



(10) **DE 11 2013 003 661 T5** 2015.06.25

(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2014/018738**  
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2013 003 661.4**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2013/052025**  
(86) PCT-Anmeldetag: **25.07.2013**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **30.01.2014**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **25.06.2015**

(51) Int Cl.: **C08L 77/00 (2006.01)**  
**C08L 23/26 (2006.01)**  
**C08L 51/06 (2006.01)**  
**C08L 83/04 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**US-61/675,990**      **26.07.2012**      **US**  
**US-61/737,481**      **14.12.2012**      **US**

(74) Vertreter:  
**BARDEHLE PAGENBERG Partnerschaft mbB**  
**Patentanwälte, Rechtsanwälte, 81675 München,**  
**DE**

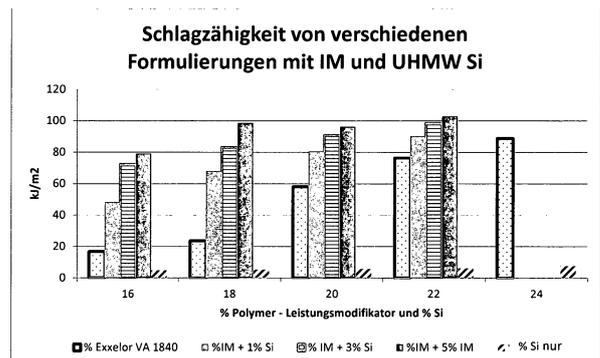
(71) Anmelder:  
**Invista Technologies S.A.R.L., St. Gallen, CH**

(72) Erfinder:  
**Bhatia, Rajeev S., Hixson, Tenn., US**

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

(54) Bezeichnung: **Thermoplastische Zusammensetzung zur Verwendung in Hochschlagzähnanwendungen**

(57) Zusammenfassung: Eine thermoplastische Zusammensetzung, die etwa 50 bis etwa 99 Gewichtsprozent eines Nylon 6,6-Harzes, etwa 1 bis etwa 50 Gewichtsprozent eines Polymer-Leistungsmodifikators und etwa 0,01 bis etwa 25 Gewichtsprozent eines Additivs auf Silikonbasis umfasst, wobei das Additiv auf Silikonbasis ein Siloxan-Polymer mit ultrahohem Molekulargewicht umfasst, das unfunktionalisiert und mit dem Polyamidharz nicht-reaktiv ist, wobei die thermoplastische Zusammensetzung einen Schlagzähigkeitswert aufweist, der größer ist als der der Kombination des Polyamidharzes und des Polymer-Leistungsmodifikators oder der Kombination des Polyamidharzes und des Additivs auf Silikonbasis, und wobei die thermoplastische Zusammensetzung eine Reißfestigkeit aufweist, die wenigstens 81% der der Kombination des Polyamidharzes und des Polymer-Leistungsmodifikators ist.



**Beschreibung**

## QUERVERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNGEN

**[0001]** Diese Anmeldung beansprucht die Prioritätsanmeldetage der U.S. Provisional-Anmeldung Serien-Nr. 61/675,990, eingereicht am 26. Juli 2012, und der U.S. Provisional-Anmeldung Serien-Nr. 61/737,481, eingereicht am 14. Dezember 2012, deren Offenbarung hierin durch Verweis in deren Gesamtheit speziell aufgenommen werden.

## GEBIET DER ERFINDUNG

**[0002]** Diese Offenbarung betrifft Polyamidzusammensetzungen mit verbesserter Schlagzähigkeit.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0003]** Nylon-Polymere sind in vielen Anwendungen aufgrund ihrer herausragenden Elastizität, Farbechtheit und des hohen Schmelzpunkts wünschenswert. Nylon-Polymere haben üblicherweise die Form von Pellets oder Flocken, die für eine Verwendung in Kunststoffanwendungen geschmolzen und geformt werden können; oder als Faser für eine Verwendung in Garnanwendungen, wie Kleidung, Teppich, Airbags und Freilandausrüstung bzw. Outdoor-Ausrüstung, extrudiert werden können.

**[0004]** In den letzten Jahren wurden Nylon-Harze für Automobil-, Elektronik-, Industrie- und Verbraucheranwendungen eingesetzt. Um die Leistungsstandards für diese Anwendungen zu erfüllen, werden Nylon-Harze üblicherweise mit Additiven, wie Schlagzähigkeitsmodifikatoren und mineralischen oder synthetischen Verstärkungen verbessert.

**[0005]** Schlagzähmodifizierte Nylon-Zusammensetzungen sind für industrielle Anwendungen nützlich, da sie allgemein gute Schlagzähigkeit, Steifheit und Bindenahtfestigkeit aufweisen. US-Patent-Nr. 4,346,194 und 6,579,581 lehren Nylon-Harze mit schlagzähmodifizierenden Komponenten. Übliche Schlagzähigkeitsmodifikatoren sind elastomere, olefinische Copolymere, die mit funktionellen Carboxyl- oder Carboxylat-Gruppen gefropft sind. Es ist wünschenswert, Nylon-Zusammensetzungen mit hoher Schlagzähigkeit und Steifheit zu haben. Jedoch ist es wohl bekannt und es wird verstanden, dass eine Verbesserung der Schlagzähigkeit einer Polymer-Zusammensetzung mit üblicherweise verfügbaren Modifikatoren allgemein zu einer proportionalen Abnahme bei der Zugfestigkeit führt. Aufgrund dieser inversen Beziehung muss zur Erzielung einer signifikanten Zunahme bei der Schlagzähigkeit für eine Zusammensetzung eine entsprechende Abnahme bei der Zugfestigkeit auch erwartet werden. Diese inverse Beziehung begrenzt die Verwendung von schlagzähmodifizierten Nylon-Zusammensetzungen, wenn die Zugfestigkeitsanforderungen nicht erfüllt werden können.

**[0006]** Daher besteht ein Bedarf an thermoplastischen Formmassen, die erhöhte Schlagzähigkeit und ähnliche Zugfestigkeit zu dem in der Zusammensetzung verwendeten Grundharz besitzen.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0007]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine thermoplastische Zusammensetzung, die ein Polyamidharz, einen Polymer-Leistungsmodifikator bzw. -Leistungsverbesserer und ein Additiv auf Silikonbasis umfasst. Die resultierende thermoplastische Zusammensetzung weist eine Schlagzähigkeit, die größer als die der Kombination des Polyamidharzes und Polymer-Leistungsmodifikators allein ist, und eine Zugfestigkeit auf, die mit dem Polyamidharz vergleichbar ist.

**[0008]** In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst die thermoplastische Zusammensetzung etwa 25 bis etwa 99 Gewichtsprozent eines Polyamidharzes; etwa 1 bis etwa 50 Gewichtsprozent eines Polymer-Leistungsmodifikators; und etwa 0,01 bis etwa 25 Gewichtsprozent eines Additivs auf Silikon-Basis.

**[0009]** In einer anderen Ausführungsform weist die thermoplastische Zusammensetzung einen Schlagzähigkeitswert auf, der größer ist als der der Kombination der Polyamidharzes und des Polymer-Leistungsmodifikators oder der Kombination des Polyamidharzes und des Additivs auf Silikonbasis. Das Additiv auf Silikonbasis umfasst ein Siloxan-Polymer mit ultrahohem Molekulargewicht auf, das unfunktionalisiert und mit dem Polyamidharz nicht-reaktiv sein kann. Für eine gleichmäßige Leistung kann es wünschenswert sein, das Additiv auf Silikonbasis in der thermoplastischen Zusammensetzung gleichmäßig zu verteilen.

**[0010]** In einer anderen Ausführungsform weist die thermoplastische Zusammensetzung eine Reißfestigkeit bzw. Bruchfestigkeit bzw. Zugfestigkeit (ultimate tensile strength) auf, die wenigstens 80% der der Kombination des Polyamidharzes und des Polymer-Leistungsmodifikators ist.

**[0011]** Der Polymer-Leistungsmodifikator umfasst ein elastomeres polyolefinisches Polymer, das mit einem ungesättigten Carbonsäureanhydrid funktionalisiert ist.

**[0012]** In einer anderen Ausführungsform umfasst der Polymer-Leistungsmodifikator ein elastomeres Ethylen-Copolymer, das mit Maleinsäureanhydrid funktionalisiert ist, ein Ethylen- $\alpha$ -Olefin-Copolymer, das mit Maleinsäureanhydrid funktionalisiert ist, ein Terpolymer von Ethylen, Acrylester bzw. Acrylsäureester und Maleinsäureanhydrid, ein Polyolefin-Elastomer, das mit Maleinsäureanhydrid gepfropft (MAH) ist, und Kombinationen davon.

**[0013]** Thermoplastische Zusammensetzungen, die Gegenstand dieser Entdeckung sind, können weiterhin Additive, wie Schmiermittel bzw. Gleitmittel, Glasfüllstoffe, Mineralfüllstoffe, Weichmacher, Pigmente, Farbstoffe, Antioxidationsmittel, Wärmestabilisatoren, Hydrolysestabilisatoren, Nukleierungsmittel, Flammenschutzmittel, Treibmittel und Kombinationen davon umfassen.

**[0014]** Die Mineralfüllstoffe umfassen, sind aber nicht darauf beschränkt, Kaolin, Ton, Talk und Wollastonit, Diatomit bzw. Diatomint, Titandioxid, Mika, amorphes Siliciumdioxid, und Kombinationen davon.

**[0015]** In ähnlicher Weise werden die Glasfüllstoffe ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Kurzglasfaser, Langglasfaser, Endlosglasfaser bzw. durchgehender Glasfaser, Glasflocken, Glasperlen bzw. -kugeln, und Kombinationen davon.

**[0016]** Die Glasfüllstoffe können hydrolysebeständige Glasfasern sein, die in Abhängigkeit von der Anwendung mit einer Schlichte- bzw. Leimungszusammensetzung und Organosilan-Kupplungsmitteln beschichtet sind.

**[0017]** Wärmestabilisatoren werden ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus gehinderten Phenolen, Amin-Antioxidationsmitteln, gehinderten Amin-Lichtstabilisatoren (HALS), Arylaminen, Antioxidationsmitteln auf Phosphorbasis, Kupfer-Wärmestabilisatoren, mehrwertigen Alkoholen, Tripentaerythritol, Dipentaerythritol, Pentaerythritol, und Kombinationen davon.

**[0018]** Bei dem Polyamidharz kann es sich um ein beliebiges Polyamid handeln, für welches die Schlagzähigkeit erwünscht ist, einschließlich Nylon 6, Nylon 6,6, Nylon 6,12, Nylon 4,6, Nylon 6,10, Nylon 7, Nylon 10, Nylon 10,10, Nylon 12, Nylon 12,12, Nylon 6T, Nylon 6I, Nylon DT, Nylon DI, Nylon 6T/6I, Nylon 6T/DT, Nylon 6/6,6, Nylon DT/DI, Nylon MXD-6, und Blends bzw. Gemische, und Copolymere davon.

**[0019]** In einer anderen Ausführungsform umfasst die thermoplastische Zusammensetzung weiterhin etwa 0,1 bis etwa 5,0 Gewichtsprozent eines Copolymers von Olefin und Maleinsäureanhydrid, wobei das eine Copolymer von Olefin und Maleinsäureanhydrid ein Molekulargewicht im Bereich von etwa 300 bis etwa 1.000.000 aufweist und das Verhältnis von Olefin zu Maleinsäureanhydrid 1:1 beträgt. In dieser Ausführungsform, in der das Olefin Ethylen ist, ist es möglich, eine Scherviskosität von mehr als 1000 Pa zu erzeugen, wenn bei einer Schergeschwindigkeit von  $100 \text{ sec}^{-1}$  getestet wird. Darüber hinaus ist es möglich, eine thermoplastische Zusammensetzung mit einer Scherviskosität zu erzeugen, die größer als 2000 Pa ist, wenn bei einer Schergeschwindigkeit von  $30 \text{ sec}^{-1}$  getestet wird.

**[0020]** In einer anderen Ausführungsform liegt der Polymer-Leistungsmodifikator in einer Menge von etwa 16 Gewichtsprozent bis etwa 18 Gewichtsprozent vor und das Additiv auf Silikonbasis liegt in einer Menge von etwa 1,0 Gewichtsprozent bis etwa 5,0 Gewichtsprozent vor. Besonders, wenn der Polymer-Leistungsmodifikator zu etwa 16 Gewichtsprozent vorliegt und das Additiv auf Silikonbasis in einer Menge von etwa 1,0 Gewichtsprozent bis etwa 5,0 Gewichtsprozent vorliegt, ist es möglich, eine Schlagzähigkeit von wenigstens  $70 \text{ kJ/m}^2$  zu realisieren, wenn bei Raumtemperatur getestet wird.

**[0021]** In einer anderen Ausführungsform liegt der Polymer-Leistungsmodifikator in einer Menge von etwa 18 Gewichtsprozent bis etwa 22 Gewichtsprozent vor und das Additiv auf Silikonbasis liegt in einer Menge von etwa 1,0 Gewichtsprozent bis etwa 5,0 Gewichtsprozent vor, wobei die Schlagzähigkeit wenigstens  $80 \text{ kJ/m}^2$  beträgt, wenn bei Raumtemperatur getestet wird.

**[0022]** In einer anderen Ausführungsform stellt die Erfindung eine günstige Zugfestigkeit bereit, wenn der Polymer-Leistungsmodifikator zu etwa 16 Gewichtsprozent bis etwa 22 Gewichtsprozent vorliegt und das Additiv auf Silikonbasis in einer Menge von etwa 1,0 Gewichtsprozent bis etwa 5,0 Gewichtsprozent vorliegt. Es wurde gefunden, dass die Zugfestigkeit wenigstens 20 MPa bei 50% Dehnung (Elongation) beträgt, wenn bei 100% Feuchtigkeitssättigung getestet wird. Darüber hinaus wurde kein Bruch bei 200% Dehnung (Elongation) beobachtet, wenn bei 100% Feuchtigkeitssättigung getestet wurde.

**[0023]** Die thermoplastische Zusammensetzung kann in Formgegenstände geformt werden, die auf Gebieten nützlich sind, die Schlagbeständigkeit und -zähigkeit erfordern, wie Automobilteile. Zusätzliche Anwendungen schließen Blasform- oder Spritzgußanwendungen, pneumatische Rohrarbeiten, Röhren, Rohre, chemische Behälter, Gastanks bzw. -behälter, Befestigungsmittel und Schnappverschlussteile, aufklappbare Teile, Getriebe und Lager, Sportwaren, Skilager, Sprenglerköpfe, Antriebstrommeln bzw. -zylinder bzw. -walzen, mikrozelluläre Schaumverarbeitung, Rasenmähereteile oder -Vorrichtungen ein.

**[0024]** Weiterhin bereit gestellt wird ein Verfahren zum Bilden bzw. Formen der thermoplastischen Zusammensetzung, das die Schritte des Zugebens eines Polymer-Leistungsmodifikators und eines Additivs auf Silikonbasis zu einem Polyamidharz und anschließendes Zusammenmischen des Polymer-Modifikators, Additivs auf Silikonbasis und Polyamidharzes zur Bildung eines hochschlagzähnen Polymers umfasst.

**[0025]** Darüber hinaus bereit gestellt wird ein Verfahren zur Erhöhung der Schlagzähigkeit in einem Polymer, das die Schritte umfasst: Zugeben eines Polymer-Leistungsmodifikators und eines Additivs auf Silikonbasis, das ein Siloxan-Polymer mit ultrahohem Molekulargewicht umfasst, zu einem Polyamidharz und Vermischen des Polymer-Modifikators, Additivs auf Silikonbasis und Polyamidharzes zur Bildung eines hochschlagzähnen Polymers, welches eine Reißfestigkeit bzw. Bruchfestigkeit bzw. Zugfestigkeit (ultimate tensile strength) von wenigstens 80% der Zugfestigkeit der der Kombination des Polyamidharzes mit dem Polymer-Modifikator zeigt. Der Polymer-Leistungsmodifikator dieses Verfahrens umfasst einen Schlagzähigkeitsmodifikator, der ausgewählt werden kann aus einer Gruppe bestehend aus einem elastomeren Ethylen-Copolymer, das mit Maleinsäureanhydrid funktionalisiert ist, einem Ethylen- $\alpha$ -Olefin-Copolymer, das mit Maleinsäureanhydrid funktionalisiert ist, einem Terpolymer von Ethylen, Acrylester bzw. Acrylsäureester und Maleinsäureanhydrid, einem Polyolefin-Elastomer, das mit Maleinsäureanhydrid gepfropft (MAH) ist, und Kombinationen davon.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0026]** Fig. 1 ist ein Diagramm, das die Schlagzähigkeit von unverstärktem Nylon 6,6-Harz mit verschiedenen Mengen an einem Polymer-Leistungsmodifikator und einem Additiv aus Silikonbasis zusammenfasst.

**[0027]** Fig. 2 ist ein Diagramm, das die Schlagzähigkeit von unverstärktem Nylon 6,6-Harz mit verschiedenen Mengen an einem Polymer-Leistungsmodifikator und einem Additiv auf Silikonbasis, getestet bei  $-40^{\circ}\text{C}$ , zusammenfasst.

**[0028]** Fig. 3 ist ein Diagramm, das die Schlagzähigkeit von unverstärktem Nylon 6,6-Harz mit verschiedenen Mengen an einem Polymer-Leistungsmodifikator und einem Additiv auf Silikonbasis, getestet bei Raumtemperatur, zusammenfasst.

**[0029]** Fig. 4 ist ein Diagramm, das die Zugfestigkeit von unverstärktem Nylon 6,6-Harz mit verschiedenen Mengen an einem Polymer-Leistungsmodifikator und einem Additiv auf Silikonbasis, getestet nach Feuchtigkeitskonditionierung, zusammenfasst.

#### GENAUE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0030]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine thermoplastische Zusammensetzung, die ein Polyamidharz, einen Polymer-Leistungsmodifikator bzw. -Leistungsverbesserer und ein Additiv auf Silikonbasis umfasst. Die resultierende thermoplastische Zusammensetzung weist eine Schlagzähigkeit, die größer ist als die der Kombination des Polyamidharzes und Polymer-Leistungsmodifikators allein, und eine Zugfestigkeit auf, die dem Polyamidharz vergleichbar ist.

**[0031]** In einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst die thermoplastische Zusammensetzung etwa 25 bis etwa 99 Gewichtsprozent eines Polyamidharzes; etwa 1 bis etwa 50 Gewichtsprozent eines Polymer-Leistungsmodifikators; und etwa 0,01 bis etwa 25 Gewichtsprozent eines Additivs auf Silikonbasis. Aufgrund der hohen Schlagzähigkeit und niedrigen Flexibilität der thermoplastischen Zusammen-

setzung sind Formgegenstände, die die thermoplastische Zusammensetzung umfassen, für viele industrielle Anwendungen nützlich. Eine bevorzugte Verwendung besteht in der Erzeugung thermoplastischer Gegenstände, die in der Automobilindustrie nutzbringend sind.

**[0032]** Andere Verwendungen der vorliegenden thermoplastischen Zusammensetzung schließen ein, sind jedoch nicht darauf beschränkt, Blasform- oder Spritzgießanwendungen, pneumatische Rohrarbeiten, Röhren, Rohre, chemische Behälter, Gastanks bzw. -behälter, Befestigungsmittel und Schnappverschlusssteile, klappbare Teile, Getriebe und Lager, Sportwaren, Skilager, Sprenklerköpfe, Antriebsstromeln bzw. -zylinder bzw. -walzen, mikrozelluläre Schaumverarbeitung (d. h. Mucell® Technology), Rasenmähersteile oder -vorrichtungen.

**[0033]** In einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das Additiv auf Silikonbasis ein Siloxan-Polymer mit ultrahohem Molekulargewicht und kann weiterhin ein Bindemittel umfassen. Das Siloxan-Polymer mit ultrahohem Molekulargewicht ist unfunktionalisiert und mit dem Polyamid nicht reaktiv. Zusätzlich kann ein unfunktionalisiertes Siloxan-Polymer nicht als entweder ein Gel oder ein Öl angesehen werden. Geeignete Bindemittel für das Additiv auf Silikonbasis schließen pyrogene Kieselsäure (fumed silica) bzw. Quarzstaub ein. Das Additiv auf Silikonbasis kann in einer pelletisierten Formulierung von Silicone-Gum (silicone gum) bzw. Silikongummi-Formulierung bereitgestellt werden. Eine kommerziell erhältliche Formulierung wird unter dem Namen Genioplast® Pellet S von Wacker vertrieben.

**[0034]** Diese thermoplastische Zusammensetzung zeigt die unerwartete und bemerkenswerte Erkenntnis, dass die Schlagzäh- bzw. Aufpralleistung einer ein Polyamidharz enthaltenden thermoplastischen Zusammensetzung in großem Maße durch die synergistische Kombination eines Leistungsmodifikators und eines Siloxan-Polymers mit ultrahohem Molekulargewicht verbessert wird. Von der thermoplastischen Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung wurde gezeigt, dass sie sich einer gleichmäßigen Deformation bei Belastung und Beladung unterzieht. Darüber hinaus weist die thermoplastische Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung verbesserte Schlagzähigkeit, Festigkeit, Niedertemperatur-Duktilität, Ermüdungswiderstand, Verschleißwiderstand, Widerstand gegenüber Verengung bzw. Einschnürung (necking) und Rückdehnung auf. Die thermoplastische Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung stellt auch einen hohen Berstdruck und ein verbessertes Oberflächenerscheinungsbild für glasgefüllte Harze bereit.

**[0035]** Man glaubt, dass dieses unvorhergesehene Verhalten eines Siloxan-Polymers durch seine Immobilität in der kontinuierlichen Phase der Nylon-Zusammensetzung bedingt ist, welche es ihm erlaubt, sich gleichmäßig in der thermoplastischen Zusammensetzung zu verteilen. Die Natur des hohen Molekulargewichts verhindert, dass das Siloxan-Polymer zur Oberfläche wandert oder diffundiert und sich schließlich zerstreut, was beim Dämpfen der Aufprallenergie in Verbindung mit dem Leistungsmodifikator hilft. Andererseits würden Gele oder Öle aufgrund sehr hoher Diffusivität, insbesondere bei Prozessbedingungen, dazu neigen, zur Oberfläche zu wandern. Es wurde auch gefunden, dass das Silikon von dem traditionellen Additiv auf Silikonbasis auf der Oberfläche der thermoplastischen Zusammensetzung ausblüht, was eine nicht gleichmäßige Dispersion der Zusammensetzungskomponenten erzeugt.

**[0036]** Es kann weiterhin wünschenswert sein, die Schmelzviskosität der thermoplastischen Zusammensetzung zu erhöhen. Auf diese Weise wird eine thermoplastische Zusammensetzung bereitgestellt, die etwa 50 bis etwa 99 Gewichtsprozent eines Polyamidharzes; etwa 1 bis etwa 50 Gewichtsprozent eines Polymer-Leistungsmodifikators; 0,01 bis etwa 25 Gewichtsprozent eines Additivs auf Silikonbasis; und etwa 0,1 bis etwa 5,0 Gewichtsprozent eines Copolymers von Olefin und Maleinsäureanhydrid umfasst, wobei das eine Copolymer von Olefin und Maleinsäureanhydrid ein Molekulargewicht im Bereich von etwa 300 bis etwa 1.000.000 hat und das Verhältnis von Olefin zu Maleinsäureanhydrid 1:1 beträgt. Geeignete Olefine schließen beliebige derartige ein, die in der Technik bekannt sind. In einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt es sich bei dem Olefin um Ethylen. Ein kommerziell erhältliches 1:1-Copolymer von Ethylen und Maleinsäureanhydrid wird unter dem Namen ZeMac® von Vertellus® vertrieben. Wie in Beispiel 4 beschrieben, kann die Scherviskosität auf einen Bereich von etwa 1000 bis etwa 2100 Pa erhöht werden, wenn in einem Schergeschwindigkeitsbereich von etwa 30 bis etwa 100 sec<sup>-1</sup> getestet wird. Bei dieser Schmelzviskosität kann die thermoplastische Zusammensetzung für Blasform- und Rohrextrusionsanwendungen verwendet werden.

**[0037]** Geeignete Polyamidharze, die für die vorliegende Erfindung verwendet werden können, schließen beliebige bekannte Polyamide im Stand der Technik ein. Diese schließen ein, sind aber nicht darauf beschränkt: aliphatische, halbkristalline, aromatische oder halbaromatische Nylon-Harze. Die Nylon-Harze sind diejenigen, die aus Ausgangsmaterialien von im Wesentlichen einem Lactam oder einem Diamin, und einer aliphatischen, halbaromatischen oder aromatischen Dicarbonsäure hergestellt werden. Geeignete Lactame schließen Caprolactam und Lauro lactam ein. Geeignete Amine schließen Tetramethyldiamin, Hexamethyldiamin (HMD),

2-Methylpentamethylendiamin, Undecamethylendiamin, Dodecamethylendiamin, 2,2,4-/2,4,4-Trimethylhexamethylendiamin, 5-Methylnonamethylendiamin, Metaxylylendiamin (MXD), Paraxylylendiamin und 2-Methyl-1,5-pentamethylendiamin (MPMD) ein. Geeignete Dicarbonsäuren schließen diejenigen ein, wie: Adipinsäure, Suberinsäure, Azelainsäure, Sebacinsäure, Dodecandisäure (DDDA), Terephthalsäure (TPA), Isophthalsäure (IPA), 2-Chlorterephthalsäure, 2-Methylterephthalsäure, 5-Methylisophthalsäure, 5-Natriumsulfoisophthalsäure, Hexahydroterephthalsäure und Hexahydroisophthalsäure. In der Erfindung werden Nylon-Homopolymere oder -Copolymere, die sich von diesen Ausgangsmaterialien ableiten, entweder einzeln oder als deren Gemische verwendet.

**[0038]** Spezifische Beispiele für Polyamidharze, die für thermoplastische Zusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung wünschenswert sind, sind:

(Nylon 6), Polyundecanamid (Nylon 11), Polylauramid (Nylon 12), Polyhexamethylenadipamid (Nylon 66), Polytetramethylenadipamid (Nylon 46), Polyhexamethylensebacamid (Nylon 610), Polyhexamethylendodecamid (Nylon 612), Polyhexamethylenterephthalamid (6T), Polyhexamethylenisophthalamid (6I), 2-Methylpentamethylenterephthalamid (DT), 2-Methylpentamethylenisophthalamid (DI), Polyhexamethylenterephthalamid/Polycapramid-Copolymer (Nylon 6T/6), Polyhexamethylenterephthalamid/Polydodecanamid-Copolymer (Nylon 6T/12), Polyhexamethylenadipamid/Polyhexamethylenterephthalamid-Copolymer (Nylon 66/6T), Polyhexamethylenadipamid/Polyhexamethylenisophthalamid-Copolymer (Nylon 66/6I), Polyhexamethylenadipamid/Polyhexamethylenisophthalamid/Polycapramid-Copolymer (Nylon 66/6I/6), Polyhexamethylenadipamid/Polyhexamethylenterephthalamid/Polyhexamethylenisophthalamid-Copolymer (Nylon 66/6T/6I), Polyhexamethylenterephthalamid/-Polyhexamethylenisophthalamid-Copolymer (Nylon 6T/6I), Polyhexamethylenterephthalamid/Poly(2-methylpentamethylen)terephthalamid-Copolymer (Nylon 6T/M5T), Polyhexamethylenterephthalamid/Polyhexamethylensebacamid/Polycapramid-Copolymer (Nylon 6T/610/6), Polyhexamethylenterephthalamid/Polydodecanamid/Polyhexamethylenadipamid-Copolymer (Nylon 6T/12/66), Polyhexamethylenterephthalamid/Polydodecanamid/Polyhexamethylenisophthalamid-Copolymer (Nylon 6T/12/6I), Poly-m-xylylenadipamid (Nylon MXD6), sowie deren Gemische und Copolymere, etc.

**[0039]** Besonders bevorzugte Nylonharze, die für die vorliegende Erfindung geeignet sind, sind Nylon 6, Nylon 6,6, Nylon 6,12, Nylon 4,6, Nylon 6,10, Nylon 7, Nylon 10, Nylon 10,10, Nylon 12, Nylon 12, 12, Nylon 6T, Nylon 6I, Nylon DT, Nylon DI, Nylon MXD-6 und Kombinationen oder Copolymere davon. In einer anderen beispielhaften Ausführung der vorliegenden Erfindung ist das Polyamidharz Nylon 6,6.

**[0040]** Die hierin gelehrt thermoplastischen Zusammensetzungen zeigen jeweils einen Festigkeitswert, der größer ist als der der Kombination des Polyamidharzes und des Polymer-Leistungsmodifikators oder der Kombination des Polymidharzes und des Additivs auf Silikonbasis. Darüber hinaus weist die thermoplastische Zusammensetzung eine Reißfestigkeit (ultimate tensile strength) auf, die mindestens 80% der der Kombination der Polymidharzes und des Polymer-Leistungsmodifikators beträgt.

**[0041]** Geeignete Polymer-Leistungsmodifikatoren schließen diejenigen im Stand der Technik bekannten ein, die verbesserte Schlagzähigkeit bei Kombination mit Polyamidharzen verleihen. US-Patentnummern 4,346,194, 6,579,581 und 7,671,127, die hierin durch Bezugnahme aufgenommen werden, lehren Nylonharze mit schlagzähmodifizierenden Komponenten. In einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst der Polymer-Modifikator ein elastomeres polyolefinisches Polymer, das mit einem ungesättigten Carbonsäureanhydrid funktionalisiert ist.

**[0042]** Geeignete Elastomere sind Polymere oder Copolymere von Ethylen und anderen  $\alpha$ -Olefinen oder Copolymeren von Alpha-Olefinen mit Alkylacrylat, Acrylester oder Alkylmethacrylat. Andere geeignete Elastomere schließen Styrol-Butadien-Diblock-Copolymere (SB), Styrol-Butadien-Styrol-Triblock-Copolymere (SBS), Styrol-Isopren-Styrol-Triblock-Copolymere (SIS) und hydrierte Styrol-Ethen/Buten-Styrol-Triblock-Copolymere (SEBS) ein. Andere Elastomere, die verwendet werden können, schließen Terpolymere von Ethylen, Propylen und Dienmonomeren (EPDM-Kautschuk) ein. Wie hierin verwendet, bezieht sich der Begriff „ $\alpha$ -Olefine“ oder Alpha-Olefine auf Olefine oder Alkene mit der chemischen Formel  $C_xH_{2x}$ , wobei diese eine Doppelbindung an der primären oder Alpha ( $\alpha$ )-Position haben.

**[0043]** Geeignete funktionelle Gruppen schließen Carbonsäuregruppen, Carbonsäureanhydridgruppen, Carbonsäureestergruppen, Carboxamidgruppen, Carboximidgruppen, Amingruppen, Hydroxygruppen, Epoxy-

gruppen, Urethangruppen und Oxazolingruppen ein. Beispiele für geeignete Monomere zur Einführung der funktionellen Gruppen sind Maleinsäureanhydrid, Itakonsäure, Acrylsäure, Glycidylacrylat und Glycidylmethacrylat.

**[0044]** Geeignete Polymer-Leistungsmodifikatoren sind kommerziell erhältlich, solche wie sie von Dow® unter dem Namen Amplify GR216 verkauft werden, bei dem es sich um ein mit Maleinsäureanhydrid funktionalisiertes Polyolefin-Elastomer handelt. Ein anderer geeigneter, kommerziell erhältlicher Polymer-Leistungsmodifikator wird von Arkema® unter dem Namen Lotader® 4700 verkauft und es handelt sich um ein Random- bzw. statistisches Terpolymer von Ethylen, Ethylacrylat und Maleinsäureanhydrid. Ein noch anderer geeigneter, kommerziell erhältlicher Polymer-Leistungsmodifikator wird von ExxonMobil® unter dem Namen Exxelor™ VA 1840 verkauft und es handelt sich um ein halbkristallines Ethylen-Copolymer, das mit Maleinsäureanhydrid funktionalisiert ist. Ein noch weiterer anderer geeigneter, kommerziell erhältlicher Polymer-Leistungsmodifikator wird von Arkema® unter dem Namen Orevac® IM300 verkauft und es handelt sich um ein mit Maleinsäureanhydrid modifiziertes Polyethylen niedriger Dichte. Andere Polymer-Leistungsmodifikatoren werden herkömmlich verwendet.

**[0045]** Die thermoplastische Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung kann weiterhin Additive umfassen, wie Schmier- bzw. Gleitmittel, Glasfüllstoffe, Mineralfüllstoffe, Weichmacher, Pigmente, Farbstoffe, Antioxidationsmittel, Wärmestabilisatoren, Hydrolysestabilisatoren, Nukleierungsmittel, Flammenschutzmittel, Treibmittel und Kombinationen davon. Geeignete Mineralfüllstoffe können ausgewählt werden aus der Gruppe bestehend aus Kaolin, Ton, Talk und Wollastonit, Diatomit bzw. Diatomint, Titandioxid, Mika, amorphem Siliciumdioxid und Kombinationen davon. Geeignete Glasfüllstoffe werden ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Kurzglasfaser, Langglasfaser, Endlosglasfaser bzw. durchgehender Glasfaser, Glasflocken, Glasperlen bzw. -kugeln und Kombinationen davon. Wie hierin verwendet, bezieht sich Kurzglasfaser auf geschnittene Glasfasern und Glasfaser, die 3,175 mm oder kürzer in der Länge ist. Langglasfasern haben eine Länge von mehr als 3,175 mm in der Länge. Wie hierin verwendet, bezieht sich Endlosglasfaser bzw. durchgehende Glasfaser auf Glasrovings. Die Glasfasern können auch mit einer Schlichte- bzw. Leimungszusammensetzung und Organosilan-Kupplungsmitteln beschichtet sein, um Hydrolysebeständigkeit vorzusehen. Geeignete beschichtete Glasfasern werden in US-Patentnummern 6,207,737, 6,846,855, 7,419,721 und 7,732,047, die hierin durch Bezugnahme aufgenommen werden, gelehrt. Geeignete Wärmestabilisatoren werden ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus gehinderten Phenolen, Amin-Antioxidationsmitteln, gehinderten Amin-Lichtstabilisatoren (HALS), Arylaminen, Antioxidationsmitteln auf Phosphorbasis, Kupfer-Wärmestabilisatoren, mehrwertigen Alkoholen, Tripentaerythritol, Dipentaerythritol, Pentaerythritol und Kombinationen davon.

**[0046]** In einer beispielhaften Ausführungsform wird die thermoplastische Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung gebildet durch Zufügen eines Polymer-Leistungsmodifikators und eines Additivs auf Silikonbasis, das ein Siloxan-Polymeradditiv mit ultrahohem Molekulargewicht umfasst, zu einem Polyamidharz und Vermischen des Polymer-Leistungsmodifikators, Additivs auf Silikonbasis und Polyamidharzes zur Bildung eines hochschlagzähen Polymers. Das hochschlagzähe Polymer weist eine Reißfestigkeit (ultimate tensile strenght) auf, die mindestens 80% der der Kombination des Polyamidharzes und Polymer-Leistungsmodifikators beträgt. Eine geeignete Vorrichtung zum Vermischen des Polyamidharzes, Siloxan-Polymers und Leistungsmodifikators schließt einen Doppelschneckenextruder, Schmelzknetzer oder Chargenmischer ein. Die thermoplastische Zusammensetzung ist zum Compoundieren oder zur Verwendung als Masterbatch geeignet.

**[0047]** In bevorzugten Ausführungsformen umfasst der Polymer-Leistungsmodifikator ein elastomeres Ethylen-Copolymer, das mit Maleinsäureanhydrid funktionalisiert ist, ein mit Maleinsäureanhydrid funktionalisiertes Ethylen- $\alpha$ -Olefin-Copolymer, ein Terpolymer von Ethylen, Acrylester und Maleinsäureanhydrid, ein mit Maleinsäureanhydrid-gepropftes (MAH) Polyolefin-Elastomer, oder Kombinationen davon. In einer bevorzugten Ausführungsform dieses Verfahrens ist das Polyamidharz Nylon 6,6.

**[0048]** Alle Patente, Patentanmeldungen, Testverfahren, Prioritätsdokumente, Artikel, Publikationen, Manuals und andere Dokumente, die hierin genannt werden, werden durch Bezugnahme vollständig aufgenommen in dem Maße, dass eine derartige Offenbarung nicht inkonsistent mit dieser Erfindung ist und für alle Jurisdiktionen, in denen eine derartige Aufnahme erlaubt ist.

#### Beispiele

**[0049]** Die folgenden Beispiele veranschaulichen die vorliegende Erfindung und seine Einsetzbarkeit zur Verwendung. Die Erfindung befähigt zu anderen und unterschiedlichen Ausführungsformen, und seine zahlreichen

Einzelheiten befähigen zu Modifikationen unter verschiedenen offensichtlichen Aspekten, ohne vom Umfang und Geist der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

**[0050]** Demgemäß sind die Beispiele als von Natur aus veranschaulichend und nicht beschränkend zu verstehen.

## Vergleichsbeispiel 1

Tabelle 1

	Kontroll-Nylon 66 (Durchschnittswerte)
Zugfestigkeit (tensile strength at yield), MPa	47–50
Streckdehnung (strain at yield),%	4.4
Bruchdehnung (strain at break),%	34.2
Zugmodul (tensile modulus), MPa	1940–2000
Charpy-Kerbschlagzähigkeit bei R. T. kJ/m <sup>2</sup>	76

**[0051]** Tabelle 1 zeigt die Festigkeitseigenschaften für INVISTA-Formulierungs-Nylonharz, welches 42–65 Gewichtsprozent Nylon 6,6-Zusammensetzung mit einem Kupferiodid-Wärmestabilisator und einem Aluminiumstearat-Schmiermittel enthält. Das Harz enthält auch 22% eines Polymer-Leistungsmodifikators eines mit Maleinsäureanhydrid funktionalisierten Ethylen-Copolymers (d. h. Exxelor™ VA1840) und kein Additiv auf Silikonbasis.

## Beispiel 1

Tabelle 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
Nylon 66	81.47	79.47	77.47	79.47	77.47	75.47	77.47	75.47	73.47	75.47	73.47	71.47
Exxelor VA1840	16	16	16	18	18	18	20	20	20	22	22	22
Shepherd 8:1:1 HS	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
CNH-00509	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
UHMW St	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
Al-Stearat	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Gesamt	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Charpy-Kerbschlagzähigkeit kJ/m <sup>2</sup> R.T	48.4	72.3	79.2	68.1	83.2	98.8	80.7	90.7	96.4	90.3	98.6	103.1
Charpy-Kerbschlagzähigkeit kJ/m <sup>2</sup> -40C	14.4	17.3	19.6	14.9	20.6	19.65	19.1	23.06	44.7	20.7	26.6	69.7
Zugfestigkeit, MPa	56.7	53	50.4	53.3	50	47.7	50.5	47.7	45.5	48.3	45.2	43.4
Streckdehnung %	5.4	5.5	5.9	6.4	6.2	5.8	6.6	6.7	9.4	6.8	10	29
Bruchdehnung, %	21.6	35.7	35.4	26.2	38.6	42.6	31	36.3	50.3	32.7	42	61
Zugmodul, MPa	2117	2320	1990	2046	2005	1918	2255	1934	1941	1995	1827	2389

**[0052]** Tabelle 2 fasst die Ergebnisse vom Zugeben verschiedener Mengen an einem Additiv auf Silikonbasis und Polymer-Leistungspolymeradditiv zu einer INVISTA-Formulierung von unverstärktem Nylon-6,6-Harz zusammen. Das zugegebene Additiv auf Silikonbasis war eine pelletisierte Silikongummi- bzw. Silicongummi-Formulierung, die unter dem Namen Genioplast® Pellet S von Wacker vertrieben wird. Die Pellets enthalten etwa 65 Gewichtsprozent Siloxan-Gum-Gehalt mit ultrahohem Molekulargewicht. Das Polymer-Leistungspolymeradditiv war ein mit Maleinsäureanhydrid funktionalisiertes Ethylen-Copolymer, das von ExxonMobil® unter dem Namen Exxelor™ VA 1840 vertrieben wird. Die Ergebnisse zeigen, dass harte Schlagzähigkeitscharakteristika auf hohem Niveau erreicht werden, ohne dass andere Eigenschaften, wie Biegeeigenschaften, Zugfestigkeit, Modul-Oberflächenfinish und Tribologie geopfert werden. Beispielsweise wurde bei Raumtemperatur (R. T.) und bei 16% Schlagzähigkeitsmodifikator und 5% Siloxan-Gummibeladung eine Schlagzähigkeit von 79,2 kJ/m<sup>2</sup> und eine Zugfestigkeit von 50,5 MPa erreicht. Dies bedeutet eine signifikante Zunahme von der Schlagzähigkeit von dem Vergleichsbeispiel mit der gleichen Menge an Polymer-Leistungsmodifikator (16,8 kJ/m<sup>2</sup>). In der Tat bleibt die Schlagzähigkeit noch höher, als wenn das Vergleichsbeispiel eine Menge von 22% an

Polymer-Leistungsmodifikator aufweist (76,4 kJ/m<sup>2</sup>). **Fig. 1** fasst den Vergleich der Schlagzähigkeit der unverstärkten INVISTA-Formulierung Nylon-6,6-Harz bei verschiedenen Beladungen von Genioplast® Pellet S und Exxelor™ VA 1840 (getestet bei R. T.) zusammen. Wie in **Fig. 1** gezeigt, wenn der Polymer-Leistungsmodifikator zu etwa 16 Gewichtsprozent vorliegt und das Additiv auf Silikonbasis in einer Menge von etwa 1,0 Gewichtsprozent bis etwa 5,0 Gewichtsprozent vorliegt, beträgt die Schlagzähigkeit mindestens etwa 70 kJ/m<sup>2</sup>, wenn bei Raumtemperatur getestet wird. Darüber hinaus, wenn der Polymer-Leistungsmodifikator in einer Menge von etwa 18 Gewichtsprozent bis etwa 22 Gewichtsprozent vorliegt und das Additiv auf Silikonbasis in einer Menge von etwa 1,0 Gewichtsprozent bis etwa 5,0 Gewichtsprozent vorliegt, beträgt die Schlagzähigkeit wenigstens etwa 80 kJ/m<sup>2</sup>, wenn bei Raumtemperatur getestet wird. Darüber hinaus blieb die Zugfestigkeit der Probe im Wesentlichen die gleiche. Es wurde gezeigt, dass die Zugfestigkeit der Proben bei verschiedenen Siloxan-Gummis innerhalb 80% von der von dem Harz von dem Vergleichsbeispiel blieb.

#### Beispiel 2

**[0053]** **Fig. 2** und **Fig. 3** zeigen Proben einer INVISTA-Formulierung von unverstärktem Nylon-6,6-Harz, die mit verschiedenen Mengen an Additiv auf Silikonbasis und einem Polymer-Leistungsmodifikator kombiniert werden. **Fig. 2** zeigt die Ergebnisse bei -40°C und **Fig. 3** zeigt die Ergebnisse bei Raumtemperatur (R. T.). Die Additive auf Silikonbasis waren Genioplast®-Pellets. Der Polymer-Leistungsmodifikator war ein Maleinsäureanhydrid-Polyolefin-Elastomer, vertrieben von Dow® unter dem Namen Amplify™ GR 216. **Fig. 2** und **Fig. 3** zeigen beide, dass eine signifikante Zunahme in der Schlagzähigkeit erreicht werden kann, die größer ist bei Verwendung der Kombination von dem Polymer-Leistungsmodifikator und Siloxan-Gummi-Additiv. Wie in **Fig. 2** gezeigt, wenn der Polymer-Leistungsmodifikator in einer Menge von etwa 16 Gewichtsprozent bis etwa 22 Gewichtsprozent vorliegt und das Additiv auf Silikonbasis in einer Menge von etwa 1,0 Gewichtsprozent bis etwa 5,0 Gewichtsprozent vorliegt, beträgt die Schlagzähigkeit mindestens etwa 20 kJ/m<sup>2</sup>, wenn bei -40°C getestet wird.

#### Beispiel 3

**[0054]** **Fig. 4** zeigt Proben eines unverstärkten Nylon-6,6-Harzes einer INVISTA-Formulierung, die mit verschiedenen Mengen an Additiv auf Silikonbasis und einem Polymer-Leistungsmodifikator kombiniert werden. Die Additive auf Silikonbasis waren Genioplast®-Pellets. Das Polymer-Leistungspolymeradditiv war ein mit Maleinsäureanhydrid funktionalisiertes Ethylen-Copolymer, das von ExxonMobil® unter dem Namen Exxelor™ VA 1840 vertrieben wird. Die Proben wurden in gesättigter Feuchtigkeit bei 80°C für 17 Tage in einem geschlossenen Behälter konditioniert, um 100% Sättigung zu erreichen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Wie ersichtlich, liegt die Zugfestigkeit der Proben mit 22% Polymer-Leistungsmodifikator (21,9 bis 23,7 MPa) wohl innerhalb 80% der Zugfestigkeit der Probe mit keinem Additiv auf Silikonbasis (24,4 MPa). **Fig. 4** zeigt die Zugfestigkeit der Proben bei Testen bei 50% Dehnung. Darüber hinaus wurde in den Proben bei Testen bei 200% Dehnung kein Bruch beobachtet.

Tabelle 3

Probe RB-041	% Exxelor VA 1840	% IMD-Additiv	Gewicht der Probe nach Konditionieren in geschlossenem Behälter bei 80°C/ 17 Tage (g)	Gewicht von DAM-Probe, g	% MOI absorbiert bei 80°C für 17 Tage (100 % RH)	Zugfestigkeit, MPa	%5 Streckdehnung	% Bruchdehnung
A	16	1	10.3214	9.8046	5.28	27.2	50	kein Bruch bei 200%
B	16	3	10.4348	9.832	6.14	25.7	50	kein Bruch bei 200%

C	16	5	10.3537	9.7574	6.12	25.4	50	kein Bruch bei 200%
D	18	1	10.2841	9.6958	6.07	25.3	50	kein Bruch bei 200%
E	18	3	10.1927	9.6935	5.15	24.9	50	kein Bruch bei 200%
F	18	5	10.2734	9.6823	6.11	23.6	50	kein Bruch bei 200%
G	20	1	10.1459	9.6285	5.38	24.9	50	kein Bruch bei 200%
H	20	3	10.1685	9.6507	5.37	24.1	50	kein Bruch bei 200%
J	20	5	10.1585	9.6374	5.41	23.6	50	kein Bruch bei 200%
K	22	1	10.188	9.6219	5.89	23.7	50	kein Bruch bei 200%
L	22	3	10.0919	9.5358	5.84	22.7	50	kein Bruch bei 200%
M	22	5	10.067	9.5174	5.78	21.9	50	kein Bruch bei 200%
F110111 ACS Lot	22	0	10.0517	9.4942	5.88	24.4	50	kein Bruch bei 200%

Beispiel 4

**[0055]** Beispiel 4 zeigt, wie die Schmelzviskosität der thermoplastischen Zusammensetzung mit der Zugabe eines Copolymers von Ethylen und Maleinsäureanhydrid erhöht werden kann. Beispiel 4 vergleicht die Schmelzviskosität von verschiedenen Harzen, die durch Messen der Scherviskosität getestet wird. Probe 1 ist ein unverstärktes Nylon-6,6-Harz einer INVISTA-Formulierung, die mit einem Additiv auf Silikonbasis und einem Polymer-Leistungsmodifikator kombiniert ist. Probe 2 ist ein unverstärktes Nylon-6,6-Harz einer INVISTA-Formulierung, die mit einem Additiv auf Silikonbasis, einem Polymer-Leistungsmodifikator und einem 1:1-Copolymer von Ethylen und Maleinsäureanhydrid kombiniert ist. Die Additive auf Silikonbasis waren Genioplast®-Pellets. Das Polymer-Leistungspolymeradditiv war ein mit Maleinsäureanhydrid funktionalisiertes Ethylen-Copolymer, das von ExxonMobil® unter dem Namen Exxelor™ VA 1840 vertrieben wird. Das 1:1-Copolymer von Ethylen und Maleinsäureanhydrid wird von Vertellus® unter dem Namen ZeMac® vertrieben. Probe 3 ist ein Vergleichsbeispiel, das die Schmelzviskosität eines Harzes eines Polyethylens hoher Dichte (HDPE) zeigt. Die Scherviskosität wurde unter Verwendung eines Kapillar-Rheometers bei verschiedenen Schergeschwindigkeiten gemessen. Wie in Tabelle 4 unten gezeigt, zeigt die Scherviskosität (und entsprechend die Schmelzviskosität) von Probe 2 eine signifikante Zunahme gegenüber Probe 1 bei niedrigeren Schergeschwindigkeiten.

Tabelle 4

	Probe 1	Probe 2	Probe 3 HDPE (180 C)
	B	G	
Nylon 6,6	70	69	
Exxelor VA 1840	22	22	
ZeMac 60		1	
Wacker Pellet S	5	5	
Cu-basierter Wärmestabilisator	0.3	0.3	
Phenolische Antioxidanzien	0.5	0.5	
Ruß	2	2	
Zn-Stearat	0.2	0.2	
Gesamt	100	100	
Schergeschwindigkeit (sec <sup>-1</sup> )	Scherviskosität (Pa)		
10040.2	30.5	43.5	35.1
5020.1	47.3	73.0	60.7
4016.0	53.1	85.7	69.7
3011.0	63.8	104.1	90.5
2006.6	79.7	136.8	121.9
1001.8	113.3	221.0	180.8
499.7	159.4	362.5	310.7
296.3	200.3	525.3	454.2
148.2	273.2	827.5	807.7
100.0	325.5	1052.3	1180.1
50.0	461.0	1480.5	1900.3
30.0	584.2	2062.8	2597.4

**[0056]** Es sei angemerkt, dass Verhältnisse, Konzentrationen, Mengen und andere numerische Werte hierin in einem Bereichsformat ausgedrückt sein können. Es versteht sich, dass ein derartiges Bereichsformat aus Gründen der Zweckmäßigkeit und Kürze verwendet wird, und dass es daher in flexibler Weise interpretiert werden sollte, dergestalt dass es nicht nur die explizit zitierten numerischen Werte als die Grenzen des Bereichs umfasst, sondern dass es auch alle individuellen numerischen Werte oder Unterbereiche, die innerhalb dieses Bereichs umfasst sind, umfasst, als ob jeder numerische Wert und Unterbereich explizit zitiert ist. Zur Veranschaulichung, ein Konzentrationsbereich von „etwa 0,1% bis etwa 5%“ sollte verstanden werden, dass er nicht nur die explizit genannte Konzentration von etwa 0,1 Gewichtsprozent bis etwa 5 Gewichtsprozent einschließt, sondern auch die individuellen Konzentrationen (z. B. 1%, 2%, 3%, und 4%) und die Unterbereiche (z. B. 0,5%, 1,1%, 2,2%, 3,3%, und 4,4%) innerhalb des angegebenen Bereichs. Der Begriff „etwa“ kann  $\pm 1\%$ ,  $\pm 2\%$ ,  $\pm 3\%$ ,  $\pm 4\%$ ,  $\pm 5\%$ ,  $\pm 8\%$ , oder  $\pm 10\%$ , der zu modifizierenden numerischen Werte bzw. des zu modifizierenden numerischen Wertes einschließen. Darüber hinaus umfasst der Begriff „etwa 'x' bis 'y'“ „etwa 'x' bis etwa 'y'“

**[0057]** Während die veranschaulichenden Ausführungsformen der Erfindung besonders beschrieben worden sind, versteht es sich, dass die Erfindung andere und verschiedene Ausführungsformen ermöglicht, und dass verschiedene andere Modifizierungen dem Fachmann offensichtlich sind und von diesem leicht durchgeführt werden können, ohne vom Geist und Umfang der Erfindung abzuweichen. Daher ist es nicht beabsichtigt, dass der Umfang der Ansprüche hiervon auf die Beispiele und hierin beschriebene Beschreibung beschränkt ist, sondern vielmehr dass die Ansprüche so konstruiert werden, dass sie alle Merkmale von patentfähiger Neuheit

umfassen, die in der vorliegenden Offenbarung vorliegen, einschließlich aller Merkmale, die als äquivalente davon von denjenigen behandelt würden, die Fachleute auf dem Gebiet sind, auf das sich die Erfindung bezieht.

### Patentansprüche

1. Thermoplastische Zusammensetzung, umfassend etwa 50 bis etwa 99 Gewichtsprozent eines Polyamidharzes; etwa 1 bis etwa 50 Gewichtsprozent eines Polymer-Leistungsmodifikators; und etwa 0,01 bis etwa 25 Gewichtsprozent eines Additivs auf Silikonbasis.

2. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei die thermoplastische Zusammensetzung einen Schlagzähigkeitswert aufweist, der größer ist als der der Kombination des Polyamidharzes und des Polymer-Leistungsmodifikators oder der Kombination des Polyamidharzes und des Additivs auf Silikonbasis.

3. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei die thermoplastische Zusammensetzung eine Reißfestigkeit (ultimate tensile strength) aufweist, die mindestens 80% der der Kombination des Polyamidharzes und des Polymer-Leistungsmodifikators beträgt.

4. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei das Additiv auf Silikonbasis ein Siloxan-Polymer mit ultrahohem Molekulargewicht umfasst.

5. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 4, wobei das Siloxan-Polymer mit ultrahohem Molekulargewicht unfunktionalisiert und mit dem Polyamidharz nicht reaktiv ist.

6. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei der Polymer-Leistungsmodifikator einen Schlagzähigkeitsmodifikator umfasst.

7. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 6, wobei der Schlagzähigkeitsmodifikator ein elastomeres polyolefinisches Polymer ist, das mit einem ungesättigten Carbonsäureanhydrid funktionalisiert ist.

8. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 6, wobei der Schlagzähigkeitsmodifikator aus einer Gruppe bestehend aus einem mit Maleinsäureanhydrid funktionalisierten elastomeren Ethylen-Copolymer, einem mit Maleinsäureanhydrid funktionalisierten Ethylen- $\alpha$ -Olefin-Copolymer, einem Terpolymer von Ethylen, Acrylester und Maleinsäureanhydrid, einem mit Maleinsäureanhydrid gepropften (MAH) Polyolefin-Elastomer und Kombinationen davon, ausgewählt ist.

9. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 1, weiterhin umfassend einen Wärmestabilisator.

10. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 9, wobei der Wärmestabilisator aus der Gruppe bestehend aus gehinderten Phenolen, Amin-Antioxidationsmitteln, gehinderten Amin-Lichtstabilisatoren (HALS), Arylaminen, Antioxidationsmitteln auf Phosphorbasis, Kupfer-Wärmestabilisatoren, mehrwertigen Alkoholen, Tripentaerythritol, Dipentaerythritol, Pentaerythritol und Kombinationen davon ausgewählt ist.

11. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei das Polyamidharz aus einer Gruppe bestehend aus Nylon 6, Nylon 6,6, Nylon 6,12, Nylon 4,6, Nylon 6,10, Nylon 7, Nylon 10, Nylon 10,10, Nylon 12, Nylon 12,12, Nylon 6T, Nylon 6I, Nylon DT, Nylon DI, Nylon 6T/6I, Nylon 6T/DT, Nylon 6/6,6, Nylon DT/DI, Nylon MXD-6 und Blends bzw. Mischungen und Copolymeren davon ausgewählt ist.

12. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei das Additiv auf Silikonbasis gleichmäßig in der thermoplastischen Zusammensetzung verteilt ist.

13. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 1, weiterhin umfassend etwa 0,1 bis etwa 5,0 Gewichtsprozent eines Copolymers von Olefin und Maleinsäureanhydrid, wobei das eine Copolymer von Olefin und Maleinsäureanhydrid ein Molekulargewicht im Bereich von etwa 300 bis etwa 1.000.000 aufweist und das Verhältnis von Olefin zu Maleinsäureanhydrid 1:1 beträgt.

14. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 13, wobei das Olefin Ethylen ist.

15. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 13, wobei die Scherviskosität größer als 1000 Pa bei Testen bei einer Schergeschwindigkeit von 100 sec<sup>-1</sup> ist.

16. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 13, wobei die Scherviskosität größer als 2000 Pa bei Testen bei einer Schergeschwindigkeit von 30 sec<sup>-1</sup> ist.

17. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei der Polymer-Leistungsmodifikator in einer Menge von etwa 16 Gewichtsprozent bis etwa 22 Gewichtsprozent vorliegt und das Additiv auf Silikonbasis in einer Menge von etwa 1,0 Gewichtsprozent bis etwa 5,0 Gewichtsprozent vorliegt, wobei die Schlagzähigkeit wenigstens 20 kJ/m<sup>2</sup> bei Testen bei -40°C beträgt.

18. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei der Polymer-Leistungsmodifikator zu etwa 16 Gewichtsprozent vorliegt und das Additiv auf Silikonbasis in einer Menge von etwa 1,0 Gewichtsprozent bis etwa 5,0 Gewichtsprozent vorliegt, wobei die Schlagzähigkeit wenigstens 70 kJ/m<sup>2</sup> bei Testen bei Raumtemperatur beträgt.

19. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei der Polymer-Leistungsmodifikator in einer Menge von etwa 18 Gewichtsprozent bis etwa 22 Gewichtsprozent vorliegt und das Additiv auf Silikonbasis in einer Menge von etwa 1,0 Gewichtsprozent bis etwa 5,0 Gewichtsprozent vorliegt, wobei die Schlagzähigkeit wenigstens 80 kJ/m<sup>2</sup> bei Testen bei Raumtemperatur beträgt.

20. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei der Polymer-Leistungsmodifikator zu etwa 16 Gewichtsprozent bis etwa 22 Gewichtsprozent vorliegt und das Additiv auf Silikonbasis in einer Menge von etwa 1,0 Gewichtsprozent bis etwa 5,0 Gewichtsprozent vorliegt, wobei die Zugfestigkeit wenigstens 20 MPa bei 50% Dehnung bei Testen bei 100% Feuchtigkeitssättigung beträgt.

21. Thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei der Polymer-Leistungsmodifikator zu etwa 16 Gewichtsprozent bis etwa 22 Gewichtsprozent vorliegt und das Additiv auf Silikonbasis in einer Menge von etwa 1,0 Gewichtsprozent bis etwa 5,0 Gewichtsprozent vorliegt, wobei kein Bruch bei 200% Dehnung bei Testen bei 100% Feuchtigkeitssättigung beobachtet wurde.

22. Formgegenstand, umfassend die thermoplastische Zusammensetzung nach Anspruch 1.

23. Verfahren zum Bilden der thermoplastischen Zusammensetzung nach Anspruch 1, umfassend die Schritte des Zugebens eines Polymer-Leistungsmodifikators und eines Additivs auf Silikonbasis zu einem Polyamidharz und Vermischen des Polymer-Modifikators, Additivs auf Silikonbasis und Polyamidharzes zur Bildung eines hochschlagzähen Polymers.

24. Verfahren nach Anspruch 23, wobei der Polymer-Leistungsmodifikator einen Schlagzähigkeitsmodifikator umfasst, der ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einem mit Maleinsäureanhydrid funktionalisierten elastomeren Ethylen-Copolymer, einem mit Maleinsäureanhydrid funktionalisierten Ethylen- $\alpha$ -Olefin-Copolymer, einem Terpolymer von Ethylen, Acrylester und Maleinsäureanhydrid, einem mit Maleinsäureanhydrid gepfropften (MAH) Polyolefin-Elastomer und Kombinationen davon.

25. Verfahren nach Anspruch 23, wobei das Polyamidharz Nylon 6,6 ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

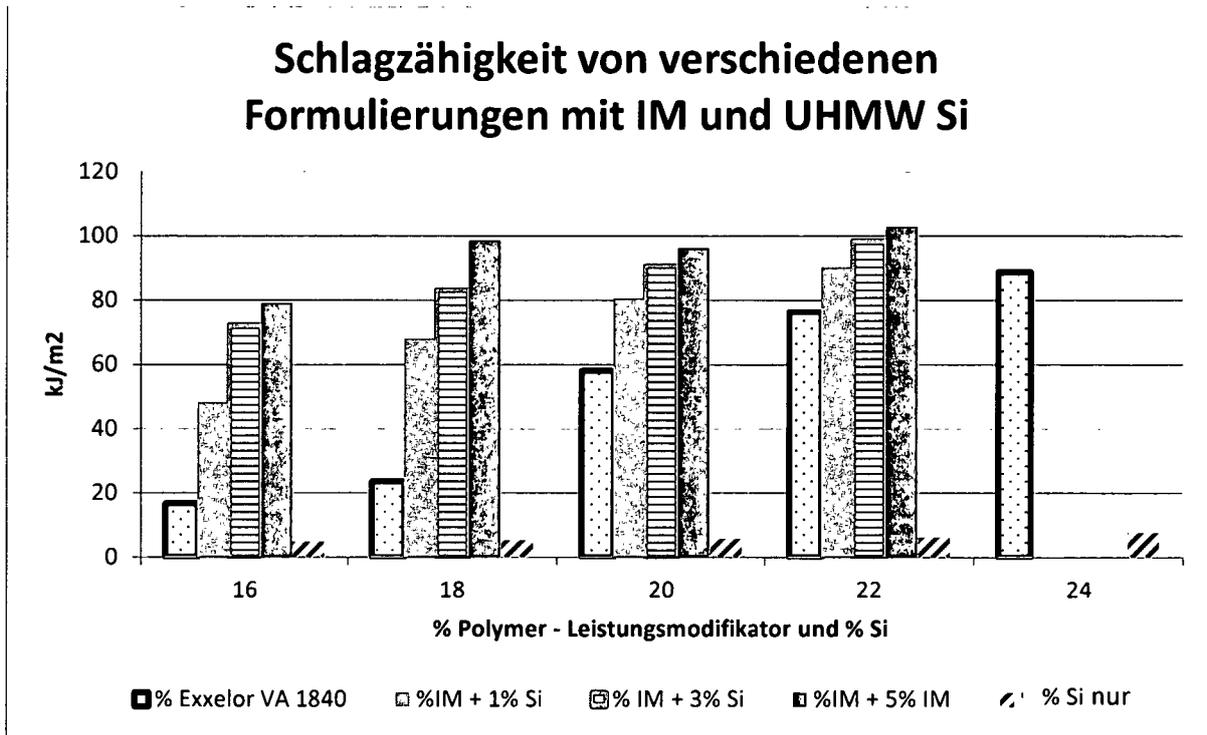


FIG. 1

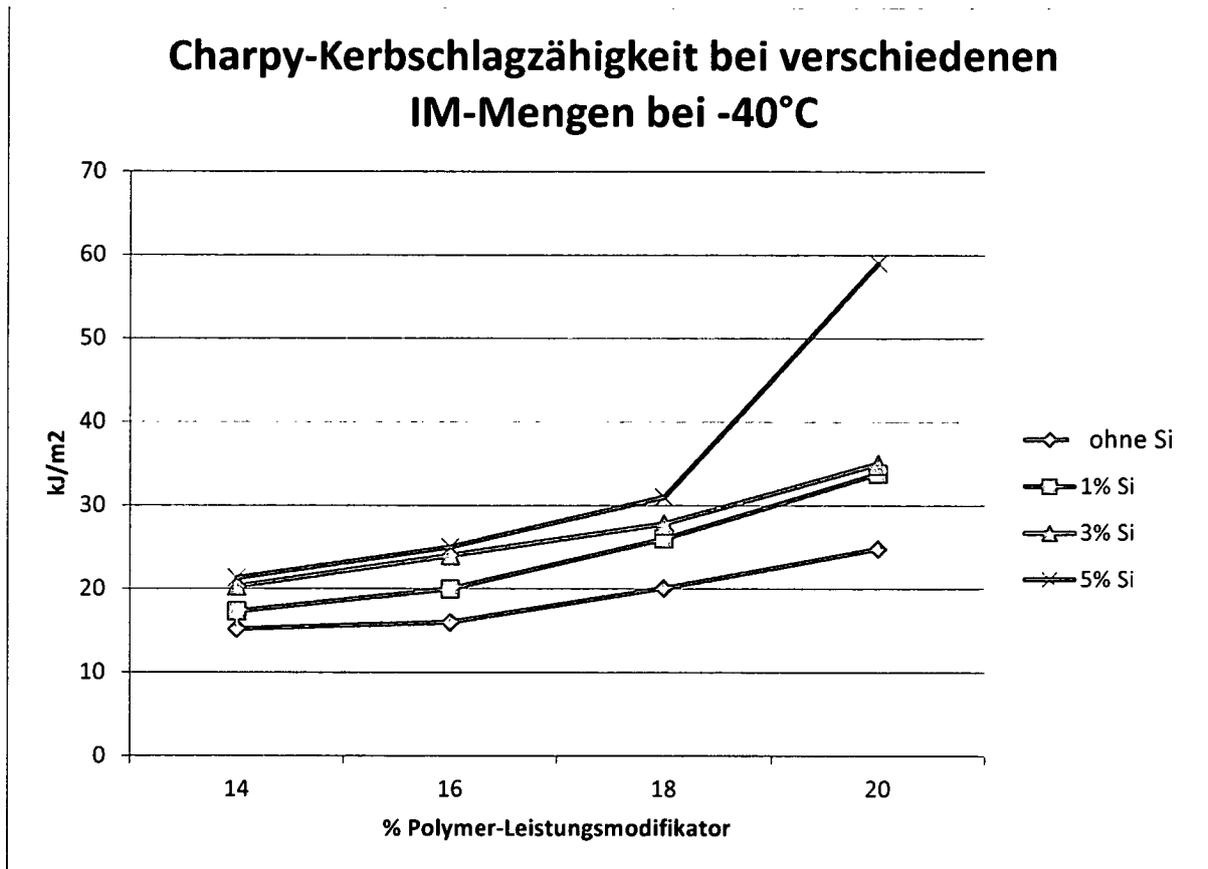


FIG. 2

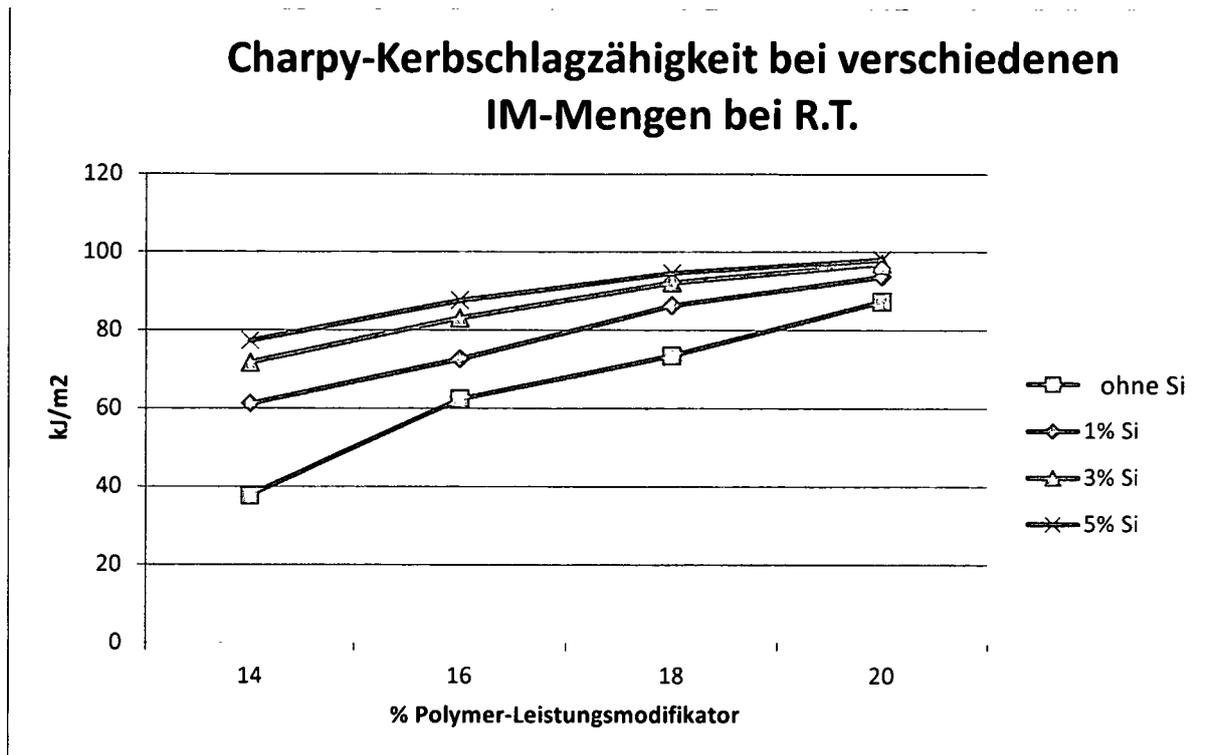


FIG. 3

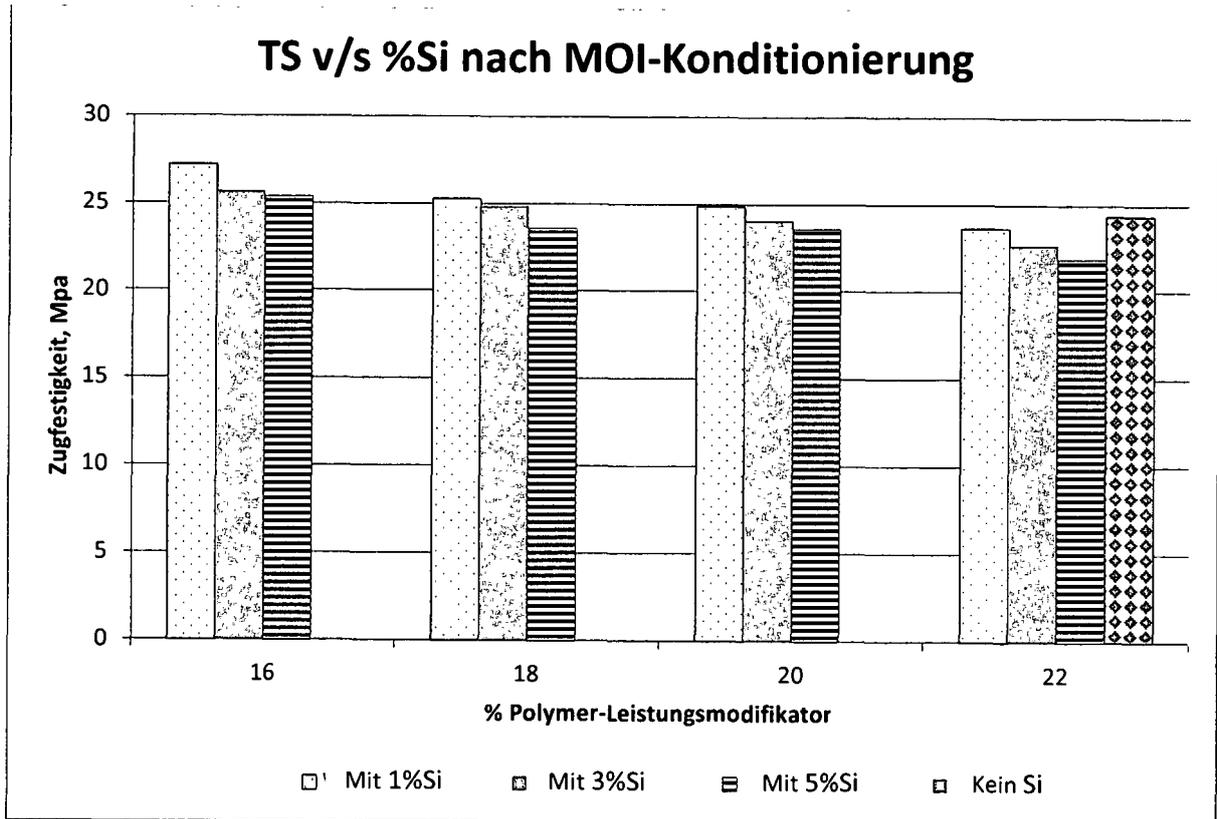


FIG. 4