



(10) **DE 11 2010 000 002 B4** 2015.07.02

(12)

## Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2010 000 002.6**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2010/050601**  
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2010/087254**  
(86) PCT-Anmeldetag: **20.01.2010**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **05.08.2010**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **03.03.2011**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **02.07.2015**

(51) Int Cl.: **C08L 23/26** (2006.01)  
**C08J 3/24** (2006.01)  
**C08J 7/00** (2006.01)  
**C08K 3/22** (2006.01)  
**C08K 5/13** (2006.01)  
**C08K 5/36** (2006.01)  
**C08L 23/02** (2006.01)  
**H01B 3/00** (2006.01)  
**H01B 3/44** (2006.01)  
**H01B 7/295** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**2009-019212 30.01.2009 JP**

(73) Patentinhaber:  
**AutoNetworks Technologies, Ltd., Yokkaichi-shi, Mie, JP; Sumitomo Electric Industries, Ltd., Osaka-shi, Osaka, JP; Sumitomo Wiring Systems, Ltd., Yokkaichi-shi, Mie, JP**

(74) Vertreter:  
**Winter, Brandl, Fürniss, Hübner, Röss, Kaiser, Polte Partnerschaft mbB, 85354 Freising, DE**

(72) Erfinder:  
**Shiraki, Kousuke, Yokkaichi-shi, Mie, JP; Sato, Masashi, Yokkaichi-shi, Mie, JP; Inagaki, Tomonori, Yokkaichi-shi, Mie, JP; Kimura, Masashi, Yokkaichi-shi, Mie, JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**DE 11 2008 001 402 T5**  
**WO 2008/ 146 921 A1**  
**JP 2006-348136 A**

(54) Bezeichnung: **Flammhemmende Zusammensetzung, Verfahren zur Herstellung der flammhemmenden Zusammensetzung und deren Verwendung zur Herstellung eines isolierten Drahts**

(57) Hauptanspruch: Flammhemmende Zusammensetzung, umfassend:  
eine Polymerkomponente, umfassend:  
silanvernetztes Polyolefin und  
Polyolefin, wobei der Polyolefingehalt 32 bis 157 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile des silanvernetzten Polyolefins beträgt,  
mindestens eines von Magnesiumhydroxid und Aluminiumhydroxid, wobei der Gehalt des mindestens einen von Magnesiumhydroxid und Aluminiumhydroxid 28 bis 190 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile der Polymerkomponente beträgt,  
ein phenolisches Antioxidationsmittel, wobei der Gehalt des phenolischen Antioxidationsmittels 0,5 bis 9,5 Massen-

teile bezogen auf 100 Massenteile der Polymerkomponente beträgt,  
ein schwefelhaltiges Antioxidationsmittel, das eine Benzimidazolverbindung umfasst, wobei der Gehalt des schwefelhaltigen Antioxidationsmittels 0,5 bis 9,5 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile der Polymerkomponente beträgt,  
ein Zinkoxid, wobei der Gehalt des Zinkoxids 0,5 bis 9,5 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile der Polymerkomponente beträgt, und  
einen Kupferinhibitor, wobei der Gehalt des Kupferinhibitors 0,1 bis 4,7 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile der Polymerkomponente beträgt.

**Beschreibung**

## Gebiet der Technik

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine flammhemmende Zusammensetzung, ein Verfahren zur Herstellung der flammhemmenden Zusammensetzung und deren Verwendung zur Herstellung eines isolierten Drahts und betrifft insbesondere eine flammhemmende Zusammensetzung, die geeignet als ein Umhüllungsmaterial eines isolierten Drahts verwendet wird, der vorteilhaft an Orten wie einem Motorraum eines Kraftfahrzeugs verwendet wird, wo eine hohe Wärmebeständigkeit des isolierten Drahts erforderlich ist, und ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen flammhemmenden Zusammensetzung.

## Stand der Technik

**[0002]** Üblicherweise ist für einen isolierten Draht für eine Verwendung in einer Hochtemperaturumgebung wie dem Motorraum eines Kraftfahrzeugs eine hohe Wärmebeständigkeit erforderlich. Aus diesem Grund werden als Umhüllungsmaterial des isolierten Drahts für eine Verwendung an derartigen Orten beispielsweise vernetztes Polyvinylchlorid und vernetztes Polyethylen verwendet, die in einem Elektronenbestrahlungsvernetzungsverfahren vernetzt werden.

**[0003]** Da vor dem Hintergrund der Verringerung der weltweiten Umweltbelastungen seit Kurzem eine Verringerung von halogenhaltigem Material wie Polyvinylchlorid gefordert wird, wurde das halogenhaltige Material durch ein Material ersetzt, das kein Halogenelement enthält, wie Polyethylen. Damit das Material, das kein Halogenelement enthält, eine ausreichende flammhemmende Eigenschaft sicherstellen kann, wird dem Material oft ein Metallhydroxid wie Magnesiumhydroxid als ein flammhemmendes Mittel zugesetzt.

**[0004]** Zum Beispiel offenbart die Patentliteratur 1 (PTL 1), dass eine ein halogenfreies flammhemmendes Mittel umfassende Harzzusammensetzung, die Polyolefin, enthaltend 30 bis 80 Massen-% eines silanvernetzten Ethylen-Vinylacetat-Copolymers als eine wesentliche Komponente, ein Metallhydroxid und einen flammhemmenden Hilfsstoff einschließt, wobei der Gehalt des Metallhydroxids 60 bis 150 Massenteile und der Gehalt des flammhemmenden Hilfsstoffs 5 bis 10 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile des Polyolefins ausmacht, vernetzt wird, um als ein Umhüllungsmaterial eines isolierten Drahts verwendet zu werden.

## Liste der Literaturstellen

## Patentliteratur

**[0005]**

PTL1: Offengelegte japanische Patentveröffentlichung Nr. 2001-172442

**[0006]** Die internationale Anmeldung WO 2008/146921 A1 und deren deutsche Phase DE 11 2008 001 402 T5 offenbaren die Herstellung eines flammgehemmten silanvernetzten Olefinharzes und einer damit isolierten elektrischen Leitung, bei der während der Herstellung eine Gelbildung vermieden und dadurch eine ausgezeichnete Oberflächenerscheinung nach einem Extrudieren erreicht wird. Dazu wird eine Silanpfropfcharge, die ein silangepfropftes Olefinharz enthält, mit einer Charge aus einem Olefinharz, die ein Metallhydroxid als flammhemmendes Mittel enthält, und mit einer Katalysatorcharge, die ein Olefinharz und einen Silanvernetzungs-katalysator enthält, vermischt die daraus gebildete Umhüllung nach dem Extrudieren um einen elektrischen Leiter wasservernetzt.

**[0007]** In der JP 2006-348136 A wird eine Polyolefinzusammensetzung für Kabelisolierungen beschrieben, die mit Metallhydroxiden versetzt ist und gute mechanische und Flammbeständigkeitseigenschaften aufweist. Der Harzzusammensetzung werden zudem Zinkoxid, ein phenolisches Antioxidans, eine schwefelhaltige Imidazolkomponente und ein Hydrazid als Kupferinhibitor zugesetzt.

## Zusammenfassung der Erfindung

## Technisches Problem

**[0008]** Während ein herkömmlicher isolierter Draht hinsichtlich der Wärmebeständigkeit durch ein Vernetzen verbessert ist, ist dessen Grenzwert der zulässigen Temperatur jedoch meist 120°C gemäß dem ISO-Standard. Zum Zweck der Verbesserung der Leistungsfähigkeit eines Kraftfahrzeugs nimmt die Notwendigkeit für einen

isolierten Draht, der hinsichtlich der Wärmebeständigkeit weiter verbessert ist, zu und es wird erwartet, dass ein Material mit einem Grenzwert der zulässigen Temperatur von 150°C gemäß dem ISO-Standard entwickelt wird.

**[0009]** Die Aufgaben der vorliegenden Erfindung sind die Bereitstellung einer flammhemmenden Zusammensetzung, die hinsichtlich der Wärmebeständigkeit weiter verbessert ist gegenüber einer herkömmlichen flammhemmenden Zusammensetzung, eines isolierten Drahts, der hinsichtlich der Wärmebeständigkeit weiter verbessert ist gegenüber einem herkömmlichen isolierten Draht, und eines Verfahrens zur Herstellung einer flammhemmenden Zusammensetzung, bei dem eine flammhemmende Zusammensetzung erhalten werden kann, die hinsichtlich der Wärmebeständigkeit weiter verbessert ist gegenüber einer herkömmlichen flammhemmenden Zusammensetzung.

#### Lösung des Problems

**[0010]** Um die Aufgaben gemäß der vorliegenden Erfindung zu erreichen, enthält eine flammhemmende Zusammensetzung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Polymerkomponente, die silanvernetztes Polyolefin und Polyolefin einschließt, wobei der Polyolefingehalt 32 bis 157 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile des silanvernetzten Polyolefins beträgt, Magnesiumhydroxid und/oder Aluminiumhydroxid, wobei der Gehalt des Magnesiumhydroxids und/oder Aluminiumhydroxids 28 bis 190 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile der Polymerkomponente beträgt, ein phenolisches Antioxidationsmittel, wobei der Gehalt des phenolischen Antioxidationsmittels 0,5 bis 9,5 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile der Polymerkomponente beträgt, ein schwefelhaltiges Antioxidationsmittel, das eine Benzimidazolverbindung ist, wobei der Gehalt des schwefelhaltigen Antioxidationsmittels 0,5 bis 9,5 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile der Polymerkomponente beträgt, ein Zinkoxid, wobei der Gehalt des Zinkoxids 0,5 bis 9,5 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile der Polymerkomponente beträgt, und einen Kupferinhibitor, wobei der Gehalt des Kupferinhibitors 0,1 bis 4,7 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile der Polymerkomponente beträgt.

**[0011]** Es ist bevorzugt, dass das silanvernetzte Polyolefin Polyethylen mit einer Dichte von 0,880 bis 0,910 g/cm<sup>3</sup> ist, das silanvernetzt ist. Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass das Polyolefin Polyethylen mit einer Dichte von 0,880 bis 0,910 g/cm<sup>3</sup> und/oder ein Olefinelastomer mit einem Schmelzpunkt von 140°C oder mehr ist.

**[0012]** In einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die oben beschriebene flammhemmende Zusammensetzung verwendet zur Herstellung eines Leiters, der mit der Zusammensetzung umhüllt ist.

**[0013]** In noch einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst ein Verfahren zur Herstellung einer flammhemmenden Zusammensetzung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die Schritte des Knetens einer Komponente A, die ein silanmodifiziertes Polyolefin einschließt, das hergestellt ist durch Pfropfpolymerisation von Polyolefin mit einem Silankopplungsreagens, einer Komponente B, die Polyolefin, ein Metallhydrat (Metallhydroxid), das Magnesiumhydroxid und/oder Aluminiumhydroxid ist, ein phenolisches Antioxidationsmittel, ein schwefelhaltiges Antioxidationsmittel, das eine Benzimidazolverbindung ist, ein Zinkoxid und einen Kupferinhibitor einschließt, und einer Komponente C, die Polyolefin und einen Silanvernetzungs-katalysator einschließt, zu einer Zusammensetzung, des Formens der gekneteten Zusammensetzung und des Wasservernetzens der geformten Zusammensetzung.

#### Vorteilhafte Effekte der Erfindung

**[0014]** Da die flammhemmende Zusammensetzung gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung das silanvernetzte Polyolefin als ein Basisharz, das Polyolefin, das Magnesiumhydroxid und/oder das Aluminiumhydroxid, das phenolische Antioxidationsmittel, das schwefelhaltige Antioxidationsmittel, das vorzugsweise eine Benzimidazolverbindung ist, das Zinkoxid und den Kupferinhibitor enthält, während die Gehalte der Komponenten wie oben spezifiziert sind, ist die flammhemmende Zusammensetzung hinsichtlich der Wärmebeständigkeit weiter verbessert gegenüber einer herkömmlichen flammhemmenden Zusammensetzung. Da die Benzimidazolverbindung als das schwefelhaltige Antioxidationsmittel verwendet wird und das Zinkoxid als ein Metalloxyd verwendet wird, ist die flammhemmende Zusammensetzung insbesondere hinsichtlich der Wärmebeständigkeit ausgezeichnet. Somit kann die flammhemmende Zusammensetzung eine Wärmebeständigkeit bei 150°C oder mehr gemäß dem ISO-Standard bereitstellen.

**[0015]** Wenn das silanvernetzte Polyolefin und das Polyolefin wie oben beschrieben spezifiziert sind, ist die flammhemmende Zusammensetzung sowohl hinsichtlich der Flexibilität als auch Ölbeständigkeit ausgezeichnet. Wenn die flammhemmende Zusammensetzung als ein Umhüllungsmaterial eines isolierten Drahts ver-

wendet wird, kann das Verlegen des isolierten Drahts auf einfache Weise durchgeführt werden und kann der isolierte Draht geeignet an Orten verwendet werden, die das Einwirken von Kraftstoff mit sich bringen, wie im Motorraum eines Kraftfahrzeugs.

**[0016]** Da der dadurch erhaltene isolierte Draht die flammhemmende Zusammensetzung und den Leiter, der mit der Zusammensetzung umhüllt ist, umfasst, ist der isolierte Draht hinsichtlich der Wärmebeständigkeit ausgezeichnet.

**[0017]** Aufgrund des Verfahrens zur Herstellung einer flammhemmenden Zusammensetzung gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die hergestellte flammhemmende Zusammensetzung ausgezeichnet hinsichtlich der Wärmebeständigkeit.

#### Beschreibung der Ausführungsformen

**[0018]** Es wird nun eine ausführliche Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung gegeben. Eine flammhemmende Zusammensetzung gemäß einer der bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung enthält silanvernetztes Polyolefin, Polyolefin, ein Metallhydrat, ein phenolisches Antioxidationsmittel, ein schwefelhaltiges Antioxidationsmittel, ein Metalloxid und einen Kupferinhibitor.

**[0019]** Das silanvernetzte Polyolefin ist eine Hauptkomponente der flammhemmenden Zusammensetzung gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, welches hergestellt wird durch Silanvernetzen von silanmodifiziertem Polyolefin. Es ist bevorzugt, das silanmodifizierte Polyolefin silanzuvernetzen, nachdem die flammhemmende Zusammensetzung ausgeformt ist. Im Hinblick auf eine Verbesserung der Wärmebeständigkeit der flammhemmenden Zusammensetzung weist das silanvernetzte Polyolefin einen Gelgehalt von vorzugsweise 50% oder mehr und weiter bevorzugt 60% oder mehr auf. Es sei angemerkt, dass der Gelgehalt ein allgemein verwendeter Indikator eines Vernetzungszustands von beispielsweise einem vernetzten Draht ist. Der Gelgehalt eines vernetzten Drahts für eine Kraftfahrzeuganwendung kann vorzugsweise basierend auf JASO-D608-92 gemessen werden.

**[0020]** Das Polyolefin, aus dem das silanmodifizierte Polyolefin hergestellt ist, ist nicht speziell beschränkt. Beispiele des Polyolefins umfassen ein Homopolymer aus Olefin wie Ethylen und Propylen, ein Ethylencopolymer wie ein Ethylen-alpha-Olefin-Copolymer, ein Ethylen-Vinylacetat-Copolymer und ein Ethylen-(Meth)acrylsäureester-Copolymer und ein Propylencopolymer wie ein Propylen-alpha-Olefin-Copolymer, ein Propylen-Vinylacetat-Copolymer und ein Propylen-(Meth)acrylsäureester-Copolymer. Sie können einzeln oder in Kombination verwendet werden.

**[0021]** Unter diesen werden bevorzugt das Polyethylen, das Polypropylen, das Ethylen-Vinylacetat-Copolymer, das Ethylen-Acrylsäureester-Copolymer und das Ethylen-Methacrylsäureester-Copolymer verwendet.

**[0022]** Beispiele des Polyethylens umfassen Polyethylen mit hoher Dichte (HDPE), Polyethylen mittlerer Dichte (MDPE), Polyethylen geringer Dichte (LDPE), lineares Polyethylen geringer Dichte (LLDPE), Polyethylen mit ultrageringer Dichte und Metallocen-Polyethylen mit ultrageringer Dichte. Diese können einzeln oder in Kombination verwendet werden. Unter diesen wird vorzugsweise Metallocen-Polyethylen mit ultrageringer Dichte verwendet.

**[0023]** Im Hinblick auf eine Verbesserung der Flexibilität der flammhemmenden Zusammensetzung weist das Polyolefin, aus dem das silanmodifizierte Polyolefin hergestellt ist, vorzugsweise eine Dichte von 0,910 g/cm<sup>3</sup> oder weniger auf; wobei jedoch der Grad der Kristallisation des Polyolefins abnimmt, wenn dessen Dichte abnimmt, so dass das Polyolefin, aus dem das silanmodifizierte Polyolefin hergestellt ist, vorzugsweise eine Dichte von 0,880 g/cm<sup>3</sup> oder mehr aufweist im Hinblick darauf, dass verhindert wird, dass das silangepropfte Harz mit Kraftstoff (Öl) aufquillt, und die Kraftstoffbeständigkeit der flammhemmenden Zusammensetzung verbessert ist. Das Polyolefin, aus dem das silanmodifizierte Polyolefin hergestellt ist, weist somit eine Dichte von vorzugsweise 0,880 bis 0,910 g/cm<sup>3</sup> auf. Als das Polyolefin wird weiter bevorzugt Polyolefin mit einer Dichte von 0,880 bis 0,910 g/cm<sup>3</sup> verwendet.

**[0024]** Das Polyolefin, das in der flammhemmenden Zusammensetzung zusammen mit dem silanvernetzten Polyolefin enthalten ist, ist nicht speziell beschränkt. Beispiele des Polyolefins umfassen Polyolefin derselben Art wie das Polyolefin, aus dem das silanmodifizierte Polyolefin hergestellt ist. Diese können einzeln oder in Kombination verwendet werden.

**[0025]** Im Hinblick auf eine Verbesserung der Flexibilität und Kraftstoffbeständigkeit der flammhemmenden Zusammensetzung weist das Polyolefin vorzugsweise eine Dichte von 0,880 bis 0,910 g/cm<sup>3</sup> auf. Unter Berücksichtigung der Kompatibilität wird als das Polyolefin vorzugsweise das Polyolefin derselben Art wie das Polyolefin, aus dem das silanmodifizierte Polyolefin hergestellt ist, verwendet. Wenn ein Olefinelastomer mit einem Schmelzpunkt von 140°C oder mehr als das Polyolefin verwendet wird, lässt sich die flammhemmende Zusammensetzung auf einfache Weise hinsichtlich der Kraftstoffbeständigkeit verbessern. Beispiele des Olefinelastomers umfassen ein Ethylenelastomer und ein Propylenelastomer. Im Hinblick auf eine Verbesserung der Kraftstoffbeständigkeit der flammhemmenden Zusammensetzung wird als das Olefinelastomer vorzugsweise das Polypropylenelastomer verwendet.

**[0026]** Der Gehalt des in der flammhemmenden Zusammensetzung zusammen mit dem silanvernetzten Polyolefin enthaltenen Polyolefins beträgt vorzugsweise 32 bis 157 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile des silanvernetzten Polyolefins.

**[0027]** Beispiele des Metallhydrats umfassen Magnesiumhydroxid, Aluminiumhydroxid, Calciumhydroxid, Zirkoniumhydroxid und Bariumhydroxid. Darunter werden das Magnesiumhydroxid und das Aluminiumhydroxid bevorzugt verwendet. Um die Kompatibilität mit dem Harz, das die Hauptkomponente darstellt, zu verbessern, kann das Metallhydrat einer Oberflächenveredelung unter Verwendung eines Veredelungsmittels wie eines Silankopplungsreagens, einer Fettsäure und eines Wachses unterzogen werden.

**[0028]** Der Gehalt des Metallhydrats kann nicht eindeutig spezifiziert werden, solange nicht die Art des Metallhydrats, die Größe des Drahts und der Aufbau des Leiters und des Isolators berücksichtigt werden, jedoch kann die flammhemmende Zusammensetzung auf einfache Weise eine flammhemmende Eigenschaft aufzeigen, die ausreichend ist, um die Anforderung an beispielsweise einen Draht für Kraftfahrzeuganwendungen zu erfüllen, wenn der Gehalt auf 28 bis 190 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile einer Polymerkomponente, die das silanvernetzte Polyolefin als eine Hauptkomponente enthält, festgesetzt ist. Der Gehalt beträgt vorzugsweise 70 bis 150 Massenteile. Wenn der Gehalt weniger als 28 Massenteile beträgt, neigt die flammhemmende Zusammensetzung dazu, keine ausreichende flammhemmende Eigenschaft aufzuzeigen. Wenn demgegenüber der Gehalt mehr als 190 Massenteile beträgt, neigt die flammhemmende Zusammensetzung dazu, eine abnehmende Extrusionsformbarkeit aufzuzeigen.

**[0029]** Zusätzlich zu dem silanvernetzten Polyolefin, dem Polyolefin und dem Metallhydrat enthält die flammhemmende Zusammensetzung gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung das phenolische Antioxidationsmittel, das schwefelhaltige Antioxidationsmittel, das Metalloxid und den Kupferinhibitor. Die kombinierte Verwendung des phenolischen Antioxidationsmittels, des schwefelhaltigen Antioxidationsmittels, des Metalloxids und des Kupferinhibitors mit dem silanvernetzten Polyolefin ermöglicht es der flammhemmenden Zusammensetzung, eine ausgezeichnete Wärmebeständigkeit aufzuzeigen, die bisher nicht erreicht wurde.

**[0030]** In herkömmlichen flammhemmenden Zusammensetzungen werden ein phenolisches Antioxidationsmittel, ein schwefelhaltiges Antioxidationsmittel und ein phosphorhaltiges Antioxidationsmittel oft einzeln oder in Kombination verwendet, jedoch weisen die flammhemmenden Zusammensetzungen, die lediglich das phenolische Antioxidationsmittel enthalten, einen Grenzwert der zulässigen Temperatur von höchstens 120°C gemäß dem ISO-Standard auf, und selbst die kombinierte Verwendung des schwefelhaltigen Antioxidationsmittels oder des phosphorhaltigen Antioxidationsmittels mit dem phenolischen Antioxidationsmittel liefert keinen Beitrag zur Verbesserung der Wärmebeständigkeit der flammhemmenden Zusammensetzungen.

**[0031]** Es wird angenommen, dass, wenn in der vorliegenden Erfindung die flammhemmende Zusammensetzung als ein Isolator verwendet wird, der einen Leiter eines isolierten Drahts bedeckt bzw. umhüllt, die Schwefelatome eine ergänzende Vernetzungsbindung in dem silanvernetzten Polyolefin während des Fortschreitens einer Wärmeverschlechterung ausbilden, was eine Wärmeverschlechterung des silanvernetzten Polyolefins verhindert. Es wird darüber hinaus angenommen, dass das Metallhydrat als ein Katalysator zur Unterstützung der Vernetzungsbindung fungiert und dass der Kupferinhibitor Kupferionen einfängt, die von dem Leiter (Kupferdraht) in dem isolierten Draht erzeugt werden, was verhindert, dass das Kupfer als ein Katalysator wirkt, um eine Wärmeverschlechterung des Isolators zu bewirken. Somit kann die flammhemmende Zusammensetzung gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine für die vorliegende Erfindung einmalige Funktionsweise und Wirkung aufzeigen, das heißt, die Bereitstellung einer ausgezeichneten Wärmebeständigkeit, wie sie bisher nicht erreicht wurde.

**[0032]** Da in der vorliegenden Erfindung die flammhemmende Zusammensetzung gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung das phenolische Antioxidationsmittel enthält, kann die flammhemmende Zusammensetzung eine ausgezeichnete Wärmebeständigkeit auch gegenüber einer Wärmeverschlechterung aufzeigen, die durch einen Mechanismus verursacht wird, der verschieden ist von dem Mechanismus, der eine Wärmeverschlechterung verursacht, deren Verhinderung durch das schwefelhaltige Antioxidationsmittel beabsichtigt ist.

Beispiele des phenolischen Antioxidationsmittels umfassen Tetrakis  
[methylen-3-(3,5-di-t-butyl-4-hydroxyphenyl)propionat]methan.

**[0033]** Der Gehalt des phenolischen Antioxidationsmittels beträgt vorzugsweise 0,5 bis 9,5 Massenteile und weiter bevorzugt 0,9 bis 6 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile der Polymerkomponente. Wenn der Gehalt weniger als 0,5 Massenteile beträgt, neigt die flammhemmende Zusammensetzung dazu, keinen Verbesserungseffekt der Wärmebeständigkeit aufzuzeigen. Wenn demgegenüber der Gehalt mehr als 9,5 Massenteile beträgt, blüht das Antioxidationsmittel leicht aus, insbesondere unter einer Atmosphäre mit hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit.

**[0034]** Beispiele des schwefelhaltigen Antioxidationsmittels umfassen eine Benzimidazolverbindung, eine organische Thiosäureverbindung, eine Dithiocarbamatverbindung und eine Thioharnstoffverbindung. Darunter wird im Hinblick auf eine Erhöhung des Verbesserungseffekts der Wärmebeständigkeit der flammhemmenden Zusammensetzung bevorzugt die Benzimidazolverbindung verwendet.

**[0035]** Beispiele der Benzimidazolverbindung umfassen 2-Mercaptobenzimidazol, 2-Mercaptomethylbenzimidazol, 4-Mercaptomethylbenzimidazol und 5-Mercaptomethylbenzimidazol und deren Zinksalze. Darunter werden vorzugsweise das 2-Mercaptobenzimidazol und dessen Zinksalz verwendet. Die oben beschriebenen Benzimidazolverbindungen können an Positionen des Benzimidazolgerüsts, an denen die Mercaptogruppen nicht gebunden sind, einen Substituenten wie eine Alkylgruppe aufweisen.

**[0036]** Der Gehalt des schwefelhaltigen Antioxidationsmittels beträgt vorzugsweise 0,5 bis 9,5 Massenteile und weiter bevorzugt 0,9 bis 6 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile der Polymerkomponente. Wenn der Gehalt weniger als 0,5 Massenteile beträgt, neigt die flammhemmende Zusammensetzung dazu, keine Wirkung hinsichtlich der Verbesserung der Wärmebeständigkeit aufzuzeigen. Wenn demgegenüber der Gehalt mehr als 9,5 Massenteile beträgt, blüht das Antioxidationsmittel leicht aus, insbesondere unter einer Atmosphäre mit hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit.

**[0037]** Beispiele des Metalloxids umfassen Zinkoxid, Aluminiumoxid, Kaliumoxid, Calciumoxid, Bariumoxid und Magnesiumoxid. Darunter ist Zinkoxid im Hinblick auf eine Erhöhung der Verbesserungswirkung der Wärmebeständigkeit der flammhemmenden Zusammensetzung besonders bevorzugt, insbesondere bei einer Verwendung zusammen mit dem 2-Mercaptobenzimidazol.

**[0038]** Der Gehalt des Metalloxids beträgt vorzugsweise 0,5 bis 9,5 Massenteile und weiter bevorzugt 0,9 bis 6 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile der Polymerkomponente. Wenn der Gehalt weniger als 0,5 Massenteile beträgt, neigt die flammhemmende Zusammensetzung dazu, keinen Effekt einer Verbesserung der Wärmebeständigkeit aufzuzeigen. Wenn demgegenüber der Gehalt mehr als 9,5 Massenteile beträgt, werden von der flammhemmenden Zusammensetzung keine ausreichenden mechanischen Eigenschaften bereitgestellt.

**[0039]** Beispiele des Kupferinhibitors umfassen eine Triazolverbindung. Beispiele der Triazolverbindung umfassen Schwermetalldesaktivatoren der ADK STAB CDA-SERIEN, hergestellt von ADEKA CORPORATION, und spezifische Beispiele der Schwermetalldesaktivatoren umfassen ADK STAB CDA-1, ADK STAB CDA-6 und ADK STAB CDA-10. Darunter wird ADK STAB CDA-6 (Decamethylencarbonsäuredisilylhydrazid) bevorzugt verwendet.

**[0040]** Der Gehalt des Kupferinhibitors beträgt vorzugsweise 0,1 bis 4,7 Massenteile und weiter bevorzugt 0,3 bis 3 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile der Polymerkomponente. Wenn der Gehalt weniger als 0,1 Massenteile beträgt, neigt die flammhemmende Zusammensetzung dazu, keine Wirkung hinsichtlich der Verbesserung der Wärmebeständigkeit aufzuzeigen. Wenn demgegenüber der Gehalt mehr als 4,7 Massenteile beträgt, blüht der Kupferinhibitor leicht aus, insbesondere unter einer Atmosphäre mit hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit, während die Wirkung hinsichtlich der Verbesserung der Wärmebeständigkeit gesättigt ist und eine Erhöhung der Kosten bewirkt wird.

**[0041]** Es ist bevorzugt, dass die flammhemmende Zusammensetzung gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ferner ein zweckdienliches Additiv innerhalb eines Bereichs enthält, bei dem keine Beeinflussung der Eigenschaften der flammhemmenden Zusammensetzung auftritt. Beispiele des Additivs umfassen einen UV-Absorber, einen Verarbeitungshilfsstoff (z. B. Wachs, Gleitmittel), einen flammhemmenden Hilfsstoff und ein Färbemittel.

**[0042]** Die flammhemmende Zusammensetzung gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann hergestellt werden durch Kneten des silanmodifizierten Polyolefins, des Polyolefins, des Metallhydrats, des phenolischen Antioxidationsmittels, des schwefelhaltigen Antioxidationsmittels, des Metalloxids, des Kupferinhibitors und eines Silanvernetzungs-katalysators zu einer Zusammensetzung unter Verwendung eines üblicherweise verwendeten Kneters wie eines Banbury-Mischers, eines Druckkneters, eines Knetextruders, eines Zweischneckenextruders und einer Walze, Formen der gekneteten Zusammensetzung und dann Silanvernetzen (Wasservernetzen) des silanmodifizierten Polyolefins nach dem Formen der Zusammensetzung. Die Gehalte der Komponenten werden vorzugsweise geeignet innerhalb der entsprechenden oben beschriebenen Bereiche eingestellt.

**[0043]** Beispiele des Silanvernetzungs-katalysators umfassen ein Metallcarboxylat, das ein Metall wie Zinn, Zink, Eisen, Blei, Cobalt, Barium und Calcium enthält, einen Titanatester, eine organische Base, eine anorganische Säure und eine organische Säure. Spezifische Beispiele des Silanvernetzungs-katalysators umfassen Dibutylzinndilaurat, Dibutylzinndimaleat, Dibutylzinnmercaptid (z. B. Dibutylzinn-bis-octylthioglycolat, Dibutylzinn-beta-mercaptopropionatpolymer), Dibutylzinndiacetat, Dioctylzinndilaurat, Zinnacetat, Zinnacrylat, Bleinaphthenat, Cobaltnaphthenat, Bariumstearat, Calciumstearat, Tetraäthyltitanat, Tetraäthyltitanat, Dibutylamin, Hexylamin, Pyridin, eine Schwefelsäure, Chlorwasserstoffsäure, eine Toluolsulfonsäure, ein Acetat, eine Stearinsäure und eine Maleinsäure. Darunter werden das Dibutylzinndilaurat, das Dibutylzinndimaleat und das Dibutylzinnmercaptid bevorzugt verwendet.

**[0044]** Der Gehalt des Vernetzungskatalysators beträgt vorzugsweise mehr als 0,001 und weniger als 0,579 Massenteile und weiter bevorzugt 0,003 bis 0,334 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile des silanmodifizierten Polyolefins. Wenn der Gehalt 0,001 Massenteile oder weniger beträgt, neigt das silanvernetzte Polyolefin dazu, einen unzureichenden Vernetzungsgrad aufzuweisen. Wenn demgegenüber der Gehalt 0,579 Massenteile oder mehr beträgt, neigt ein Formprodukt aus der Zusammensetzung dazu, eine verschlechterte Oberflächenerscheinung aufzuweisen.

**[0045]** Das silanmodifizierte Polyolefin kann vorzugsweise hergestellt werden durch eine Pfropfreaktion von Polyolefin mit einem Silanvernetzungs-mittel wie einem Silankopplungsreagens unter der Verwendung eines Radikale erzeugenden Mittels wie eines organischen Peroxids. In der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das silanmodifizierte Polyolefin vorab hergestellt und wird das hergestellte silanmodifizierte Polyolefin in Kontakt mit dem Metallhydrat gebracht. Der Grund hierfür ist, dass, wenn das Polyolefin, das Silankopplungsreagens und das Metallhydrat gleichzeitig miteinander verknetet werden, Wasser, das in dem Metallhydrat enthalten ist, mit dem Silankopplungsreagens reagiert und dadurch die Pfropfreaktion des Polyolefins mit dem Silankopplungsreagens behindert, wodurch ein gelartiges Material auf einer Oberfläche des aus der Zusammensetzung geformten Produkts erzeugt wird, wodurch eine verschlechterte Oberflächenerscheinung verursacht wird, bzw. wodurch bewirkt wird, dass eine unzureichende Vernetzung in dem silanvernetzten Polyolefin stattfindet, wodurch die Wärmebeständigkeit der flammhemmenden Zusammensetzung verringert ist. Durch ein vorheriges Herstellen des silanmodifizierten Polyolefins und ein Inkontaktbringen des hergestellten silanmodifizierten Polyolefins mit dem Metallhydrat kann das silanmodifizierte Polyolefin mit einem hohen Grad silanvernetzt werden (beispielsweise weist das silanvernetzte Polyolefin einen Gelgehalt von 50% oder mehr und vorzugsweise 60% oder mehr auf).

**[0046]** Beispiele des Silankopplungsreagens umfassen Vinylalkoxysilan wie Vinyltrimethoxysilan, Vinyltriethoxysilan und Vinyltributoxysilan, n-Hexyltrimethoxysilan, Vinylacetoxysilan,  $\gamma$ -Methacryloxypropyltrimethoxysilan und  $\gamma$ -Methacryloxypropylmethyldimethoxysilan. Diese können einzeln oder in Kombination verwendet werden.

**[0047]** Der Gehalt des Silankopplungsreagens beträgt vorzugsweise mehr als 0,1 Massenteile und weniger als 10 Massenteile und weiter bevorzugt 0,5 bis 5 Massenteile des Polyolefins, das silanmodifiziert werden soll. Wenn der Gehalt 0,1 Massenteile oder weniger beträgt, neigt das silanvernetzte Polyolefin dazu, einen unzureichenden Vernetzungsgrad aufzuweisen. Wenn demgegenüber der Gehalt 10 Massenteile oder mehr beträgt, neigt das aus der Zusammensetzung geformte Produkt dazu, eine verschlechterte Oberflächenerscheinung aufzuweisen.

**[0048]** Beispiele des Radikale erzeugenden Mittels umfassen Dicumylperoxid (DCP), Benzoylperoxid, Dichlorbenzoylperoxid, Di-tert-butylperoxid, Butylperacetat, tert-Butylperbenzoat und 2,5-Dimethyl-2,5-di(tert-butylperoxy)hexan. Unter diesen wird das Dicumylperoxid (DCP) bevorzugt verwendet.

**[0049]** Der Gehalt des Radikale erzeugenden Mittels beträgt vorzugsweise mehr als 0,01 und weniger als 0,3 Massenteile und weiter bevorzugt 0,025 bis 0,1 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile des Polyolefins, das silanmodifiziert werden soll. Wenn der Gehalt 0,01 Massenteile oder weniger beträgt, neigt das silanvernetzte Polyolefin dazu, einen unzureichenden Vernetzungsgrad aufzuweisen. Wenn demgegenüber der Gehalt 0,3 Massenteile oder mehr beträgt, findet ein Vernetzen des Peroxids ungewollterweise statt und neigt das aus der Zusammensetzung geformte Produkt dazu, eine verschlechterte Oberflächenerscheinung aufzuweisen.

**[0050]** In der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es darüber hinaus bevorzugt, dass eine Komponente A, die das silanmodifizierte Polyolefin enthält, eine Komponente B, die Additive einschließlich des Metallhydrats, des Antioxidationsmittels, des Metalloxids und des Kupferinhibitors enthält, und eine Komponente C, die den Silanvernetzungskatalysator enthält, hergestellt und bis unmittelbar vor dem Formen getrennt gehalten werden. Bei der Herstellung der Komponente, welche die Additive enthält, und der Komponente, welche den Silanvernetzungskatalysator enthält, ist es bevorzugt, Additive vorab Polymerkomponenten wie in solchen Komponenten enthaltenem Polyolefin zuzusetzen, damit das Verkneten mit der das silanmodifizierte Polyolefin enthaltenden Komponente einfach durchgeführt werden kann. Beispiele der Polymerkomponenten umfassen das oben beschriebene Polyolefin.

**[0051]** Das Mischungsverhältnis zwischen der Komponente A und der Komponente B: A/B beträgt als Massenverhältnis vorzugsweise 10/90 bis 60/40. Wenn die Komponente B weniger als 40 Massen-% beträgt, neigt die flammhemmende Zusammensetzung dazu, die flammhemmende Eigenschaft zu verlieren. Wenn demgegenüber die Komponente A weniger als 10 Massen-% beträgt, ist der Anteil der zu vernetzenden Komponente gering und neigt das silanvernetzte Polyolefin dazu, einen unzureichenden Vernetzungsgrad aufzuweisen. Aufgrund des unzureichenden Vernetzungsgrads des silanvernetzten Polyolefins neigt die flammhemmende Zusammensetzung dazu, eine verschlechterte Wärmebeständigkeit aufzuweisen. Darüber hinaus neigt die flammhemmende Zusammensetzung dazu, mit Kraftstoff aufzuquellen und somit eine verschlechterte Kraftstoffbeständigkeit aufzuweisen.

**[0052]** Der Gehalt der Komponente C beträgt vorzugsweise mehr als 1 Massenteil und weniger als 14,3 Massenteile und weiter bevorzugt 3 bis 10 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile des silanmodifizierten Polyolefins. Wenn der Gehalt 1 Massenteil oder weniger beträgt, ist der Anteil des Silanvernetzungskatalysators gering und neigt das silanvernetzte Polyolefin dazu, einen niedrigen Vernetzungsgrad aufzuweisen. Wenn demgegenüber der Gehalt 14,3 Massenteile oder mehr beträgt, ist der Silanvernetzungskatalysator im Übermaß vorhanden und neigt ein aus der flammhemmenden Zusammensetzung geformtes Produkt aufgrund dieses Überschusses dazu, eine verschlechterte Oberflächenerscheinung aufzuweisen.

**[0053]** Bei der Herstellung eines Umhüllungsmaterials eines isolierten Drahts aus der flammhemmenden Zusammensetzung ist es beispielsweise bevorzugt, dass die geknetete Zusammensetzung aus den Komponenten A, B und C um einen Leiter, der aus Kupfer, einer Kupferlegierung, Aluminium oder einer Aluminiumlegierung hergestellt ist, extrusionsgeformt wird und die Zusammensetzung dann silanvernetzt (wasservernetzt) wird.

**[0054]** Als Nächstes wird eine Beschreibung eines isolierten Drahts, der unter Verwenden der erfindungsgemäßen Zusammensetzung erhalten wird, gegeben. Der isolierte Draht umfasst die oben beschriebene flammhemmende Zusammensetzung und einen mit der Zusammensetzung bedeckten bzw. umhüllten Leiter. Der Durchmesser, das Material und andere Eigenschaften des Leiters sind nicht speziell beschränkt und können in Abhängigkeit von der beabsichtigten Verwendung festgelegt werden. Darüber hinaus ist die Dicke des Isolationsumhüllungsmaterials nicht speziell beschränkt und kann unter Berücksichtigung des Leiterdurchmessers festgelegt werden.

**[0055]** Die Herstellung des isolierten Drahts umfasst vorzugsweise die Schritte des Heißknetens der oben beschriebenen Komponenten A, B und C zu einer Zusammensetzung, des Extrusionsumhüllens des Leiters mit der heißgekneteten Zusammensetzung und dann Silanvernetzens (Wasservernetzens) der Umhüllungszusammensetzung.

## BEISPIELE

**[0056]** Unter Bezug auf Beispiele wird nun eine Beschreibung der vorliegenden Erfindung speziell bereitgestellt. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt.

## Verwendete Materialien, Hersteller und andere Informationen

**[0057]** Die in den Beispielen und Vergleichsbeispielen verwendeten Materialien werden nachfolgend zusammen mit ihren Herstellern, Handelsnamen und anderen Informationen bereitgestellt.

- Polyethylen (1) [Hersteller: DUPONT DOW ELASTOMERS JAPAN KK, Handelsname: ENGAGE 8003, Dichte = 0,885 g/cm<sup>3</sup>]
- Polyethylen (2) [Hersteller: DUPONT DOW ELASTOMERS JAPAN KK, Handelsname: ENGAGE 8450, Dichte = 0,902 g/cm<sup>3</sup>]
- Polyethylen (3) [Hersteller: DUPONT DOW ELASTOMERS JAPAN KK, Handelsname: ENGAGE 8540, Dichte = 0,908 g/cm<sup>3</sup>]
- Polyethylen (4) [Hersteller: DUPONT DOW ELASTOMERS JAPAN KK, Handelsname: ENGAGE 8452, Dichte = 0,875 g/cm<sup>3</sup>]
- Polyethylen (5) [Hersteller: NIPPON UNICAR COMPANY LIMITED, Handelsname: DFDJ 7540, Dichte = 0,920 g/cm<sup>3</sup>]
- Polypropylenelastomer (PP-Elastomer) [Hersteller: JAPAN POLYPROPYLENE CORPORATION, Handelsname: NEWCON NAR6, Dichte = 0,89 g/cm<sup>3</sup>]
- Magnesiumhydroxid [Hersteller: KYOWA CHEMICAL INDUSTRY CO., LTD., Handelsname: KISUMA 5]
- Silankopplungsreagens Hersteller: DOW CORNING TORAY CO., LTD., Handelsname: SZ6300]
- Dicumylperoxid (DCP) [Hersteller: NOF CORPORATION, Handelsname: PERCUMYL D]
- Silanvernetzungkatalysator (Dibutylzinndilaurat) [Hersteller: ADEKA CORPORATION, Handelsname: MARK BT-1]
- Phenolisches Antioxidationsmittel [Hersteller: CIBA SPECIALTY CHEMICALS INC., Handelsname: „IRGANOX 1010“]
- Schwefelhaltiges Antioxidationsmittel [Hersteller: OUCHI SHINKO CHEMICAL INDUSTRIAL CO., LTD., Handelsname: „NOCRAC MB“]
- Zinkoxid [Hersteller: HAKUSUITECH CO., LTD., Handelsname: „ZINC OXIDE JIS1“]
- Kupferinhibitor [Hersteller: ADEKA CORPORATION, Handelsname: CDA-1]

## Voruntersuchung 1

**[0058]** Als Erstes wurden Voruntersuchungen der Polyolefine hinsichtlich ihrer Arten durchgeführt. Im Speziellen wurden Untersuchungen im Hinblick auf die Auswirkungen der Leistungsfähigkeiten der Polyolefine mit unterschiedlichen Dichten durchgeführt, wenn diese als Umhüllungsmaterialien von isolierten Drähten verwendet werden (siehe Referenzbeispiele 1 bis 5 in Tabelle 1).

## Herstellung einer ein silangefropftes Polyethylen enthaltenden Charge

**[0059]** Es wurden wie folgt fünf Arten an ein silangefropftes Polyethylen enthaltenden Chargen (Komponenten A) gemäß den Referenzbeispielen hergestellt:

70 Massenteile eines jeden der Polyethylene (1) bis (5), 0,35 Massenteile des Silankopplungsreagens und 0,07 Massenteile des Peroxids (Dicumylperoxid) wurden in einen Zweischnellenknetextruder gegeben und während 0,1 bis 2 Minuten bei 200°C heißgeknetet, und die geknetete Zusammensetzung wurde dann zu Pellets geformt.

## Herstellung einer ein flammhemmendes Mittel enthaltenden Charge

**[0060]** Es wurde wie folgt eine ein flammhemmendes Mittel enthaltende Charge (Komponente B) hergestellt: 20 Massenteile an Polyethylen (1), 10 Massenteile des PP-Elastomers, 100 Massenteile des Magnesiumhydroxids, 3 Massenteile des phenolischen Antioxidationsmittels, 5 Massenteile des schwefelhaltigen Antioxidationsmittels, 5 Massenteile des Zinkoxids und 1 Massenteil des Kupferinhibitors wurden in einen Zweischnellenknetextruder gegeben und bei 200°C während 0,1 bis 2 Minuten heißgeknetet, und die geknetete Zusammensetzung wurde dann zu Pellets geformt.

## Herstellung einer einen Katalysator enthaltenden Charge

**[0061]** Es wurde wie folgt eine einen Katalysator enthaltende Charge (Komponente C) hergestellt: 5 Massenteile an Polyethylen (1) und 0,05 Massenteile des Silanvernetzungs-katalysators wurden in einen Zweischnellenknetextruder gegeben und während 0,1 bis 2 Minuten bei 200°C heißgeknetet, und die geknetete Zusammensetzung wurde dann zu Pellets geformt.

## Herstellung eines isolierten Drahts

**[0062]** Es wurden wie folgt fünf Arten an isolierten Drähten hergestellt: Jede der ein silangepfropftes Polyethylen enthaltenden Chargen, die ein flammhemmendes Mittel enthaltende Charge und die einen Katalysator enthaltende Charge wurden unter Verwendung eines Trichters eines Extruders bei ungefähr 180°C bis 200°C geknetet und einem Extrusionsverfahren unterzogen. Es wurden Leiter mit einem Außendurchmesser von 2,4 mm mit den auf diese Weise hergestellten Zusammensetzungen der gekneteten Chargen extrusionsumhüllt, wobei die Isolatoren eine Dicke von 0,7 mm aufwiesen (d. h. der Außendurchmesser der isolierten Drähte nach dem Extrusionsumhüllen betrug 3,8 mm). Die Zusammensetzungen wurden dann in einem Bad bei einer hohen Feuchtigkeit von 90% und einer hohen Temperatur von 60°C während 24 Stunden wasservernetzt.

## Beurteilung der Flexibilität

**[0063]** Die Beurteilungen der isolierten Drähte hinsichtlich der Flexibilität wurden durch das Berühren beim Biegen der isolierten Drähte mit der Hand durchgeführt. Im Speziellen wurden die isolierten Drähte, die ein gutes Gefühl vermittelten, als gut angesehen.

## Bewertung der Kraftstoffbeständigkeit

**[0064]** Die Bewertungen der isolierten Drähte hinsichtlich der Kraftstoffbeständigkeit wurden gemäß ISO6722-11-1 durchgeführt. Im Speziellen wurden die isolierten Drähte jeweils in einen ISO1817-Kraftstoff (eine Flüssigkeit C) während 20 Stunden bei  $23 \pm 5^\circ\text{C}$  eingetaucht, aus dem Kraftstoff entnommen, um den Kraftstoff von den Oberflächen abzuwischen, bei Raumtemperatur während 30 Minuten getrocknet und innerhalb 5 Minuten nach dem Schritt des Trocknens hinsichtlich des Außendurchmessers vermessen. Die isolierten Drähte, die eine Änderungsrate des Außendurchmessers von 15% oder weniger aufwiesen, wurden als gut angesehen, wobei die Änderungsrate anhand der folgenden Gleichung (Gleichung 1) berechnet wurde. Darüber hinaus wurden die isolierten Drähte jeweils um eine vorgeschriebene Spindel gewickelt und hinsichtlich des Auftretens von Rissen überprüft.

## Gleichung 1

$$\text{Änderungsrate} = (\text{Außendurchmesser vor dem Eintauchen} - \text{Außendurchmesser nach dem Eintauchen}) / (\text{Außendurchmesser vor dem Eintauchen}) \times 100 (\%)$$

**[0065]**

Tabelle 1

|                  |   | Art             | Dichte g/cm <sup>3</sup> | MFR (g/10 min) | Flexibilität | Kraftstoffbeständigkeit |
|------------------|---|-----------------|--------------------------|----------------|--------------|-------------------------|
| Referenzbeispiel | 1 | Polyethylen (1) | 0,885                    | 1              | gut          | gut                     |
|                  | 2 | Polyethylen (2) | 0,902                    | 3              | gut          | gut                     |
|                  | 3 | Polyethylen (3) | 0,908                    | 1              | gut          | gut                     |
|                  | 4 | Polyethylen (4) | 0,875                    | 3              | gut          | schlecht                |
|                  | 5 | Polyethylen (5) | 0,920                    | 0,6            | schlecht     | gut                     |

**[0066]** Die Tabelle 1 zeigt auf, dass die Polyolefine (Polyethylene) mit einer Dichte von 0,880 bis 0,910 g/cm<sup>3</sup> hinsichtlich der Flexibilität und Kraftstoffbeständigkeit ausgezeichnet sind.

#### Voruntersuchung 2

**[0067]** Als Nächstes wurden Voruntersuchungen hinsichtlich der Herstellungsbedingungen von silanvernetzten Polyolefinen durchgeführt. Die Bewertungen der Bedingungen wurden durchgeführt durch Messen der Gelgehalte der silanvernetzten Polyolefine und durch Bewerten der Oberflächenerscheinung der silanvernetzten Polyolefine nach einem Extrudieren.

#### Herstellung einer ein silangepropftes Polyethylen enthaltenden Charge

**[0068]** Es wurden wie folgt ein silangepropftes Polyethylen enthaltende Chargen (Komponenten A) gemäß den Referenzbeispielen hergestellt:

Die Bestandteile einer jeden Komponente A mit dem in Tabelle 2 aufgezeigten Massenverhältnis wurden in einen Zweischneckenknetextruder gegeben und während 0,1 bis 2 Minuten bei 200°C heißgeknetet, und die geknetete Zusammensetzung wurde dann zu Pellets geformt.

#### Herstellung einer ein flammhemmendes Mittel enthaltenden Charge

**[0069]** Es wurden wie folgt ein flammhemmendes Mittel enthaltende Chargen (Komponenten B) gemäß den Referenzbeispielen hergestellt:

Die Bestandteile einer jeden Komponente B mit dem in Tabelle 2 aufgezeigten Massenverhältnis wurden in einen Zweischneckenknetextruder gegeben und während 0,1 bis 2 Minuten bei 200°C heißgeknetet, und die geknetete Zusammensetzung wurde dann zu Pellets geformt.

#### Herstellung einer einen Katalysator enthaltenden Charge

**[0070]** Es wurden wie folgt einen Katalysator enthaltende Chargen (Komponenten C) gemäß den Referenzbeispielen hergestellt:

Die Bestandteile einer jeden Komponente C mit dem in Tabelle 2 aufgezeigten Massenverhältnis wurden in einen Zweischneckenknetextruder gegeben und während 0,1 bis 2 Minuten bei 200°C heißgeknetet, und die geknetete Zusammensetzung wurde dann zu Pellets geformt.

#### Herstellung eines isolierten Drahts

**[0071]** Es wurden wie folgt isolierte Drähte hergestellt:

Die ein silangepropftes Polyethylen enthaltende Charge (Komponente A), die ein flammhemmendes Mittel enthaltende Charge (Komponente B) und die einen Katalysator enthaltende Charge (Komponente C) wurden mit den in Tabelle 2 aufgezeigten entsprechenden Massenverhältnissen unter Verwendung eines Trichters eines Extruders bei ungefähr 180°C bis 200°C geknetet und einem Extrusionsverfahren unterzogen. Es wurden Leiter mit einem Außendurchmesser von 2,4 mm mit den auf diese Weise hergestellten Zusammensetzungen der gekneteten Chargen extrusionsumhüllt, wobei die Isolatoren eine Dicke von 0,7 mm aufwiesen (d. h. der Außendurchmesser der isolierten Drähte nach dem Extrusionsumhüllen betrug 3,8 mm). Die Zusammensetzungen wurden dann in einem Bad bei einer hohen Feuchtigkeit von 90% und bei einer hohen Temperatur von 60°C während 24 Stunden wasservernetzt.

#### Messverfahren des Gelgehalts

**[0072]** Die Gelgehalte der wasservernetzten Zusammensetzungen wurden gemäß JASO-D608-92 gemessen. Im Speziellen wurden jeweils ungefähr 0,1 g der Testproben der Isolatoren der isolierten Drähte abgewogen und in ein Teströhrchen gegeben, zu dem 20 ml an Xylol gegeben wurden, und wurden die Testproben dann in einem auf konstanter Temperatur gehaltenen Ölbad während 24 Stunden bei 120°C erwärmt. Die Testproben wurden dann jeweils aus dem Teströhrchen entnommen, um während 6 Stunden in einem Trockner bei 100°C getrocknet zu werden. Die getrockneten Testproben wurden jeweils auf Raumtemperatur gekühlt und genau ausgewogen. Die prozentualen Anteile der Massen der Testproben nach dem Test zu den Massen der Testproben vor dem Test wurden als die Gelgehalte definiert. Die Testproben mit einem Gelgehalt von 60% oder mehr wurden als ausgezeichnet angesehen, die Testproben mit einem Gelgehalt von 50% oder mehr wurden als gut angesehen und die Testproben mit einem Gelgehalt von weniger als 50% wurden als schlecht

angesehen. Der Gelgehalt ist ein allgemein verwendeter Index eines Wasservernetzungszustands eines vernetzten Drahts. Der Standard des Gelgehalts beträgt 50% oder mehr.

Bewertung der Oberflächenerscheinung nach einem Extrudieren

**[0073]** Formprodukte der Zusammensetzungen mit einer glatten Oberfläche wurden als ausgezeichnet angesehen, Formprodukte der Zusammensetzungen, die keine Oberflächenunebenheiten aufwiesen, wurden als gut angesehen, und Formprodukte der Zusammensetzungen mit Oberflächenunebenheiten wurden als schlecht angesehen.

Tabelle 2

|              |                                         | Referenzbeispiel |       |               |               |               |          |       |               |               |               |          |       |               |               |               |  |
|--------------|-----------------------------------------|------------------|-------|---------------|---------------|---------------|----------|-------|---------------|---------------|---------------|----------|-------|---------------|---------------|---------------|--|
|              |                                         | 6                | 7     | 8             | 9             | 10            | 11       | 12    | 13            | 14            | 15            | 16       | 17    | 18            | 19            | 20            |  |
| Komponente A | Polyethylen (1)                         | 70               | 70    | 70            | 70            | 70            | 70       | 70    | 70            | 70            | 70            | 70       | 70    | 70            | 70            | 70            |  |
|              | Silankopplungsreagens                   | -                | 0,07  | 0,35          | 3,5           | 7             | 0,35     | 0,35  | 0,35          | 0,35          | 0,35          | 0,35     | 0,35  | 0,35          | 0,35          | 0,35          |  |
|              | DCP                                     | 0,07             | 0,07  | 0,07          | 0,07          | 0,07          | -        | 0,007 | 0,0175        | 0,07          | 0,23          | 0,07     | 0,07  | 0,07          | 0,07          | 0,07          |  |
|              | Zwischensumme                           | 70,07            | 70,14 | 70,42         | 73,57         | 77,07         | 70,35    | 70,36 | 70,37         | 70,42         | 70,58         | 70,42    | 70,42 | 70,42         | 70,42         | 70,42         |  |
| Komponente B | Polyethylen (1)                         | 20               | 20    | 20            | 20            | 20            | 20       | 20    | 20            | 20            | 20            | 20       | 20    | 20            | 20            | 20            |  |
|              | PP-Elastomer                            | 10               | 10    | 10            | 10            | 10            | 10       | 10    | 10            | 10            | 10            | 10       | 10    | 10            | 10            | 10            |  |
|              | Magnesiumhydroxid                       | 100              | 100   | 100           | 100           | 100           | 100      | 100   | 100           | 100           | 100           | 100      | 100   | 100           | 100           | 100           |  |
|              | Phenolisches Antioxidationsmittel       | 3                | 3     | 3             | 3             | 3             | 3        | 3     | 3             | 3             | 3             | 3        | 3     | 3             | 3             | 3             |  |
|              | Schwefelhaltiges Antioxidationsmittel   | 5                | 5     | 5             | 5             | 5             | 5        | 5     | 5             | 5             | 5             | 5        | 5     | 5             | 5             | 5             |  |
|              | Zinkoxid                                | 5                | 5     | 5             | 5             | 5             | 5        | 5     | 5             | 5             | 5             | 5        | 5     | 5             | 5             | 5             |  |
| Komponente C | Kupferinhibitor                         | 1                | 1     | 1             | 1             | 1             | 1        | 1     | 1             | 1             | 1             | 1        | 1     | 1             | 1             | 1             |  |
|              | Zwischensumme                           | 144              | 144   | 144           | 144           | 144           | 144      | 144   | 144           | 144           | 144           | 144      | 144   | 144           | 144           | 144           |  |
|              | Polyethylen (1)                         | 5                | 5     | 5             | 5             | 5             | 5        | 5     | 5             | 5             | 5             | 5        | 5     | 5             | 5             | 5             |  |
|              | Silanvernetzungs-katalysator            | 0,05             | 0,05  | 0,05          | 0,05          | 0,05          | 0,05     | 0,05  | 0,05          | 0,05          | 0,05          | -        | 0,001 | 0,002         | 0,235         | 0,407         |  |
| Bewertung    | Zwischensumme                           | 5,05             | 5,05  | 5,05          | 5,05          | 5,05          | 5,05     | 5,05  | 5,05          | 5,05          | 5,05          | 5,00     | 5,00  | 5,00          | 5,24          | 5,41          |  |
|              | Oberflächenerscheinung nach Extrudieren | gut              | gut   | ausgezeichnet | ausgezeichnet | gut           | gut      | gut   | ausgezeichnet | ausgezeichnet | gut           | gut      | gut   | ausgezeichnet | ausgezeichnet | gut           |  |
|              | Gelgehalt                               | schlecht         | gut   | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | schlecht | gut   | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | schlecht | gut   | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet |  |

[0074] Aus Tabelle 2 ist ersichtlich, dass, wenn die Komponenten A 0,5 Massenteile oder mehr des Silan-kopplungsreagens enthalten (siehe Referenzbeispiele 8 bis 10) und 0,025 Massenteile oder mehr des Peroxids enthalten (siehe Referenzbeispiele 13 bis 15), bezogen auf 100 Massenteile des Polyethylens, weisen die

Zusammensetzungen einen Gelgehalt von 60% oder mehr auf. Es wird somit aufgezeigt, dass diese isolierten Drähte weiter verbesserte Umhüllungsmaterialien mit einem höheren Vernetzungsgrad einschließen. Es ist ferner ersichtlich, dass, wenn die Komponenten A 5 Massenteile oder weniger des Silankopplungsreagens enthalten (siehe Referenzbeispiele 7 bis 9) und 0,1 Massenteile oder weniger des Peroxids enthalten (siehe Referenzbeispiele 12 bis 14), bezogen auf 100 Massenteile des Polyethylens, die Umhüllungsmaterialien kaum Oberflächenunebenheiten aufweisen und somit eine ausgezeichnete Oberflächenerscheinung aufweisen. Es wurde demgemäß gefunden, dass der Gehalt des Silankopplungsreagens weiter bevorzugt 0,5 bis 5 Massenteile und der Gehalt des Peroxids weiter bevorzugt 0,025 bis 0,1 Massenteile beträgt (siehe Referenzbeispiele 6 bis 15).

**[0075]** Darüber hinaus wurde aufgezeigt, dass, wenn 0,003 Massenteile oder mehr des Silanvernetzungs-katalysators enthalten sind, bezogen auf 100 Massenteile des silangefropften Polyethylens der Komponenten A, die isolierten Drähte einen Gelgehalt von 60% oder mehr aufweisen. Es wurde somit gezeigt, dass diese isolierten Drähte weiter verbesserte Umhüllungsmaterialien mit einem höheren Vernetzungsgrad umfassen (siehe Referenzbeispiele 16 bis 20).

#### Beispiel und Vergleichsbeispiel

##### Herstellung einer ein silangefropftes Polyethylen enthaltenden Charge

**[0076]** Es wurde wie folgt eine ein silangefropftes Polyethylen enthaltende Charge (Komponente A) gemäß den vorliegenden Beispielen und Vergleichsbeispielen hergestellt:

70 Massenteile an Polyethylen (1), 0,35 Massenteile des Silankopplungsreagens und 0,07 Massenteile des Peroxids (Dicumylperoxid) wurden in einen Zweischnckenknetextruder gegeben und während 0,1 bis 2 Minuten bei 200°C heißgeknetet, und die geknetete Zusammensetzung wurde dann zu Pellets geformt.

##### Herstellung einer ein flammhemmendes Mittel enthaltenden Charge

**[0077]** Es wurden wie folgt ein flammhemmendes Mittel enthaltende Chargen (Komponenten B) gemäß den vorliegenden Beispielen und Vergleichsbeispielen hergestellt:

Die Bestandteile einer jeden Komponenten B mit dem in den Tabellen 3 bis 5 aufgezeigten Massenverhältnis wurden in einen Zweischnckenknetextruder gegeben und während 0,1 bis 2 Minuten bei 200°C heißgeknetet, und die geknetete Zusammensetzung wurde dann zu Pellets geformt.

##### Herstellung einer einen Katalysator enthaltenden Charge

**[0078]** Es wurde wie folgt eine einen Katalysator enthaltende Charge (Komponente C) gemäß den vorliegenden Beispielen und Vergleichsbeispielen hergestellt:

5 Massenteile an Polyethylen (1) und 0,05 Massenteile des Silanvernetzungs-katalysators wurden in einen Zweischnckenknetextruder gegeben und während 0,1 bis 2 Minuten bei 200°C heißgeknetet, und die geknetete Zusammensetzung wurde dann zu Pellets geformt.

##### Herstellung eines isolierten Drahts

**[0079]** Es wurden wie folgt jeweils isolierte Drähte hergestellt:

Die ein silangefropftes Polyethylen enthaltende Charge (Komponente A), die ein flammhemmendes Mittel enthaltende Charge (Komponente B) und die einen Katalysator enthaltende Charge (Komponente C) mit den in den Tabellen 3 bis 5 aufgezeigten entsprechenden Massenverhältnissen wurden unter Verwendung eines Trichters eines Extruders bei ungefähr 180°C bis 200°C geknetet und einem Extrusionsverfahren unterzogen. Leiter mit einem Außendurchmesser von 2,4 mm wurden mit den auf diese Weise hergestellten Zusammensetzungen der gekneteten Chargen extrusionsumhüllt, wobei die Isolatoren eine Dicke von 0,7 mm aufwiesen (d. h. der Außendurchmesser der isolierten Drähte nach dem Extrusionsumhüllen betrug 3,8 mm). Die Zusammensetzungen wurden dann in einem Bad bei einer hohen Feuchtigkeit von 90% und bei einer hohen Temperatur von 60°C während 24 Stunden wasservernetzt.

**[0080]** Die Bewertungen der erhaltenen isolierten Drähte wurden hinsichtlich einer flammhemmenden Eigenschaft und einer Wärmebeständigkeit gemäß den folgenden Verfahren durchgeführt. Darüber hinaus wurden Bewertungen der erhaltenen isolierten Drähte hinsichtlich der Produkteigenschaften (Bewertungen hinsichtlich einer Oberflächenerscheinung nach dem Extrudieren und mechanischer Eigenschaften) gemäß den folgenden Verfahren durchgeführt. Die Ergebnisse werden in den Tabellen 3 bis 5 aufgezeigt.

## Flammhemmende Eigenschaft

**[0081]** Es wurde ein horizontaler Brennversuch basierend auf JASO D608-92 durchgeführt. Im Speziellen wurden die isolierten Drähte gemäß den vorliegenden Beispielen und Vergleichsbeispielen in Teststücke mit einer Länge von 300 mm geschnitten und wurde ein mittlerer Abschnitt eines jeden Teststücks von unten innerhalb von 10 Sekunden der Spitze einer reduzierenden Flamme ausgesetzt, wobei ein Bunsenbrenner mit einem Innendurchmesser (Kaliber) von 10 mm verwendet wurde, und wurde dann, nachdem die Flamme vorsichtig entfernt wurde, eine Nachbrennzeit einer jeden Testprobe gemessen. Die Testproben, deren Flammen unmittelbar verloschen, wurden als ausgezeichnet angesehen, die Testproben, deren Nachbrennzeit innerhalb 30 Sekunden lag, wurden als gut angesehen, und die Testproben, deren Nachbrennzeit länger als 30 Sekunden betrug, wurden als schlecht angesehen.

## Wärmebeständigkeit

**[0082]** Es wurde basierend auf ISO 6722: 2006(F) 10.1 ein Wärmebeständigkeitstest durchgeführt. Im Speziellen wurden die isolierten Drähte gemäß den vorliegenden Beispielen und Vergleichsbeispielen in Testproben mit einer Länge von 350 mm oder mehr geschnitten. Die Testproben wurden während 3000 Stunden in einen Ofen bei 150°C gegeben. Es wurde dann jede Testprobe bei Raumtemperatur um eine Spindel gewickelt und auf Risse im Isolator untersucht. Die Testproben, die gering verfärbt waren und bei denen keine Risse zu beobachten waren, wurden als ausgezeichnet angesehen, die Testproben, bei denen keine Risse beobachtet wurden, wurden als gut angesehen, und die Testproben, bei denen einige Risse beobachtet wurden, wurden als schlecht angesehen.

## Bewertung der Oberflächenerscheinung nach einem Extrudieren

**[0083]** Formprodukte der Zusammensetzungen mit einer glatten Oberfläche wurden als ausgezeichnet angesehen, Formprodukte der Zusammensetzungen, die keine Oberflächenunebenheiten aufwiesen, wurden als gut angesehen und Formprodukte der Zusammensetzungen, die Oberflächenunebenheiten aufwiesen, wurden als schlecht angesehen.

## Bewertung der mechanischen Eigenschaften

**[0084]** Die Messungen der Zugfestigkeit und Zugdehnung der isolierten Drähte wurden durch einen Zugversuch gemäß JIS C 3005 erhalten. Im Speziellen wurden die isolierten Drähte, nachdem die Leiter davon entfernt wurden, jeweils auf eine Länge von 150 mm geschnitten und wurden röhrenförmige Teststücke erhalten, die lediglich das isolierende Umhüllungsmaterial umfassten. Bei einer Raumtemperatur von  $23 \pm 5^\circ\text{C}$  wurden dann die beiden Enden eines jeden Teststücks an Klemmen einer Zugtestvorrichtung befestigt und wurden mit einer Zuggeschwindigkeit von 200 mm/min gezogen und wurden die Belastung und Dehnung zum Zeitpunkt des Reißens eines jeden Teststücks gemessen. Die isolierten Drähte mit einer Zugfestigkeit von 11 MPa oder mehr und einer Zugdehnung von 200% oder mehr wurden als ausgezeichnet angesehen, die isolierten Drähte mit einer Zugfestigkeit von 10 MPa oder mehr und einer Zugdehnung von 150% oder mehr wurden als gut angesehen und die isolierten Drähte mit einer Zugfestigkeit von weniger als 10 MPa oder einer Zugdehnung von weniger als 150% wurden als schlecht angesehen.

Tabelle 3

|              |                                         | Beispiel        |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|--------------|-----------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Komponente A |                                         | 1               | 2             | 3             | 4             | 5             | 6             | 7             | 8             | 9             | 10            | 11            | 12            |
|              |                                         | Polyethylen (1) | 70            | 70            | 70            | 70            | 70            | 70            | 70            | 70            | 70            | 70            | 70            |
| Komponente B | Silankopplungsreagens                   | 0,35            | 0,35          | 0,35          | 0,35          | 0,35          | 0,35          | 0,35          | 0,35          | 0,35          | 0,35          | 0,35          | 0,35          |
|              | DCP                                     | 0,07            | 0,07          | 0,07          | 0,07          | 0,07          | 0,07          | 0,07          | 0,07          | 0,07          | 0,07          | 0,07          | 0,07          |
|              | Polyethylen (1)                         | 20              | 20            | 20            | 20            | 20            | 20            | 20            | 20            | 20            | 20            | 20            | 20            |
|              | PP-Elastomer                            | 10              | 10            | 10            | 10            | 10            | 10            | 10            | 10            | 10            | 10            | 10            | 10            |
| Komponente C | Magnesiumhydroxid                       | 100             | 100           | 100           | 100           | 100           | 100           | 100           | 100           | 100           | 100           | 100           | 100           |
|              | Phenolisches Antioxidationsmittel       | 3               | 3             | 3             | 3             | 3             | 3             | 3             | 3             | 3             | 3             | 3             | 3             |
|              | Schwefelhaltiges Antioxidationsmittel   | 0,5             | 0,9           | 6             | 10            | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             |
|              | Zinkoxid                                | 5               | 5             | 5             | 5             | 0,5           | 0,9           | 6             | 10            | 5             | 5             | 5             | 5             |
| Komponente D | Kupferinhibitor                         | 1               | 1             | 1             | 1             | 1             | 1             | 1             | 1             | 0,1           | 0,3           | 3             | 5             |
|              | Polyethylen (1)                         | 5               | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             |
|              | Silanvernetzungskatalysator             | 0,05            | 0,05          | 0,05          | 0,05          | 0,05          | 0,05          | 0,05          | 0,05          | 0,05          | 0,05          | 0,05          | 0,05          |
|              | Flammhemmende Eigenschaft               | ausgezeichnet   | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet |
| Bewertung    | Wärmebeständigkeit                      | gut             | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | gut           | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | gut           | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet |
|              | Oberflächenerscheinung nach Extrudieren | ausgezeichnet   | ausgezeichnet | ausgezeichnet | gut           | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | gut           |
|              | Mechanische Eigenschaften               | ausgezeichnet   | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | gut           | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet |
|              |                                         |                 |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |

Tabelle 4

|              |                                            | Beispiel           |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |  |  |
|--------------|--------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|--|
| Komponente A | Polyethylen (1)                            | 13                 | 14                 | 15                 | 16                 | 17                 | 18                 | 19                 | 20                 |  |  |
|              |                                            | 70                 | 70                 | 70                 | 70                 | 70                 | 70                 | 70                 | 70                 |  |  |
| Komponente B | Silankopplungsreagens                      | 0,35               | 0,35               | 0,35               | 0,35               | 0,35               | 0,35               | 0,35               | 0,35               |  |  |
|              | DCP                                        | 0,07               | 0,07               | 0,07               | 0,07               | 0,07               | 0,07               | 0,07               | 0,07               |  |  |
| Komponente C | Polyethylen (1)                            | 20                 | 20                 | 20                 | 20                 | 20                 | 20                 | 20                 | 20                 |  |  |
|              | PP-Elastomer                               | 10                 | 10                 | 10                 | 10                 | 10                 | 10                 | 10                 | 10                 |  |  |
|              | Magnesiumhydroxid                          | 30                 | 70                 | 150                | 200                | 100                | 100                | 100                | 100                |  |  |
|              | Phenolisches Antioxidationsmittel          | 3                  | 3                  | 3                  | 3                  | 0,5                | 0,9                | 6                  | 10                 |  |  |
|              | Schwefelhaltiges Antioxidationsmittel      | 5                  | 5                  | 5                  | 5                  | 5                  | 5                  | 5                  | 5                  |  |  |
|              | Zinkoxid                                   | 5                  | 5                  | 5                  | 5                  | 5                  | 5                  | 5                  | 5                  |  |  |
|              | Kupferinhibitor                            | 1                  | 1                  | 1                  | 1                  | 1                  | 1                  | 1                  | 1                  |  |  |
| Komponente C | Polyethylen (1)                            | 5                  | 5                  | 5                  | 5                  | 5                  | 5                  | 5                  | 5                  |  |  |
|              | Silanvernetzungs-katalysator               | 0,05               | 0,05               | 0,05               | 0,05               | 0,05               | 0,05               | 0,05               | 0,05               |  |  |
| Bewertung    | Flammhemmende Eigenschaft                  | gut                | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net |  |  |
|              | Wärmebeständigkeit                         | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net | gut                | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net |  |  |
|              | Oberflächenerscheinung nach<br>Extrudieren | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net | gut                |  |  |
|              | Mechanische Eigenschaften                  | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net | gut                | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net | ausgezeich-<br>net |  |  |

Tabelle 5

|              |                                         | Vergleichsbeispiel |               |               |               |               |
|--------------|-----------------------------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|              |                                         | 1                  | 2             | 3             | 4             | 5             |
| Komponente A | Polyethylen (1)                         | 70                 | 70            | 70            | 70            | 70            |
|              | Silankopplungsreagens                   | 0,35               | 0,35          | 0,35          | 0,35          | 0,35          |
|              | DCP                                     | 0,07               | 0,07          | 0,07          | 0,07          | 0,07          |
| Komponente B | Polyethylen (1)                         | 20                 | 20            | 20            | 20            | 20            |
|              | PP-Elastomer                            | 10                 | 10            | 10            | 10            | 10            |
|              | Magnesiumhydroxid                       | -                  | 100           | 100           | 100           | 100           |
|              | Phenolisches Antioxidationsmittel       | 3                  | -             | 3             | 3             | 3             |
|              | Schwefelhaltiges Antioxidationsmittel   | 5                  | 5             | -             | 5             | 5             |
|              | Zinkoxid                                | 5                  | 5             | 5             | -             | 5             |
|              | Kupferinhibitor                         | 1                  | 1             | 1             | 1             | -             |
| Komponente C | Polyethylen (1)                         | 5                  | 5             | 5             | 5             | 5             |
|              | Silanvernetzungs-katalysator            | 0,05               | 0,05          | 0,05          | 0,05          | 0,05          |
| Bewertung    | Flammhemmende Eigenschaft               | schlecht           | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet |
|              | Wärmebeständigkeit                      | ausgezeichnet      | schlecht      | schlecht      | schlecht      | schlecht      |
|              | Oberflächenerscheinung nach Extrudieren | ausgezeichnet      | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet |
|              | Mechanische Eigenschaften               | ausgezeichnet      | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet |

**[0085]** Es wird aufgezeigt, dass die isolierten Drähte gemäß den Vergleichsbeispielen hinsichtlich der flammhemmenden Eigenschaft oder der Wärmebeständigkeit minderwertig sind, da sie nicht das flammhemmende Mittel, das phenolische Antioxidationsmittel, das schwefelhaltige Antioxidationsmittel, das Metalloxid oder den Kupferinhibitor enthalten.

**[0086]** Im Gegensatz dazu wird aufgezeigt, dass die isolierten Drähte gemäß den vorliegenden Beispielen hinsichtlich der flammhemmenden Eigenschaft oder der Wärmebeständigkeit ausgezeichnet sind, da sie alle das flammhemmende Mittel, das phenolische Antioxidationsmittel, das schwefelhaltige Antioxidationsmittel, das Metalloxid und den Kupferinhibitor enthalten. Im Hinblick auf die Eigenschaftsbewertungen wird darüber hinaus aufgezeigt, dass die isolierten Drähte gemäß den vorliegenden Beispielen ausgezeichnete mechanische Eigenschaften aufweisen und keine Probleme hinsichtlich der Produktqualität in Bezug auf die Oberflächenerscheinung nach einem Extrudieren aufweisen.

**[0087]** Es wird aufgezeigt, dass die isolierten Drähte gemäß den vorliegenden Beispielen besonders ausgezeichnet hinsichtlich der Wärmebeständigkeit sind und eine ausgezeichnete Oberflächenerscheinung nach einem Extrudieren und ausgezeichnete mechanische Eigenschaften aufweisen, wenn 0,9 bis 6 Massenteile des phenolischen Antioxidationsmittels, 0,9 bis 6 Massenteile des schwefelhaltigen Antioxidationsmittels, 0,9 bis 6 Massenteile des Zinkoxids und 0,3 bis 3 Massenteile des Kupferinhibitors enthalten sind.

**[0088]** Als Nächstes wurden Untersuchungen hinsichtlich des Mischungsverhältnisses zwischen der ein silan-gepfropftes Polyethylen enthaltenden Charge (Komponente A), der ein flammhemmendes Mittel enthaltenden Charge (Komponente B) und der einen Katalysator enthaltenden Charge (Komponente C) durchgeführt.

## Herstellung einer ein silangefropftes Polyethylen enthaltenden Charge

**[0089]** Es wurde wie folgt eine ein silangefropftes Polyethylen enthaltende Charge (Komponente A) gemäß den Referenzbeispielen hergestellt:

70 Massenteile an Polyethylen (1), 0,35 Massenteile des Silankopplungsreagens und 0,07 Massenteile des Peroxids (Dicumylperoxid) wurden in einen Zweischnckenknetextruder gegeben und während 0,1 bis 2 Minuten bei 200°C heißgeknetet, und die geknetete Zusammensetzung wurde dann zu Pellets geformt.

## Herstellung einer ein flammhemmendes Mittel enthaltenden Charge

**[0090]** Es wurden wie folgt ein flammhemmendes Mittel enthaltende Chargen (Komponenten B) gemäß den Referenzbeispielen hergestellt:

Die Bestandteile einer jeden Komponente B wurden mit dem in Tabelle 6 aufgezeigten Massenverhältnis in einen Zweischnckenknetextruder gegeben und während 0,1 bis 2 Minuten bis 200°C heißgeknetet, und die geknetete Zusammensetzung wurde dann zu Pellets geformt.

## Herstellung einer einen Katalysator enthaltenden Charge

**[0091]** Es wurde wie folgt eine einen Katalysator enthaltende Charge (Komponente C) gemäß den Referenzbeispielen hergestellt:

5 Massenteile an Polyethylen (1) und 0,05 Massenteile des Silanvernetzungs-katalysators wurden in einen Zweischnckenknetextruder gegeben und während 0,1 bis 2 Minuten bei 200°C heißgeknetet, und die geknetete Zusammensetzung wurde dann zu Pellets geformt.

## Herstellung eines isolierten Drahts

**[0092]** Es wurden wie folgt isolierte Drähte hergestellt:

Die ein silangefropftes Polyethylen enthaltende Charge (Komponente A), irgendeine der ein flammhemmendes Mittel enthaltenden Chargen (Komponenten B) und die einen Katalysator enthaltende Charge (Komponente C) wurden mit dem in Tabelle 6 aufgezeigten Massenverhältnis unter Verwendung eines Trichters eines Extruders bei ungefähr 180°C bis 200°C geknetet und einem Extrusionsverfahren unterzogen. Leiter mit einem Außendurchmesser von 2,4 mm wurden mit den auf diese Weise hergestellten Zusammensetzungen der gekneteten Chargen extrusionsumhüllt, wobei die Isolatoren eine Dicke von 0,7 mm aufwiesen (d. h. der Außendurchmesser der isolierten Drähte nach dem Extrusionsumhüllen betrug 3,8 mm). Die Zusammensetzungen wurden dann in einem Bad bei einer hohen Feuchtigkeit von 90% und einer hohen Temperatur von 60°C während 24 Stunden wasservernetzt.

**[0093]** Die Bewertungen der erhaltenen isolierten Drähte wurden hinsichtlich der flammhemmenden Eigenschaft und der Wärmebeständigkeit gemäß den folgenden Verfahren durchgeführt. Darüber hinaus wurden Bewertungen der erhaltenen isolierten Drähte hinsichtlich der Produkteigenschaften (Bewertungen hinsichtlich einer Oberflächenerscheinung nach dem Extrudieren und mechanischer Eigenschaften) gemäß den folgenden Verfahren durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 aufgezeigt.

Tabelle 6

|                                                                      |                                         | Referenzbeispiel |               |               |               |               |               |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                                                                      |                                         | 21               | 22            | 23            | 24            | 25            | 26            |
| Komponente A                                                         |                                         | 40               | 80            | 70            | 70            | 70            | 70            |
| Komponente B                                                         | Polyethylen (1)                         | 50               | 10            | 20            | 20            | 20            | 20            |
|                                                                      | PP-Elastomer                            | 10               | 10            | 10            | 10            | 10            | 10            |
|                                                                      | Magnesiumhydroxid                       | 120              | 40            | 100           | 100           | 100           | 100           |
|                                                                      | Phenolisches Antioxidationsmittel       | 3                | 3             | 3             | 3             | 3             | 3             |
|                                                                      | Schwefelhaltiges Antioxidationsmittel   | 5                | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             |
|                                                                      | Zinkoxid                                | 5                | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             |
|                                                                      | Kupferinhibitor                         | 1                | 1             | 1             | 1             | 1             | 1             |
|                                                                      | Zwischensumme                           | 194              | 74            | 144           | 144           | 144           | 144           |
| Komponente C                                                         |                                         | 2,8              | 5,6           | 0,7           | 2,1           | 7             | 10            |
| A/(A+B)                                                              |                                         | 0,171            | 0,519         | 0,327         | 0,327         | 0,327         | 0,327         |
| Gehalt der Komponente C bezogen auf 100 Massenteile der Komponente A |                                         | 7,0              | 7,0           | 1,0           | 3,0           | 10,0          | 14,3          |
| Bewertung                                                            | Flammhemmende Eigenschaft               | ausgezeichnet    | gut           | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet |
|                                                                      | Wärmebeständigkeit                      | gut              | ausgezeichnet | gut           | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet |
|                                                                      | Oberflächenerscheinung nach Extrudieren | gut              | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | gut           |
|                                                                      | Mechanische Eigenschaften               | gut              | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet | ausgezeichnet |

**[0094]** Anhand Tabelle 6 ist ersichtlich, dass die isolierten Drähte hinsichtlich der flammhemmenden Eigenschaft oder der Wärmebeständigkeit ausgezeichnet sind, wenn die Mischungsverhältnisse zwischen den Komponenten A und den Komponenten B: A/B gleich 10/90 bis 60/40 als Massenverhältnis sind (siehe Referenzbeispiele 21 bis 22). Darüber hinaus wird aufgezeigt, dass die isolierten Drähte besonders ausgezeichnet hinsichtlich der Wärmebeständigkeit sind und eine ausgezeichnete Oberflächenerscheinung nach einem Extrudieren aufweisen, wenn die Gehalte der Komponenten C in Bezug auf 100 Massenteile der Komponenten A mehr als 1 Massenteil und weniger als 14,3 Massenteile sind (siehe Referenzbeispiele 23 bis 26), und werden demgemäß gute isolierte Drähte erhalten.

**[0095]** Die vorangehende Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wurde zum Zweck der Veranschaulichung und Erläuterung bereitgestellt. Es ist jedoch nicht beabsichtigt, dass dies erschöpfend ist oder die vorliegende Erfindung auf die offenbarte präzise Form eingeschränkt ist, und es sind Modifikationen und Variationen möglich, solange diese nicht von den Prinzipien der vorliegenden Erfindung abweichen.

### Patentansprüche

1. Flammhemmende Zusammensetzung, umfassend:  
eine Polymerkomponente, umfassend:

silanvernetztes Polyolefin und

Polyolefin, wobei der Polyolefingehalt 32 bis 157 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile des silanvernetzten Polyolefins beträgt,

mindestens eines von Magnesiumhydroxid und Aluminiumhydroxid, wobei der Gehalt des mindestens einen von Magnesiumhydroxid und Aluminiumhydroxid 28 bis 190 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile der Polymerkomponente beträgt,

ein phenolisches Antioxidationsmittel, wobei der Gehalt des phenolischen Antioxidationsmittels 0,5 bis 9,5 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile der Polymerkomponente beträgt,

ein schwefelhaltiges Antioxidationsmittel, das eine Benzimidazolverbindung umfasst, wobei der Gehalt des schwefelhaltigen Antioxidationsmittels 0,5 bis 9,5 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile der Polymerkomponente beträgt,

ein Zinkoxid, wobei der Gehalt des Zinkoxids 0,5 bis 9,5 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile der Polymerkomponente beträgt, und

einen Kupferinhibitor, wobei der Gehalt des Kupferinhibitors 0,1 bis 4,7 Massenteile bezogen auf 100 Massenteile der Polymerkomponente beträgt.

2. Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei das silanvernetzte Polyolefin Polyethylen mit einer Dichte von 0,880 bis 0,910 g/cm<sup>3</sup> umfasst, das silanvernetzt ist.

3. Zusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 und 2, wobei das Polyolefin mindestens ein Polyethylen mit einer Dichte von 0,880 bis 0,910 g/cm<sup>3</sup> und ein Olefinelastomer mit einem Schmelzpunkt von 140°C oder mehr umfasst.

4. Verwendung der flammhemmenden Zusammensetzung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3 zur Herstellung eines isolierten Drahts durch Umhüllen eines Leiters mit der Zusammensetzung.

5. Verfahren zur Herstellung einer flammhemmenden Zusammensetzung, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

Kneten:

einer Komponente A, die silanmodifiziertes Polyolefin umfasst, das hergestellt wird durch Pfpolymerisation von Polyolefin mit einem Silankopplungsreagens,

einer Komponente B, die Polyolefin, ein Metallhydrat, das mindestens eines von Magnesiumhydroxid und Aluminiumhydroxid umfasst, ein phenolisches Antioxidationsmittel, ein schwefelhaltiges Antioxidationsmittel, das eine Benzimidazolverbindung umfasst, ein Zinkoxid und einen Kupferinhibitor umfasst, und

einer Komponente C, die Polyolefin und einen Silanvernetzungskatalysator umfasst, zu einer Zusammensetzung,

Formen der gekneteten Zusammensetzung und

Wasservernetzen der geformten Zusammensetzung.

Es folgen keine Zeichnungen