

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 718 925 B1

(51) Int. Cl.: C08G 69/02 (2006.01)  
C08L 77/06 (2006.01)

## Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

## (12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 070212/2021

(22) Anmeldedatum: 27.08.2021

(43) Anmeldung veröffentlicht: 28.02.2023

(24) Patent erteilt: 31.05.2024

(45) Patentschrift veröffentlicht: 31.05.2024

(73) Inhaber:  
EMS-CHEMIE AG Intellectual Property Management,  
Via Innovativa 1  
7013 Domat/Ems (CH)

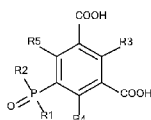
(72) Erfinder:  
Botho Hoffmann, 7013 Domat/Ems (CH)  
Christian Schubert, 4153 Reinach (CH)  
Heinz Georg Hoff, 7015 Tamins (CH)  
Muhammad Rashid Nazir,  
Victoria V8T 3C1, British Columbia (CA)  
Nikita Drigo, 9000 St. Gallen (CH)  
Sabyasachi Gaan, 9200 Gossau (CH)  
Samuel Clark Ligon, 7000 Chur (CH)

### (54) Flammgeschützte Polyamide mit hoher Lichttransmission.

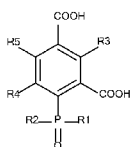
(57) Die vorliegende Erfindung betrifft flammwidrig ausgerüstete Polyamide mit hoher Lichttransmission, die die Polyamid-Einheiten AB/AC/AD/EB/EC/ED/F umfassen, wobei mindestens die Polyamid-Einheiten AB vorhanden sein müssen, die Polyamid-Einheiten AC, AD, EB, EC, ED und F optional sind und wobei die Monomer-Einheiten A, B, C, D, E und F von den folgenden Molekülen abgeleitet sind, die im Polyamid X amidisch gebunden vorliegen:

A: Cycloaliphatische Diamine;

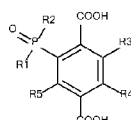
B: Phosphorhaltige, aromatische Dicarbonsäuren gemäss Formel 1, 2 und/oder 3



Formel 1



Formel 2



Formel 3

C: Aliphatische Dicarbonsäuren;

D: Aromatische phosphorfreie Dicarbonsäuren;

E: Acyclisch aliphatische Diamine;

F:  $\alpha,\omega$ -Aminocarbonsäuren, Lactame.

Weiterhin betrifft die Erfindung flammgeschützte Formmassen auf Basis der flammwidrigen Polyamide sowie Formkörper, gebildet aus den erfindungsgemässen Polyamiden oder Polyamid-Formmassen.

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft flammwidrig ausgerüstete Polyamide mit hoher Lichttransmission auf Basis von cycloaliphatischen Diaminen und phosphorhaltigen aromatischen Dicarbonsäuren sowie optional weiterer polyamidbildender Komponenten. Weiterhin betrifft die Erfindung flammgeschützte Formmassen auf Basis der flammwidrigen Polyamide. Sowohl die Polyamide als auch die daraus hergestellten Formmassen haben eine sehr gute Flammwidrigkeit und zeigen gute mechanische und thermische Eigenschaften. Diese Formmassen eignen sich zur Herstellung von insbesondere transluzenten oder transparenten, flammgeschützten Formkörpern für die Elektro- und Elektronik-Industrie sowie für den Bereich Optik, wie beispielsweise Gehäusen, Gehäusekomponenten oder Behältern. Des Weiteren betrifft die Erfindung die Verwendung der erfindungsgemässen Polyamide und Polyamid-Formmassen zur Herstellung von Formkörpern, insbesondere Bauteilen für die Elektro- und Elektronik-Industrie, für die Automobil-Industrie und für den Optik-Bereich, insbesondere im Bereich Sicherheit und Überwachung.

**[0002]** Schwerentflammare halogenfreie Formteile mit V0-Einstufung nach UL-94 Spezifikation der Underwriter Laboratories sind ganz besonders für die Elektro- und Elektronik-Industrie von Interesse. Dabei ist die Transparenz solcher Formteile eine wichtige Eigenschaft.

Neben Kunststoffen, die per se flammwidrig sind (= inhärenter Flammschutz) und mit einem Flammschutzmittel beschichteten Kunststoffen finden auch Kunststoffe mit einem reaktiven Flammschutzmittel Verwendung, d.h. das Flammschutzmittel ist Bestandteil des Kunststoffs und wurde an diesen während der Polymerisation chemisch gebunden. Eine weitere Variante zur flammhemmenden Ausstattung von Kunststoffen ist das Eincompoundieren von flammhemmenden Additiven. Gängige Additive sind z.B. stickstoffbasierte Verbindungen wie Melamin und Harnstoff, bromierte Polystyrole und Organophosphorverbindungen.

Eine weitere wichtige Anforderung an Kunststoffe sind gute mechanische und thermische Eigenschaften, wie z.B. die Steifigkeit, die Schlageigenschaften oder die Wärmeformbeständigkeit. Gerade hinsichtlich der transparenten Polyamide ist darauf zu achten, dass die Glasübergangstemperatur durch das verwendete Flammschutzmittel nicht zu stark reduziert wird.

Zudem ist wichtig, dass die flammwidrig ausgerüsteten Polyamide und Polyamidformmassen gut verarbeitet werden können, z.B. in Spritzgussmaschinen, Schmelzspinn- und Extrusionsanlagen, und dass dabei insbesondere keine Korrosion an den Anlagenteilen aufgrund des Flammschutzmittels auftritt.

Als flammhemmende Additive für Polymere, speziell für Polyamide gehören zum wohlbekannten Stand der Technik Melaminverbindungen, insbesondere Melamincyanurat oder Melaminpolyphosphat, Cyanoguanidin, Thioharnstoff, Magnesium- und Aluminiumhydroxid, halogenierte, speziell bromierte organische Verbindungen, besonders in Kombination mit Schwermetallsalzen, Phosphor allein und in Kombination mit halogenhaltigen Verbindungen oder organische Phosphorverbindungen, insbesondere Alkylphosphinsäuren bzw. deren Salze. Diese Additive sind für Polyamide und Copolyamide mit hoher Lichttransmission ungeeignet, da sie die Transparenz negativ beeinflussen. Ausserdem ändern sich auch die mechanischen und physikalischen Eigenschaften der Polyamide bei steigenden Additivmengen in unvorteilhafter Weise. EP 0 659 816 A2 betrifft schwer entflammbare Polyamide und daraus hergestellte Formkörper. Als Flammschutzmittel wird ein Trimethylpropanolester einer Methylphosphorsäure vorgeschlagen, der anscheinend die Transparenz der Polyamide nur wenig beeinflusst und keine ausgeprägte Belagsbildung bei der Verarbeitung oder der Verwendung zeigt. Allerdings können diese gesundheitlich nicht ganz unbedenklichen Flammschutzmitteln aus den Formkörpern bei Kontakt zu Medien, wie z.B. Wasser, Alkoholen oder anderen organischen Lösungsmitteln, aus den Formteilen herausgelöst bzw. ausgewaschen werden. Weiterhin handelt es sich bei den vorgeschlagenen Flammschutzmitteln um niedermolekulare Verbindungen, die im transparenten Polyamid gelöst vorliegen und durch ihren weichmachenden Effekt die Glasübergangstemperatur schon bei geringen Einsatzmengen beträchtlich herabsetzen. Daher zeichnen sich derartig flammgeschützte Formmassen durch eine tiefe Wärmeformbeständigkeit aus, was dessen Einsatzbereich deutlich einschränkt.

CN 101 735 455 A beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von aromatischen Polyoxadiazolen aus Terephthalsäure, Hydrazin und modifizierter Isophthalsäure in einem Lösungsmittel sowie daraus nass gesponnene flammfeste, hochtemperaturbeständige Fasern. Die modifizierte Isophthalsäure weist Chlor-, Brom- oder Diphenylphosphinoxid- oder Diphenylphosphinsulfid-Substituenten auf.

US 4'837'394 betrifft elektrostatische Tonerpartikel auf Basis eines Polyesterharzes, welches als Monomer u.a. einen mit einem Phosphonium-Substituenten versehenen Isophthalsäuredimethylester beinhaltet. Die quaternären Phosphonium-Gruppen fungieren als Ladungsträger in den Tonerpartikeln. Aufgrund der homogenen Verteilung der Ladungsträger, genügt bereits ein sehr geringer Gehalt an quaternären Phosphonium-Gruppen im Bereich von  $10^{-9}$  bis  $10^{-4}$  mol/g, um ein elektrostatisches Bildgebungsverfahren zu realisieren. Die Phosphormengen sind aber zu gering, um einen ausreichenden Flammschutz für die zugrundeliegenden Polyesterharze sicherzustellen.

US 3'108'991 offenbart lineare Polyamide auf Basis von Bis(aminoalkyl)alkylphosphinen und aliphatischen oder aromatischen Dicarbonsäuren sowie aliphatischen Diaminen und Bis(carboxyalkyl)alkylphosphinoxiden. Die beschriebenen Polyamide lösen sich in kaltem oder warmem Wasser und weisen tiefe Erweichungstemperaturen auf.

US 2'646'420 betrifft orientierte Fasern auf Basis von linearen Kondensationspolymeren, die Phosphor in der Polymerkette enthalten. Die Fasern zeigen neben einer guten Anfärbbarkeit auch gute mechanische Eigenschaften, insbesondere hohe Anfangsfestigkeiten und ein gutes Rückstellvermögen. In den Beispielen wird als phosphorhaltiges Monomer Bis(carboxyphenyl)methylphosphinoxid gearbeitet, das mit verschiedenen Glykolen oder Decandiamin kondensiert wird.

Den Bereich Textile Fasern betrifft auch das Dokument US 4'032'517 B, welches Copolyamide, enthaltend 0.5 bis 7.5 Gew.-% Phosphor als integraler Teil der Polymerketten, umfasst. Als phosphorhaltige Dicarbonsäuren werden Bis(carboxyethyl)alkylphosphinoxide vorgeschlagen, die mit Hexandiamin und Adipinsäure polykondensiert werden. Die Fasern sollen permanent antistatisch, feuchteregulierend und flammbeständig sein.

WO 2018 071790 A1 offenbart flammwidrig ausgerüstete Polyamide, die Phosphor in der Polymerkette enthalten. Das als phosphorhaltiges Monomer verwendete Bis(4-methoxy-carbonylphenoxy)phenylphosphinoxid wird aus Methylparaben und Phenylphosphonsäuredichlorid hergestellt. Beschrieben wird die Umsetzung dieser phosphorhaltigen Dicarbonsäure mit m-Xylylendiamin (MXDA) und Adipinsäure. Ein solches Polyamid mit 5 Gew.-% an phosphorhaltiger Dicarbonsäure weist einen gegenüber MXD6 erhöhten LOI-Wert auf und erreicht im UL94 Brandtest die Klassifizierung V0 für 3.2 mm dicke Probenkörper.

JP11286545A beschreibt Phosphor enthaltende Copolyamide mit hoher Glasübergangstemperatur, die durch Polykondensation in einem inerten Lösungsmittel bei Temperaturen von 50 bis 200 °C herstellbar sind. Als Phosphor tragendes Monomer werden 2,5-Dicarboxyphenyl-phosphoninsäure, 3,5-Dicarboxyphenylphosphinsäure sowie deren Derivate genannt. Die in den Beispielen gearbeiteten Copolyamide auf Basis der genannten Dicarboxyphenylphosphinsäuren und dem Diamin 4,4'-Oxydianilin und Isophthalsäure als weitere Dicarbonsäure haben Glasübergangstemperaturen im Bereich von 240 bis 276 °C und können nicht in der Schmelze polykondensiert werden.

Die oben im Stand der Technik beschriebenen inhärent flammwidrig ausgerüsteten Polyamide, die Phosphor in der Polymerkette enthalten, weisen eine schlechte Chemikalienbeständigkeit auf, sind weitgehend sogar Kalt- oder Warmwasser löslich, beinhalten „schwache“ C-P- oder C-O-P-Bindungen in der Polymerkette und weisen in der Regel tiefe Erweichungstemperaturen, insbesondere niedrige Glasübergangstemperaturen auf. Darüber hinaus weisen die vorgeschlagenen Polyamidformmassen einen zu hohen Haze und eine zu geringe Transparenz auf. Gelöste niedermolekulare Verbindungen zeigen dagegen einen ausgeprägten weichmachenden Effekt, reduzieren die Glasübergangstemperaturen stark und führen zu Formmassen mit einer niedrigen Wärmeformbeständigkeit.

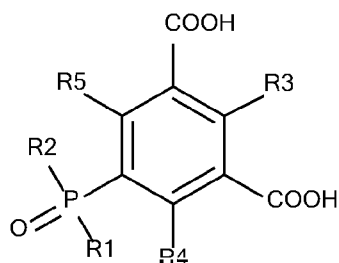
## DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

**[0003]** Es ist unter anderem Aufgabe der vorliegenden Erfindung, diese aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile zu vermeiden und inhärent flammwidrig ausgerüstete Polyamide und daraus hergestellte Polyamid-Formmassen bereit zu stellen, die sich durch gute mechanische und thermische Eigenschaften, eine hohe Oberflächengüte, eine hohe Wärmeformbeständigkeit, einen guten Flammschutz und insbesondere eine hervorragende Transparenz auszeichnen. Vorzugsweise wird angestrebt, dass die erfindungsgemässen Polyamide und Polyamid-Formmassen eine Brandschutzklassifikation V0 gemäss UL94 für Probenkörper mit einer Dicke von 0.35 - 3.2 mm, insbesondere 0.5 mm und/oder eine Lichttransmission von mindestens 85% und einen Haze von höchstens 7%, bestimmt nach ASTM D 1003-13 (2013) an Platten mit einer Dicke von 2 mm, aufweisen.

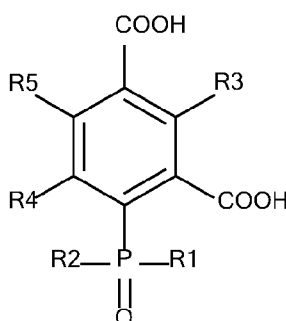
**[0004]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss zum einen gelöst durch ein Polyamid X gemäss Anspruch 1, das die Polyamid-Einheiten AB/AC/AD/EB/EC/ED/F umfasst, wobei mindestens die Polyamid-Einheiten AB vorhanden sein müssen, die Polyamid-Einheiten AC, AD, EB, EC, ED und F optional sind und wobei die Monomer-Einheiten A, B, C, D, E und F von den folgenden Molekülen abgeleitet sind, die im Polyamid X amidisch gebunden vorliegen:

A: Cycloaliphatische Diamine;

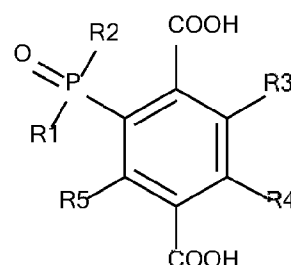
B: Phosphorhaltige, aromatische Dicarbonsäuren gemäss Formel 1, 2 und/oder 3



Formel 1



Formel 2



Formel 3

wobei die Substituenten R1, R2 jeweils unabhängig voneinander C1 - C8-Alkyl oder Aryl und die Substituenten R3, R4, R5 jeweils unabhängig voneinander H, Alkyl, Aryl, F, Cl, Br oder P(R1)(R2)O sind;

- C: Aliphatische Dicarbonsäuren;  
 D: Aromatische phosphorfreie Dicarbonsäuren;  
 E: Acyclisch aliphatische Diamine;  
 F:  $\alpha,\omega$ -Aminocarbonsäuren, Lactame.

**[0005]** Dabei sind die aromatischen Dicarbonsäuren der Komponente B verschieden von den Dicarbonsäuren der Komponente C, insbesondere sind sie frei an Phosphor.

Unter den oben genannten Polyamideinheiten, z.B. der Polyamideinheiten AB, sind Wiederholungseinheiten im Polyamid X zu verstehen. Im einfachsten Fall handelt es sich beim Polyamid X also um ein Homopolyamid AB, das allein die Wiederholungseinheiten AB aufweist, oder um ein Copolyamid AB, das mindestens zwei verschiedene Wiederholungseinheiten AB aufweist. Im letzteren Fall wurden also mindestens zwei verschiedene cycloaliphatische Diamine A oder mindestens zwei verschiedene phosphorhaltige, aromatische Dicarbonsäuren B bei der Herstellung von Polyamid X verwendet.

**[0006]** Die flammgeschützten Polyamide X zeichnen sich durch eine hohe Transparenz von wenigstens 85% Lichttransmission und eine geringe Trübung (Haze) von höchstens 7% aus. Der verwendete Flammenschutz ist integraler Bestandteil der erfindungsgemässen Polyamide, er ist chemisch am Polymerrückgrat gebunden, wodurch Migrations- oder Auswaschphänomene ausgeschlossen werden können. Makroskopisch gesehen liegt der Flammenschutz homogen verteilt über das Polymer vor, so dass bereits geringe Mengen ausreichen, um einen guten Flammenschutz zu gewährleisten. Da das erfindungsgemässe Flammenschutzmittel, die Komponente B, chemisch gebunden im Polyamid X vorliegt, tritt auch kein ausgeprägter Weichmachereffekt auf, wodurch hohe Glasübergangstemperaturen und somit für die meisten Anwendungen ausreichend hohe Wärmeformbeständigkeiten erzielt werden können.

**[0007]** Die Aufgabe wird ebenfalls gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemässen Polyamide gemäss Anspruch 9.

Weiterhin wird die Aufgabe gelöst durch Bereitstellen einer Polyamid-Formmasse FM gemäss Anspruch 10, enthaltend das zuvor beschriebene Polyamid X, und wenigstens einen Füllstoff und/oder wenigstens ein Additiv und/oder wenigstens einem vom Polyamid X verschiedenen Polyamid Y.

Diese Aufgabe wird weiterhin gelöst durch die Formkörper gemäss Anspruch 13, die mindestens teilweise aus einem Polyamid X oder der Formmasse FM ausgebildet sind.

Schliesslich wird diese Aufgabe gelöst durch die Verwendung der erfindungsgemässen Polyamide X und durch die Verwendung der erfindungsgemässen Polyamid-Formmassen FM zur Herstellung der Formkörper gemäss Anspruch 15.

## BEGRIFFSDEFINITIONEN

**[0008]** Im Sinne der vorliegenden Erfindung wird unter dem Begriff „Polyamid“ (Abkürzung PA) ein Oberbegriff verstanden, welcher Homopolyamide und Copolyamide umfasst. Die gewählten Schreibweisen und Abkürzungen für Polyamide und deren Monomere entsprechen den in der ISO-Norm 16396-1 (2015(D)) festgelegten. Die darin verwendeten Abkürzungen werden im folgenden Synonym zu den IUPAC Namen der Monomere verwendet, insbesondere kommen folgende Abkürzungen für Monomere vor: T oder TPS für Terephthalsäure, I oder IPS für Isophthalsäure, MACM für Bis(4-amino-3-methyl-cyclohexyl)methan (auch als 3,3'-Dimethyl-4,4'-diaminodicyclohexylmethan bezeichnet, CAS-Nr. 6864-37-5), PACM für Bis(4-aminocyclohexyl)methan (auch als 4,4'-Diaminodicyclohexylmethan bezeichnet, CAS-Nr. 1761-71-3), TMDC für Bis(4-amino-3,5-dimethyl-cyclohexyl)methan (auch als 3,3',5,5'-Tetramethyl-4,4'-diaminodicyclohexylmethan bezeichnet, CAS-Nr. 65962-45-0). Für 1,6-Hexandiamin (auch als Hexamethylendiamin bezeichnet) wird im Folgenden die Abkürzung HMDA verwendet.

Amorphe Polyamide weisen verglichen mit den teilkristallinen Polyamiden keine oder nur eine sehr geringe, kaum nachweisbare Schmelzwärme, auf. Die amorphen Polyamide zeigen in der dynamischen Differenz-Kalorimetrie (engl. Differential Scanning Calorimetry, DSC) nach ISO 11357 (2013) bei einer Aufheizrate von 20 K/min bevorzugt eine Schmelzwärme von weniger als 5 J/g, besonders bevorzugt von maximal 3 J/g, ganz besonders bevorzugt von 0 bis 1 J/g. Amorphe Polyamide besitzen auf Grund ihrer Amorphizität keinen Schmelzpunkt.

Mikrokristalline Polyamide besitzen neben einer Glasübergangstemperatur auch einen Schmelzpunkt. Sie haben jedoch eine Morphologie, bei der die Kristallite eine so kleine Dimension haben, dass eine daraus hergestellte Platte mit einer Dicke von 2 mm noch transparent ist, d.h. ihre Lichttransmission mindestens 85% und ihr Haze höchstens 7% beträgt, gemessen nach ASTM D 1003-13 (2013). Mikrokristalline Polyamide zeigen in der dynamischen Differenz-Kalorimetrie (engl. Differential Scanning Calorimetry, DSC) nach ISO 11357 (2013) bei einer Aufheizrate von 20 K/min bevorzugt eine Schmelzwärme von 5 bis 20 J/g. Dazu im Vergleich zeigen teilkristalline Polyamide in der DSC einen ausgeprägten Schmelzpeak und haben eine Schmelzwärme von mehr als 20 J/g.

Im Sinne der vorliegenden Erfindung liegt ein transparentes Polyamid vor, wenn dessen nach ASTM D 1003-13 (2013) an Platten mit einer Dicke von 2 mm gemessene Lichttransmission mindestens 85% und dessen Haze höchstens 7% beträgt. Wenn im Folgenden von transparenten Polyamiden gesprochen wird, sind stets amorphe oder mikrokristalline Polyamide gemeint, die die obigen Definitionen bezüglich Transparenz und Schmelzwärme erfüllen.

Im Hinblick auf das erfindungsgemässe Polyamid X bilden die Monomere der Dicarbonsäure- und der Diamin-Komponenten sowie der gegebenenfalls eingesetzten Aminocarbonsäuren, Lactamen oder monofunktionellen Reglern durch die Kondensation Wiederholungseinheiten bzw. Endgruppen in Form von Amidgruppen aus, die von den jeweiligen Monomeren abgeleitet sind. Diese machen in der Regel mindestens 95 Mol-%, insbesondere mindestens 99 Mol-% aller im Polyamid vorliegenden Wiederholungseinheiten und Endgruppen aus. Daneben kann das Polyamid auch geringe Mengen anderer Wiederholungseinheiten aufweisen, die aus Abbau- oder Nebenreaktionen der Monomere, beispielsweise der Diamine, resultieren können.

**[0009]** Beim erfindungsgemässen Polyamid handelt es sich um ein **Polyamid X** mit den Polyamid-Einheiten AB/AC/AD/EB/EC/ED/F, wobei mindestens die Polyamid-Einheiten AB vorhanden sein müssen. Das bedeutet, dass die Polyamid-Einheiten AC, AD, EB, EC, ED und F optional sind und das Polyamid X im einfachsten Fall ausschliesslich die Polyamid-Einheiten AB umfasst. Die Monomer-Einheiten A, B, C, D, E und F leiten sich von den folgenden bifunktionellen Molekülen, nachfolgend auch Monomere genannt, ab, die im Polyamid X amidisch gebunden vorliegen.

Die Monomere für die Herstellung der Polyamide X umfassen wenigstens folgende Komponenten A und B, welche die Polyamid-Einheiten AB bilden, sowie optional die Komponenten C, D, E und F:

- A: Cycloaliphatische Diamine;
- B: phosphorhaltige, aromatische Dicarbonsäuren gemäss Formel 1, 2 und/oder 3, wobei die Substituenten R1, R2 jeweils unabhängig voneinander C1 - C8-Alkyl oder Aryl und die Substituenten R3, R4, R5 jeweils unabhängig voneinander H, Alkyl, Aryl, F, Cl, Br oder P(R1)(R2)O sind;
- C: Aliphatische Dicarbonsäuren;
- D: Aromatische, phosphorfremde Dicarbonsäuren;
- E: Acyclisch aliphatische Diamine;
- F:  $\alpha,\omega$ -Aminocarbonsäuren, Lactame.

**[0010]** Werden lediglich ein einziges cycloaliphatisches Diamin A und eine einzige phosphorhaltige, aromatische Dicarbonsäure B als Monomere ausgewählt, so setzt sich das Polyamid X aus nur einer Polyamid-Einheit AB als Wiederholungseinheiten zusammen. Werden zwei oder mehr verschiedene Diamine A und/oder wenigstens zwei unterschiedliche Dicarbonsäuren B ausgewählt, so enthält das Polyamid X zwei oder mehr unterschiedliche Polyamid-Einheiten AB. Die Polyamid-Einheiten sind als Wiederholungseinheiten im Polyamid X zu verstehen.

Dabei wird bevorzugt, wenn die insgesamt eingesetzten Diamine und die insgesamt eingesetzten Dicarbonsäuren im Polyamid X in einem molaren Verhältnis von 1.05:1 bis 1:1.05, besonders bevorzugt von 1.03:1 bis 1:1.03 und insbesondere bevorzugt im molaren Verhältnis von 1:1 im Polyamid X vorliegen.

Eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sieht vor, dass die cycloaliphatischen **Diamine A** ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Bis-(4-amino-3-methylcyclohexyl)methan (MACM), Bis-(4-aminocyclohexyl)methan (PACM), Bis-(4-amino-3,5-dimethylcyclohexyl)methan (TMDC), 2,2-Bis-(4-aminocyclohexyl)propan, 2,2-Bis-(4-amino-3-methylcyclohexyl)propan, Bis-(4-Amino-3-ethylcyclohexyl)methan (EACM), Isophorondiamin (5-Amino-1,3,3-trimethylcyclohexanmethanamin), 1,3-Diaminocyclohexan, 1,4-Diaminocyclohexan, 1,3-Bis-(aminomethyl)cyclohexan (BAC), 1,4-Bis-(aminomethyl)cyclohexan, 2,5-Bis-(aminomethyl)norbornan, 2,6-Bis-(aminomethyl)norbornan, 2,5-Diaminonorbornan, 2,6-Diaminonorbornan, m-Xylylendiamin (MXDA), p-Xylylendiamin (PXDA) und Mischungen daraus. Besonders bevorzugt sind die Diamine A ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Bis-(4-amino-3-methylcyclohexyl)methan (MACM), Bis(4-aminocyclohexyl)methan (PACM), Bis-(4-amino-3,5-dimethylcyclohexyl)methan (TMDC) und Mischungen hiervon. Dabei ist es besonders bevorzugt, wenn diese Diamine einen hohen Bioanteil aufweisen, also auf nachwachsenden Rohstoffen basieren.

Gemäss einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die phosphorhaltige, aromatische **Dicarbonsäure B** ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus 3,5-Dicarboxyphenyldiphenylphosphinoxid, 3,5-Dicarboxyphenyl-dimethylphosphinoxid, 3,5-Dicarboxyphenyldiethylphosphinoxid, 2,4-Dicarboxy-phenyldiphenylphosphinoxid, 2,4-Dicarboxyphenyldimethylphosphinoxid, 2,4-Dicarboxyphenyldiethylphosphinoxid. Insbesondere wird als Dicarbonsäure B 3,5-Dicarboxyphenyldiphenylphosphinoxid bevorzugt. Bei 3,5-Dicarboxyphenyldiphenylphosphinoxid handelt es sich um eine Dicarbonsäure gemäss Formel 1, wobei die Substituenten R1 und R2 Phenyl und die Substituenten R3, R4 und R5 Wasserstoff sind.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sieht vor, dass die aliphatischen **Dicarbonsäuren C** ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Cyclohexan-1.3-dicarbonsäure, Cyclohexan-1.4-dicarbonsäure, Adipinsäure, 1,7-Heptandisäure, 1,8-Octandisäure, 1,9-Nonandisäure, 1,10-Decandisäure, 1,11-Undecandisäure, 1,12-Dodecandisäure, 1,13-Tridecandisäure, 1,14-Tetradecandisäure, 1,15-Pentadecandisäure, 1,16-Hexadecandisäure, 1,17-Heptadecandisäure, 1,18-Octadecandisäure, und Mischungen davon. Besonders bevorzugt sind die aliphatischen Dicarbonsäuren C ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Dicarbonsäuren mit 6 bis 16 Kohlenstoffatomen, insbesondere Adipinsäure, 1,10-Decandisäure, 1,12-Dodecandisäure, 1,14-Tetradecandisäure, 1,16-Hexadecandisäure, Cyclohexan-1.3-dicarbonsäure, Cyclohexan-1.4-dicarbonsäure und Mischungen hiervon.

Als **Komponente D** werden bevorzugt aromatische Dicarbonsäuren ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Terephthalsäure, Isophthalsäure, 1,5-Naphthalindicarbonsäure, 2,6-Naphthalindicarbonsäure, 4,4'-Diphenyldicarbonsäure, 3,3'-Diphenyldicarbonsäure, 4,4'-Diphenyletherdicarbonsäure, 4,4'-Diphenylmethandicarbonsäure, 4,4'-Diphenylsulfondicarbonsäure, 4,4'-Diphenyl-isopropylidondicarbonsäure, 1,2-Bis(phenoxy)ethan-4,4'-dicarbonsäure, 2,5-Anthracendicarbonsäure, 4,4'-p-Terphenyldicarbonsäure und 2,5-Pyridindicarbonsäure verwendet. Besonders bevorzugt werden als Komponente D Terephthalsäure, Isophthalsäure, 1,5-Naphthalindicarbonsäure, 2,6-Naphthalindicarbonsäure sowie Mischungen davon. Insbesondere bevorzugt sind die aromatischen Dicarbonsäuren D ausgewählt als eine Mischung aus Isophthalsäure und Terephthalsäure, wobei das Mol-Verhältnis von Isophthalsäure zu Terephthalsäure bevorzugt im Bereich von 0.5 bis 3.0, besonders bevorzugt im Bereich von 0.8 bis 2.5 und insbesondere bevorzugt im Bereich von 0.9 bis 2.0 ist.

Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform ist das acyclisch aliphatische **Diamin E** ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus 2-Methyl-1,5-pentandiamin, Hexandiamin, insbesondere 1,6-Hexandiamin, 2,2,4-Trimethyl-1,6-hexamethyldiamin, 2,4,4-Trimethyl-1,6-hexamethyldiamin, Nonandiamin, insbesondere 1,9-Nonandiamin, 2-Methyl-1,8-octandiamin, 1,10-Decandiamin, 1,11-Undecandiamin, 1,12-Dodecandiamin und Mischungen davon. Besondere bevorzugt sind die acyclischen, aliphatischen Diamine E ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Diaminen mit 6 bis 10 Kohlenstoffatomen, insbesondere 1,6-Hexandiamin, 1,9-Nonandiamin, 1,10-Decandiamin und Mischungen hiervon.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die  $\alpha,\omega$ -**Aminocarbonsäuren oder die Lactame F** ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Caprolactam, Undecanolactam, Laurinlactam,  $\alpha,\omega$ -Aminocapronsäure,  $\alpha,\omega$ -Aminoheptansäure,  $\alpha,\omega$ -Aminooctansäure,  $\alpha,\omega$ -Aminononansäure,  $\alpha,\omega$ -Aminodecansäure,  $\alpha,\omega$ -Aminoundecansäure (AUA) und  $\alpha,\omega$ -Aminododecansäure (ADA), besonderes bevorzugt sind  $\alpha,\omega$ -Aminoundecansäure, Caprolactam und Laurinlactam sowie Mischungen daraus.

Des Weiteren können die Polyamide X wenigstens eine monofunktionelle Carbonsäure G1 oder monofunktionelles Amin G2 als monofunktionellen Regler G einpolymerisiert enthalten. Die monofunktionellen Regler G dienen dabei der Endverkappung der erfindungsgemäss hergestellten Polyamide. Geeignet sind grundsätzlich alle Monocarbonsäuren G1, die befähigt sind, unter den Reaktionsbedingungen der Polyamidkondensation mit zumindest einem Teil der zur Verfügung stehenden Aminogruppen zu reagieren. Geeignete Monocarbonsäuren G1 sind aliphatische Monocarbonsäuren, alicyclische Monocarbonsäuren und aromatische Monocarbonsäuren. Dazu zählen Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure, n-, iso- oder tert.-Buttersäure, Valeriansäure, Trimethylelessigsäure, Capronsäure, Önanthsäure, Caprylsäure, Pelargonsäure, Caprinsäure, Undecansäure, Laurinsäure, Tridecansäure, Myristinsäure, Palmitinsäure, Stearinsäure, Pivalinsäure, Cyclohexancarbonsäure, Benzoesäure, Methylbenzoesäuren,  $\alpha$ -Naphthalincarbonsäure,  $\beta$ -Naphthalincarbonsäure, Phenylelessigsäure, Ölsäure, Ricinolsäure, Linolsäure, Linolensäure, Erucasäure, Acrylsäure, Methacrylsäure und Mischungen davon. Besonders bevorzugt ist die Monocarbonsäure G1 ausgewählt unter Essigsäure, Propionsäure, Benzoesäure, Stearinsäure und Mischungen davon. In einer speziellen Ausführung enthalten die aliphatischen Polyamide X als Monocarbonsäure G1 ausschliesslich Essigsäure einpolymerisiert.

Die Polyamide X können wenigstens ein Monoamin G2 einpolymerisiert enthalten. Die Monoamine G2 dienen dabei der Endverkappung der erfindungsgemäss hergestellten Polyamide. Geeignet sind grundsätzlich alle Monoamine, die befähigt sind, unter den Reaktionsbedingungen der Polyamidkondensation mit zumindest einem Teil der zur Verfügung stehenden Carbonsäuregruppen zu reagieren. Bevorzugte Monoamine G2 sind aliphatische Monoamine. Dazu zählen Methylamin, Ethylamin, Propylamin, Butylamin, Hexylamin, Heptylamin, Octylamin, Decylamin, Stearylamin, Dimethylamin, Diethylamin, Dipropylamin, Dibutylamin, Cyclohexylamin, Dicyclohexylamin und Mischungen davon.

Der Gehalt der Polyamid-Einheiten AB oder die Summe der Gehalte der Polyamid-Einheiten AB und EB beträgt bevorzugt 1 bis 100 mol-%, besonders bevorzugt 10 bis 90 mol-% und insbesondere bevorzugt 20 bis 80 mol-%, jeweils bezogen auf das Polyamid X mit den Polyamid-Einheiten AB/AC/AE/DB/DC/DE/F. Die Konzentrationsangabe von 100 mol-% gilt für die Fälle, dass die phosphorhaltige Dicarbonsäure B ausschliesslich in den Polyamid-Einheiten AB oder ausschliesslich in Polyamid-Einheiten AB und EB enthalten ist.

Weiterhin bevorzugt wird ein Polyamid X, bei dem bezüglich der Komponenten A bis F mindestens eine der nachfolgend genannten Auswahlgruppen ausgewählt ist, bevorzugt die Auswahlgruppen für die Komponenten A und B ausgewählt sind, besonders bevorzugt die Auswahlgruppen für die Komponenten A, B, C und D ausgewählt sind und insbesondere bevorzugt alle Auswahlgruppen gleichzeitig ausgewählt sind:

- A: die cycloaliphatischen Diamine sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Bis-(4-amino-3-methylcyclohexyl)methan (MACM), Bis(4-aminocyclohexyl)methan (PACM), Bis-(4-amino-3,5-dimethylcyclohexyl)methan (TMDC) und Mischungen hiervon;
- B: die phosphorhaltigen, aromatischen Dicarbonsäuren sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus 3,5-Dicarboxyphenyldiphenylphosphinoxid, 3,5-Dicarboxyphenyl-dimethylphosphinoxid, 3,5-Dicarboxyphenyldiethylphosphinoxid, 2,4-Dicarboxy-phenyldiphenylphosphinoxid, 2,4-Dicarboxyphenyldimethylphosphinoxid, 2,4-Dicarboxyphenyldiethylphosphinoxid, bevorzugt ausgewählt sind als 3,5-Dicarboxyphenyldiphenylphosphinoxid, 3,5-Dicarboxyphenyldimethylphosphinoxid oder 3,5-Dicarboxyphenyldiethylphosphinoxid, insbesondere bevorzugt ausgewählt ist als 3,5-Dicarboxyphenyldiphenylphosphinoxid;

- C: die aliphatischen Dicarbonsäuren sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Adipinsäure, 1,10-Decandisäure, 1,12-Dodecandisäure, 1,14-Tetradecandisäure, 1,16-Hexadecandisäure, Cyclohexan-1,3-dicarbonsäure, Cyclohexan-1,4-dicarbonsäure und Mischungen hiervon;
- D: die aromatischen phosphorfreien Dicarbonsäuren sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Terephthalsäure, Isophthalsäure und Mischungen davon, bevorzugt ausgewählt als Mischung aus Terephthalsäure und Isophthalsäure;
- E: die acyclisch aliphatischen Diamine sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus 1,6-Hexandiamin, 1,9-Nonandiamin, 1,10-Decandiamin, bevorzugt ausgewählt als 1,6-Hexandiamin oder 1,10-Decandiamin;
- F: die  $\alpha,\omega$ -Aminocarbonsäuren oder die Lactame F sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus  $\alpha,\omega$ -Aminoundecansäure, Caprolactam und Laurinlactam sowie Mischungen daraus.

**[0011]** In einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich beim Polyamid X um ein Polyamid, das wenigstens die Polyamid-Einheiten AB und AC oder wenigstens die Polyamid-Einheiten AB und AD oder wenigstens die Polyamid-Einheiten AB, AC und AD umfasst.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform handelt es sich beim Polyamid X um ein Polyamid, das wenigstens die Polyamid-Einheiten AB und AC umfasst und wobei die Monomer-Einheiten A, B und C von den folgenden Molekülen abgeleitet sind, die im Polyamid X amidisch gebunden vorliegen:

- A: die cycloaliphatischen Diamine sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Bis-(4-amino-3-methylcyclohexyl)methan (MACM), Bis(4-aminocyclohexyl)methan (PACM), Bis-(4-amino-3,5-dimethylcyclohexyl)methan (TMDC) und Mischungen hiervon;
- B: die phosphorhaltigen, aromatischen Dicarbonsäuren sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus 3,5-Dicarboxyphenyldiphenylphosphinoxid, 3,5-Dicarboxyphenyl-dimethylphosphinoxid, 3,5-Dicarboxyphenyldiethylphosphinoxid, insbesondere bevorzugt ausgewählt ist als 3,5-Dicarboxyphenyldiphenylphosphinoxid;
- C: die aliphatischen Dicarbonsäuren sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus 1,10-Decandisäure, 1,12-Dodecandisäure, 1,14-Tetradecandisäure, 1,16-Hexadecandisäure und Mischungen hiervon.

In einer ebenfalls besonders bevorzugten Ausführungsform handelt es sich beim Polyamid X um ein Polyamid, das wenigstens die Polyamid-Einheiten AB und AD umfasst und wobei die Monomer-Einheiten A, B und D von den folgenden Molekülen abgeleitet sind, die im Polyamid X amidisch gebunden vorliegen:

- A: die cycloaliphatischen Diamine sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Bis-(4-amino-3-methylcyclohexyl)-methan (MACM), Bis(4-aminocyclohexyl)methan (PACM), Bis-(4-amino-3,5-dimethylcyclohexyl)-methan (TMDC) und Mischungen hiervon;
- B: die phosphorhaltigen, aromatischen Dicarbonsäuren sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus 3,5-Dicarboxyphenyldiphenylphosphinoxid, 3,5-Dicarboxyphenyl-dimethylphosphinoxid, 3,5-Dicarboxyphenyldiethylphosphinoxid, insbesondere bevorzugt ausgewählt ist 3,5-Dicarboxyphenyldiphenylphosphinoxid;
- D: die aromatischen phosphorfreien Dicarbonsäuren sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Terephthalsäure, Isophthalsäure und Mischungen davon, bevorzugt ausgewählt sind Mischungen aus Terephthalsäure und Isophthalsäure.

**[0012]** In einer ebenfalls besonders bevorzugten Ausführungsform handelt es sich beim Polyamid X um ein Polyamid, das wenigstens die Polyamid-Einheiten AB, AC und AD umfasst und wobei die Monomer-Einheiten A, B, C und D von den folgenden Molekülen abgeleitet sind, die im Polyamid X amidisch gebunden vorliegen:

- A: die cycloaliphatischen Diamine sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Bis-(4-amino-3-methylcyclohexyl)-methan (MACM), Bis(4-aminocyclohexyl)methan (PACM), Bis-(4-amino-3,5-dimethylcyclohexyl)-methan (TMDC) und Mischungen hiervon;
- B: die phosphorhaltigen, aromatischen Dicarbonsäuren sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus 3,5-Dicarboxyphenyldiphenylphosphinoxid, 3,5-Dicarboxyphenyl-dimethylphosphinoxid, 3,5-Dicarboxyphenyldiethylphosphinoxid, insbesondere bevorzugt ausgewählt ist 3,5-Dicarboxyphenyldiphenylphosphinoxid;
- C:

die aliphatischen Dicarbonsäuren sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus 1,10-Decandisäure, 1,12-Dodecandisäure, 1,14-Tetradecandisäure, 1,16-Hexadecandisäure und Mischungen hiervon;

- D: die aromatischen Dicarbonsäuren sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Terephthalsäure, Isophthalsäure und Mischungen davon, bevorzugt ausgewählt sind Mischungen aus Terephthalsäure und Isophthalsäure.

Bevorzugt ist ein Polyamid X, bei dem die Polyamid-Einheiten AC ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus den Polyamid-Einheiten MACM10, MACM12, MACM14, MACM16, MACM18, PACM10, PACM12, PACM14, PACM16, PACM18, TMDC10, TMDC12, TMDC14, TMDC16 und TMDC18.

Weiterhin bevorzugt ist ein Polyamid X, bei dem die Polyamid-Einheiten AD ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus den Polyamid-Einheiten MACMI, MACMT, PACMI, PACMT, TMDCI und TMDCT.

Bevorzugt wird unter anderem ein Polyamid X, das wenigstens die Polyamid-Einheiten AB sowie AC und/oder AD umfasst. Hierbei handelt es sich beim Polyamid X also um die Systeme AB/AC, AB/AD und AB/AC/AD, die als weitere Komponenten noch Diamine E, Aminocarbonsäuren/Lactame F und/oder monofunktionelle Regler G enthalten können. Dabei beträgt der Gehalt der Polyamid-Einheiten AB 1 bis 99 mol-%, bevorzugt 10 bis 90 mol-%, insbesondere bevorzugt 20 bis 80 mol-% und der Gehalt der Polyamid-Einheiten AC oder AD oder die Summe aus AC und AD 1 bis 99 mol-%, bevorzugt 10 bis 90 mol-%, insbesondere bevorzugt 20 bis 80 mol-%, jeweils bezogen auf die Summe der Polyamid-Einheiten AB, AC und AD.

Weiterhin ist bevorzugt, wenn das Polyamid X ausschliesslich aus den Polyamid-Einheiten AB und AC oder AB, AC und F besteht. Hierbei handelt es sich beim Polyamid X also um die Systeme AB/AC oder AB/AC/F, die als weitere Komponenten noch monofunktionelle Regler G enthalten können. Dabei beträgt der Gehalt an Polyamid-Einheiten AB bevorzugt 1 bis 99 mol-%, besonders bevorzugt 10 bis 90 mol-% und insbesondere bevorzugt 20 bis 80 mol-%, und der Gehalt an Polyamid-Einheiten AC bevorzugt 1 bis 99 mol-%, besonders bevorzugt 10 bis 90 mol-% und insbesondere bevorzugt 20 bis 80 mol-% und der Gehalt an Polyamid-Einheiten F bevorzugt 0 bis 50 mol-%, besonders bevorzugt 0 bis 45 mol-% und insbesondere bevorzugt 10 bis 40 mol-%, jeweils bezogen auf die Summe der Polyamid-Einheiten AB und AC bzw. AB, AC und F.

Weiterhin ist bevorzugt, wenn das Polyamid X ausschliesslich aus den Polyamid-Einheiten AB und AD oder AB, AD und F besteht. Hierbei handelt es sich beim Polyamid X also um die Systeme AB/AD oder AB/AD/F, die als weitere Komponenten noch monofunktionelle Regler G enthalten können. Dabei beträgt der Gehalt an Polyamid-Einheiten AB bevorzugt 1 bis 99 mol-%, besonders bevorzugt 10 bis 90 mol-% und insbesondere bevorzugt 20 bis 80 mol-%, und der Gehalt an Polyamid-Einheiten AD bevorzugt 1 bis 99 mol-%, besonders bevorzugt 10 bis 90 mol-% und insbesondere bevorzugt 20 bis 80 mol-% und der Gehalt an Polyamid-Einheiten F bevorzugt 0 bis 50 mol-%, besonders bevorzugt 0 bis 45 mol-% und insbesondere bevorzugt 10 bis 40 mol-%, jeweils bezogen auf die Summe der Polyamid-Einheiten AB und AD bzw. AB, AD und F.

Weiterhin ist bevorzugt, wenn das Polyamid X ausschliesslich aus den Polyamid-Einheiten AB, AC und AD oder AB, AC, AD und F besteht. Hierbei handelt es sich beim Polyamid X also um die Systeme AB/AC/AD oder AB/AC/AD/F, die als weitere Komponenten noch monofunktionelle Regler G enthalten können. Dabei beträgt der Gehalt an Polyamid-Einheiten AB bevorzugt 1 bis 99 mol-%, besonders bevorzugt 10 bis 90 mol-% und insbesondere bevorzugt 20 bis 80 mol-%, der Gehalt an Polyamid-Einheiten AC bevorzugt 1 bis 98 mol-%, besonders bevorzugt 10 bis 90 mol-% und insbesondere bevorzugt 20 bis 80 mol-%, der Gehalt an Polyamid-Einheiten AD bevorzugt 1 bis 99 mol-%, besonders bevorzugt 10 bis 90 mol-% und insbesondere bevorzugt 20 bis 80 mol-% und der Gehalt an Polyamid-Einheiten F bevorzugt 0 bis 50 mol-%, besonders bevorzugt 0 bis 45 mol-% und insbesondere bevorzugt 10 bis 40 mol-%, jeweils bezogen auf die Summe der Polyamid-Einheiten AB, AC und AD bzw. AB, AC, AD und F.

Besonders bevorzugt ist ein Polyamid X, das ausschliesslich die Polyamid-Einheiten AB und AC oder ausschliesslich die Polyamid-Einheiten AB und AD oder ausschliesslich die Polyamid-Einheiten AB, AC und AD oder ausschliesslich die Polyamid-Einheiten AB umfasst.

Weiterhin ist besonders bevorzugt ein Polyamid X, das ausschliesslich die Polyamid-Einheiten AB und AC oder ausschliesslich die Polyamid-Einheiten AB und AD oder ausschliesslich die Polyamid-Einheiten AB, AC und AD oder ausschliesslich die Polyamid-Einheiten AB umfasst, und wobei die cycloaliphatischen Diamine A ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Bis-(4-amino-3-methyl-cyclohexyl)-methan (MACM) und Bis(4-amino-cyclohexyl)methan (PACM) sowie Mischungen davon, die phosphorhaltige, aromatischen Dicarbonsäure B ausgewählt ist als 3,5-Dicarboxyphenyl-diphenylphosphinoxid, die aliphatischen Dicarbonsäuren C ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus 1,10-Decandisäure, 1,12-Dodecandisäure, 1,14-Tetradecandisäure, 1,16-Hexadecandisäure und Mischungen hiervon und die aromatischen Dicarbonsäuren D ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Terephthalsäure, Isophthalsäure und Mischungen davon.

Die erfindungsgemässen Polyamide zeichnen sich durch eine hervorragenden Transparenz und einen niedrigen Haze aus. Somit ist bevorzugt, dass die Transparenz einer aus dem Polyamid X hergestellten Platte mit einer Dicke von 2 mm gleich oder höher als 90%, insbesondere bevorzugt mindestens 92% und der Haze (Trübung) maximal 5%, insbesondere bevorzugt maximal 3% beträgt, jeweils bestimmt nach der Methode ASTM D1003:2013 mit der Lichtart CIE-C. Die dabei verwendeten Platten weisen bevorzugt eine Hochglanzoberfläche auf, wobei der arithmetische Mittenrauwert Ra bevorzugt im Bereich von 0,01 bis 0,08 mm, und/oder die Rautiefe Rz bevorzugt im Bereich von 0,05 bis 1,0 mm liegt, jeweils bestimmt nach nach DIN EN ISO 4287:2010.

Die Polyamide X sind bevorzugt amorph oder mikrokristallin, weisen also eine Schmelzenthalpie von bevorzugt kleiner oder gleich 20 J/g, besonders bevorzugt von im Bereich von 0 bis 20 J/g und insbesondere bevorzugt von kleiner 5 J/g auf. Bevorzugt weist das Polyamid X eine Lösungsviskosität  $\eta_{rel}$ , bestimmt anhand einer Lösung von 0.5 g Polymergranulat in 100 ml m-Kresol bei 20 °C gemäss ISO 307:2007, im Bereich von 1.4 bis 2.5, bevorzugt im Bereich von 1.4 bis 2.0, insbesondere im Bereich von 1.45 bis 1.85 auf.

Bevorzugt haben die Polyamide X einen Phosphorgehalt von mindestens 1.0 Gew.-%, besonders bevorzugt einen Phosphorgehalt im Bereich von 1.5 bis 7 Gew.-% und insbesondere bevorzugt im Bereich von 1.7 bis 4.0 Gew.-%.

Die erfindungsgemässen Polyamide besitzen einen guten Flammenschutz und weisen bevorzugt eine Flammschutz Klassifikation V0, bestimmt nach UL94 („Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Applications“ der Underwriters Laboratories) an Prüfkörpern der Dimension 127 × 12.7 × 0.35 mm, 127 × 12.7 × 0.5 mm, 127 × 12.7 × 0.75 mm, 127 × 12.7 × 1.5 mm und 127 × 12.7 × 3.0 mm, die vorgängig 48 h im Normklima (23 °C / 50% relative Feuchte) konditioniert oder 7 Tage bei 70 °C im Umluftofen gelagert wurden, auf.

Vorzugsweise haben die Polyamide X eine Glasübergangstemperatur von 130 bis 230 °C, besonders bevorzugt von 140 bis 200 °C und insbesondere bevorzugt von 150 bis 190 °C. Die Herstellung der erfindungsgemässen Polyamide X umfasst vorzugsweise eine Polykondensationsreaktion zwischen wenigstens einer phosphorhaltigen, aromatischen Dicarbonsäure B gemäss Formel 1, 2 und/oder 3, wobei die Substituenten R1, R2 jeweils unabhängig voneinander C1 - C8-Alkyl oder Aryl und die Substituenten R3, R4, R5 jeweils unabhängig voneinander H, Alkyl, Aryl, F, Cl, Br oder P(R1)(R2)O sind, und wenigstens einem cycloaliphatischen Diamin A sowie gegebenenfalls weiteren Monomeren C, D, E und F, gegebenenfalls in Gegenwart von monofunktionellen Reglern G und/oder Verfahrenshilfsstoffen.

Bevorzugte Verfahrenshilfsstoffe sind anorganische und organische Stabilisatoren, Katalysatoren sowie Entschäumer. Bevorzugte Katalysatoren sind Phosphorverbindungen wie beispielsweise Phosphorsäure, phosphorige Säure, hypophosphorige Säure, Phenylphosphonsäure, Phenylphosphinsäure und/oder deren Salze mit ein- bis drei-wertigen Kationen, wie z.B. Na, K, Mg, Ca, Zn oder Al, und/oder deren Ester, wie z. B. Triphenylphosphat, Triphenylphosphit oder Tris-(nonylphenyl)-phosphit. Besonders bevorzugt als Katalysator sind die hypophosphorige Säure und deren Salze, wie beispielsweise Natriumhypophosphit.

Dabei wird das Verfahren zur Herstellung von Polyamid X, das mindestens die Polyamid-Einheiten AB umfasst, vorzugsweise in Druckgefässen ausgeführt, wobei nach Mischen der Komponenten A und B sowie gegebenenfalls weiterer Komponenten C, D, E, F, G und optionaler Verfahrenshilfsstoffen, eine Druckphase bei 220 °C bis 330 °C mit einer nachfolgenden Entspannung bei 220 °C bis 320 °C, mit einer nachfolgenden Entgasung bei 220 °C bis 320 °C sowie Austragen des Polyamids in Strangform, Abkühlen, Granulieren und Trocknen des Granulats, erfolgt.

Weiterhin umfasst die Erfindung auch die Bereitstellung einer Polyamid-Formmasse FM enthaltend das Polyamid X, und wenigstens einen Füllstoff und/oder wenigstens ein Additiv und/oder wenigstens ein von Polyamid X verschiedenes Polyamid Y.

In einer bevorzugten Ausführungsform enthält die Polyamid-Formmasse FM folgende Komponenten, besteht bevorzugt aus den folgenden Komponenten:

20 bis 99.99 Gew.-% Polyamid X

0 bis 60 Gew.-% wenigstens eines Füllstoffs T;

0.01 bis 60 Gew.-% wenigstens eines Additivs S verschieden von X und T;

wobei die Komponenten S, T und X zusammen 100 Gew.-% ergeben.

**[0013]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung enthält die Polyamid-Formmasse FM folgende Komponenten, besteht bevorzugt aus den folgenden Komponenten: 20 bis 100 Gew.-% einer Polymermischung P enthaltend oder bevorzugt bestehend aus

10 bis 90 Gew.-% Polyamid X und

10 bis 90 Gew.-% Polyamid Y verschieden von Polyamid X, bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Polyamid 6, Polyamid 66, Polyamid 610, Polyamid 612, Polyamid 614, Polyamid 616, Polyamid 1010, Polyamid 1012, Polyamid 1014, Polyamid 1016, Polyamid 11, Polyamid 12, Polyamid 6/12 oder Mischungen davon,

wobei die Summe aus X und Y 100 Gew.-% der Polymermischung P ergibt;

0 bis 60 Gew.-% wenigstens eines Füllstoffs T;

0 bis 60 Gew.-% wenigstens eines Additivs S verschieden von X, Y und T;

wobei die Komponenten P, S und T zusammen 100 Gew.-% ergeben.

**[0014]** Besonders bevorzugt besteht die Polymermischung P ausschliesslich aus den Komponenten X und Y.

Beim Polyamid Y handelt es sich um ein Polyamid, welches frei ist an Polyamid-Einheiten AB und EB, also die Komponente B nicht enthält. Bevorzugt enthält Polyamid Y wenigstens eine der Polyamid-Einheiten AC, AD, EC, ED, F. In einer bevor-

zugten Ausführungsform enthält das Polyamid Y nur Polyamid-Einheiten EC und/oder F, d.h. es handelt sich hierbei um ein aliphatisches Polyamid. Besonders bevorzugt ist hierbei, wenn das Polyamid Y ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Polyamid 6, Polyamid 66, Polyamid 610, Polyamid 612, Polyamid 614, Polyamid 616, Polyamid 1010, Polyamid 1012, Polyamid 1014, Polyamid 1016, Polyamid 11, Polyamid 12, Polyamid 6/12 oder Mischungen davon.

Die Polyamid-Formmassen FM gemäss der vorliegenden Erfindung enthalten die Komponenten X und S oder X, T und S bzw. P oder P und S oder P, T und S oder bestehen bevorzugt ausschliesslich aus den Komponenten X und S oder X, T, S bzw. P oder P und S oder P, T und S, wobei die Massgabe gilt, dass sich die Komponenten X, T, S bzw. P, T, S in Summe auf 100 Gew.-% ergänzen. Die festgelegten Bereiche der Mengenangaben für die einzelnen Komponenten X, T, S bzw. P, T, S sind so zu verstehen, dass innerhalb der vorgegebenen Bereiche eine willkürliche Menge für jede der Einzelkomponenten ausgewählt werden kann, sofern die strikte Massgabe erfüllt wird, dass die Summe aller Komponenten X, T, S bzw. P, T, S 100 Gew.-% ergibt.

Bevorzugt liegt der Phosphorgehalt der Polymermischung P im Bereich von 0.8 bis 6.0 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 1.2 bis 4.5 Gew.-% und insbesondere bevorzugt im Bereich von 1.5 bis 3.5 Gew.-%.

**[0015] Komponente T** ist ein Füllstoff, der in 0 bis 70 Gew.-% in der Polyamid-Formmasse FM enthalten ist. Die Füllstoffe können sowohl faserförmig wie teilchenförmig, einzeln oder im Gemisch, vorliegen. Die Komponente T kann also faserförmige Füllstoffe (Verstärkungsmittel) oder partikuläre Füllstoffe oder auch ein Gemisch von Verstärkungsmitteln und partikulären Füllstoffen enthalten.

Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist Komponente T mit 10 bis 60 Gew.-%, weiter bevorzugt mit 20 bis 55 Gew.-% und besonders bevorzugt mit 25 bis 50 Gew.-% in der Polyamid-Formmasse FM enthalten, wobei sich diese Mengenangaben auf die Summe der Komponenten X, T, S oder die Summe der Komponenten P, T, S bzw. das Gesamtgewicht der Polyamid-Formmasse FM beziehen.

Insbesondere wird bevorzugt, wenn Komponente T ausschliesslich aus Verstärkungsmitteln, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Glasfasern, Kohlenstofffasern, Borfasern, Aramidfasern, Basaltfasern und Mischungen davon, besteht. Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemässen Polyamid-Formmasse wird die Komponente T vollständig aus Glasfasern gebildet.

Die verwendeten Glasfasern besitzen eine Querschnittsfläche, die entweder kreisförmig (oder synonym rund) oder nicht-kreisförmig (oder synonym flach) ist, wobei im letzteren Fall das Abmessungsverhältnis von der Haupt-Querschnittsachse zur Neben-Querschnittsachse mindestens 2 ist, bevorzugt im Bereich von 2 bis 6 liegt.

Die Verstärkung mit Glasfasern kann mit Kurzfasern (z.B. Schnittglas mit einer Länge von 2 bis 50 mm) oder Endlosfasern (Langglas oder Rovings) erfolgen. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die erfindungsgemäss eingesetzten Glasfasern Kurzglasfasern mit einem Durchmesser im Bereich von 6 bis 20  $\mu\text{m}$  und bevorzugt von 9 bis 12  $\mu\text{m}$ . Die Glasfasern liegen in Form von Schnittglas mit einer Länge von 2 bis 50 mm vor. Insbesondere werden erfindungsgemäss E- und/oder S-Glasfasern verwendet. Es können aber auch alle anderen Glasfasersorten, wie z. B. A-, C-, D-, M-, R-Glasfasern oder beliebige Mischungen davon oder Mischungen mit E- und/oder S-Glasfasern eingesetzt werden. Es werden die für Polyamid üblichen Schichten, wie z.B. diverse Aminosilanschichten, verwendet, wobei hochtemperaturstabile Schichten bevorzugt werden.

Bei den flachen Glasfasern, also Glasfasern mit nicht-kreisförmiger Querschnittsfläche, werden solche mit einem Abmessungsverhältnis von der Hauptquerschnittsachse zur senkrecht darauf stehender Nebenquerschnittsachse von mindestens 2, bevorzugt von 2.5 bis 4.5, insbesondere von 3 bis 4 bevorzugt eingesetzt. Diese sogenannten flachen Glasfasern weisen eine ovale, elliptische, mit Einschnürung(en) versehene elliptische (sogenannte Kokon- oder cocoon-Faser), polygonale, rechteckige oder nahezu rechteckige Querschnittsfläche auf. Ein weiteres kennzeichnendes Merkmal der eingesetzten flachen Glasfasern besteht darin, dass die Länge der Hauptquerschnittsachse bevorzugt im Bereich von 6 bis 40  $\mu\text{m}$ , insbesondere im Bereich von 15 bis 30  $\mu\text{m}$  und die Länge der Nebenquerschnittsachse im Bereich von 3 bis 20  $\mu\text{m}$ , insbesondere im Bereich von 4 bis 10  $\mu\text{m}$  liegt.

Zur Verstärkung der erfindungsgemässen Formmassen können auch Mischungen von Glasfasern mit kreisförmigem und nicht-kreisförmigem Querschnitt verwendet werden, wobei der Anteil an flachen Glasfasern bevorzugtermassen überwiegt, d.h. mehr als 50 Gew.-% der Gesamtmasse der Fasern ausmacht. Die Glasfasern können mit einer für Thermoplaste, insbesondere für Polyamid geeigneten Schichte, enthaltend einen Haftvermittler auf Basis einer Amino- oder Epoxysilanverbindung, versehen sein.

Die flachen Glasfasern der Komponente T sind dabei z.B. bevorzugt als E-Glasfasern gemäss ASTM D578-00 mit nicht-kreisförmigem Querschnitt ausgewählt, vorzugsweise mit einer Zusammensetzung aus 52 bis 62% Siliciumdioxid, 12 bis 16% Aluminiumoxid, 16 bis 25% Calciumoxid, 0 bis 10% Borax, 0 bis 5% Magnesiumoxid, 0 bis 2% Alkalioxide, 0 bis 1.5% Titandioxid und 0 bis 0.3% Eisenoxid. Die Glasfasern der Komponente (T) weisen bevorzugt als flache E-Glasfasern eine Dichte von 2.54 bis 2.62  $\text{g/cm}^3$ , einen Zug-E-Modul von 70 bis 75 GPa, eine Zugfestigkeit von 3000 bis 3500 MPa und eine Reissdehnung von 4.5 bis 4.8% auf, wobei die mechanischen Eigenschaften an Einzelfasern mit einem Durchmesser von 10  $\mu\text{m}$  und eine Länge von 12.7 mm bei 23 °C und einer relativen Luftfeuchte von 50% bestimmt wurden.

Die Komponente T kann des weiteren partikuläre Füllstoffe, gegebenenfalls in oberflächenbehandelter Form enthalten, ausgewählt aus der folgenden Gruppe: Kaolin, calciniertes Kaolin, Aluminiumoxid, Talkum, Talk, Glimmer, Silikat, Quarz, Wollastonit, amorphe Kieselsäuren, Magnesiumcarbonat, Magnesiumhydroxid, Kreide, Kalk, Feldspat, Voll- oder Hohl- Glaskugeln oder gemahlenes Glas, insbesondere gemahlene Glasfasern sowie Mischungen der Elemente aus dieser Gruppe. Besonders bevorzugt als Füllstoff werden Mikroglaskugeln mit einem mittleren Durchmesser im Bereich von 5 bis

100 µm, da diese dem Formteil tendenziell isotrope Eigenschaften verleihen und damit die Herstellung von Formteilen mit niedrigen Verzug erlauben.

Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform vorliegender Erfindung besteht Komponente T ausschliesslich aus einem Glasfüller ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Glasfasern, gemahlenen Glasfasern, Glaspartikeln, Glas-Flakes, Glas-Kugeln, Glas-Hohlkugeln oder aus Kombinationen aus den vorgenannten. Werden als Komponente T Glaskugeln oder Glaspartikel ausgewählt, beträgt deren mittlerer Durchmesser 0.3 bis 100 µm, bevorzugt 0.7 bis 30 µm, besonders bevorzugt 1 bis 10 µm.

Eine andere bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sieht vor, dass die Glassorte von Komponente T ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus E-Glas, ECR-Glas, S-Glas, A-Glas, AR-Glas und R-Glas, insbesondere E- und S-Glas, sowie Mischungen aus diesen Glassorten.

Bei Komponente T handelt es sich gemäss einer bevorzugten Ausführungsform um eine hochfeste Glasfaser oder sogenannte S-Glasfaser. Diese beruht vorzugsweise auf dem ternären System Siliciumdioxid-Aluminiumoxid-Magnesiumoxid oder auf dem quaternären System Siliciumdioxid-Aluminiumoxid-Magnesiumoxid-Calciumoxid, wobei eine Zusammensetzung von 58 bis 70 Gew.-% Siliciumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ), 15 bis 30 Gew.-% Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), 5 bis 15 Gew.-% Magnesiumoxid ( $\text{MgO}$ ), 0 bis 10 Gew.-% Calciumoxid ( $\text{CaO}$ ) und 0 bis 2 Gew.-% weitere Oxide, wie z.B. Zirkoniumdioxid ( $\text{ZrO}_2$ ), Boroxid ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ), Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ), Eisenoxid ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Natriumoxid, Kaliumoxid oder Lithiumoxid ( $\text{Li}_2\text{O}$ ) bevorzugt wird.

Insbesondere bevorzugt ist es, wenn die hochfeste Glasfaser die nachfolgende Zusammensetzung aufweist: 62 bis 66 Gew.-% Siliciumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ), 22 bis 27 Gew.-% Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), 8 bis 12 Gew.-% Magnesiumoxid ( $\text{MgO}$ ), 0 bis 5 Gew.-% Calciumoxid ( $\text{CaO}$ ), 0 bis 1 Gew.-% weitere Oxide, wie z.B. Zirkoniumdioxid ( $\text{ZrO}_2$ ), Boroxid ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ), Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ), Eisenoxid ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Natriumoxid, Kaliumoxid und Lithiumoxid ( $\text{Li}_2\text{O}$ ).

**[0016]** Die hochfesten Glasfasern (S-Glasfasern) weisen bevorzugtermassen eine Zugfestigkeit von wenigstens 3700 MPa, vorzugsweise von wenigstens 3800 oder 4000 MPa, und/oder eine Reissdehnung von wenigstens 4.8%, vorzugsweise von wenigstens 4.9 oder 5.0% und/oder einen Zug-E-Modul von mehr als 75 GPa, vorzugsweise von mehr als 78 oder 80 GPa auf, wobei diese Glaseigenschaften an Einzelfasern (pristine single filaments) mit einem Durchmesser von 10 µm und eine Länge von 12.7 mm bei einer Temperatur von 23 °C und einer relativen Luftfeuchte von 50% zu bestimmen sind.

Die erfindungsgemässe Polyamid-Formmasse (FM) enthält 0 bis 50 Gew.-% mindestens eines Additivs als Komponente S, welche verschieden von Komponente X, T und Y ist.

Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform enthält die erfindungsgemässe Polyamid-Formmasse (FM) 0.01 bis 50 Gew.-% oder 0.01 bis 30 Gew.-% und besonders bevorzugt 0.02 bis 20 Gew.-% mindestens eines Additivs als Komponente S, wobei sich diese Mengenangaben auf die Summe der Komponenten X, T, S oder die Summe der Komponenten P, T, S bzw. das Gesamtgewicht der Polyamid-Formmasse FM beziehen.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform ist Komponente S ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Schmiermitteln, Wärmestabilisatoren, Verarbeitungsstabilisatoren, Verarbeitungshilfsmittel, Viskositätsmodifikator, Oxidationsverzögerern, Mitteln gegen Wärmezersetzung und Zersetzung durch ultraviolettes Licht, UV-Blocker, Gleit- und Entformungsmitteln, Färbemitteln, insbesondere Farbstoffen, anorganischen Pigmenten, organischen Pigmenten, Weichmacher, Flammenschutzmittel, Schlagzähmodifikatoren und Mischungen davon.

Zur Verbesserung der Flammseigenschaften können die Polyamid-Formmassen FM noch Flammenschutzmittel als Additive enthalten, wobei die Flammenschutzadditive bevorzugt halogenfrei sind. Bevorzugte Flammenschutzadditive sind Phosphinsäuresalze und/oder Diphosphinsäuresalze, die vorzugsweise zusammen mit einem Synergisten, insbesondere eines stickstoffhaltigen Synergisten und/oder eines Stickstoff und Phosphor enthaltenden Flammenschutzmittels, bevorzugt Melamin oder Kondensationsprodukte des Melamins, wie insbesondere bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe: Melem, Melam, Melon, Umsetzungsprodukte von Melamin mit Polyphosphorsäure, wie z.B. Melaminpolyphosphat, Umsetzungsprodukte von Kondensationsprodukten des Melamins mit Polyphosphorsäure oder Mischungen davon.

In einer weiteren Ausführungsform ist der Synergist bevorzugt als eine sauerstoff-, stickstoff- oder schwefelhaltige Metallverbindung ausgewählt. Dabei bevorzugte Metalle sind Aluminium, Calcium, Magnesium, Barium, Natrium, Kalium und Zink. Geeignete Verbindungen sind ausgewählt aus der Gruppe der Oxide, Hydroxide, Carbonate, Silikate, Borate, Phosphate, Stannate, Alkoxide, Carboxylate sowie Kombinationen oder Mischungen dieser Verbindungen, wie z.B. Oxid-Hydroxide oder Oxid-Hydroxid-Carbonate. Beispiele sind Magnesiumoxid, Calciumoxid, Aluminiumoxid, Zinkoxid, Bariumcarbonat, Magnesiumhydroxid, Aluminiumhydroxid, Böhmit, Pseudoböhmit, Dihydroxalcit, Hydrocalumit, Calciumhydroxid, Calciumhydroxylapatit, Zinnoxidhydrat, Zinkhydroxid, Zinkborat, Zinksulfid, Zinkphosphat, Natriumcarbonat, Calciumcarbonat, Calciumphosphat, Magnesiumcarbonat, basisches Zinksilikat, Zinkstannat. Auch möglich sind Systeme wie Calciumstearat, Zinkstearat, Magnesiumstearat, Bariumstearat Kaliumpalmitat, Magnesiumbehenat.

Geeignete Phosphinsäuren für die Herstellung der erfindungsgemässen Phosphinsäuresalze sind beispielsweise Dimethylphosphinsäure, Ethylmethylphosphinsäure, Diethylphosphinsäure, Methyl-n-propylphosphinsäure, Methan-di(methylphosphinsäure), Ethan-1,2-di(methylphosphinsäure), Hexan-1,6-di(methylphosphinsäure), Benzol-1,4-di(methylphosphinsäure), Methyl-phenyl-phosphinsäure, Diphenylphosphinsäure. Die Phosphinsäuresalze können z.B. hergestellt werden, indem die Phosphinsäuren in wässriger Lösung mit Metallcarbonaten, Metallhydroxiden oder Metalloxiden umgesetzt werden, wobei im Wesentlichen monomere, je nach Reaktionsbedingungen unter Umständen auch polymere Phosphinsäuresalze entstehen.

Bevorzugt beträgt der Gehalt an diesen halogenfreien Flammenschutzadditiven der Komponente S maximal 10 Gew.-%, besonders bevorzugt maximal 5 Gew.-%, jeweils bezogen auf die gesamte Formmasse FM, und insbesondere bevorzugt ist die Formmasse FM frei an Flammenschutzadditiven S.

Nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform enthält die Polyamid-Formmasse FM als Komponente S mindestens ein Schmiermittel, wobei dieses bevorzugt in einem Anteil von 0 bis 2 Gew.-%, insbesondere bevorzugt von 0.01 bis 2.0 Gew.-%, besonders bevorzugt von 0.01 bis 1.5 Gew.-% und am bevorzugtesten von 0.02 bis 1.0 Gew.-%, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der Komponenten X, T, S bzw. P, T, S bzw. der Formmasse FM, enthalten ist. Hierbei bevorzugt sind Al-, Alkali-, Erdalkalisalze, Ester oder Amide von Fettsäuren mit 10 bis 44 C-Atomen und vorzugsweise mit 14 bis 44 C-Atomen, wobei die Metallionen Na, Mg, Ca und Al bevorzugt und Ca oder Mg besonders bevorzugt sind. Besonders bevorzugte Metallsalze sind Ca-Stearat und Ca-Montanat sowie Al-Stearat. Die Fettsäuren können 1- oder 2-wertig sein. Als Beispiele seien Pelargonsäure, Palmitinsäure, Laurinsäure, Margarinsäure, Dodecandisäure, Behensäure und die besonders bevorzugten Stearinsäure, Caprinsäure sowie Montansäure (Mischung von Fettsäuren mit 30 bis 40 C-Atomen), genannt.

Weiterhin sind aliphatischen Alkohole, die 1- bis 4-wertig sein können, als Schmiermittel bevorzugt. Bevorzugt sind diese Alkohole ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus n-Butanol, n-Octanol, Stearylalkohol, Ethylenglykol, Propylenglykol, Neopentylglykol, Glycerin, Pentaerythrit und Mischungen daraus, wobei Glycerin und Pentaerythrit bevorzugt sind.

Außerdem sind aliphatische Amine, die 1- bis 3-wertig sein können, bevorzugte Schmiermittel. Bevorzugte Amine sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Stearylamin, Ethylendiamin, Propylendiamin, Hexamethyldiamin, Di(6-Aminohexyl)amin und Mischungen hiervon, wobei Ethylendiamin und Hexamethyldiamin besonders bevorzugt sind.

Bevorzugte Ester oder Amide von Fettsäuren sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Glycerindistearat, Glycerintristearat, Ethylendiamindistearat, Glycerinmonopalmitat, Glycerintrilaurat, Glycerinmonobehenat, Pentaerythrittristearat und Mischungen hiervon. Des Weiteren können auch alternativ oder zusätzlich Weissöle oder Siliconöle eingesetzt werden.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform enthält die Polyamid-Formmasse FM als Komponente S mindestens einen Wärmestabilisator, wobei dieses bevorzugt in einem Anteil von 0 bis 3 Gew.-%, insbesondere bevorzugt von 0.02 bis 2.0 Gew.-%, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der Komponenten X, T, S bzw. P, T, S bzw. der Formmasse FM, enthalten ist.

**[0017]** Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform sind die Wärmestabilisatoren ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus:

- Verbindungen des ein- oder zweiwertigen Kupfers, z.B. Salze des ein- oder zweiwertigen Kupfers mit anorganischen oder organischen Säuren oder ein- oder zweiwertigen Phenolen, die Oxide des ein- oder zweiwertigen Kupfers, oder die Komplexverbindungen von Kupfersalzen mit Ammoniak, Aminen, Amidinen, Lactamen, Cyaniden oder Phosphinen, bevorzugt Cu(I)- oder Cu(II)-Salze der Halogenwasserstoffsäuren, der Cyanwasserstoffsäuren oder die Kupfersalze der aliphatischen Carbonsäuren. Besonders bevorzugt sind die einwertigen Kupferverbindungen CuCl, CuBr, CuI, CuCN und Cu<sub>2</sub>O, sowie die zweiwertigen Kupferverbindungen CuCl<sub>2</sub>, CuSO<sub>4</sub>, CuO, Kupfer(II)acetat oder Kupfer(II)stearat. Vorteilhafterweise werden die Kupferverbindungen in Kombination mit weiteren Metallhalogeniden, insbesondere Alkalihalogeniden, wie NaI, KI, NaBr, KBr, oder Ammoniumhalogeniden eingesetzt, wobei das molare Verhältnis von Metallhalogenid zu Kupferhalogenid 0.5 bis 20, bevorzugt 1 bis 10 und besonders bevorzugt 3 bis 7 beträgt.
- Lanthanoid-Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Acetaten, Fluoriden, Chloriden, Bromiden, Iodiden, Oxidhalogeniden, Sulfaten, Nitraten, Phosphaten, Chromaten, Perchloraten, Oxalaten, den Monochalkogeniden von Schwefel, Selen und Tellur, Carbonaten, Hydroxiden, Oxiden, Trifluormethansulfonaten, Acetylacetonaten, Alkoholaten, 2-Ethylhexanoaten der Lanthanoide Lanthan, Cer, Praseodym, Neodym, Promethium, Samarium, Europium, Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium, Erbium, Thulium, Ytterbium und Lutetium sowie -Hydraten der genannten Salze sowie -Mischungen der genannten Verbindungen. Besonders bevorzugt sind Cer- oder Lanthan-Verbindungen, insbesondere bevorzugt ist hier die Verwendung von Lanthan(III)hydroxid, Lanthan(III)oxidhydroxid und Certetrahydroxid. Weiterhin ist es bevorzugt, dass das Kation der Lanthanoid-Verbindungen eine Oxidationszahl von +III oder +IV aufweist. Bevorzugt werden die Lanthanoid-Verbindungen in Kombination mit Alkali-, Erdalkalimetallhalogeniden und oder den oben genannten Kupfer-Verbindungen verwendet.
- Stabilisatoren auf Basis sekundärer aromatischer Amine, wobei diese Stabilisatoren vorzugsweise in einer Menge von 0.2 bis 2, bevorzugt von 0.2 bis 1.5 Gew.-% vorliegen,
- Stabilisatoren auf Basis sterisch gehinderter Phenole, wobei diese Stabilisatoren vorzugsweise in einer Menge von 0.1 bis 1.5, bevorzugt von 0.2 bis 1.0 Gew.-% vorliegen, und
- Phosphiten und Phosphoniten, sowie
- Mischungen der vorstehend genannten Stabilisatoren.

**[0018]** Besonders bevorzugte Beispiele für erfindungsgemäss einsetzbare Stabilisatoren auf Basis sekundärer aromatischer Amine sind Addukte aus Phenylendiamin mit Aceton (Naugard A), Addukte aus Phenylendiamin mit Linolen, Naugard 445, N,N'-Dinaphthyl-p-phenylendiamin, N-Phenyl-N'-cyclohexyl-p-phenylendiamin oder Mischungen von zwei oder mehreren davon.

Als sterisch gehinderte Phenole eignen sich prinzipiell alle Verbindungen mit phenolischer Struktur, die am phenolischen Ring mindestens eine sterisch anspruchsvolle Gruppe aufweisen. Bevorzugte Beispiele für erfindungsgemäss einsetzbare Stabilisatoren auf Basis sterisch gehinderter Phenole sind N,N'-Hexamethylen-bis-3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)-propionamid, Bis-(3,3-bis-(4'-hydroxy-3'-tert-butylphenyl)-butansäure)-glykolester, 2,1'-Thioethylbis-(3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)-propionat, 4-4'-Butyliden-bis-(3-methyl-6-tert.-butylphenol), Triethylenglykol-3-(3-tert-butyl-4-hydroxy-5-methylphenyl)-propionat oder Mischungen von zweien oder mehreren dieser Stabilisatoren.

Bevorzugte Phosphite und Phosphonite sind Triphenylphosphit, Diphenylalkylphosphit, Phenylalkylphosphit, Tris(nonylphenyl)phosphit, Trilaurylphosphit, Trioctadecylphosphit, Distearylpentaerythritoldiphosphit, Tris(2,4-di-tert-butylphenyl)phosphit, Diisodecylpentaerythritoldiphosphit, Bis(2,4-di-tert-butylphenyl)pentaerythritoldiphosphit, Bis(2,6-di-tert-butyl-4-methylphenyl)-pentaerythritoldiphosphit, Diisodecylpentaerythritoldiphosphit, Bis(2,4-di-tert-butyl-6-methylphenyl)pentaerythritoldiphosphit, Bis(2,4,6-tris-(tert-butylphenyl))pentaerythritoldiphosphit, Tristearylsorbitoltriphosphit, Tetrakis(2,4-di-tert-butylphenyl)-4,4'-biphenylendiphosphonit, 6-Isocetyl-2,4,8,10-tetra-tert-butyl-12H-dibenz[d,g]-1,3,2-dioxaphosphocin, 6-Fluoro-2,4,8,10-tetra-tert-butyl-12-methyl-dibenz[d,g]-1,3,2-dioxaphosphocin, Bis(2,4-di-tert-butyl-6-methylphenyl)methylphosphit und Bis(2,4-di-tert-butyl-6-methylphenyl)ethylphosphit. Insbesondere werden bevorzugt Tris[2-tert-butyl-4-thio(2'-methyl-4'-hydroxy-5'-tert-butyl)-phenyl-5-methyl]phenyl-phosphit und Tris(2,4-di-tert-butylphenyl)phosphit (Irgafos 168).

Eine bevorzugte Ausführungsform des Wärmestabilisators besteht in der Kombination von organischen Hitzestabilisatoren (insbesondere Irgafos 168 und Irganox 1010), einem Bisphenol A basiertem Epoxid (insbesondere Epikote 1001) und einer Kupferstabilisierung auf Basis von Cu und KI. Eine kommerziell erhältliche Stabilisatormischung, bestehend aus organischen Stabilisatoren und Epoxiden ist beispielsweise Irgatec NC66 oder Recylobyk 4371. Insbesondere bevorzugt ist eine Wärmestabilisierung ausschließlich auf Basis von Cu und KI.

Als Beispiele für Oxidationsverzögerer und Wärmestabilisatoren seien Phosphite und weitere Amine (z.B. TAD), Hydrochinone, verschiedene substituierte Vertreter dieser Gruppen und deren Mischungen in Konzentrationen bis zu 1 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Komponenten X, T, S bzw. P, T, S bzw. der Formmasse FM, genannt.

Als UV-Stabilisatoren, die im Allgemeinen in Mengen bis zu 2 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Polyamid-Formmasse FM, verwendet werden, seien verschiedene substituierte Resorcine, Salicylate, Benzotriazole und Benzophenone genannt.

Es können anorganische Pigmente, wie Titandioxid, Bariumsulfat, Zinkoxid, Ultramarinblau, Eisenoxid und Russ und/oder Grafit, weiterhin organische Pigmente, wie Phthalocyanine, Chinacridone, Perylene sowie Farbstoffe, wie Nigrosin und Anthrachinone als Farbmittel zugesetzt werden.

Komponente S kann des Weiteren auch Schlagzähmodifikatoren umfassen, bevorzugt sind diese ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Polyolefinen, Polyolefin-Copolymeren, Styrol-Copolymeren, Styrol-Blockcopolymeren, ionischen Ethylen-Copolymeren, wobei diese teilweise durch Metallionen neutralisiert sein können, und Mischungen hiervon. Bevorzugt liegen die Schlagzähmodifikatoren funktionalisiert vor. Es können auch Kern-Schale- oder Kern-Schale(1)-Schale(2)-Schlagzähmodifizierer eingesetzt werden, bei denen vorzugsweise ein harter Kern auf Basis von Acrylaten oder Methacrylaten und eine weiche, kautschukartige Schale vorliegen. Bevorzugt enthalten die Polyamid-Formmassen FM 0 bis 35 Gew.-%, besonders bevorzugt 5 bis 20 Gew.-% Schlagzähmodifikatoren.

Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erfolgt die Funktionalisierung der Schlagzähmodifikatoren der Komponente S durch Copolymerisation und/oder durch Pfropfen. Dazu wird besonders bevorzugt eine Verbindung ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus ungesättigten Carbonsäuren, ungesättigten Carbonsäurederivaten und Mischungen hiervon und/oder ungesättigten Glycidylverbindungen verwendet. Diese ist insbesondere bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus ungesättigten Carbonsäureestern, insbesondere Acrylsäureestern und/oder Methacrylsäureestern, ungesättigten Carbonsäureanhydriden, insbesondere Maleinsäureanhydrid, Glycidylacrylsäure, Glycidylmethacrylsäure,  $\alpha$ -Ethylacrylsäure, Maleinsäure, Fumarsäure, Itaconsäure, Citraconsäure, Aconitsäure, Tetrahydrophthalsäure, Butenylsuccinsäure und Mischungen hiervon.

Wenn die Funktionalisierung der Schlagzähmodifikatoren durch Copolymerisation erfolgt, liegt der Gewichtsanteil jeder einzelnen zur Funktionalisierung eingesetzten Verbindung bevorzugt im Bereich von 3 bis 25 Gew.-%, besonders bevorzugt von 4 bis 20 Gew.-% und insbesondere bevorzugt von 4.5 bis 15 Gew.-%, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der funktionalisierten Schlagzähmodifikatoren S.

Sofern die Funktionalisierung der Schlagzähmodifikatoren durch Pfropfung erfolgt, liegt der Gewichtsanteil jeder einzelnen zur Funktionalisierung eingesetzten Verbindung bevorzugt im Bereich von 0.3 bis 2.5 Gew.-%, besonders bevorzugt von 0.4 bis 2.0 Gew.-% und insbesondere bevorzugt von 0.5 bis 1.9 Gew.-%, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der funktionalisierten Schlagzähmodifikatoren S.

Als Schlagzähmodifikatoren sind bevorzugt ausgewählt Polyolefine oder Polyolefin-Copolymere aus der Gruppe bestehend aus Polyethylen, Polypropylen, Polybutylen, Ethylen- $\alpha$ -Olefin-Copolymeren, Propylen- $\alpha$ -Olefin-Copolymeren, Ethylen-Propylen-Copolymeren, Ethylen-Propylen-Dien-Copolymeren und deren Mischungen, wobei die  $\alpha$ -Olefine bevorzugt 3 bis 18 Kohlenstoffatome besitzen. Besonders bevorzugt sind die  $\alpha$ -Olefine ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Propen, 1-Buten, 1-Penten, 1-Hexen, 1-Octen, 1-Decen 1-Dodecen und Mischungen davon. Unter den Ethylen- $\alpha$ -Olefin-

Copolymeren sind Ethylen-Propylen-Copolymere, Ethylen-1-Buten-Copolymere oder Ethylen-Propylen-1-Buten-Copolymere bevorzugt.

Die Styrol-Copolymere sind bevorzugt Styrol-Copolymere mit einem Co-Monomer ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Butadien, Isopren, Acrylat und Mischungen davon. Die Styrol-Blockcopolymeren sind bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Styrol-Butadien-Styrol-Triblockcopolymeren (SBS), Styrol-Isopren-Styrol-Triblockcopolymeren (SIS), Styrol-Ethylen/Butylen-Styrol-Triblockcopolymer (SEBS), Styrol-Ethylen/Propylen-Styrol-Triblockcopolymer (SEPS) und Mischungen davon.

Bei den Styrol-Ethylen/Butylen-Styrol-Triblockcopolymeren handelt es sich um lineare Triblockcopolymeren aus einem Ethylen/Butylen-Block und zwei Styrolblöcken. Bei den Styrol-Ethylen/Propylen-Styrol-Triblockcopolymeren handelt es sich um lineare Triblockcopolymeren aus einem Ethylen/Propylen-Block und zwei Styrolblöcken.

Der Styrolanteil in den Styrol-Ethylen/Butylen-Styrol- oder Styrol-Ethylen/Propylen-Styrol-Triblockcopolymeren beträgt bevorzugt von 20 bis 45 Gew.-%, besonders bevorzugt von 25 bis 40 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt von 25 bis 35 Gew.-%.

Die ionischen Ethylen-Copolymeren bestehen bevorzugt aus den Monomeren ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Ethylen, Propylen, Butylen, Acrylsäure, Acrylat, Methacrylsäure, Methacrylat und Mischungen davon, wobei die Säuregruppen teilweise mit Metallionen neutralisiert sind, besonders bevorzugt sind Ethylen-Methacrylsäure-Copolymere oder Ethylen-Methacrylsäure-Acrylat-Copolymere in denen die Säuregruppen teilweise mit Metallionen neutralisiert sind. Bei den zur Neutralisation verwendeten Metallionen handelt es sich bevorzugt um Natrium-, Zink-, Kalium-, Lithium-, Magnesium-Ionen und Mischungen davon, besonders bevorzugt sind Natrium-, Zink- und Magnesium-Ionen.

Weiterhin umfasst die vorliegende Erfindung Formkörper, hergestellt aus den erfindungsgemässen Polyamiden X oder der Polyamid-Formmasse FM oder aufweisend wenigstens einen Bereich oder eine Beschichtung aus einem Polyamid X oder aus einer Polyamid-Formmasse FM, vorzugsweise hergestellt durch Spritzguss, Spritzblasen, Spritzprägen, Pultrusion, Schmelzspinnen, Extrusion oder Blasformen.

Bevorzugt sind diese Formkörper ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Fasern, Folien, Profilen, Rohren, Behältern, Halbzeugen, Fertigteilen oder Hohlkörpern, Brillenteilen, insbesondere Sichtschutz oder Fensterscheiben, Gehäuse oder Komponenten für Schalter oder Sicherungen, Sensorelemente oder Sensorabdeckungen, Komponenten für den Sicherheitsbereich oder die Überwachung, Kamerakomponenten, wie z.B. Linsen, Gehäuse oder Abdeckungen, Brillenfassungen, Brillenrahmen oder Brillenbügel, insbesondere für Sicherheitsbrillen, Sportbrillen oder Skibrillen, Sportgeräten, insbesondere Skischuhen, Tourenskischuhen, Snowboardschuhen oder Helmen, Gehäusen, Gehäuseteilen, Rahmen, Schutzgehäusen, Abdeckungen oder Verkleidungselementen, insbesondere für Elektrogeräte, Elektronikgeräte, elektrooptische Geräte, elektrooptische Bauteile, Konnektoren, Ventilatoren, insbesondere Ventilatorrad, Büroautomatisierungsgeräte, Unterhaltungselektronik, tragbare Computer, insbesondere Laptops, Notebooks, Netbooks und Tablet-PCs, Spielkonsolen, Navigationsgeräte, Messgeräte, persönliche digitale Assistenzgeräte, Telekommunikationsgeräte, Kameras, (Armband-)Uhren, Rechner, elektronische Speichergeräte, Keyboards, Musik-Recorder, digitale Musik-Abspielgeräte (z.B. CD- und MP3-Player), E-Books, Mobiltelefone, Smartphones oder Drohnen, unlackierten Sichtteilen mit oder ohne Funktion, im Fahrzeuginnenraum oder Kofferraum, Haushalt, Maschinenbau, an Elektrogeräten, Elektronikgeräten, Haushaltsgeräten, Möbeln, insbesondere Lüfterlamellen, Schalthebel, Schaltwippen, Tasten, Drehreglern, Haltegriffen, Bedienelementen der Sitzverstellung, Bedienelementen an der Lenksäule, Bedienhebeln, Bedienelementen, Schubladen, Halterungen für Zusatzgeräte, Getränkehalter, Gepäckhaken, Abdeckungen, Lichtschaltern, Rasierkopf, Scherenteile, Gewindestangen, insbesondere für Insulinpumpen, Gehäusen und Dekorelementen, Sanitärbauteile, also mit Kontakt zu kaltem/warmen/heissen wasserhaltigen Medien oder Heisswasser oder Warmwasser, Wasserzähler, Wasserzählergehäuse, und Wasserzählerkomponenten, einschliesslich Lager, Propeller, Pilone, Rohre, Leitungen, Rohrverbinder, Fittings, insbesondere für die Trinkwasseranwendung, Ventile, Armaturen, Haushaltsgeräte, Heisswasserbereiter, Reiskocher, Dampfgarer, Dampfbügeleisen, Teile für Tee- und Kaffeemaschinen, Formkörper im Kontakt mit Warmwasser in der Wasserversorgung, wie insbesondere Warmwasserspeicher, und in Heiz- und Kühlsystemen insbesondere Öl-, Gas-, Holz- und Solarheizungen sowie Wärmepumpen und Raumheizungen, Scheinwerfergehäuse, Reflektoren, Kurvenlichtverstellung, Zahnräder, Steckverbindungen, Konnektoren.

Schliesslich umfasst die Erfindung auch die Verwendung von einem Polyamid X nach einem der Ansprüche 1 bis 8, oder von einer Polyamid-Formmasse FM nach einem der Ansprüche 10 bis 12, zur Herstellung der zuvor beschriebenen Formkörpern, insbesondere in der Form von Fasern, Folien, Profilen, Rohren, Behältern, Halbzeugen, Fertigteilen oder Hohlkörpern sowie zur Beschichtung von Formkörpern.

## WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

### Messmethoden:

#### Relative Viskosität (Lösungviskosität $\eta_{rel}$ )

[0019] Die relative Viskosität wurde gemäss ISO 307 (2007) bei 20 °C bestimmt. Dazu wurden 0.5 g Polymergranulat in 100 ml m-Kresol gelöst; die Berechnung der relativen Viskosität (RV) nach  $RV = t/t_0$  erfolgte in Anlehnung an Abschnitt 11 der Norm.

**Haze, Transparenz**

[0020] Transparenz und Haze wurden nach ASTM D1003-13 (2013) auf einem Messgerät Haze Gard Plus der Firma BYK Gardner anhand von 2 mm dicken Platten (60 mm x 60 mm Oberfläche) mit CIE Lichtart C bei 23 °C gemessen. Für die Herstellung der Platten (2mm x 60 mm x 60 mm) wurde eine Spritzgussform, bei der die Flächen der Kavität hochglanzpoliert waren, verwendet. Die Platten wurden im trockenen Zustand verwendet, d.h. sie wurden nach dem Spritzguss mindestens 48 h bei 23 °C in trockener Umgebung, d.h. über Silicagel gelagert.

**Schmelzpunkt (T<sub>m</sub>) und Schmelzenthalpie (ΔH<sub>m</sub>)**

[0021] Der Schmelzpunkt und Schmelzenthalpie wurden nach ISO 11357-3 (2013) am Granulat bestimmt. Die DSC (Differential Scanning Calorimetry) Messungen wurden mit einer Aufheizrate von 20 K/min durchgeführt.

**Glasübergangstemperatur T<sub>g</sub>**

[0022] Die Bestimmung der Glasübergangstemperatur T<sub>g</sub> erfolgte nach ISO 11357-2 (2013) an Granulat mittels Differential Scanning Calorimetry (DSC). Diese wurde bei jeder der beiden Aufheizungen mit einer Aufheizrate von 20 K/min durchgeführt. Nach der ersten Aufheizung wurde die Probe in Trockeneis abgeschreckt. Die Glasübergangstemperatur (T<sub>g</sub>) wurde bei der zweiten Aufheizung bestimmt. Der Mittelpunkt des Glasübergangsbereichs, welcher als Glasübergangstemperatur angegeben wurde, wurde nach der Methode „Half Height“ ermittelt.

**Klassifikation Flammenschutz**

[0023] Die Flammenschutz Klassifikation wird bestimmt nach UL94 („Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Applications“ der Underwriters Laboratories) an Prüfkörpern der Dimension 127 x 12.7 x 0.5 mm, die vorgängig 48 h im Normklima bei 23 °C und einer relativen Feuchte von 50% konditioniert wurden.

**Beispiele PA-1 bis PA-2**

[0024] In einem 2000 ml Autoklaven wurde das Diamin MACM (Komponente A), die phosphorhaltige Dicarbonsäure (Komponenten B) und in Beispiel PA-2 zusätzlich Aminododecansäure (Komponente F) zusammen mit 20 Gewichtsprozent Wasser, bezogen auf den Gesamtansatz, eingefüllt, wobei die einzelnen Mengen entsprechend der Tabelle 1 angegebenen Zusammensetzung so gewählt wurden, dass der Gesamtansatz ca. 1100 g ergab. Der Ansatz wurde unter Rühren auf eine Temperatur von 240 °C aufgeheizt und dann in der Druckphase für eine Stunde auf dieser Temperatur gehalten. Anschliessend wurde über einen Zeitraum von einer Stunde entspannt und die Temperatur auf 270 °C erhöht. Danach wurde das gebildete Polykondensat über eine Öffnung aus dem Autoklaven ausgetragen und nach Kühlung im Wasserbad granuliert. Anschliessend wurde das Granulat für 24 Stunden bei 90 °C und einem Vakuum von 30 mbar getrocknet.

**Tabelle 1. Zusammensetzung und Eigenschaften der Polyamide PA-1 und PA-2**

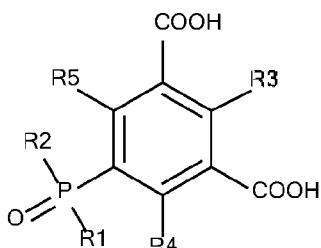
[0025]

| Beispiele                                              |         | PA-1 | PA-2 |
|--------------------------------------------------------|---------|------|------|
| Komponente                                             | Einheit |      |      |
| MACM (Komponente A)                                    | mol-%   | 50   | 35   |
| 3,5-Dicarboxyphenyldiphenylphosphinoxid (Komponente B) | mol-%   | 50   | 35   |
| Aminododecansäure (Komponente F)                       | mol-%   | 0    | 30   |
| Eigenschaften                                          |         |      |      |
| Relative Viskosität (η <sub>rel</sub> )                | -       | 1.80 | 1.73 |
| Glasübergangstemperatur*                               | °C      | 185  | 162  |
| Schmelztemperatur*                                     | °C      | -    | -    |
| Schmelzenthalpie*                                      | J/g     | < 1  | < 1  |
| Haze                                                   | %       | 1.5  | 2.0  |
| Transmission                                           | %       | 93   | 93   |
| Phosphorgehalt                                         | Gew.-%  | 5.45 | 4.45 |

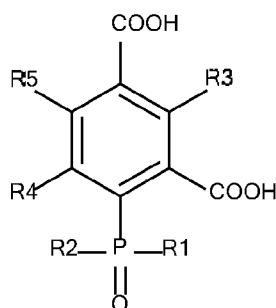
| Beispiele                              |         | PA-1 | PA-2 |
|----------------------------------------|---------|------|------|
| Komponente                             | Einheit |      |      |
| Brandklassifikation UL94               |         |      |      |
| Probendicke: 0.5 mm                    | -       | V0   | V0   |
| Konditionierung: 48 h, 23 °C, 50% r.F. |         |      |      |
| * Werte der 2. Aufheizung              |         |      |      |

### Patentansprüche

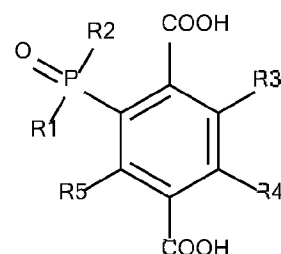
- Polyamid X mit den Polyamid-Einheiten AB/AC/AD/EB/EC/ED/F, wobei mindestens die Polyamid-Einheiten AB vorhanden sein müssen, die Polyamid-Einheiten AC, AD, EB, EC, ED und F optional sind und wobei die Monomer-Einheiten A, B, C, D, E und F von den folgenden Molekülen abgeleitet sind, die im Polyamid X amidisch gebunden vorliegen:  
A: Cycloaliphatische Diamine;  
B: Phosphorhaltige, aromatische Dicarbonsäuren gemäss Formel 1, 2 und/oder 3



Formel 1



Formel 2



Formel 3

wobei die Substituenten R1, R2 jeweils unabhängig voneinander C1 - C8-Alkyl oder Aryl und die Substituenten R3, R4, R5 jeweils unabhängig voneinander H, Alkyl, Aryl, F, Cl, Br oder P(R1)(R2)O sind;

C: Aliphatische Dicarbonsäuren;  
D: Aromatische phosphorfreie Dicarbonsäuren;  
E: Acyclisch aliphatische Diamine;  
F:  $\alpha,\omega$ -Aminocarbonsäuren, Lactame;

wobei das Polyamid X eine Transparenz von mindestens 85% und einen Haze von maximal 7% aufweist, bestimmt nach der Methode ASTM D1003:2013 mit der Lichtart CIE-C anhand einer Platte mit einer Dicke von 2 mm.

- Polyamid X gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Gehalt der Polyamid-Einheiten AB oder die Summe der Gehalte der Polyamid-Einheiten AB und EB 1 bis 100 mol-%, bevorzugt 10 bis 90 mol-% und insbesondere bevorzugt 20 bis 80 mol-%, jeweils bezogen auf das Polyamid X mit den Polyamid-Einheiten AB/AC/AD/EB/EC/ED/F, beträgt.
- Polyamid X nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der nachfolgend genannten Auswahlgruppen für die Komponenten A bis F ausgewählt ist, bevorzugt die Auswahlgruppen für die Komponenten A und B ausgewählt sind, besonders bevorzugt die Auswahlgruppen für die Komponenten A, B, C und D ausgewählt sind und insbesondere bevorzugt alle Auswahlgruppen gleichzeitig ausgewählt sind:  
A: die cycloaliphatischen Diamine sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Bis-(4-amino-3-methylcyclohexyl)methan, Bis(4-aminocyclohexyl)methan, Bis-(4-amino-3,5-dimethylcyclohexyl)methan und Mischungen hiervon;  
B: die phosphorhaltigen, aromatischen Dicarbonsäuren sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus 3,5-Dicarboxyphenyldiphenylphosphinoxid, 3,5-Dicarboxyphenyl-dimethylphosphinoxid, 3,5-Dicarboxyphenyldiethylphosphinoxid, 2,4-Dicarboxy-phenyldiphenylphosphinoxid, 2,4-Dicarboxyphenyldimethylphosphin-oxid, 2,4-Dicarboxyphenyldiethylphosphinoxid, bevorzugt ausgewählt sind 3,5-Dicarboxyphenyldiphenylphosphinoxid, 3,5-Dicarboxyphenyldimethylphosphinoxid oder 3,5-Dicarboxyphenyldiethylphosphinoxid, insbesondere bevorzugt ausgewählt ist 3,5-Dicarboxyphenyldiphenylphosphinoxid;  
C: die aliphatischen Dicarbonsäuren sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Adipinsäure, 1,10-Decandisäure, 1,12-Dodecandisäure, 1,14-Tetradecandisäure, 1,16-Hexadecandisäure, Cyclohexan-1,3-dicarbonsäure, Cyclohexan-1,4-dicarbonsäure und Mischungen hiervon;

D: die aromatischen phosphorfreien Dicarbonsäuren sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Terephthalsäure, Isophthalsäure und Mischungen davon, bevorzugt ausgewählt sind Mischungen aus Terephthalsäure und Isophthalsäure;

E: die acyclisch aliphatischen Diamine sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus 1,6-Hexandiamin, 1,9-Nonandiamin, 1,10-Decandiamin, 1,12-Dodecandiamin, bevorzugt ausgewählt sind als 1,6-Hexandiamin oder 1,10-Decandiamin;

F: die  $\alpha,\omega$ -Aminocarbonsäuren oder die Lactame F sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus  $\alpha,\omega$ -Aminoundecansäure, Caprolactam, Laurinlactam sowie Mischungen daraus.

4. Polyamid X nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Polyamid X wenigstens die Polyamid-Einheiten AB und AC umfasst;  
oder  
wenigstens die Polyamid-Einheiten AB und AD umfasst;  
oder  
wenigstens die Polyamid-Einheiten AB, AC und AD umfasst.
5. Polyamid X nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Polyamid-Einheiten AC ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus den Polyamid-Einheiten MACM10, MACM12, MACM14, MACM16, MACM18, PACM10, PACM12, PACM14, PACM16, PACM18, TMDC10, TMDC12, TMDC14, TMDC16 und TMDC18;  
und/oder  
die Polyamid-Einheiten AD ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus den Polyamid-Einheiten MACMI, MACMT, PACMI, PACMT, TMDCI und TMDCT.
6. Polyamid X nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Polyamid wenigstens die Polyamid-Einheiten AB sowie AC und/oder AD umfasst, wobei der Gehalt der Polyamid-Einheiten AB 1 bis 99 mol-%, bevorzugt 10 bis 90 mol-%, insbesondere bevorzugt 20 bis 80 mol-% und wobei der Gehalt der Polyamid-Einheiten AC und/oder AD oder die Summe aus AC und AD 1 bis 99 mol-%, bevorzugt 10 bis 90 mol-%, insbesondere bevorzugt 20 bis 80 mol-%, jeweils bezogen auf die Summe der Polyamid-Einheiten AB, AC und AD, beträgt.
7. Polyamid X nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Polyamid X ausschliesslich  
aus den Polyamid-Einheiten AB oder AB und F besteht;  
oder  
aus den Polyamid-Einheiten AB und AC oder AB, AC und F besteht;  
oder  
aus den Polyamid-Einheiten AB, AC und AD oder AB, AC, AD und F besteht.
8. Polyamid X gemäss einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Polyamid X eine Transparenz von mindestens 90%, insbesondere bevorzugt von mindestens 92% und einen Haze von maximal 5%, insbesondere bevorzugt von maximal 3% aufweist, jeweils bestimmt nach der Methode ASTM D1003:2013 mit der Lichtart CIE-C anhand einer Platte mit einer Dicke von 2 mm;  
und/oder  
das Polyamid X eine Lösungsviskosität  $\eta_{rel}$ , bestimmt anhand einer Lösung von 0.5 g Polymergranulat in 100 ml m-Kresol bei 20 °C gemäss ISO 307:2007, im Bereich von 1.4 bis 2.5, bevorzugt im Bereich von 1.4 bis 2.0, insbesondere im Bereich von 1.45 bis 1.85, aufweist;  
und/oder  
das Polyamid X eine Flammschutz Klassifikation V0 aufweist, bestimmt nach UL94 an Prüfkörpern der Dimension 127 × 12.7 × 0.35 mm, 127 × 12.7 × 0.5 mm, 127 × 12.7 × 0.75 mm, 127 × 12.7 × 1.5 mm und 127 × 12.7 × 3.0 mm, die vorgängig 48 h im Normklima bei 23 °C und einer relativen Feuchte von 50% konditioniert oder 7 Tage bei 70 °C im Umluftofen gelagert wurden.
9. Verfahren zur Herstellung eines Polyamids X gemäss einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren eine Polykondensationsreaktion zwischen wenigstens einer phosphorhaltigen, aromatischen Dicarbonsäure B gemäss Formel 1, 2 und/oder 3, wobei die Substituenten R1, R2 jeweils unabhängig voneinander C1 - C8-Alkyl oder Aryl und die Substituenten R3, R4, R5 jeweils unabhängig voneinander H, Alkyl, Aryl, F, Cl, Br oder P(R1)(R2)O sind;  
und wenigstens einem cycloaliphatischen Diamin A;  
sowie gegebenenfalls weitere Monomeren C, D, E und F, gegebenenfalls in Gegenwart monofunktioneller Regler G und/oder Verfahrenshilfsstoffen, umfasst.
10. Polyamid-Formmasse FM enthaltend das Polyamid X nach einem der Ansprüche 1 bis 8, und wenigstens einen Füllstoff und/oder wenigstens ein Additiv und/oder ein vom Polyamid X verschiedenes Polyamid Y.
11. Polyamid-Formmasse FM gemäss Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet dass sie folgende Komponenten enthält, bevorzugt aus folgenden Komponenten besteht:  
20 bis 99.99 Gew.-% Polyamid X  
0 bis 60 Gew.-% wenigstens eines Füllstoffs T;

- 0.01 bis 60 Gew.-% wenigstens eines Additivs S verschieden von X und T;  
wobei die Komponenten S, T und X zusammen 100 Gew.-% ergeben.
12. Polyamid-Formmasse FM gemäss Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Polyamid-Formmasse FM folgende Komponenten enthält, bevorzugt aus folgenden Komponenten besteht:  
20 bis 100 Gew.-% einer Polymermischung P enthaltend oder bevorzugt bestehend aus  
10 bis 90 Gew.-% Polyamid X und  
10 bis 90 Gew.-% Polyamid Y verschieden von Polyamid X, bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Polyamid 6, Polyamid 66, Polyamid 610, Polyamid 612, Polyamid 614, Polyamid 616, Polyamid 1010, Polyamid 1012, Polyamid 1014, Polyamid 1016, Polyamid 11, Polyamid 12, Polyamid 6/12 oder Mischungen davon,  
wobei die Summe aus X und Y 100 Gew.-% der Polymermischung P ergibt;  
0 bis 50 Gew.-% wenigstens eines Füllstoffs T;  
0 bis 50 Gew.-% wenigstens eines Additivs S verschieden von X, Y und T;  
wobei die Komponenten P, S und T zusammen 100 Gew.-% ergeben.
13. Formkörper aus einem Polyamid X nach einem der Ansprüche 1 bis 8, oder aus einer Polyamid-Formmasse FM nach einem der Ansprüche 10 bis 12 oder aufweisend wenigstens einen Bereich aus einem Polyamid X nach einem der Ansprüche 1 bis 8, oder aus einer Polyamid-Formmasse FM nach einem der Ansprüche 10 bis 12, vorzugsweise hergestellt durch Spritzguss, Spritzblasen, Spritzprägen, Pultrusion, Schmelzspinnen, Extrusion oder Blasformen.
14. Formkörper nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Formkörper ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Fasern, Folien, Profilen, Rohren, Behältern, Halbzeugen, Fertigteilen oder Hohlkörpern, Brillenteilen, insbesondere Sichtschutz oder Fensterscheiben, Gehäuse oder Komponenten für Schalter oder Sicherungen, Sensorelemente oder Sensorabdeckungen, Komponenten für den Sicherheitsbereich oder die Überwachung, Kamerakomponenten, wie z.B. Linsen, Gehäuse oder Abdeckungen, Brillenfassungen, Brillenrahmen oder Brillenbügeln, insbesondere für Sicherheitsbrillen, Sportbrillen oder Skibrillen, Sportgeräten, insbesondere Skischuhen, Tourenskischuhen, Snowboardschuhen oder Helmen, Gehäusen, Gehäuseteilen, Rahmen, Schutzgehäusen, Abdeckungen oder Verkleidungselementen, insbesondere für Elektrogeräte, Elektronikgeräte, elektrooptische Geräte, elektrooptische Bauteile, Konnektoren, Ventilatoren, insbesondere Ventilatorrad, Büroautomatisierungsgeräte, Unterhaltungselektronik, tragbare Computer, insbesondere Laptops, Notebooks, Netbooks und Tablet-PCs, Spielkonsolen, Navigationsgeräte, Messgeräte, persönliche digitale Assistenzgeräte, Telekommunikationsgeräte, Kameras, Uhren, Armbanduhren, Rechner, elektronische Speichergeräte, Keyboards, Musik-Recorder, digitale Musik-Abspielgeräte, z.B. CD- und MP3-Player, E-Books, Mobiltelefone, Smartphones oder Drohnen, unlackierten Sichtteilen mit oder ohne Funktion, im Fahrzeuginnenraum oder Kofferraum, Haushalt, Maschinenbau, an Elektrogeräten, Elektronikgeräten, Haushaltsgeräten, Möbeln, insbesondere Lüfterlamellen, Schalthebel, Schaltwippen, Tasten, Drehreglern, Haltegriffen, Bedienelementen der Sitzverstellung, Bedienelementen an der Lenksäule, Bedienhebeln, Bedienelementen, Schubladen, Halterungen für Zusatzgeräte, Getränkehaltern, Gepäckhaken, Abdeckungen, Lichtschaltern, Rasierkopf, Scherenteile, Gewindestangen, insbesondere für Insulinpumpen, Gehäusen und Dekorelementen, Sanitärbauteile, also mit Kontakt zu kaltem/warmen/heissen wasserhaltigen Medien oder Heisswasser oder Warmwasser, Wasserzähler, Wasserzählergehäuse, und Wasserzählerkomponenten, einschliesslich Lager, Propeller, Pilone, Rohre, Leitungen, Rohrverbinder, Fittinge, insbesondere für die Trinkwasseranwendung, Ventile, Armaturen, Haushaltsgeräte, Heisswasserbereiter, Reiskocher, Dampfgarer, Dampfbügeleisen, Teile für Tee- und Kaffeemaschinen, Formkörper im Kontakt mit Warmwasser in der Wasserversorgung, wie insbesondere Warmwasserspeicher, und in Heiz- und Kühlsystemen insbesondere Öl-, Gas-, Holz- und Solarheizungen sowie Wärmepumpen und Raumheizungen, Scheinwerfergehäuse, Reflektoren, Kurvenlichtverstellung, Zahnräder, Steckverbindungen, Konnektoren.
15. Verwendung von einem Polyamid X nach einem der Ansprüche 1 bis 8, oder von einer Polyamid-Formmasse FM nach einem der Ansprüche 10 bis 12, zur Herstellung von Formkörpern gemäss Anspruch 14, insbesondere Fasern, Folien, Profilen, Rohren, Behältern, Halbzeugen, Fertigteilen oder Hohlkörpern.