



(19)

**SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT**  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **711 604 B1**

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(51) Int. Cl.: **C09D** 5/18 (2006.01)  
**C08J** 7/04 (2006.01)  
**C09K** 21/02 (2006.01)  
**C08L** 77/00 (2006.01)  
**C08K** 5/5313 (2006.01)

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 01432/15

(22) Anmeldedatum: 02.10.2015

(43) Anmeldung veröffentlicht: 13.04.2017

(24) Patent erteilt: 15.07.2019

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.07.2019

(73) Inhaber:  
Ems-Patent AG, Via Innovativa 1  
7013 Domat/Ems (CH)

(72) Erfinder:  
Philipp Harder, 7000 Chur (CH)

(74) Vertreter:  
Isler & Pedrazzini AG, Postfach 1772  
8027 Zürich (CH)

(54) **Polyamid-basierte Komponenten mit verbessertem Brandverhalten.**

(57) Beschrieben wird ein flammgeschützter Gegenstand, insbesondere für Bahnanwendungen, enthaltend oder bestehend aus wenigstens einem extrudierten oder spritzgegossenen Formteil (A) bestehend aus einer faserverstärkten, halogenfrei flammgeschützten Polyamidformmasse; wobei das Formteil in wenigstens einem Bereich seiner freiliegenden Oberfläche eine mineralhaltige Beschichtung (B) aufweist; und wobei der Gegenstand bei einer Wärmeeinstrahlung von 50 kW/m<sup>2</sup> und einer Probendicke von 3 mm einen MARHE-Wert nach DIN EN 45545-2:2013 von höchstens 90 kW/m<sup>2</sup> aufweist, und wobei dessen optische Rauchdichte (Ds) nach 4 min sowie die kumulierte Rauchdichte VOF4 gemäss DIN EN 45545-2:2013 und ISO 5659-2:50 kW/m<sup>2</sup> einen Wert von 300 bzw. 600 vorzugsweise nicht überschreiten. Ebenfalls beschrieben werden Verwendungen sowie Herstellungsverfahren.

**Beschreibung**

**Technisches Gebiet**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Komponenten oder Bauteile, die diese Komponenten enthalten, aus extrudierten oder spritzgegossenen Formteilen bestehend aus einer faserverstärkten und flammgeschützten Polyamidformmasse. Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung Verfahren zur Herstellung von derartigen Komponenten respektive Bauteilen sowie unterschiedliche Verwendungen.

**Stand der Technik**

[0002] Mit der Einführung von DIN EN 45545 (Bahnanwendungen – Brandschutz in Schienenfahrzeugen) gelten ab März 2016 europaweit harmonisierte Regeln für die brandschutztechnische Einstufung von Schienenfahrzeugen und einheitliche Anforderungen an das Brandverhalten von Materialien für Bahnanwendungen. Nach DIN EN 45545 brauchen Kunststoffe ein «HL2» (Hazard Level 2)-Rating, um in den meisten Schienenfahrzeugen ausser Schlafwagen eingesetzt werden zu können. HL2 gemäss Anforderungssatz R1 (für Innenteile) verlangt, dass das Material

- im «Spread of Flame»-Test ISO 5658-2 bei  $\geq 20 \text{ kW/m}^2$  selbst verlöschen muss. Diesen Test haben vergleichbare flammgeschützte Polyamide wie solche auf Basis von PA66, ggf. in Mischung mit teilaromatischen PA-Systemen, in der Vergangenheit mit grossem Sicherheitsabstand bestanden;
- im «Cone Calorimeter»-Test ISO 5660-1 bei einer Bestrahlung mit  $50 \text{ kW/m}^2$  im Mittel maximal  $90 \text{ kW/m}^2$  emittieren darf. Diese Anforderung kann von gewissen flammgeschützten Polyamiden ab einer Dicke von ca. 5 mm erreicht werden;
- im Rauchtest ISO 5659-2 bei einer Bestrahlung mit  $50 \text{ kW/m}^2$  in den ersten 4 Minuten nur wenig Rauch entwickeln darf.  $D_s(4)$  und VOF<sub>4</sub> bezeichnen die optische Rauchdichte nach 4 min bzw. die kumulierte Rauchdichte von 0 bis 4 min. Beide Werte korrelieren. Diese Anforderung kann von gewissen flammgeschützten Polyamiden ab einer Dicke von ca. 10 mm erreicht werden.

[0003] Um als HL2 gemäss Anforderungssatz R1 nach DIN EN 45545 klassifiziert zu werden, muss ein Material die folgenden Grenzwerte einhalten:

Anforderungssatz	Bezug auf Prüfverfahren	Parameter und Einheit	Maximum oder Minimum	HL1	HL2	HL3
R1	T02 ISO 5658-2	CFE $\text{kWm}^{-2}$	Minimum	20 <sub>a</sub>	20 <sub>a</sub>	20 <sub>a</sub>
	T03.01 ISO 5660-1: $50 \text{ kWm}^{-2}$	MARHE $\text{kWm}^{-2}$	Maximum	<sup>a</sup> –	90	60
	T10.01 EN ISO 5659-2: $50 \text{ kWm}^{-2}$	$D_s(4)$ dimensionslos	Maximum	600	300	150
	T10.02 EN ISO 5659-2: $50 \text{ kWm}^{-2}$	VOF <sub>4</sub> min	Maximum	1200	600	300
	T11.01 EN ISO 5659-2: $50 \text{ kWm}^{-2}$	CIT <sub>G</sub> dimensionslos	Maximum	1,2	0,9	0,75

[0004] Eine HL2-Einstufung gemäss Anforderungssatz R7 (für Aussenteile) bedingt, dass das Material:

- den gleichen drei Tests wie für R1 unterzogen wird. Beim Rauchtest kommt es diesmal allerdings nicht auf die ersten 4 Minuten, sondern auf die maximale Rauchdichte  $D_s(\text{max.})$  an, und die Kennzahl CIT<sub>G</sub> für die Rauchtotoxicität darf doppelt so hoch wie für R1 sein.

[0005] Die Grenzwerte für HL2 gemäss Anforderungssatz R7 sind folgende:

## CH 711 604 B1

Anforderungssatz	Bezug auf Prüfverfahren	Parameter und Einheit	Maximum oder Minimum	HU	HL2	HL3
R7	T02 ISO 5658-2	CFE kWm <sup>-2</sup>	Minimum	20 <sub>a</sub>	20 <sub>a</sub>	20 <sub>a</sub>
	T03.01 ISO 5660-1: 50 kWm <sup>-2</sup>	MARHE kWm <sup>-2</sup>	Maximum	a –	90	60
	T10.04 EN ISO 5659-2: 50 kWm <sup>-2</sup>	D <sub>s</sub> max. dimensionslos	Maximum	–	600	300
	T11.01 EN ISO 5659-2: 50 kWm <sup>-2</sup>	CIT <sub>G</sub> dimensionslos	Maximum	–	1,8	1,5

**[0006]** Beide Anforderungssätze R1 und R7 beinhalten Prüfungen der Wärmefreisetzung und Rauchentwicklung bei einer Bestrahlung mit 50 kW/m<sup>2</sup>. Bisher hat kein Polyamid bei den für Spritzgussteile üblichen Wanddicken ein HL2-Rating gemäss R1 oder R7 erhalten, weil Wärme- und Rauchentwicklung in der Regel gegenläufige Tendenz zeigen.

**[0007]** Grundsätzlich ist die Verwendung von flammgeschütztem faserverstärktem Polyamid für spezielle Bahnanwendungen, für die andere Anforderungssätze gelten, bekannt. So beschreibt beispielsweise WO 2013/092 302 eine Melam-haltige Polyamid- oder Polyesterformmasse für ein HL3-Rating gemäss Anforderungssätzen R22 und R23. Die Teiledicke soll maximal 3 mm sein. Als Beispiel wird ein PA46 + PA6 – Blend mit 30% GF und Melam + Exolit OP1230 genannt.

**[0008]** Ebenfalls bekannt ist die Verwendung von Polycarbonat für solche Bahnanwendungen, vergleiche beispielsweise WO 2013/130 805, die ein wenig rauchendes und wenig Wärme freisetzendes Polycarbonat-Copolymer für ein HL2-Rating nach R1 bei 3 mm beschreibt. Weiterhin ist es bekannt, mehrschichtige Polymeraufbauten für Bahnanwendungen einzusetzen. So beschreibt beispielsweise die US 2011/0 241 248 einen derartigen Aufbau auf Basis von Polyurethan, konkret ein Laminat aus flammgeschütztem PUR und einer zweiten Lage PUR mit Blähgraphit.

**[0009]** Ebenfalls bekannt ist es, auf einem Kunststoff-Bauteil eine sogenannte Dämmschicht (intumescent coating) aufzubringen, welche oberhalb einer bestimmten Temperatur aufschäumt und damit eine Verzögerung der Verbrennung herbeiführt, vergleiche beispielsweise US 20 120 276 391. Solche Dämmschichten bestehen aus einem Bindemittel und beispielsweise einem phosphorhaltigen Material, das sich unter Wärmeeinwirkung zersetzt.

### Darstellung der Erfindung

**[0010]** Es ist entsprechend unter anderem die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Gegenstände auf Basis von Polyamid zur Verfügung zu stellen, die ein möglichst gutes Rating im Sinne von DIN EN 45545 erreichen können und für möglichst viele unterschiedliche Anwendungen, auch mit grosser mechanischer Belastung, einsetzbar sind. Gegenstand der vorliegenden Erfindung und u.a. Lösung der oben angegebenen Aufgabe ist unter anderem ein flammgeschützter Gegenstand, insbesondere für Bahnanwendungen, enthaltend oder bestehend aus wenigstens einem extrudierten oder spritzgegossenen Formteil (A) bestehend aus einer faserverstärkten, halogenfrei flammgeschützten Polyamidformmasse, wobei das Formteil in wenigstens einem Bereich seiner freiliegenden Oberfläche eine mineralhaltige Beschichtung (B) aufweist. Der erfindungsgemässe flammgeschützte Gegenstand weist bei einer Wärmeeinstrahlung von 50 kW/m<sup>2</sup> (mit Zündflamme) und einer Probendicke von 3 mm (Dicke des Formteils A allein, d.h. gemessen ohne die Dicke der Beschichtung B) einen MARHE-Wert nach DIN EN 45545-2:2013 von höchstens 90 kW/m<sup>2</sup> auf.

**[0011]** Beim Test der optischen Rauchdichte (Ds) gemäss DIN EN 45545-2:2013 und EN ISO 5659-2 bei einer Wärmeeinstrahlung von 50 kW/m<sup>2</sup> (ohne Zündflamme) liegen die drei charakteristischen Grössen Ds(4), VOF4 und Ds(max.) bevorzugtermassen niedriger als bei der unbeschichteten Referenz, sodass die Anforderungen für HL2 (Hazard Level 2) gemäss R1 bzw. R7 ebenfalls bei einer Teiledicke ab 3 mm erfüllt werden können. Letzteres bedeutet, dass die Rauchdichte über die gesamte Prüfdauer von 10 Minuten vorzugsweise den Wert 600 nicht überschreitet.

**[0012]** Im «Cone Calorimeter»-Test ISO 5660-1 bei einer Bestrahlung mit 50 kW/m<sup>2</sup> darf im Mittel eine Probe maximal 90 kW/m<sup>2</sup> emittieren gemäss DIN EN 45545. Diese Anforderung kann von gewissen flammgeschützten Polyamiden ab einer Dicke von ca. 5 mm erreicht werden, nicht aber bei einer Dicke von 3 mm. Erfindungsgemäss lackierte Platten erfüllen diese Anforderung überraschenderweise bereits bei 3 mm.

**[0013]** Die für «HL2» geltenden Anforderungen (Anforderungssätze) für Kunststoffe hängen von der Anwendung ab. Interessant und besonders anforderungsreich sind beispielsweise «Hochleistungs-Lüferräder», welche gemäss EN 45545 als «nicht gelistete Komponente» gelten. Sofern die exponierte Oberfläche der Räder > 0,2 m<sup>2</sup> ist, gelten die Anforderungssätze R1 für Innen- und R7 für Aussenanwendungen. Die vorgeschlagenen Gegenstände sind in der Lage, beide

Anforderungen zu erfüllen und entsprechend als derartige Bauteile eingesetzt zu werden. Da die Wanddicke der Lüfterräder innerhalb des Bauteils und von Modell zu Modell variiert, müssen die Brandeigenschaften mit Musterplatten der niedrigsten und höchsten Dicke geprüft werden. Als Mindestdicke wird häufig 3–5 mm vorgegeben. Da die Prüfkörper für den Rauchtest maximal 25 mm dick sein dürfen, werden beispielsweise 25 mm als Maximaldicke festgelegt. Für den Bereich dazwischen gilt gemäss EN 45545-2:2013 § 4.2.e: «eine Komponente, die bei gleicher Zusammensetzung eine Anforderung in zwei verschiedenen Dicken erfüllt, entspricht per Definition auch für alle dazwischen liegenden Dicken der Anforderung.»

**[0014]** Bei allen untersuchten Polyamidformmassen war der  $CIT_G$  (Conventional Index of Toxicity – siehe DIN EN 45545-2:2013-08) immer deutlich unterhalb des Limits für HL2 von 1,8 für R7 und auch deutlich unterhalb des Limits von 0,9 für R1.

**[0015]** Die Beschichtung (B) ist bevorzugtermassen ausdrücklich nicht aufschäumend (intumescent) oder aufquellend unter Hitze einwirkung ausgebildet. Weiterhin bevorzugtermassen ist die Beschichtung (B) frei von chemischen Flamm- schutzmitteln, d.h. Flamm- schutzmitteln, bei welchen durch bei deren Pyrolyse entstehende Gase die Radikalkettenreaktion unterbunden wird. So ist die Beschichtung vorzugsweise frei von halogenierten Flamm- schutzmitteln oder Flamm- schutzmitteln auf Basis von Phosphorverbindungen oder Antimon. Die Beschichtung kann Aluminiumtrihydroxid (ATH) oder Magnesiumdihydroxid (MDH) enthalten, welche bei 200 °C (ATH) bzw. 300 °C (MDH) Wasser abspalten, was die Flammenzone im «Spread of Flame»-Test kühlt und verdünnt. Die auf dem Formteil angeordnete Beschichtung an sich ist bekannt. Beispielsweise sind derartige Beschichtungen als Korrosionsschutzbeschichtung bekannt. Unerwartet und völlig überraschend war hingegen, dass derartige Beschichtungen mit einem bevorzugtermassen vergleichsweise hohen Anteil an mineralischen Bestandteilen eine vorteilhafte Auswirkung in ungeahnter Masse auf die Flammenschutzbeständigkeit von damit beschichteten Polyamid-Formteilen hat. Ohne an eine theoretische Erklärung gebunden zu sein, ist wohl davon auszugehen, dass sich unter der Hitzebelastung die oberflächliche Beschichtung hinsichtlich Bindemittel zersetzt, und die mineralischen Bestandteile gewissermassen einen Schutzfilm auf dem Kunststoff-Formteil ausbilden. Einerseits führt dies dazu, dass der Wärmeeintrag auf den Kunststoff reduziert wird, und andererseits dazu, dass die aus dem Kunststoff hervorgehende Raumentwicklung abgeschirmt wird. Zudem wird die Flammenbildung reduziert.

**[0016]** In Bezug auf die Mineralkonzentration in der Lackschicht ist entsprechend gewissermassen die Menge von mineralischen Bestandteilen der Beschichtung pro Fläche relevant, so beispielsweise in der Einheit g/qm festgelegt, denn das Bindemittel trägt zu den Ergebnissen in den Brandtests vermutlich weitgehend nicht direkt positiv bei. Das Bindemittel wird vielmehr im Wesentlichen nur gebraucht, um die Mineralien beim Gebrauch der Komponente an Ort und Stelle zu halten und der Komponente ein passables Aussehen zu verpassen (entsprechend kann es neben der erfindungsgemäss definierten Schicht [B] auch noch eine weitere zusätzliche zum Beispiel rein optische oder mechanische Schutzschicht darauf geben). Normalerweise reicht für die erfindungsgemässe Wirkung eine Menge an mineralischen partikulären Bestandteilen in der Beschichtung B von wenigstens 10 g/m<sup>2</sup> und typischerweise höchstens 300 g/m<sup>2</sup>. Zu beachten ist allerdings, dass wohl auch mit einer Mineralkonzentration von grösser als 300 g/m<sup>2</sup> die Brandtests zu bestehen sein können (von gegebenenfalls auftretenden Rissbildungen abgesehen). Dies ist aber in der Regel wirtschaftlich und technisch nicht mehr vertretbar, weil dazu sehr viel Lack in mehreren Auftragungen aufgebracht werden müsste. Ein Hinweis, dass höhere Mineralkonzentrationen nicht unbedingt zu noch besserem Brandverhalten führen, ergibt sich aus der Beobachtung, dass sich bei dickeren Lackschichten die Mineralien im Brandfall nicht mehr so homogen auf die Oberfläche ablagern, sich Risse ausbilden können, und sich das Brandverhalten nicht entsprechend der höheren Mineralmenge verbessert, sondern sogar eher wieder verschlechtert.

**[0017]** Brandschutzexperten sind bisher davon ausgegangen, dass die gegenwärtigen Anforderungssätze R1 und R7 für Thermoplaste, und damit Polyamid, nicht erfüllt werden können. Dieses Vorurteil wird durch die vorliegende Erfindung unerwartet widerlegt. Wenn auf einen Thermoplasten auf Basis von Polyamid die erfindungsgemässe Schicht aufgetragen wird, können diese beiden Anforderungssätze überraschenderweise erfüllt werden.

**[0018]** Beispielsweise kann als derartige Beschichtung ein 2K-Epoxy-Füllgrund mit mineralischen Bestandteilen und unter anderem Zinkphosphat eingesetzt werden, der sonst in völlig anderem Zusammenhang (Korrosionsschutz aufgrund von Zinkphosphat) als Primer für Metalloberflächen in Schienenfahrzeugen eingesetzt wird.

**[0019]** Bei Verwendung eines Dickschichthärters können in einem Arbeitsgang Trockenschichtdicken bis zu 200 µm auch an senkrechten Flächen erreicht werden. Die bekannten Einsatzgebiete von derartigen an sich bekannten Schichten sind wie folgt: Für den gesamten Bereich der metallverarbeitenden Industrie auf Stahl, Leichtmetall, Verzinkungen, Holzwerkstoffen, gewissen Kunststoffen und mineralischen Untergründen, aber eben jeweils nur als Korrosionsschutz oder Haftvermittler oder Ähnliches, nicht im Zusammenhang mit Flammenschutz.

**[0020]** Gemäss einer ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der Gegenstand dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (B) die Mineralien in einem Bindemittel (B1) in Form von anorganischen partikulären Feststoffen (B2) enthält. Gemäss einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann der genannten Bereich mit der Beschichtung auf dem Formteil derart ausgestaltet sein, dass pro Quadratmeter Fläche der Beschichtung (B) wenigstens 10 g, oder 10–300 g, vorzugsweise 50–200 g, insbesondere bevorzugt 80–180 g, von anorganischen partikulären Feststoffen (B2) vorliegen.

**[0021]** Eine andere bevorzugte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (B) im genannten Bereich derart ausgestaltet ist, dass sie eine Dicke im Bereich von 10–300 µm, vorzugsweise im Bereich von 20–250 µm, und insbesondere vorzugsweise eine Dicke im Bereich von 50–180 µm, aufweist.

**[0022]** Die mineralhaltige Beschichtung (B) kann gemäss einer anderen bevorzugten Ausführungsform die Mineralien in einem Bindemittel (B1) in Form von anorganischen partikulären Feststoffen (B2), in Form von Pigmenten oder Füllstoffen (einschliesslich mineralische Additive) oder beides enthalten, vorzugsweise in einem Anteil im Bereich von 30–80 Gewichtsprozent oder 40–65 Gewichtsprozent, bezogen auf die getrocknete und ggf. gehärtete Beschichtung (B).

**[0023]** In der Formulierung der Beschichtung kann es neben dem Bindemittel und den mineralischen Bestandteilen auch noch andere Bestandteile geben, beispielsweise Additive, wie sie in Lacken üblich sind, sowie Pigmente auf organischer Basis oder Farbstoffe.

**[0024]** Gemäss einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind die anorganischen partikulären Feststoffe in der Schicht (B) ausgewählt aus folgender Gruppe: Talk, Talkum, Calcit, Kreide, Dolomit und Magnesit, Glimmer, Silikate, Aluminiumsilikate einschliesslich calcinierte Aluminiumsilikate, Magnesium-Aluminium-Silikate, Siliciumdioxid, Magnesium-Aluminium-Silikat, Quarz, Christobalit, Kieselgur, Quarzmehl, Aerosil, Tonerde, Kieselerde, Glimmer, Wollastonit, Feldspat, Bentonit, Wollastonit, Kaolin, Kieselsäuren einschliesslich pyrogene Kieselsäure, Magnesiumcarbonat, Metallhydroxide einschliesslich Aluminiumhydroxid oder Magnesiumhydroxid, Kreide, Carbonate einschliesslich gemahlene oder gefälltes Calciumcarbonat oder Magnesiumcarbonat, gemahlene oder gefällte Sulfate einschliesslich Calciumsulfat, Bariumsulfat, Baryt, Gips, Kalk, Feldspat, Zinkphosphat, Bariumsulfat, Zinkoxid, Zinksulfid, Lithopone und Metalloxide einschliesslich Aluminiumoxid, Magnesiumoxid, Titandioxid einschliesslich in den Modifikationen Rutil oder Anatas, Eisenoxid, Eisenmanganoxid, Spinelle einschliesslich Kupfereisenspinell, Kupferchromoxid, Zink-Eisenoxid, Kobalt-Chromoxid, Kobalt-Aluminiumoxid, Magnesiumaluminiumoxid, Kupfer-Chrom-Mangan-Mischoxide, Kupfer-Mangan-Eisen-Mischoxide, Rutil-Pigmente einschliesslich Titan-Zink-Rutil, Nickel-Antimon-Titanat, Chrom-Antimon-Titanat, Partikel aus hart- oder weichmagnetischen Metallen oder Legierungen oder Keramiken, hohlkugelige Silikatfüllstoffe, Nitride einschliesslich Bornitrid, Aluminiumnitrid, Carbide einschliesslich Borcarbid, Fluoride einschliesslich Calciumfluorid und Mischungen davon. Diese Systeme können auch oberflächlich behandelt sein.

**[0025]** Die partikulären mineralischen Bestandteile der Beschichtung (B) sind im Anwendungsmedium unlöslich und stammen insbesondere aus den folgenden chemischen Klassen, wobei sowohl Produkte natürlicher Herkunft als auch Produkte synthetischer Herkunft beispielhaft aufgeführt werden:

- Oxide und Hydroxide: Aluminiumoxid, Magnesiumoxid, Aluminiumhydroxid, Magnesiumhydroxid;
- Siliciumdioxid Silikate: Quarz, Christobalit, Kieselgur, Talk, Kaolin, Kieselerde, Glimmer, Wollastonit, Feldspat, pyrogene Kieselsäure, Fällungskieselsäure, Alumosilikate und calcinierte Alumosilikate;
- Carbonate: Calcium- und Magnesiumcarbonate wie Calcit, Kreide, Dolomit und Magnesit, gefälltes Calciumcarbonat;
- Sulfate: Bariumsulfat, Calciumsulfate, Baryt, Gips, gefälltes Bariumsulfat.

**[0026]** Die partikulären mineralischen Bestandteile der Beschichtung (B) können die unterschiedlichsten Teilchenformen aufweisen. Die partikulären mineralischen Bestandteile der Beschichtung (B) auf natürlicher Basis haben üblicherweise Teilchengrössen im Bereich von etwa 1 bis 300 µm. So weisen Handelsprodukte auf Basis natürlicher Kreide z.B. einen d50-Wert von in der Regel 1 bis 160 µm auf. Teilchengrössen unter 1 µm liegen in der Regel nur bei synthetisch insbesondere durch Fällungsverfahren hergestellten Füllstoffen vor.

**[0027]** Geeignete anorganische Farbpigmente, welche ebenfalls zu den partikulären mineralischen Bestandteilen der Beschichtung (B) gehören, sind z.B.:

Weisspigmente: Titandioxid (C.I. Pigment White 6), Zinkweiss, Farbenzinkoxid, Zinksulfid, Lithopone;

Schwarzpigmente: Eisenoxidschwarz (C.I. Pigment Black 11), Eisen-Mangan-Schwarz, Spinellschwarz (C.I. Pigment Black 27); Russ (C.I. Pigment Black 7);

Buntpigmente: Chromoxid, Chromoxidhydratgrün; Chromgrün (C.I. Pigment Green 48); Cobaltgrün (C.I. Pigment Green 50); Ultramaringrün; Kobaltblau (C.I. Pigment Blue 28 und 36; C.I. Pigment Blue 72); Ultramarinblau; Manganblau, Ultramarinviolett; Kobalt- und Manganviolett; Eisenoxidrot (C.I. Pigment Red 101); Cadmiumsulfoselenid (C.I. Pigment Red 108); Cersulfid (C.I. Pigment Red 265); Molybdätrot (C.I. Pigment Red 104); Ultramarinrot; Eisenoxidbraun (C.I. Pigment Brown 6 und 7), Mischbraun, Spinell- und Korundphasen (C.I. Pigment Brown 29, 31, 33, 34, 35, 37, 39 und 40), Chromtitangelb (C.I. Pigment Brown 24), Chromorange, Cersulfid (C.I. Pigment Orange 75); Eisenoxidgelb (C.I. Pigment Yellow 42); Nickeltitangelb (C.I. Pigment Yellow 53; C.I. Pigment Yellow 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164 und 189); Chromtitangelb; Spinellphasen (C.I. Pigment Yellow 119); Cadmiumsulfid und Cadmiumzinksulfid (C.I. Pigment Yellow 37 und 35); Chromgelb (C.I. Pigment Yellow 34); Bismutvanadat (C.I. Pigment Yellow 184).

**[0028]** Eine weitere bevorzugte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, dass die anorganischen partikulären Feststoffe der Schicht (B) eine mittlere Partikelgrösse ( $d_{50}$ ) im Bereich von 0,1–300  $\mu\text{m}$ , bevorzugt im Bereich von 0,2–160  $\mu\text{m}$ , insbesondere im Bereich von 0,3–40 oder 0,3–10  $\mu\text{m}$ , aufweisen.

**[0029]** Generell können die anorganischen partikulären Feststoffe der Schicht (B) eine wählbare Teilchenform aufweisen, vorzugsweise ausgewählt aus der folgenden Gruppe: Kugeln, Würfel, Plättchen, Fasern oder Mischungen davon.

**[0030]** Beim Bindemittel (B1) in der Schicht (B) kann es sich um ein gegebenenfalls bei Auftragung aus wässriger Lösung, Emulsion oder Dispersion oder aus einem organischen Lösungsmittel härtendes und/oder vernetzendes Bindemittel handeln.

**[0031]** Das organische Lösungsmittel ist vorzugsweise ausgewählt aus der folgenden Gruppe: aliphatische, cycloaliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Glycole, Glycolether, Ketone und Ester, oder Mischungen davon, einschliesslich n-Hexan, Testbenzin, Cyclohexan, Xylol, Solventnaphtha, Propanol, n-Butanol, Isobutanol, Butylglycol, Butyldiglycol, Ethylenglycol, Diethylglycol, Butylacetat, Ethylacetat, 2-Butoxyethylacetat, Butanon und Aceton oder Mischungen davon. Zusätzlich oder als Ersatz für Lösungsmittel können auch Reaktivverdünner eingesetzt werden. Darunter versteht man Substanzen, die als Lösemittel wirken, aber mit den Bindemitteln vernetzen. Das Bindemittel ist vorzugsweise ausgewählt aus der folgenden Gruppe: Epoxidharz, einschliesslich Bisphenol-A-Glycidylether, Polyurethan, Acryl-Polyurethan, Alkydharz, oder Mischungen davon, wobei das Bindemittel gegebenenfalls ergänzt sein kann durch einen Aktivator oder Härter. Vorzugsweise wird als Bindemittel ein Bisphenol-A-Glycidylether eingesetzt, der mit einem aminischen Härter versetzt ist. Das Lösungsmittel ist bevorzugtermassen dann eine Mischung aus Xylol und Ethylbenzol.

**[0032]** Die für die Herstellung der Beschichtung (B) eingesetzten Lacke können 10% bis 80% Gew.-% Feststoff enthalten. Der Mineralgehalt (Pigmente + Füllstoffe) liegt bei den erfindungsgemäss eingesetzten Lacken im Bereich von 30 bis 75 Gew.-%. Das Gew.-Verhältnis von Bindemittel zu Mineral (Pigment + Füllstoffe) liegt im Bereich von 3:1 bis 1:3. Bevorzugt ist der Mineralgehalt bezogen auf den Trockenfilm (getrocknete und gehärtete Lackschicht) im Bereich von 35 bis 65 Gew.-%.

**[0033]** Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Gegenstand bei einer Wärmeeinstrahlung von 50  $\text{kW}/\text{m}^2$  und einer Probendicke von 3 mm über den ganzen Zeitraum der Messung von 10 min nach ISO 5659-2 eine Rauchdichte  $D_s(\text{max.})$  von weniger als 600, vorzugsweise weniger als 550, weiter vorzugsweise weniger als 500, aufweist.

**[0034]** Weiterhin vorzugsweise ist die Rauchdichte ( $D_s$ ) nach 4 Minuten weniger als 300, vorzugsweise weniger als 250, insbesondere vorzugsweise weniger als 200.

**[0035]** Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Gegenstand bei einer Wärmeeinstrahlung von 50  $\text{kW}/\text{m}^2$  und einer Probendicke von 3 mm eine kumulierte Rauchdichte VOF4 von weniger als 600 aufweist.

**[0036]** Weiterhin bevorzugtermassen sind wenigstens 50%, vorzugsweise wenigstens 75%, insbesondere bevorzugt im Wesentlichen 100% der bei bestimmungsgemässer Benutzung im Brandfall direkt einer Wärmeeinstrahlung ausgesetzten freien Oberfläche des Formteils (A) mit der Beschichtung (B) versehen.

**[0037]** Die halogenfrei flammgeschützte Polyamidformmasse des Formteils kann vorzugsweise aus folgenden Komponenten bestehen:

- (a) 10–90 Gewichtsprozent, vorzugsweise 20–82 Gewichtsprozent thermoplastisches Polyamid, vorzugsweise ausgewählt als aliphatisches, cycloaliphatisches und/oder aromatisches Polyamid,
- (b) 5–30, vorzugsweise 8–25 oder 10–22, insbesondere bevorzugt 10–20 Gewichtsprozent eines halogenfreien Flammenschutzmittels, bevorzugtermassen enthaltend 50–100 Gewichtsprozent, vorzugsweise 70–98 Gewichtsprozent, insbesondere vorzugsweise 75–95 Gewichtsprozent eines phosphorhaltigen Flammenschutzmittels (b1) und auf 100 Gewichtsprozent des halogenfreien Flammenschutzmittels (b) ergänzend einen Flammenschutzmittel-Synergisten, welcher bevorzugt phosphor- oder stickstoffhaltig ist,
- (c) 5–60 Gewichtsprozent, vorzugsweise 10–55 Gewichtsprozent Verstärkungsfasern, vorzugsweise ausgewählt als Glasfasern mit rundem oder flachem Querschnitt, Basaltfasern, Kohlenstofffasern oder Aramidfasern,
- (d) 0–10 Gewichtsprozent, vorzugsweise 0–5 Gewichtsprozent Additive und/oder Zuschlagstoffe, verschieden von den Komponenten (a)–(c),

wobei sich die Komponenten (a)–(d) auf 100% der Polyamidformmasse ergänzen.

**[0038]** Das Polyamid der Komponente (a) ist bevorzugtermassen ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus: PA 6, 46, 56, 66, 610, 612, 614, 1010, 1012, 1210, 1212, 1112, 6T/6I, 6T/6I/66, 6T/66, 6T/10T, 9T, 9MT, 10T, 12T, MACM9-14, PACM9-14, MACMI/12, MACMI/MACMT, MACMI/MACMT/12 oder Mischungen davon. Die Bezeichnungen

folgen dabei der ISO 1874-1, MACM steht spezifisch für Bis(4-amino-3-methylcyclohexyl)methan, PACM steht für Bis(p-aminocyclohexyl)methan, I steht für Isophthalsäure, T für Terephthalsäure, M steht für 2-Methyl-1,8-octandiamin.

**[0039]** Bevorzugtermassen wird als Polyamid für die Komponente (a) eine Mischung aus einem aliphatischen und einem amorphen teilaromatischen Polyamid ausgewählt. Insbesondere bevorzugtermassen wird eine Mischung aus einem aliphatischen Polyamid, vorzugsweise ausgewählt als Polyamid 66, und einem amorphen teilaromatischen Polyamid, vorzugsweise ausgewählt als Polyamid 6I/6T, in einem Verhältnis im Bereich von 5:1–2:1 eingesetzt.

**[0040]** Das halogenfreie Flammenschutzmittel (b1) der Komponente (b) ist vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe Phosphazene, Phosphinsäuresalz, Diphosphinsäuresalz oder Mischungen davon. Daneben kann ein stickstoff- oder phosphorhaltiger Synergist und/oder ein Stickstoff und/oder Phosphor enthaltendes Flammenschutzmittel vorgesehen werden, wobei Letztere vorzugsweise ausgewählt sind aus Metallphosphiten, insbesondere Alkali-Aluminium-Mischphosphiten, Melamin oder Kondensationsprodukten des Melamins, wie insbesondere Melem, Melam, Melon oder Umsetzungsprodukte von Melamin mit Polyphosphorsäure oder Umsetzungsprodukte von Kondensationsprodukten des Melamins mit Polyphosphorsäure oder Gemische davon, insbesondere Melaminpolyphosphat.

**[0041]** Als Komponente (b1) wird insbesondere Melaminpolyphosphat oder Alkali-Aluminium-Mischphosphite bevorzugt. Derartige Flammenschutzmittel sind aus dem Stand der Technik bekannt. Hierzu wird auf die DE 103 463 261 und die DE 102 011 120 218 verwiesen, diesbezüglich sei der Offenbarungsgehalt dieser Schrift ausdrücklich hierin eingeschlossen.

**[0042]** Bevorzugt wird als Komponente (b) ein Metallsalz der Phosphinsäure und/oder der Diphosphinsäure und/oder deren Polymere, worin das Metallion aus der 2. oder 3. Haupt- oder Nebengruppe des Periodensystems ist und die organischen Reste bevorzugt C1-C10-Alkyl, linear oder verzweigt und/oder Aryl, Alkylen, Arylen, Alkylarylen oder Arylalkylen sind. Als Metallion wird insbesondere Aluminium, Calcium, Barium und Zink bevorzugt.

**[0043]** Die Verstärkungsfasern der Komponente (c) liegen vorzugsweise als Schnittglas oder Endlosglas vor, insbesondere bevorzugt als Endlosglas für starke mechanische Belastungen, beispielsweise für ein Lüfterrad. Die Fasern können dabei einen runden oder flachen Querschnitt aufweisen, in letzterem Fall vorzugsweise mit einem Aspektverhältnis im Bereich von 2–8, vorzugsweise im Bereich von 3–5.

**[0044]** Bei den Verstärkungsfasern der Komponente (c) handelt es sich insbesondere bevorzugt um E-Glas, S-Glas, R-Glas, C-Glas, ECR-Glas, D-Glas, AR-Glas, Q-Glas oder Hohlglasfasern.

**[0045]** Bei den Additiven der Komponente (d) kann es sich um die üblichen Additive im Zusammenhang mit derartigen Polyamiden handeln, so beispielsweise Schlagzähmodifikatoren, Haftvermittler, Kristallisations-Beschleuniger oder -Verzögerer, Fließhilfsmittel, Gleitmittel, Entformungsmittel, Weichmacher, Stabilisatoren, Verarbeitungshilfsmittel, flammhemmende Zusätze, Antistatika, Pigmente, Färb- und Markierungsstoffe, Nanoteilchen in Plättchenform, Leitfähigkeitsadditive wie Russ, Graphitpulver oder Kohlenstoffnanofibrillen, Residuen aus Polymerisationsverfahren wie Katalysatoren, Salze und deren Derivate sowie Regler wie Monosäuren oder Monoamine. Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung einen derartigen Gegenstand, der dadurch gekennzeichnet ist, dass die Beschichtung (B) ein- oder mehrschichtig aufgebaut und/oder in mehreren Beschichtungsschritten aufgetragen ist. Bevorzugtermassen wird die Beschichtung in einem Streichprozess, Rakelprozess, Giessprozess, Sprühprozess, einem Tauchprozess oder einem Aufdampfprozess aufgetragen. Es ist grundsätzlich möglich, beispielsweise zuerst das Bindemittel und anschliessend die mineralischen Bestandteile oder umgekehrt aufzutragen, vorzugsweise wird aber so vorgegangen, dass Bindemittel und mineralische Bestandteile gleichzeitig aufgetragen werden im Sinne eines vorformulierten Lackes. Nach der Auftragung kann gegebenenfalls in einem separaten Schritt gehärtet werden, zum Beispiel durch erhöhte Temperatur, Einstrahlung oder Ähnliches.

**[0046]** Bevorzugtermassen handelt es sich beim vorgeschlagenen Gegenstand um ein Bauteil für die Fahrzeug- und/oder Gebäudetechnologie, vorzugsweise um ein Bauteil für Schienenfahrzeuge.

**[0047]** Bevorzugtermassen handelt es sich beim Gegenstand um einen Gegenstand, dessen bei bestimmungsgemässer Benutzung exponierte Oberfläche grösser als 0,2 m<sup>2</sup> ist und/oder dessen Gesamtgewicht grösser als 2 kg ist.

**[0048]** Spezifischer handelt es sich beim beanspruchten Gegenstand vorzugsweise um wenigstens einen Bereich oder vorzugsweise als Ganzes um eines der folgenden Bauteile, insbesondere für Transportmittel, vor allem Bahnfahrzeuge: Lüfterrad, Seitenwand, Stirn- oder Abschlusswand, Trennwand, Raumteiler, Klappe, Kiste, Haube, Abdeckungen, innen liegende Türen, Innenverkleidung von Türen von Stirn- und Abschlusswänden, Aussentüren, Fensterrahmen, Sonnenblenden, Oberflächen in Küchen, über Kopf angeordnete Gepäckablagen, senkrechte Gepäckablagen, Gepäckstapel, Gepäckcontainer und Gepäckabteile, Verkleidung und Flächen des Fahrzeugführerpults, einschliesslich Axial- und Radialräder als Lüfterräder für Gebäude und Schienenfahrzeuge, mechanische Funktionsteile in Luftkanälen und Kabelkanälen.

**[0049]** Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung die Verwendung einer mineralhaltigen Beschichtung (B) für den Flammenschutz eines Gegenstandes, insbesondere für Bahnanwendungen, wobei der Gegenstand enthält oder besteht aus (A) wenigstens einem extrudierten oder spritzgegossenen Formteil bestehend aus einer faserverstärkten, halogenfrei flammgeschützten Polyamidformmasse, und wobei das Formteil in wenigstens einem Bereich seiner freiliegenden Oberfläche mit der mineralhaltigen Beschichtung (B) versehen wird. Dabei weist der Gegenstand bei einer Wärmeeinstrahlung von 50 kW/m<sup>2</sup> und einer Probendicke von 3 mm einen MARHE-Wert nach DIN EN 45545-2:2013 von höchstens 90 kW/m<sup>2</sup> auf, und dessen optische Rauchdichte (Ds) nach 4 min gemäss EN ISO 5659-2 überschreitet vorzugsweise einen Wert von 300 nicht.

**[0050]** Eine bevorzugte Ausführungsform der Verwendung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Gegenstand bei einer Wärmeeinstrahlung von 50 kW/m<sup>2</sup> und einer Probendicke von 3 mm über den ganzen Zeitraum der Messung von 10 min nach ISO 5659-2 eine Rauchdichte Ds(max.) von weniger als 600, vorzugsweise weniger als 550, weiter vorzugsweise weniger als 500, aufweist.

**[0051]** Eine bevorzugte Ausführungsform der Verwendung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Gegenstand bei einer Wärmeeinstrahlung von 50 kW/m<sup>2</sup> und einer Probendicke von 3 mm eine kumulierte Rauchdichte VOF4 von weniger als 600 aufweist.

**[0052]** Vorzugsweise enthält die mineralhaltige Beschichtung (B) die Mineralien in einem Bindemittel (B1) in Form von anorganischen partikulären Feststoffen (B2), vorzugsweise in Form von Pigmenten und/oder Füllstoffen, vorzugsweise in einem Anteil im Bereich von 35–65 Gewichtsprozent, bezogen auf die getrocknete und ggf. gehärtete Beschichtung (B).

**[0053]** Im Zusammenhang mit dieser Verwendung wird bevorzugt, wenn die Beschichtung (B) im genannten Bereich derart ausgestaltet ist, dass pro Quadratmeter Fläche der Beschichtung (B) wenigstens 10 g, oder 10–300 g, vorzugsweise 50–200 g, insbesondere bevorzugt 80–180 g, von anorganischen partikulären Feststoffen (B2) vorliegen.

**[0054]** Weiterhin wird im Zusammenhang mit dieser Verwendung bevorzugt, wenn die Beschichtung (B) im genannten Bereich derart ausgestaltet ist, dass sie eine Dicke im Bereich von 10–300 µm, vorzugsweise im Bereich von 20–250 µm, und insbesondere vorzugsweise eine Dicke im Bereich von 50–180 µm, aufweist.

**[0055]** Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung die Verwendung eines extrudierten oder spritzgegossenen Formteils bestehend aus einer faserverstärkten, halogenfrei flammgeschützten Polyamidformmasse als flammgeschützter Gegenstand, insbesondere für Bahnanwendungen, wobei das Formteil in wenigstens einem Bereich seiner freiliegenden Oberfläche eine mineralhaltige Beschichtung (B) aufweist. Der Gegenstand weist dabei bei einer Wärmeeinstrahlung von 50 kW/m<sup>2</sup> und einer Probendicke von 3 mm einen MARHE-Wert nach DIN EN 45545-2:2013 von höchstens 90 kW/m<sup>2</sup> auf, und seine optische Rauchdichte (Ds) nach 4 min gemäss EN ISO 5659-2 überschreitet vorzugsweise einen Wert von 300 nicht.

**[0056]** Eine bevorzugte Ausführungsform der Verwendung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Gegenstand bei einer Wärmeeinstrahlung von 50 kW/m<sup>2</sup> und einer Probendicke von 3 mm über den ganzen Zeitraum der Messung von 10 min nach ISO 5659-2 eine Rauchdichte Ds(max.) von weniger als 600, vorzugsweise 550, weiter vorzugsweise 500, aufweist. Eine bevorzugte Ausführungsform der Verwendung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Gegenstand bei einer Wärmeeinstrahlung von 50 kW/m<sup>2</sup> und einer Probendicke von 3 mm eine kumulierte Rauchdichte VOF4 von weniger als 600 aufweist.

**[0057]** Zu guter Letzt betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Gegenstandes, wie er oben beschrieben worden ist, welches Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, dass aus der faserverstärkten, halogenfrei flammgeschützten Polyamidformmasse in einem Extrusionsprozess oder einem Spritzgussprozess das Formteil (A) hergestellt wird, und dieses anschliessend wenigstens bereichsweise mit der mineralhaltigen Beschichtung (B) versehen wird, vorzugsweise in einem oder mehreren Beschichtungsschritten, insbesondere bevorzugt ausgestaltet als Streichprozess, Rakeprozess, Giessprozess, Sprühprozess, einem Tauchprozess oder Aufdampfprozess aufgetragen ist, wobei vorzugsweise Bindemittel und mineralische Bestandteile gleichzeitig aufgetragen werden.

**[0058]** Weitere Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen**

**Beispiele:**

**[0059]** A) Polyamidformmasse (FM).

**[0060]** Es wurden Polyamidformmassen bestehend aus den Komponenten gem. Tabelle 1 eingesetzt.

Tabelle 1:		
Polyamidformmasse	A1	A2
Komponenten	Zusammensetzung (Gew.-%)	Zusammensetzung (Gew.-%)
Polyamid PA66 RV 1,75, Schmelzpunkt 260 °C	29.9	31.95
Polyamid PA6I/6T (67/33 Mol-%) RV 1,58, Glasübergangstemperatur 125 °C		10.65
Schnittglasfasern mit 10 µm Durchmesser	50	

Tabelle 1:

Komponenten	Zusammensetzung (Gew.-%)	Zusammensetzung (Gew.-%)
Endlos-Glasfasern mit 17 µm Durchmesser		40
Flammschutzmittel Exolit OP1400	20	16
Schwarzmasterbatch (10% Russ in PA66)		1,3
Hitzestabilisator Irganox 1098	0,1	0,1

**[0061]** RV: relative Viskosität, gemessen an einer Lösung aus 0,5 g Polyamid in 100 ml m-Kresol bei 20 °C nach ISO 307. Berechnung nach  $RV = t/t_0$  in Anlehnung an Abschnitt 11 der Norm.

**Herstellung der Polyamidformmassen:**

**[0062]** Die Polyamidformmasse der Zusammensetzung A1 wurde auf einem Zweiwellenextruder der Fa. Werner u. Pfeiderer Typ ZSK 25 hergestellt. Alle Komponenten mit Ausnahme der Schnittglasfasern wurden in die Einzugszone dosiert. Die Glasfasern wurden über einen Sidefeeder sechs Gehäuseeinheiten vor der Düse in die Polymerschmelze dosiert. Die Gehäusetemperatur wurde als aufsteigendes Profil bis 280 °C eingestellt. Bei 150 bis 200 upm wurden 10 kg Durchsatz erreicht. Nach Wasserbadkühlung, Granulierung und Vakuumtrocknung bei 110 °C für 24h wurden die Granulateigenschaften gemessen und die Prüfkörper hergestellt.

**[0063]** Die Polyamidformmasse der Zusammensetzung A2 wurde aus den in Tabelle 1 angegebenen Komponenten auf einer Pultrusionsanlage als 10 mm langfaserverstärktes Stäbchengranulat (Länge der Glasfasern entspricht der Länge der Granulate) hergestellt. Dabei wurden alle Komponenten ausser die Glasfasern in die Einzugszone des Extruders (Typ KraussMaffei Berstorff ZE 40 A UTXi) dosiert und bei Temperaturen von 300–350 °C gemischt und aufgeschmolzen. Mit dieser Schmelze wurden sodann die vorgeheizten Endlosfasern in der auf 360 °C hochgeheizten Düsenplatte imprägniert. Danach werden die imprägnierten Faserstränge zu einem Strang mit einem Durchmesser von ca. 4–5 mm geformt, an Luft abgekühlt und granuliert. Vorgängig zur Verarbeitung wird das Granulat 24 Stunden bei 110 °C im Vakuum von 30 mbar getrocknet.

**Verarbeitung:**

**[0064]** Herstellung der Formteile für die Bestimmung der mechanischen Materialeigenschaften und die Brandschutzprüfungen:

**[0065]** 170 × 20/10 × 4 mm, ISO-Zugstäbe Typ A1, 80 × 10 × 4 mm ISO-Prüfstäbe Typ B1 sowie Platten 100 × 100 × 3 mm mit seitlichem Anguss aus Polyamidformmasse (A) wurden auf einer Spritzgussmaschine Arburg Allrounder 320-210-750 hergestellt, wobei die Zylindertemperaturen von 260 °C bis 300 °C und eine Schneckenumfangsgeschwindigkeit von 15 m/min eingestellt wurden. Die Formtemperatur wurde mit 120 °C gewählt. 75 × 75 × 3 mm grosse Platten wurden mit einer Kreissäge aus 100 × 100 × 3 mm grossen Platten geschnitten.

**[0066]** Tabelle 2 führt die wichtigsten mechanischen Kenndaten der Polyamidformmassen A1 und A2 auf. Beide zeichnen sich durch hohe Steifigkeit, Festigkeit und Wärmeformbeständigkeit aus. Die Formmasse A2 zeigt die für Langfasermaterialien charakteristische erhöhte Kerbschlagfestigkeit:

Tabelle 2:

Polyamidformmasse	A1	A2
Zug-E-Modul [GPa], ISO 527	17.0	14.3
Bruchspannung [MPa], ISO 527	150	200
Kerbschlagzähigkeit Charpy [kJ/m <sup>2</sup> ], ISO 179/*eA	8	30
Formbeständigkeit HDT/A [°C], ISO 75	230	250

**Beschichtung der Formteile (A) mit Epoxid-Füllgrund (B):**

**[0067]** Die Platten 100 × 100 × 3 und 75 × 75 × 3 mm aus der Polyamidformmasse (A) wurden mit einer Sprühpistole Modell Selena mit 1,8-mm-Düse bei einem Druck von 3 bar mit 500–700 g/m<sup>2</sup> 2K-Epoxy-Füllgrund besprüht und beschichtet.

## CH 711 604 B1

Die zum Sprühen verwendete Mischung bestand aus 5 Teilen Etokat Grund weiss, Artikelnummer 600.1.1.0100, Walter Mäder AG, Killwangen, Schweiz, im Gemisch mit 1 Teil Etokat Aktiv Härter, Artikelnummer 855.0.0.0049, Walter Mäder AG, Killwangen, Schweiz.

**[0068]** Nach 48 Std. Trocknung bei 25 °C wurde das Trockenschichtgewicht des 2K-Epoxy-Füllgrundes gemessen und über die Dichte = 1,8 g/cm<sup>3</sup> die Trockenschichtdicke berechnet.

**[0069]** Optionale weitere Deckschicht (C):

Ein Teil der Platten mit 2K-Epoxy-Füllgrund wurde nach der Trocknung mit einer Sprühpistole Modell Selena mit 1,5-mm-Düse bei einem Druck von 3 bar noch mit 100 g/m<sup>2</sup> 2K-PUR-Decklack besprüht. Verwendet wurde Nuvovern WR grau, Artikelnummer 572.7.3, Walter Mäder AG, Killwangen, Schweiz.

**[0070]** Nach 48 Std. Trocknung bei 25 °C wurde das Trockenschichtgewicht des 2K-PUR-Decklackes gemessen und über die Dichte = 1,2 g/cm<sup>3</sup> die Trockenschichtdicke berechnet, vgl. Tabelle 2.

**[0071]** Die Ergebnisse der Brandschutzmessungen sind in Tab. 3 und Tab. 4 zusammengefasst.

**[0072]** Tabelle 3: MARHE-Werte gemäss DIN EN 45545-2:2013 von unbeschichteten und beschichteten 3 mm dicken Prüfkörpern; Cone Calorimeter Test nach ISO 5660-1 mit Zündflamme bei einer Bestrahlungsstärke von 50 kW/m<sup>2</sup>:

	Anforderung HL2	VB1	B1	B2	VB2	B3	B4	B5
Polyamidformmasse		A1	A1	A1	A2	A2	A2	A2
Dicke mineralhaltiger Füllgrund (B)			75 µm	150 µm		75 µm	150 µm	75 µm
Optionale Beschichtung (C)								50 µm
MARHE [kW/m <sup>2</sup> ]	≤90	98.8	81.2	79.5	106.8	79.5	66.4	85.2

**[0073]** Tabelle 4: Kennzahlen der optischen Rauchdichte gemäss DIN EN 45545-2:2013 von unbeschichteten und beschichteten 3 mm dicken Prüfkörpern; Rauchkammertest nach ISO 5659-2 ohne Zündflamme bei einer Bestrahlungsstärke von 50 kW/m<sup>2</sup>:

	Anforderung HL2	VB1	B1	VB2	B3	B4	B5B5
Polyamidformmasse		A1	A1	A2	A2	A2	A2A2
Dicke mineralhaltiger Füllgrund (B), µm		–	75	–	75	150	75
Optionale Beschichtung (C), µm		–	–	–	–	–	50
Anforderungssatz R1:							
Ds (4)	≤300	354	248	341	127	294	182
VOF4	≤600	732	525	692	198	379	286
Anforderungssatz R7:							
Ds (max.)	≤600	429	487	409	409	519	388

### Messungen:

**[0074]** Die Messung der maximum average rate of heat emission (MARHE) nach DIN EN 45545-1:2013, Kap. 3.39 und DIN EN 45545-2 erfolgte mit einem Cone Calorimeter der Firma Fire Testing Technology Ltd. Die Proben wurden gemäss EN 45545-2:2013 Kapitel 5.1 Ref. T03.01 und ISO 5660-1:2015 mit einer Strahlungsintensität von 50 kW/m<sup>2</sup> und Zündflamme über einen Zeitraum von 20 min geprüft. Für die Erfassung und Auswertung der Daten wurde die Gerätesoftware ConeCalc eingesetzt.

**[0075]** Die Messung der zeitlichen Entwicklung der optischen Rauchdichte sowie die Ermittlung der daraus abgeleiteten Parameter Ds(4), VOF4 und Ds(max.) erfolgte mit einer NBS Smoke Density Chamber der Firma Fire Testing Technology Ltd. nach DIN EN 45545-1:2013, Kap. 3.12 und Kap. 3.70 sowie DIN EN 45545-2. Die Proben wurden gemäss EN

45545-2:2013 Kapitel 5.1 Ref. T10.01, Ref. T10.02 und Ref. T10.04 sowie ISO 5659-2:2012 mit einer Strahlungsintensität von 50 kW/m<sup>2</sup> ohne Zündflamme über einen Zeitraum von 10 min geprüft. Rauchmessungen nach ISO 5659-2 (Dezember 2012) wurden ebenfalls an den Proben mit einer Dicke von 3 mm bei einer Wärmeeinstrahlung von 50 kW/m<sup>2</sup> ohne Zündflamme durchgeführt.

[0076] Dabei bezeichnet D<sub>s</sub> die spezifische optische Dichte gemäss DIN EN 45545-1 Kapitel 3.12 sowie Kapitel 3.10 der ISO 5659-2, und D<sub>s</sub>(4) diesen Wert 4 Minuten nach Einschalten der Wärmeeinstrahlung.

[0077] VOF4 ist gemäss DIN EN 45545-1 Kapitel 3.12 sowie E.3.2.2 der ISO 5659-2 definiert und bezeichnet den kumulativen Wert der spezifischen optischen Dichte D<sub>s</sub> in den ersten 4 min der Prüfung. VOF4 ist gleich der Fläche unter der gegen die Zeit aufgetragenen D<sub>s</sub>(t)-Kurve während der Prüfperiode zwischen t = 0 und t = 4, unter der Annahme einer Trapezfläche und bei einem finiten Element (t) von 1 min.

[0078] CIT<sub>G</sub> bezeichnet den Conventional Index of Toxicity gemäss DIN EN 45545-1 Kapitel 3.7 und DIN EN 45545-2 Anhang C, ermittelt gemäss Kapitel C.16.2 in DIN EN 45545-2:2013.

[0079] Bei allen untersuchten Polyamidformmassen war der CIT<sub>G</sub> (Conventional Index of Toxicity – siehe DIN EN 45545-2:2013-08) immer deutlich unterhalb des Limits für HL2 von 1,8 für R7 und auch deutlich unterhalb des Limits von 0,9 für R1.

[0080] Im Gegensatz zum D<sub>s</sub>(max.)-Wert können die anderen zwei Rauchdichte-Anforderungen für HL2, d.h. D<sub>s</sub>(4) < 300 und VOF4 < 600 mit verschiedenen Polyamid-Matrices nicht erreicht werden ohne die erfindungsgemässen Massnahmen. Flammgeschützte Polyamide pyrolysieren unter den Bedingungen des Rauchtests und russen dabei stark. Nur bei dünnen Platten und insgesamt zu spät ist eine offene Flamme zu beobachten. D.h. Formteile aus verstärkten, flammgeschützten PA-Formmassen bestehen diese Test bei einer Dicke von 3 mm nicht.

[0081] Die Lösung für das Erreichen der HL2-Grenzwerte sowohl im «Cone Calorimeter»-Test wie im Rauchtest beinhaltet die Beschichtung mit einer mineralisch pigmentierten Schicht, im konkreten Fall aus einem 2K-Epoxy-Füllgrund, mit dem die Platten dünn lackiert werden. Sobald das Bindemittel verbrannt ist, bleiben die im Füllgrund enthaltenen Mineralpartikel (Titandioxid, Bariumsulfat, Talkum, Glimmer, ...) in Form einer «Barrierschicht» übrig. Die Platte brennt im Vergleich zum unbeschichteten Prüfkörper mit reduzierter Intensität weiter.

[0082] Im Rauchtest bewirkt die Lackierung eine Verzögerung der Rauchentwicklung um 1 bis 4 Minuten.

[0083] Bei unlackierten 3-mm-Platten (VB1 und VB2) steigt die Rauchdichte in den ersten 4 min auf >300 an.

[0084] Bei lackierten 3-mm-Platten (B1, B3–B5) passiert die Rauchdichte erst nach Ablauf von 4 Minuten die 300er-Marke. Die nach rascher Entzündung der Beschichtung zurückbleibende «Sperrschicht» aus Mineralpigmenten verzögert die Pyrolyse der flammgeschützten Polyamidformmasse.

[0085] Mit der aufgrund von Angaben für die reine Lackschicht berechtigten Annahme, dass die lackierten Platten im «Spread of Flame»-Test einen CFE-Wert >20 kW/m<sup>2</sup> erreichen, ergibt sich folgende Klassifizierung gemäss Tabelle 5:

Tabelle 5:

[0086]

	VB1	B1	VB2	B3	B4	B5
<b>Rating 3 mm</b>	R1: HL1	R1: <u>HL2</u>	R1: HL1	R1: <u>HL2</u>	R1: <u>HL2</u>	R1: <u>HL2</u>
	R7: HL1	R7: <u>HL2</u>	R7: HL1	R7: <u>HL2</u>	R7: <u>HL2</u>	R7: <u>HL2</u>

[0087] Die Lackierung mit 2K-Epoxy-Füllgrund macht es möglich, grosse Teile aus Polyamiden im Innern von europäischen Schienenfahrzeugen einzusetzen.

**Patentansprüche**

1. Flammgeschützter Gegenstand, insbesondere für Bahnanwendungen, enthaltend, vorzugsweise bestehend aus wenigstens einem extrudierten oder spritzgegossenen Formteil (A) bestehend aus einer faserverstärkten, halogenfrei flammgeschützten Polyamidformmasse; wobei das Formteil in wenigstens einem Bereich seiner freiliegenden Oberfläche eine mineralhaltige Beschichtung (B) aufweist; und wobei der Gegenstand bei einer Wärmeeinstrahlung von 50 kW/m<sup>2</sup> und einer Probendicke von 3 mm einen MARHE-Wert nach DIN EN 45545-2:2013 von höchstens 90 kW/m<sup>2</sup> aufweist.
2. Gegenstand nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (B) die Mineralien in einem Bindemittel (B1) in Form von anorganischen partikulären Feststoffen (B2) enthält,

und im genannten Bereich derart ausgestaltet ist, dass pro Quadratmeter Fläche der Beschichtung (B) wenigstens 10 g, oder 10–300 g, vorzugsweise 50–200 g, insbesondere bevorzugt 80–180 g, von anorganischen partikulären Feststoffen (B2) vorliegen

und/oder dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (B) im genannten Bereich derart ausgestaltet ist, dass sie eine Dicke im Bereich von 10–300 µm, vorzugsweise im Bereich von 20–250 µm, und insbesondere vorzugsweise eine Dicke im Bereich von 50–180 µm, aufweist.

3. Gegenstand nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die mineralhaltige Beschichtung (B) die Mineralien in einem Bindemittel (B1) in Form von anorganischen partikulären Feststoffen (B2), in Form von Pigmenten und/oder Füllstoffen enthält, vorzugsweise in einem Anteil im Bereich von 30–80 Gewichtsprozent, bezogen auf die getrocknete und ggf. gehärtete Beschichtung (B).
4. Gegenstand nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die anorganischen partikulären Feststoffe ausgewählt sind aus folgender Gruppe: Talk, Talkum, Calcit, Kreide, Dolomit und Magnesit, Glimmer, Silikate, Aluminiumsilikate einschliesslich calcinierte Aluminiumsilikate, Magnesium-Aluminium-Silikate, Siliciumdioxid, Magnesium-Aluminium-Silikat, Quarz, Christobalit, Kieselgur, Quarzmehl, Aerosil, Tonerde, Kieselerde, Glimmer, Wollastonit, Feldspat, Bentonit, Wollastonit, Kaolin, Kieselsäuren einschliesslich pyrogenes Kieselsäure, Magnesiumcarbonat, Metallhydroxide einschliesslich Aluminiumhydroxid oder Magnesiumhydroxid, Kreide, Carbonate einschliesslich gemahlene oder gefälltes Calciumcarbonat oder Magnesiumcarbonat, gemahlene oder gefällte Sulfate einschliesslich Calciumsulfat, Bariumsulfat, Baryt, Gips, Kalk, Feldspat, Zinkphosphat, Bariumsulfat, Zinkoxid, Zinksulfid, Lithopone und Metalloxide einschliesslich Aluminiumoxid, Magnesiumoxid, Titandioxid einschliesslich in den Modifikationen Rutil oder Anatas, Eisenoxid, Eisenmanganoxid, Spinelle einschliesslich Kupfereisen-spinell, Kupferchromoxid, Zink-Eisenoxid, Kobalt-Chromoxid, Kobalt-Aluminiumoxid, Magnesium-Aluminiumoxid, Kupfer-Chrom-Mangan-Mischoxide, Kupfer-Mangan-Eisen-Mischoxide, Rutil-Pigmente einschliesslich Titan-Zink-Rutil, Nickel-Antimon-Titanat, Chrom-Antimon-Titanat, Partikel aus hart- oder weichmagnetischen Metallen oder Legierungen oder Keramiken, hohlkugelige Silikatfüllstoffe, Nitride einschliesslich Bornitrid, Aluminiumnitrid, Carbide einschliesslich Borcarbid, Fluoride einschliesslich Calciumfluorid und Mischungen und/oder oberflächlich behandelte Formen hiervon;  
und/oder dass die anorganischen partikulären Feststoffe eine mittlere Partikelgrösse (D50) im Bereich von 0,1–300 µm, bevorzugt im Bereich von 0,2–160 µm, insbesondere im Bereich von 0,3–40 oder 0,3–10 µm, aufweisen und/oder dadurch gekennzeichnet dass die anorganischen partikulären Feststoffe eine Teilchenform ausgewählt aus der folgenden Gruppe aufweisen: Kugeln, Würfel, Plättchen, Fasern.
5. Gegenstand nach Anspruch 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass es sich beim Bindemittel (B1) um ein gegebenenfalls bei Auftragung aus wässriger Lösung, Emulsion oder Dispersion, insbesondere ein aus einem organischen Lösungsmittel härtendes Bindemittel handelt, wobei das organische Lösungsmittel vorzugsweise ausgewählt ist aus der folgenden Gruppe: aliphatische, cycloaliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Glycole, Glycolether, Ketone und Ester, oder Mischungen davon, einschliesslich n-Hexan, Testbenzin, Cyclohexan, Xylol, Solventnaphtha, Propanol, n-Butanol, Isobutanol, Butylglycol, Butyldiglycol, Ethylenglycol, Diethylglycol, Butylacetat, Ethylacetat, 2-Butoxyethylacetat, Butanon und Aceton oder Mischungen davon;  
und/oder dadurch gekennzeichnet, dass das Bindemittel (B1) ausgewählt ist aus der folgenden Gruppe: Epoxidharz einschliesslich A-Glycidylether, Polyurethan, Acryl-Polyurethan, Alkydharz oder Mischungen davon, wobei das Bindemittel gegebenenfalls ergänzt sein kann durch einen Aktivator oder Härter.
6. Gegenstand nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Gegenstand bei einer Wärmeeinstrahlung von 50 kW/m<sup>2</sup> und einer Probendicke von 3 mm über den Prüfzeitraum von 10 Minuten nach ISO 5659-2:2012 eine maximale optische Rauchdichte Ds(max.) von weniger als 600, vorzugsweise von weniger als 550, insbesondere vorzugsweise von weniger als 500, aufweist.
7. Gegenstand nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Gegenstand nach 4 min bei einer Wärmeeinstrahlung von 50 kW/m<sup>2</sup> und einer Probendicke von 3 mm nach DIN EN 45545-2:2013 und ISO 5659-2:2012 eine Rauchdichte Ds(4) nach 4 min von weniger als 300, vorzugsweise weniger als 250, und/oder eine kumulierte Rauchdichte VOF4 von weniger als 600 aufweist und/oder über den ganzen Zeitraum der Messung von 10 min eine maximale optische Rauchdichte Ds(max.) von weniger als 600, vorzugsweise weniger als 550, weiter vorzugsweise weniger als 500, aufweist.
8. Gegenstand nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens 50%, vorzugsweise wenigstens 75%, insbesondere bevorzugt im Wesentlichen 100%, der bei bestimmungsgemässer Benutzung im Brandfall direkt einer Wärmeeinstrahlung ausgesetzten freiliegenden Oberfläche des Formteils (A) mit der Beschichtung (B) versehen ist.
9. Gegenstand nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die halogenfrei flammgeschützte Polyamidformmasse des Formteils aus folgenden Komponenten besteht:  
(a) 10–90 Gewichtsprozent, vorzugsweise 20–82 Gewichtsprozent thermoplastisches Polyamid, vorzugsweise ausgewählt als aliphatisches, cycloaliphatisches und/oder aromatisches Polyamid,

- (b) 5–30, vorzugsweise 8–25 oder 10–22, insbesondere bevorzugt 10–20 Gewichtsprozent eines halogenfreien Flammschutzmittels, bevorzugtermassen enthaltend 50–100 Gewichtsprozent, vorzugsweise 70–98 Gewichtsprozent, insbesondere vorzugsweise 75–95 Gewichtsprozent eines phosphorhaltigen Flammschutzmittels (b1) und auf 100 Gewichtsprozent des halogenfreien Flammschutzmittels (b) ergänzend einen Flammschutzmittel-Synergisten, welcher bevorzugt phosphor- oder stickstoffhaltig ist,
- (c) 5–60 Gewichtsprozent, vorzugsweise 10–55 Gewichtsprozent Verstärkungsfasern, ausgewählt aus der Gruppe der Glasfasern mit rundem oder flachem Querschnitt, Basaltfasern, Kohlenstofffasern oder Aramidfasern,
- (d) 0–10 Gewichtsprozent, vorzugsweise 0–5 Gewichtsprozent Additive und/oder Zuschlagstoffe, verschieden von den Komponenten (a)–(c),  
wobei sich die Komponenten (a)–(d) auf 100% der Polyamidformmasse ergänzen.
10. Gegenstand nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Polyamid der Komponente (a) ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus PA 6, 46, 56, 66, 610, 612, 614, 1010, 1012, 1210, 1212, 1112, 6T/6I, 6T/6I/66, 6T/66, 6T/10T, 9T, 9MT, 10T, 12T, MACM9-14, PACM9-14, MACMI/12, MACMI/MACMT, MACMI/MACMT/12 oder Mischungen davon, wobei vorzugsweise eine Mischung aus einem aliphatischen und einem amorphen Teil aromatischen Polyamids ausgewählt ist, insbesondere bevorzugtermassen eine Mischung aus Polyamid 66 und Polyamid 6I/6T in einem Verhältnis im Bereich von 5:1–2:1;  
und/oder wobei vorzugsweise das halogenfreie Flammschutzmittel (b1) der Komponente (b) ausgewählt ist aus der Gruppe Phosphazene, Phosphinsäuresalz, Diphosphinsäuresalz oder Mischungen davon;  
und/oder dadurch gekennzeichnet, dass die Verstärkungsfasern (c) als Schnittglas oder Endlosglas ausgebildet sind, wobei die Fasern einen runden oder flachen Querschnitt, in letzterem Fall vorzugsweise mit einem Aspektverhältnis im Bereich von 2–8, vorzugsweise im Bereich von 3–5, aufweisen,  
und/oder dadurch gekennzeichnet, dass die Verstärkungsfasern (c) als E-Glas, S-Glas, M-Glas, C-Glas, ECR-Glas, D-Glas, AR-Glas, Q-Glas oder Hohlglasfasern ausgebildet sind.
11. Gegenstand nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (B) ein- oder mehrschichtig aufgebaut  
und/oder dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (B) in mehreren Beschichtungsschritten aufgetragen ist, wobei vorzugsweise die Beschichtung in einem Streichprozess, Rakelprozess, Giessprozess, Sprühprozess, einem Tauchprozess oder einem Aufdampfprozess aufgetragen ist, wobei vorzugsweise Bindemittel und mineralische Bestandteile gleichzeitig aufgetragen sind.
12. Gegenstand nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es sich um ein Bauteil für die Fahrzeug- oder Gebäudetechnologie handelt, vorzugsweise um ein Bauteil für Schienenfahrzeuge, wobei es sich vorzugsweise um einen Gegenstand handelt, dessen bei bestimmungsgemässer Benutzung freiliegende Oberfläche grösser als 0,2 m<sup>2</sup> ist und/oder dessen Gesamtgewicht grösser als 2 kg ist,  
wobei es sich bevorzugtermassen beim Gegenstand um wenigstens einen Bereich oder vorzugsweise als Ganzes um eines der folgenden Bauteile handelt: Lüfterrad, Seitenwand, Stirn- oder Abschlusswand, Trennwand, Raumteiler, Klappe, Kiste, Haube, Abdeckung, innenliegende Tür, Innenverkleidung einer Tür von Stirn- und Abschlusswänden, Aussentür, Fensterrahmen, Sonnenblenden, Oberflächen in Küchen, über Kopf angeordnete Gepäckablage, senkrechte Gepäckablage, Gepäckstapel, Gepäckcontainer und Gepäckabteile, Verkleidung und Flächen des Fahrzeugführerpults einschliesslich Axial- und Radialräder als Lüfterräder für Gebäude und Schienenfahrzeuge, mechanische Funktionsteile in Luftkanälen und Kabelkanälen.
13. Verwendung einer mineralhaltigen Beschichtung (B) für den Flammenschutz eines Gegenstandes, insbesondere für Bahnanwendungen, wobei der Gegenstand enthält, insbesondere besteht aus  
(A) wenigstens einem extrudierten oder spritzgegossenen Formteil bestehend aus einer faserverstärkten, halogenfrei flammgeschützten Polyamidformmasse;  
und das Formteil in wenigstens einem Bereich seiner freiliegenden Oberfläche mit der mineralhaltigen Beschichtung (B) versehen wird;  
und wobei der resultierende Gegenstand bei einer Wärmeeinstrahlung von 50 kW/m<sup>2</sup> und einer Probendicke von 3 mm einen MARHE-Wert nach DIN EN 45545-2:2013 von höchstens 90 kW/m<sup>2</sup> aufweist, und  
wobei dessen optische Rauchdichte Ds(4) gemäss EN ISO 5659-2 nach 4 min vorzugsweise einen Wert von 300, vorzugsweise weniger als 250, nicht überschreitet, und/oder dessen kumulierte Rauchdichte VOF4 gemäss DIN EN 45545-2:2013 einen Wert von 600 vorzugsweise nicht überschreitet, und/oder dessen Rauchdichte Ds(max.) über den ganzen Zeitraum der Messung von 10 min weniger als 600, vorzugsweise weniger als 550, weiter vorzugsweise weniger als 500, beträgt,  
wobei vorzugsweise die mineralhaltige Beschichtung (B) die Mineralien in einem Bindemittel (B1) in Form von anorganischen partikulären Feststoffen (B2), vorzugsweise in Form von Pigmenten und/oder Füllstoffen, enthält, vorzugsweise in einem Anteil im Bereich von 35–65 Gewichtsprozent, bezogen auf die getrocknete und ggf. gehärtete Beschichtung (B),  
wobei die Beschichtung (B) im genannten Bereich derart ausgestaltet ist, dass pro Quadratmeter Fläche der Beschichtung (B) wenigstens 10 g, oder 10–300 g, vorzugsweise 50–200 g, insbesondere bevorzugt 80–180 g, von anorganischen partikulären Feststoffen (B2) vorliegen

und/oder wobei die Beschichtung (B) im genannten Bereich derart ausgestaltet ist, dass sie eine Dicke im Bereich von 10–300  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise im Bereich von 20–250  $\mu\text{m}$ , und insbesondere vorzugsweise eine Dicke im Bereich von 50–180  $\mu\text{m}$ , aufweist.

14. Verwendung eines extrudierten oder spritzgegossenen Formteils bestehend aus einer faserverstärkten, halogenfrei flammgeschützten Polyamidformmasse als flammgeschützter Gegenstand, insbesondere für Bahnanwendungen, wobei das Formteil in wenigstens einem Bereich seiner freiliegenden Oberfläche eine mineralhaltige Beschichtung (B) aufweist;  
und wobei der verwendete Gegenstand bei einer Wärmeeinstrahlung von  $50 \text{ kW/m}^2$  und einer Probendicke von 3 mm einen MARHE-Wert nach DIN EN 45545-2:2013 von höchstens  $90 \text{ kW/m}^2$  aufweist, und  
wobei dessen optische Rauchdichte  $D_s(4)$  gemäss EN ISO 5659-2 vorzugsweise einen Wert von 300, vorzugsweise weniger als 250, nach 4 min nicht überschreitet und/oder dessen kumulierte Rauchdichte VOF4 gemäss DIN EN 45545-2:2013 einen Wert von 600 vorzugsweise nicht überschreitet, und/oder dessen maximale Rauchdichte  $D_s(\text{max.})$  über den ganzen Zeitraum der Messung von 10 min weniger als 600, vorzugsweise weniger als 550, weiter vorzugsweise weniger als 500, beträgt.
15. Verfahren zur Herstellung eines Gegenstandes nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1–12, dadurch gekennzeichnet, dass aus der faserverstärkten, halogenfrei flammgeschützten Polyamidformmasse in einem Extrusionsprozess oder einem Spritzgussprozess das Formteil (A) hergestellt wird, und dieses anschliessend wenigstens bereichsweise mit der mineralhaltigen Beschichtung (B) versehen wird, vorzugsweise in einem oder mehreren Beschichtungsschritten insbesondere bevorzugt ausgestaltet als Streichprozess, Rakelprozess, Giessprozess, Sprühprozess, einem Tauchprozess oder Aufdampfprozess aufgetragen wird, wobei vorzugsweise Bindemittel und mineralische Bestandteile gleichzeitig aufgetragen werden.