Schlagfestigkeit, wies eine exzellente Farbschattierung, Anfärbbarkeit, Wärmebeständigkeit und Oxidationsbeständigkeit auf. Die Linse wies nicht nur exzellente optische Eigenschaften und physikalische Eigenschaften auf, sondern wies auch einen exzellenten Zustand der Oberfläche mit wenig Streifen oder wenig Oberflächendeformation auf. Die Eigenschaften der hergestellten Linse sind in Tabelle 1 gezeigt.

Beispiele 2 bis 6

[0082] Dieselbe Prozedur wie in Beispiel 1 wurde wiederholt mit Ausnahme, dass die Formulierung wie in Tabelle 1 gezeigt geändert und der Katalysator wie in Tabelle 1 gezeigt eingesetzt wurde. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 gezeigt.

[0083] In allen Fällen hatten die hergestellten Linsen eine hohe Schlagfestigkeit und wiesen eine exzellente Farbschattierung, Anfärbbarkeit, Wärmebeständigkeit und Oxidationsbeständigkeit auf. Die Linsen wiesen nicht nur exzellente optische Eigenschaften und physikalische Eigenschaften auf, sondern wiesen auch einen exzellenten Zustand der Oberflächen mit wenig Streifen oder wenig Oberflächendeformation auf. Die Eigenschaften der hergestellten Linse sind in Tabelle 1 gezeigt.

Vergleichsbeispiele 1 bis 7

[0084] Dieselbe Prozedur wie in Beispiel 1 wurde wiederholt mit Ausnahme, dass die Formulierung wie in Tabelle 1 gezeigt geändert und der Katalysator wie in Tabelle 1 gezeigt eingesetzt wurde. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 gezeigt.

[0085] Die Schlagfestigkeit war schlecht, weil das Mengenverhältnis der Verbindungen (a), (b) und (c) außerhalb des Bereichs gemäß der vorliegenden Erfindung lag.

Vergleichsbeispiel 8

[0086] Dieselbe Prozedur wie in Beispiel 1 wurde wiederholt mit Ausnahme, dass die Formulierung wie in Tabelle 1 gezeigt geändert und der Katalysator wie in Tabelle 1 gezeigt eingesetzt wurde. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 gezeigt.

[0087] Die Schlagfestigkeit war schlecht und eine exzellente Balance zwischen einem ausreichend hohen Brechungsindex und einer exzellente Abbeschen Zahl konnte nicht erzielt werden, weil das Mengenverhältnis der Verbindungen (a), (b) und (c) außerhalb des Bereichs gemäß der vorliegenden Erfindung lag.

Tabelle 1

	Formulierung (Gewichtsteile)			Katalysator
	(a)	(b)	(c)	
Beispiel 1 (Vergleich)	BEC (88)	BIC (4)	BMES (8)	TBPB (0.1)
Beispiel 2	BESe (80)	XDI (8)	DMMD (12)	TBPB (0.1)
Beispiel 3	BESe (60)	XDI (15)	BMES (25)	TBPB (0.1)
Beispiel 4	BESe (80)	NBDI (5)	DMMD (15)	TBPB (0.1)
Beispiel 5	BESe (60)	NBDI (5)	PETMA (35)	TBPB (0.1) BTA (0.01)
Beispiel 6	BESe (70)	IPDI (1)	BMES (29)	TBPB (0.1)
Vergleichsbeispiel 1	BES (100)	-	-	TBPB (0.1)
Vergleichsbeispiel 2	BED (100)	-	-	TPP (0.1)
Vergleichsbeispiel 3	BDS (100)	-	-	TPP (1.0)
Vergleichsbeispiel 4	BESe (100)	-	-	TBPB (0.1)
Vergleichsbeispiel 5	TEPP (100)	-	-	TBPB (0.1)
Vergleichsbeispiel 6	BES (97)	XDI (3)	-	TBPB (0.1)
Vergleichsbeispiel 7	BES (97)	-	BMES (3)	TBPB (0.1)
Vergleichsbeispiel 8	BDS (20)	XDI (40)	DMMD (40)	TBPB (0.1) BTA (0.01)

Anmerkungen:

BEC: Bis(β -epithiopropyl)-Verbindung
 BESe: Bis(β -epithiopropyl)selenid
 XDI: m-Xylylendiisocyanat
 BIC: 1,3-Bis(isocyanatomethylcyclohexan)
 IPDI: Isophorondiisocyanat
 BMES: Bis (2-mercaptoethyl)sulfid
 DMMD: 2,5-Dimercaptomethyl-1,4-dithian
 PETMA: Pentaerythritoltetramercaptoacetat
 TBPB: Tetra-n-butylphosphoniumbromid
 TPP: Triphenylphosphin
 BTA: Di-n-butylzinndiacetat

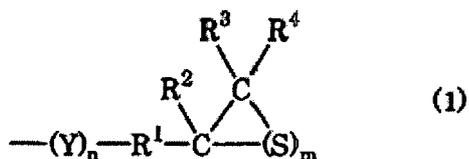
Tabelle 1 (Fortsetzung)

	Brechungsindex nD	Abbesche Zahl vD	Schlagfestigkeit (J)
Beispiel 1 (Referenz)	1,70	36	3,2
Beispiel 2	1,72	32	3,2
Beispiel 3	1,68	30	3,1
Beispiel 4	1,72	33	3,1
Beispiel 5	1,69	33	2,6
Beispiel 6	1,71	33	2,5
Vergleichsbeispiel 1	1,71	36	1,6
Vergleichsbeispiel 2	1,73	33	1,6
Vergleichsbeispiel 3	1,74	31	1,5
Vergleichsbeispiel 4	1,73	33	1,2
Vergleichsbeispiel 5	1,70	36	1,3
Vergleichsbeispiel 6	1,71	36	1,6
Vergleichsbeispiel 7	1,71	36	1,6
Vergleichsbeispiel 8	1,63	30	1,8

Patentansprüche

1. Eine Zusammensetzung umfassend:

(a) 30 bis 95 Gew.-% einer Verbindung, die in einem Molekül eine oder mehr Strukturen dargestellt durch die folgende Formel (1) aufweist



worin R¹ eine Einfachbindung oder eine zweiwertige Kohlenwasserstoffgruppe mit 1 bis 10 Kohlenstoff-Atomen, R², R³ und R⁴ jeweils Wasserstoff oder eine Kohlenwasserstoffgruppe mit 1 bis 10 Kohlenstoffatomen, Y gleich O, Se oder Te ist, m eine ganze Zahl von 1 bis 5 und n eine ganze Zahl von 0 bis 5 ist;

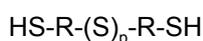
- (b) 1 bis 40 Gew.-% einer Verbindung mit mindestens eine Gruppe ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus der Isocyanat-Gruppe und der Isothiocyanat-Gruppe in einem Molekül und
 (c) 1 bis 50 Gew.-% einer Verbindung mit mindestens einer Mercapto-Gruppe in einem Molekül,
 wobei die Gew.-% an den Verbindungen (a), (b) und (c) ausgewählt sind aus den entsprechenden Bereichen an Gew.-%, so dass die Summe der Gew.-% der Verbindungen (a), (b) und (c) auf 100 Gew.-% addiert.

2. Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, wobei die Verbindung (b) eine aromatische oder eine cycloaliphatische Verbindung mit zwei oder mehr Isocyanat-Gruppen ist.

3. Zusammensetzung gemäß Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei die Verbindung (b) ein aromatisches Diisocyanat oder ein cycloaliphatisches Diisocyanat ist.

4. Zusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Verbindung (c) eine Verbindung mit mindestens zwei Mercapto-Gruppen in einem Molekül und mit einem Schwefel-Atom als Sulfid-Gruppe ist.

5. Zusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Verbindung (c) eine Verbindung ist dargestellt durch die folgende Formel



und p gleich 1 oder 2 ist und zwei R-Gruppen gleich oder verschieden sein können und jede eine Alkylen-Gruppe mit 1 bis 10 Kohlenstoff-Atomen oder eine Mercaptoalkylen-Gruppe mit 1 bis 10 Kohlenstoff-Atomen ist.

6. Die Zusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Verbindung (c) eine Polythiol-Verbindung mit einer Schwefel-haltigen Ringstruktur ist.

7. Harz, hergestellt durch Härtung der Zusammensetzung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 mittels Polymerisation.

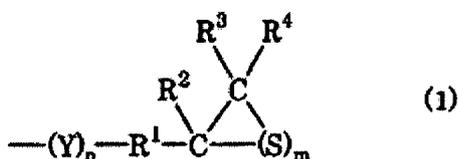
8. Optisches Material, hergestellt durch Härtung der Zusammensetzung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 mittels Polymerisation.

9. Verfahren zur Herstellung eines Harzes umfassend den Schritt des Härtens der Zusammensetzung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 mittels Polymerisation.

10. Verfahren gemäß Anspruch 9, bei dem der Schritt des Härtens in Gegenwart eines Härtungskatalysators unter Erhitzen durchgeführt wird.

11. Verfahren gemäß Anspruch 10, bei dem der Schritt des Härtens bei -10 bis 160 °C über 0.1 bis 200 Stunden durchgeführt wird.

12. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 9 bis 11, bei dem der Schritt des Härtens in Gegenwart einer Verbindung durchgeführt wird, welche ausgewählt wird aus der Gruppe bestehend aus einer Verbindung mit zwei oder mehr funktionellen Gruppen, welche mit der Struktur gemäß Formel (1) reagieren können



worin R^1 eine Einfachbindung oder eine zweiwertige Kohlenwasserstoffgruppe mit 1 bis 10 Kohlenstoff-Atomen ist, R^2 , R^3 und R^4 jeweils Wasserstoff oder eine Kohlenwasserstoffgruppe mit 1 bis 10 Kohlenstoffatomen sind, Y gleich O, Se oder Te ist, m eine ganze Zahl von 1 bis 5 und n eine ganze Zahl von 0 bis 5 ist; einer Verbindung mit einer oder mehr funktionellen Gruppen, welche mit der Struktur gemäß Formel (1) reagieren können, und mit einer oder mehr homopolymerisierbaren funktionellen Gruppen; einer Verbindung mit einer oder mehr homopolymerisierbaren funktionellen Gruppen und einer Verbindung mit einer homopolymerisierbaren funktionellen Gruppe, welche auch mit der Struktur gemäß Formel (1) reagieren kann.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen