

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
27. Oktober 2016 (27.10.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/170127 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B32B 5/06 (2006.01) *B32B 7/04* (2006.01)
B32B 5/22 (2006.01) *B32B 7/08* (2006.01)
B32B 5/24 (2006.01) *B32B 27/30* (2006.01)
B32B 5/26 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/059036

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. April 2016 (22.04.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 207 356.4
22. April 2015 (22.04.2015) DE

(71) Anmelder: **INEOS STYROLUTION GROUP GMBH**
[DE/DE]; Erlenstrasse 2, 60325 Frankfurt (DE).

(72) Erfinder: **BERNHARDT, Achim**; Birkenstrasse 21,
63512 Hainburg (DE).

(74) Anwalt: **JACOBI, Markus**; Isenbruck Bösl Hörschler
LLP Patentanwälte, EASTSITE ONE, Seckenheimer
Landstraße 4, 68163 Mannheim (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: THERMOPLASTIC COMPOSITE FIBER MATERIALS BASED ON STYROL COPOLYMERS AND METHOD FOR
PRODUCTION THEREOF

(54) Bezeichnung : THERMOPLASTISCHE FASERVERBUND-WERKSTOFFE AUF BASIS VON STYROL-COPOLYMEREN
UND VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG

(57) Abstract: The invention relates to thermoplastic composite fiber materials V, which have technical advantages, comprising: a) thermoplastic styrol copolymer molding material A as a matrix, b) at least two layers of reinforcement fibers B and B', and c) optionally at least one additive C, wherein each layer of reinforcement fibers B and B' is formed by a laminar textile fabric G or G' having a first side and a second side, wherein the reinforcement fibers B and B' of the layers have a plurality of fiber ends E and E' on the first side and/or the second side of the respective laminar textile fabric G and G', wherein the at least two layers of reinforcement fibers B and B' are arranged in the composite fiber material V such that the fiber ends E of the first layer form intermediate chambers between the layers together with the fiber ends E' of the second layer, wherein the thermoplastic styrol copolymer molding compound A penetrates the intermediate chambers formed by the opposing fiber ends E and E' of the first layer and the second layer.

(57) Zusammenfassung: Thermoplastische Faserverbund-Werkstoffe V, enthaltend: a) thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A als Matrix, b) mindestens zwei Lagen aus Verstärkungsfasern B und B', und c) optional mindestens ein Additiv C, wobei jede Lage aus Verstärkungsfasern B bzw. B' durch ein flächenförmiges textiles Gebilde G bzw. G' mit einer ersten Seite und einer zweiten Seite gebildet wird, wobei die Verstärkungsfasern B bzw. B' der Lagen eine Vielzahl von Faserenden E bzw. E' auf der ersten Seite und/oder der zweiten Seite des jeweiligen flächenförmigen textilen Gebildes G bzw. G' aufweisen, wobei die mindestens zwei Lagen aus Verstärkungsfasern B bzw. B' derart dem Faserverbund-Werkstoff V angeordnet sind, dass die Faserenden E der ersten Lage mit den Faserenden E' der zweiten Lage Zwischenräume zwischen den Lagen ausbilden, wobei die thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A die durch die gegenüberliegenden Faserenden E und E' der ersten Lage und der zweiten Lage gebildeten Zwischenräume durchdringt, haben technische Vorteile.

WO 2016/170127 A1

Thermoplastische Faserverbund-Werkstoffe auf Basis von Styrol-Copolymeren und Verfahren zu deren Herstellung

Beschreibung

5

Die vorliegende Erfindung betrifft einen thermoplastischen Faserverbund-Werkstoff V (auch „Organoblech“), welcher mindestens eine thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A als Matrix und mindestens zwei Lagen aus Verstärkungsfasern B umfasst, wobei die Lagen der Verstärkungsfasern B in die Matrix eingebettet sind. Die Lagen aus Verstärkungsfasern B werden jeweils gebildet durch ein flächenförmiges textiles Gebilde G, welches eine Vielzahl von Faserenden E auf der ersten Seite und/oder der zweiten Seite des jeweiligen flächenförmigen textilen Gebildes G aufweist. Die mindestens zwei Lagen aus Verstärkungsfasern B sind derart in dem Faserverbund-Werkstoff V angeordnet, dass die Faserenden E des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G mit den Faserenden E' des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' Zwischenräume zwischen den flächenförmigen textilen Gebilde G und G' ausbilden, wobei die thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A die durch die gegenüberliegenden Faserenden E und E' des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G und des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' gebildeten Zwischenräume durchdringt.

Faserverbund-Werkstoffe bestehen meist aus einer Vielzahl von Verstärkungsfasern, die in eine Polymer-Matrix eingebettet sind. Die Einsatzbereiche von Faserverbund-Werkstoffen sind vielfältig. Beispielsweise kommen Faserverbund-Werkstoffe im Fahrzeug- und Luftfahrt-Bereich zum Einsatz. Hierbei sollen Faserverbund-Werkstoffe das Zerreißen oder sonstige Fragmentierungen der Matrix verhindern, um somit die Unfallgefahr durch verteilte Bauteilfetzen zu vermindern. Viele Faserverbund-Werkstoffe sind in der Lage, bei Belastung vergleichsweise hohe Kräfte aufzunehmen, bevor es zum totalen Versagensfall kommt. Gleichzeitig zeichnen sich Faserverbund-Werkstoffe gegenüber herkömmlichen, nicht verstärkten Materialien durch eine hohe Festigkeit und Steifigkeit bei gleichzeitig niedriger Dichte und weiteren vorteilhaften Eigenschaften wie beispielsweise guter Alterungs- und Korrosionsbeständigkeit aus.

Festigkeit und Steifigkeit der Faserverbund-Werkstoffe sind dabei an die Belastungsrichtung und Belastungsart anpassbar. Hierbei sind in erster Linie die Fasern für die Festigkeit und Steifigkeit des Faserverbund-Werkstoffs verantwortlich. Zudem bestimmt auch ihre Anordnung die mechanischen Eigenschaften des jeweiligen Faserverbund-Werkstoffs. Die Matrix dient dagegen meist primär zum Einleiten der aufzunehmenden Kräfte in die einzelnen Fasern und zur Beibehaltung der räumlichen Anordnung der Fasern in der gewünschten Orientierung.

Da sowohl die Fasern als auch die Matrix-Materialien variierbar sind, kommen zahlreiche Kombinationsmöglichkeiten von Fasern und Matrix-Materialien in Betracht. Faserverbund-Werkstoffe weisen aufgrund der hohen Faserlängen eine besonders hohe Stabilität auf und sind daher in vielen Bereichen bevorzugt, in denen hohe Anforderungen an die hergestellten Bauteile gestellt werden. Bei der Herstellung von Faserverbund-Werkstoffen spielt die Verbindung von Fasern und Matrix zueinander eine wesentliche Rolle. Eine unzureichende Verbindung kann insbesondere bei Faserverbund-Werkstoffen, die einen schichtförmigen Aufbau aufweisen, dazu führen, dass eine Delaminierung entlang der Flächenachse der Faserschichten auftritt. Zusätzlich weisen laminare Faserverbund-Werkstoffe häufig eine geringe Stabilität bzw. Steifigkeit bezüglich der Laminebene auf.

DE 90 07 289 U1 offenbart einen Verbund- und Hybridwerkstoff, bestehend aus einer härtbaren Polymermatrix und mindestens einer Verstärkungseinlage in Form einer Stoffbahn aus einer textilen Grundware mit eingebundenen Noppen. Es liegen mindestens zwei Arten von Noppen mit unterschiedlicher Länge und Strickrichtung vor, welche von den jeweils beiden freien Enden eines in die Grundware eingelegten Poldadens gebildet werden. Die Noppen ragen vereinzelt und gleichmäßig verteilt aus der Vorderseite der Grundware heraus. Der beschriebene Werkstoff hat zum einen den Nachteil, dass er nachträglich nicht thermisch umgeformt werden kann, da er aus duroplastischem Matrixmaterial gebildet ist. Zum anderen ist die Durchdringung der Polymermatrix mit den Noppen aufgrund des Fertigungsverfahrens nur unzureichend.

DE 689 15 220 T2 offenbart ein Verfahren zur Herstellung eines Laminats bei dem zunächst ein Doppelflogewebe aus verstärkten Fasern durch Verweben der Florfaser in das Grundgewebe hergestellt wird. Die Doppelflogewebe werden laminiert. Wird der Flor während des Laminierens niedergedrückt, so richtet er sich aufgrund der Reißspannung wieder auf. Ein solches Aufrichten ist bei hoher Dichte der Florfasern und geringem Abstand zwischen den Laminatschichten schwierig. Außerdem ist das Webverfahren aufwändig.

EP 0 356 930 A2 befasst sich mit Composit-Materialien, umfassend mindestens zwei Schichten, wobei jede Schicht ein im wesentlichen planares Substrat mit einer ersten Seite und einer zweiten Seite und mit einer Vielzahl von Fasern umfasst, wobei die Fasern auf der ersten Seite und der zweiten Seite des ebenen Substrats Faserspitzen bilden, wobei die Schichten gegenüberliegend gestapelt sind, so dass die Faserspitzen einer Schicht mit den Faserspitzen der gegenüberliegenden Schicht zusammenwirken und Zwischenräume zwischen denselben bilden, und ein Bindemittel, das im Wesentlichen die Zwischenräume durchdringt. Das Bindemittel ist ein erhärtbares Polymerharz.

Die Faserspitzen werden durch spezielle Webtechniken erhalten, welche wiederum aufwändig sind.

5 DE 1 704 642 offenbart einen Schaumstoffkörper mit einer Außenhaut, auf deren Innenseite eine eingeschäumte Randzonenverstärkungseinlage angeordnet ist, die aus mindestens einer Armierungsmatte und einem Fasergebilde besteht. Die Armierungsmatte und das Fasergebilde bestehen aus unterschiedlichen Materialien und sind fest miteinander verbunden. Die Herstellung der Randzonenverstärkungseinlage ist vergleichsweise aufwändig gestaltet.

10

US 2011/0020572 beschreibt Organoblech-Bauteile mit einem Hybrid-Design aus beispielsweise einer hoch fließfähigen Polycarbonat-Komponente. Dabei wird Polycarbonat (PC) durch geeignete Additive fließfähig gemacht, wie über hypervverzweigte Polyester, Ethylen/(Meth)acrylat-Copolymere oder niedermolekulare Polyalkylenglykolester.

15

Eine Aufgabe der Erfindung ist es, einen Faserverbund-Werkstoff (Organoblech) bereitzustellen, welcher eine verbesserte Festigkeit und Steifigkeit aufweist und gleichzeitig mit einfachen Verfahren und kostengünstig herstellbar ist.

20 Es hat sich überraschend gezeigt, dass mittels eines einfachen Verfahrens, in dem die Oberfläche eines flächenförmigen textilen Gebildes oberflächlich eingeschnitten wird, ein laminarer Faserverbund-Werkstoff V erhalten werden kann, welcher eine Struktur aufweist, in der sich die durch das Einschneiden entstehenden Faserenden E aufrichten und so eine Art Querverstrebung zwischen den textilen Flächegebilden bilden.

25 Hierdurch wird ein deutlicher Anstieg der Festigkeit und/oder Steifigkeit des Faserverbund-Werkstoffs V im Vergleich zu herkömmlich hergestellten laminaren Faserverbund-Werkstoffen erzielt.

30 Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft somit einen thermoplastischen Faserverbund-Werkstoff V, enthaltend:

- a) mindestens eine thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A als Matrix,
- b) mindestens zwei Lagen aus Verstärkungsfasern B und B', und
- c) optional mindestens ein Additiv C,

35

wobei jede Lage aus Verstärkungsfasern B bzw. B' durch ein flächenförmiges textiles Gebilde G bzw. G' mit einer ersten Seite und einer zweiten Seite gebildet wird,

wobei die Verstärkungsfasern B bzw. B' der Lagen eine Vielzahl von Faserenden E bzw. E' auf der ersten Seite und/oder der zweiten Seite des jeweiligen flächenförmigen textilen Gebildes G bzw. G' aufweisen,

- 5 wobei die mindestens zwei Lagen aus Verstärkungsfasern B bzw. B' derart in dem Faserverbund-Werkstoff V angeordnet sind, dass die Faserenden E der ersten Lage mit den Faserenden E' der zweiten Lage Zwischenräume zwischen den Lagen ausbilden,

- 10 wobei die thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A die durch die gegenüberliegenden Faserenden E und E' der ersten Lage und der zweiten Lage gebildeten Zwischenräume durchdringt.

- Ein Faserverbund-Werkstoff V im Sinne dieser Erfindung ist ein Werkstoff umfassend eine thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A und mindestens zwei Lagen aus Verstärkungsfasern B bzw. B', wobei die Verstärkungsfasern B bzw. B' in der thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A eingebettet sind.

- Thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A bedeutet in diesem Zusammenhang, dass es sich um eine Styrol-Copolymer-Formmasse handelt, die mindestens ein thermoplastisches Styrol-haltiges Copolymer umfasst. Geeignete Co-Monomere sind beispielsweise α -Methylstyrol, Acrylnitril, Methacrylnitril, Methylmethacrylat (MMA), konjugierte Diene und/oder Acrylate. Bevorzugt besteht die thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A zu mindestens 50 Gew.-% aus einem thermoplastischen Styrol-Copolymer, insbesondere zu mindestens 70 Gew.-%, besonders bevorzugt zu mindestens 90 Gew.-%. In einer Ausführungsform besteht die Styrol-Copolymer-Formmasse zu 100 Gew.-% aus einem Styrol-Copolymer.

- Die Erfindung betrifft besonders die Verwendung eines wie oben beschriebenen thermoplastischen Faserverbund-Werkstoffs V, enthaltend (bzw. bestehend aus):

- 30 a) 30 bis 95 Gew.-% der thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A, bevorzugt 35 bis 90 Gew.-%, insbesondere 40 bis 80 Gew.-%
b) 5 bis 70 Gew.-% der Verstärkungsfasern B, bevorzugt 10 bis 65 Gew.-%, insbesondere 20 bis 60 Gew.-% und
35 c) 0 bis 40 Gew.-%, bevorzugt 0 bis 30 Gew.-%, insbesondere 0,1 bis 25 Gew.-% des Additivs C.

Die Erfindung betrifft besonders die Verwendung eines wie oben beschriebenen thermoplastischen Faserverbund-Werkstoffs V, wobei die thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A amorph ist.

- 5 Die thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A ist vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus: Styrol-Acrylnitril-Copolymere, α -Methylstyrol-Acrylnitril-Copolymere, schlagzäh-modifizierte Styrol-Acrylnitril-Copolymere, insbesondere Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere (ABS) und Acrylnitril-Styrol-Acrylester-Copolymere (ASA), sowie Blends der genannten Copolymere, insbesondere mit Polycarbonat oder
10 Polyamid.

- In einer Ausführungsform betrifft die Erfindung einen Faserverbund-Werkstoff V, bei dem die mindestens zwei flächenförmigen textilen Gebilde G und G' parallel angeordnet sind und die Verstärkungsfasern B bzw. B', welche die Faserenden E bzw. E' ausbildenden, strukturell dauerhaft an das erste oder zweite flächenförmige textile Gebilde G bzw. G' aus Verstärkungsfasern B bzw. B' gebunden sind.
15

- Die Erfindung betrifft auch einen Faserverbund-Werkstoff V, bei dem die Faserenden E bzw. E' dadurch gebildet werden, dass ein flächenförmiges textiles Gebilde G bzw. G' aus Verstärkungsfasern B bzw. B' oberflächlich bis zu einer Tiefe von bis zu 50%, insbesondere bis zu einer Tiefe von bis zu 30% der Schichtdicke des flächenförmigen textilen Gebildes G bzw. G' eingeschnitten wird, sodass die Faserenden E bzw. E' erzeugt werden, welche in das textile Gebilde G bzw. G' eingebunden sind. Im Hinblick auf die Stabilität des textilen Gebildes G bzw. G' erfolgt das oberflächliche Einschneiden bevorzugt bis zu einer Tiefe von bis zu 30% der Schichtdicke des textilen Gebildes G bzw. G', insbesondere von bis zu einer Tiefe von 5 bis 10% der Schichtdicke des textilen Gebildes G bzw. G'.
20
25

- Die Erfindung betrifft auch einen Faserverbund-Werkstoff V, der dadurch gekennzeichnet ist, dass die Verstärkungsfasern B bzw. B' aus der Gruppe enthaltend Carbonfasern, Glasfasern und Aramidfasern ausgewählt sind.
30

- In einer Ausführungsform betrifft die Erfindung einen Faserverbund-Werkstoff V, der dadurch gekennzeichnet ist, dass das eingesetzte textile Gebilde G bzw. G' ein Gewebe, Gewirk, Gelege, Gestrick oder Geflecht ist. Die Erfindung betrifft insbesondere einen Faserverbund-Werkstoff V, der dadurch gekennzeichnet ist, dass das Gebilde G bzw. G' ein Gewebe ist. Bevorzugt besteht das Gewebe aus Carbonfasern.
35

In einer Ausführungsform betrifft die Erfindung einen Faserverbund-Werkstoff V, bei dem die Styrol-Copolymer-Formmasse A eine geschäumte Styrol-Copolymer-Formmasse ist.

- 5 Die Erfindung betrifft auch einen Faserverbund-Werkstoff V, bei dem die Styrol-Copolymer-Formmasse A mindestens ein Copolymer aus der Gruppe Styrol/Acrylnitril-Copolymer (SAN), Acrylnitril/Butadien/Styrol-Copolymer (ABS) und/oder Acrylnitril//Styrol/Acrylester-Copolymer (ASA) enthält.
- 10 Alternativ oder zusätzlich kann die Styrol-Copolymer-Formmasse A auch Polystyrol enthalten.

Der erfindungsgemäße thermoplastische Faserverbund-Werkstoff V ist schichtartig aufgebaut. Er enthält mindestens zwei, oftmals drei oder mehr Schichten umfassend

15 Verstärkungsfasern B.

Die Schichten werden durch flächenförmige textile Gebilde G, G' aus den Verstärkungsfasern B, B' gebildet. Der thermoplastische Faserverbund-Werkstoff V kann, insbesondere wenn er aus einer Vielzahl einzelner Schichten aufgebaut ist, eine beliebige

20 Dicke aufweisen. Bevorzugt weist er eine Dicke von <10 mm, vorzugsweise von <5 mm, besonders bevorzugt von <1 mm auf.

Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines solchen thermoplastischen Faserverbund-Werkstoffs V, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

- 25
- a) Bereitstellen eines ersten flächenförmigen textilen Gebildes G enthaltend Verstärkungsfasern B,
 - b) Oberflächliches Einschneiden einer ersten Seite des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G in regelmäßigen Abständen bis zu einer Tiefe von bis zu 50% der
 - 30 Schichtdicke des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G, um so Faserenden E zu bilden,
 - c) Aufbringen einer thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A auf die erste Seite des textilen Gebildes G,
 - d) Bereitstellen eines zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' enthaltend Verstärkungsfasern B',
 - 35 e) Oberflächliches Einschneiden einer ersten Seite des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' in regelmäßigen Abständen bis zu einer Tiefe von bis zu 50% der Schichtdicke des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G', um so Faserenden E' zu bilden,

- f) Aufbringen des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' auf das erste flächenförmige textile Gebilde G derart, dass die erste Seite des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G und die erste Seite des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' einander zugewandt sind und sich die Styrol-Copolymer-Formmasse A zwischen dem ersten flächenförmigen textilen Gebilde G und dem zweiten flächenförmigen textilen Gebilde G' befindet,
- 5 g) Heißpressen des erhaltenen Schichtfolge bei einer Temperatur oberhalb des Schmelzbereiches der Styrol-Copolymer-Formmasse A, insbesondere bei 250° bis 300°C,
- 10 h) Lösen des Pressvorgangs, so dass sich die flächenförmigen textilen Gebilde G und G' voneinander entfernen und sich die auf der ersten Seite des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G und der ersten Seite des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' ausgebildeten Faserenden E und E' im Zwischenraum zwischen beiden flächenförmigen textilen Gebilden G und G' aufrichten,
- 15 i) Abkühlen des Faserverbund-Werkstoffs V,

wobei der Schritt h) des Herstellungsverfahrens gegebenenfalls unter verringertem Druck durchgeführt wird.

- 20 In einer weiteren Ausführungsform betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines thermoplastischen Faserverbund-Werkstoffs V, umfassend die Schritte:

- a') Bereitstellen eines ersten flächenförmigen textilen Gebildes G enthaltend Verstärkungsfasern B,
- 25 b') Oberflächliches Einschneiden einer ersten Seite des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G in regelmäßigen Abständen bis zu einer Tiefe von bis zu 50% der Schichtdicke des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G, um so Faserenden E zu bilden,
- c') Aufbringen einer thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A auf die erste Seite des textilen Gebildes G,
- 30 d') Bereitstellen eines weiteren flächenförmigen textilen Gebildes G* enthaltend Verstärkungsfasern B*,
- e') Oberflächliches Einschneiden einer ersten und einer zweiten Seite des weiteren flächenförmigen textilen Gebildes G* in regelmäßigen Abständen bis zu einer Tiefe von bis zu 50% der Schichtdicke des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G*, um so Faserenden E* auf beiden Seiten des textilen Gebildes G* zu bilden,
- 35 f') Aufbringen des weiteren flächenförmigen textilen Gebildes G* auf das erste flächenförmige textile Gebilde G derart, dass die erste Seite des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G und die erste Seite des weiteren flächenförmigen textilen

- Gebildes G* einander zugewandt sind und sich die Styrol-Copolymer-Formmasse A zwischen dem ersten flächenförmigen textilen Gebilde G und dem weiteren flächenförmigen textilen Gebilde G* befindet,
- g') Aufbringen einer thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A auf die zweite
5 Seite des weiteren flächenförmigen textilen Gebildes G*,
- h') ggf. wiederholen der Schritte d') bis g') bis die gewünschte Anzahl an Schichtfolgen erreicht ist
- i') Bereitstellen eines letzten flächenförmigen textilen Gebildes G' enthaltend Verstärkungsfasern B',
- 10 j') Oberflächliches Einschneiden einer ersten Seite des letzten flächenförmigen textilen Gebildes G' in regelmäßigen Abständen bis zu einer Tiefe von bis zu 50% der Schichtdicke des letzten flächenförmigen textilen Gebildes G', um so Faserenden E' zu bilden,
- k') Aufbringen des letzten flächenförmigen textilen Gebildes G' auf das weitere flächenförmige textile Gebilde G* derart, dass die zweite Seite des weiteren flächenförmigen textilen Gebildes G* und die erste Seite des letzten flächenförmigen textilen Gebildes G' einander zugewandt sind und sich die Styrol-Copolymer-Formmasse A zwischen dem weiteren flächenförmigen textilen Gebilde G* und dem letzten flächenförmigen textilen Gebilde G' befindet,
- 15 l') Heißpressen der erhaltenen Schichtfolge bei einer Temperatur oberhalb des Schmelzbereiches der Styrol-Copolymer-Formmasse A, insbesondere bei 250° bis 300°C,
- m') Lösen des Pressvorgangs, so dass sich die flächenförmigen textilen Gebilde G, G* und G' voneinander entfernen und sich die auf der ersten Seite des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G, der ersten und zweiten Seite des weiteren flächenförmigen textilen Gebildes G* und der ersten Seite des letzten flächenförmigen textilen Gebildes G' ausgebildeten Faserenden E, E' und E* im Zwischenraum zwischen flächenförmigen textilen Gebilden G, G' und G* aufrichten,
- 25 n') Abkühlen des Faserverbund-Werkstoffs V,
- 30 wobei der Schritt m') des Herstellungsverfahrens gegebenenfalls unter verringertem Druck durchgeführt wird.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren, bei dem das erste flächenförmige textile Gebilde G, das zweite flächenförmige textile Gebilde G' und ggf. das weitere flächenförmige textile Gebilde G* jeweils bis zu einer Tiefe von bis zu 30%, bevorzugt von 5 bis 10% der Schichtdicke des ersten bzw. zweiten bzw. des ggf. weiteren flächenförmigen textilen Gebildes G, G' bzw. G* eingeschnitten wird.

35

In einer Ausführungsform betrifft die Erfindung ein Verfahren, bei dem das erste flächenförmige textile Gebilde G, das zweite flächenförmige textile Gebilde G' sowie ggf. das weitere flächenförmige textile Gebilde G* in Abständen von 0,1 cm bis 10 cm, bevorzugt 1 cm bis 5 cm eingeschnitten werden.

5

In einer weiteren Ausführungsform betrifft die Erfindung ein Verfahren, bei dem die Styrol-Copolymer-Formmasse A mindestens ein Treibmittel enthält.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren, bei dem die Styrol-Copolymer-Formmasse A
10 mindestens ein Copolymer aus der Gruppe Styrol/Acrylnitril-Copolymer (SAN), Acrylnitril/Butadien/Styrol-Copolymer (ABS), oder Acrylnitril/ Styrol/Acrylester-Copolymer (ASA) enthält, sowie die Verstärkungsfasern aus der Gruppe Carbonfasern, Glasfasern oder Aramidfasern ausgewählt ist.

15 Ferner betrifft die Erfindung ein Formteil T, erhalten nach dem beschriebenen Verfahren.

Styrol-Copolymer-Formmasse A (Komponente A)

20 Der Faserverbund-Werkstoff V enthält mindestens 20 Gew.-%, in der Regel mindestens 30 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Faserverbund-Werkstoffs V, der thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A als Matrix. Die die Styrol-Copolymer-Formmasse A macht bevorzugt von 30 bis 95 Gew.-%, besonders bevorzugt von 35 bis 90 Gew.-%, oftmals von 40 bis 80 Gew.-% und insbesondere von 45
25 bis 75 Gew.-%, des Faserverbund-Werkstoffs V aus.

Für einen erfindungsgemäßen Faserverbund-Werkstoff V kommen als thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A beliebige thermoplastische, Styrol-Copolymere umfassende Formmassen in Frage.

30

Die thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A (Komponente A) ist bevorzugt eine amorphe Formmasse, wobei amorpher Zustand der thermoplastischen Formmasse (Thermoplast) bedeutet, dass die Makromoleküle ohne regelmäßige Anordnung und Orientierung, d.h. ohne gleich bleibenden Abstand, völlig statistisch angeordnet sind.

35

Bevorzugt weist die gesamte thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A amorphe, thermoplastische Eigenschaften auf, ist daher schmelzbar und (weitgehend) nicht kristallin. Dadurch ist der Schrumpf der thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A, und daher auch des gesamten Faserverbund-Werkstoffs V, vergleichs-

weise gering. Es können besonders glatte Oberflächen bei den Formteilen erhalten werden.

Alternativ enthält die Komponente A einen teil-kristallinen Anteil von kleiner 60 Gew.-%, bevorzugt kleiner 50 Gew.-%, besonders bevorzugt kleiner 40 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht von Komponente A. Teilkristalline Thermoplasten bilden sowohl chemisch regelmäßige, als auch geometrische Bereiche aus, d. h. es gibt Bereiche, in denen sich Kristalliten bilden. Kristalliten sind Parallelbündelungen von Molekülabschnitten oder Faltungen von Molekülketten. Einzelne Kettenmoleküle können dabei teilweise den kristallinen oder den amorphen Bereich durchlaufen. Sie können manchmal sogar mehreren Kristalliten gleichzeitig angehören.

Die thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A kann ein Blend von amorphen thermoplastischen Polymeren und teilkristallinen Polymeren sein. Die thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A kann z.B. ein Blend eines Styrol-Copolymers mit einem oder mehreren Polycarbonat(en) und/oder einem oder mehreren teilkristallinen Polymeren (wie Polyamid) sein, wobei der Anteil teilkristalliner Mischkomponenten an der gesamten Komponente A kleiner als 50 Gew.-%, bevorzugt kleiner 40 Gew.-% sein sollte.

Die Styrol-Copolymer-Formmasse A enthält mindestens ein Styrol-Copolymer, insbesondere eines, das für die Herstellung von Faserverbund-Werkstoffen V geeignet ist. Bevorzugt werden für die Styrol-Copolymer-Formmasse A amorphe Thermoplaste eingesetzt. Beispielsweise werden Styrol-Copolymere wie Styrol-Acrylnitril-Copolymere (SAN) oder α -Methylstyrol-Acrylnitril-Copolymere (AMSAN), schlagzäh modifizierte Styrol-Acrylnitril-Copolymere, wie Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere (ABS), Styrol-Methylmethacrylat-Copolymere (SMMA), Methacrylat-Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere (MABS) oder Acrylester-Styrol-Acrylnitril-Copolymere (ASA) eingesetzt. Insbesondere werden SAN, ABS und ASA eingesetzt. Ganz besonders bevorzugt werden ABS Copolymere als thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A eingesetzt.

Auch Blends der zuvor genannten Copolymere mit Polycarbonat oder teilkristallinen Polymeren wie Polyamid, sind geeignet, vorausgesetzt, der Anteil teilkristalliner Mischkomponenten an der Komponente A ist kleiner als 50 Gew.%. Ganz besonders bevorzugt werden ABS-Copolymere als thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A eingesetzt.

Erfindungsgemäßes Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer als thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A kann nach bekannten Methoden hergestellt werden aus Styrol, Acrylnitril, Butadien und ggf. einem weiteren funktionellen Monomer, wie z. B. Methylmethacrylat (MMA), Maleinsäureanhydrid (MSA) oder N-Phenylmaleinimid (N-PMI).

5

Das ABS-Copolymer kann z. B. (als Komponenten der Herstellung) enthalten: 35 bis 70 Gew.-% Butadien, 20 bis 50 Gew.-% Styrol und 9 bis 38 Gew.-% Acrylnitril sowie 0,1 bis 5 Gew.-%, vorzugsweise 0,1 bis 3 Gew.-% eines weiteren funktionellen Monomers. Komponente A kann auch hergestellt werden aus 35 bis 70 Gew.-% mindestens eines konjugierten Diens, 20 bis 50 Gew.-% mindestens eines vinylaromatischen Monomers und 9 bis 38 Gew.-% Acrylnitril sowie 0,1 bis 5 Gew.-%, vorzugsweise 0,1 bis 3 Gew.-% eines weiteren funktionellen Monomers.

15 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform, ist die erfindungsgemäße Komponente A ein Styrol/Butadien Copolymer wie z.B. schlagfestes Polystyrol, ein Styrol-Butadien-Blockcopolymer wie z.B. Styrolux® (von Styrolution, Frankfurt), Styroflex® (von Styrolution, Frankfurt), K-Resin®, Clearen®, Asaprene®.

20 In einer weiteren Ausführungsform kann die Styrol-Copolymer-Formmasse A aus mindestens zwei voneinander unterschiedlichen thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmassen bestehen. Diese verschiedenen Formmasstypen können beispielsweise eine unterschiedliche Schmelzvolumenfließrate (MVR) und/oder unterschiedliche Co-Monomere oder Additive aufweisen. Beispielsweise können in einer bevorzugten Ausführungsform ABS-Formmassen und SAN-Formmassen miteinander kombiniert werden. Dabei umfasst die Styrol-Copolymer-Formmasse A beispielsweise 30 bis 70 Gew.-% ABS-Formmasse und 70 bis 30 Gew.-% SAN-Formmasse, insbesondere 50 bis 70 Gew.-% ABS-Formmasse und 50 bis 30 Gew.-% SAN-Formmasse.

30 In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Komponente A eine MVR 240°C/10 kg gemäß ISO 1133 von mindestens 10 cm³/10min, bevorzugt mindestens 15 cm³/10min, insbesondere mindestens 20 cm³/10min auf. Bevorzugt weist die thermoplastische Matrix ebenfalls einen MVR 240°C/10 kg gemäß ISO 1133 von mindestens 10 cm³/10min, bevorzugt mindestens 15 cm³/10min, insbesondere mindestens 20 cm³/10min auf. Unter ISO Verfahren 1133 wird bevorzugt DIN EN ISO 1133-1:2012-35 03 verstanden werden.

Gemäß der Erfindung kann der Begriff Molekulargewicht (Mw) im weitesten Sinne als die Masse eines Moleküls oder des Bereich eines Moleküls (z.B. ein Polymerstrang, ein Blockpolymer oder ein kleines Molekül) verstanden werden, welches in g/mol (Da)

und kg/mol (kDa) angegeben werden kann. Das Molekulargewicht (M_w) ist das Gewichtsmittel, welches über die im Stand der Technik bekannten Verfahren bestimmt werden kann.

- 5 Bevorzugt weisen die thermoplastischen Formmassen A ein Molekulargewicht M_w von 60.000 bis 400.000 g/mol, besonders bevorzugt von 80.000 bis 350.000 g/mol auf, wobei M_w durch Lichtstreuung in Tetrahydrofuran bestimmt werden kann (GPC mit UV-Detektor). Das Molekulargewicht M_w der thermoplastischen Formmassen A kann in einem Bereich von $\pm 20\%$ variieren.

10

Geeignete Herstellverfahren für die Styrol-Copolymer-Formmassen A sind die Emulsions-, Lösungs-, Masse- oder Suspensionspolymerisation, bevorzugt ist die Lösungspolymerisation (siehe GB 1472195). In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Styrol-Copolymer-Formmasse A nach der Herstellung nach dem Fachmann bekannten Verfahren isoliert und vorzugsweise zu Granulat verarbeitet. Danach kann die Herstellung der Faserverbund-Werkstoffe V erfolgen.

15

Verstärkungsfasern B (Komponente B bzw. B', B*)

20

Der thermoplastische Faserverbund-Werkstoff V (Organoblech) enthält mindestens 5 Gew.-% der Verstärkungsfasern B (Komponente B), bezogen auf den Faserverbund-Werkstoff V. Die Verstärkungsfasern B sind in dem Faserverbund-Werkstoff V bevorzugt von 5 bis 70 Gew.-%, besonders bevorzugt von 10 bis 65 Gew.-%, oftmals von 20 bis 60 Gew.-% und insbesondere von 25 bis 55 Gew.-%, bezogen auf den Faserverbund-Werkstoff V, enthalten.

25

Als Material der Verstärkungsfasern B können alle Materialien dienen, die zu Faser verarbeitbar sind und eine Schmelztemperatur aufweisen, welche größer ist als die Schmelztemperatur der verwendeten thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A. Bevorzugt sind Unterschiede in der Schmelztemperatur von Komponente A zu B von mindestens 50°C , insbesondere 70°C . Geeignete Fasern sind Glasfasern, Keramikfasern, Aramidfasern, Carbonfasern, Borfasern, Basaltfasern, Stahlfasern, sowie Naturfasern wie Flachs-, Hanf-, Jute-, Kenaf-, Ramie- oder Sisalfasern. Insbesondere bevorzugt sind Glasfasern, Carbonfasern und Aramidfasern. In einer Ausführungsform werden Materialien verwendet, welche kein thermoplastisches Verhalten aufweisen.

30

35

Die Bereitstellung der Verstärkungsfasern B kann durch alle dem Fachmann bekannten Verfahren erfolgen und ist vom jeweiligen Fasertyp abhängig.

Bevorzugt weisen die Verstärkungsfasern B auf:

eine Filament-Zahl von mehr als 500, insbesondere mehr als 1000, und
eine Garnfeinheit von 10 bis 5000 tex, insbesondere von 50 bis 4000 tex.

5

(Glas-)Fasern werden vorzugsweise mit einer Schlichte behandelt, welche vor allem die Fasern gegenseitig schützen. Ein gegenseitiges Beschädigen durch Abrieb soll verhindert werden. Beim gegenseitigen mechanischen Einwirken soll es nicht zur Querfragmentierung (Bruchbildung) kommen.

10

Ferner kann mittels der Schlichte der Schneidevorgang der Faser erleichtert werden, um vor allem eine gleiche Stapellänge zu erhalten. Daneben kann durch die Schlichte eine Agglomeration der Fasern vermieden werden. Die Dispergierbarkeit von Kurzfasern in Wasser kann verbessert werden. Somit ist es möglich, gleichmäßige Flächengebilde nach dem Nasslege-Verfahren zu erhalten.

15

Eine Schlichte kann dazu beitragen, dass ein verbesserter Zusammenhalt zwischen den Glasfasern und der Polymer-Matrix, in welcher die Glasfasern als Verstärkungsfasern wirken, hergestellt wird. Dieses Prinzip findet vor allem bei den glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK) Anwendung.

20

Bislang enthalten die Glasfaser-Schichten generell eine große Anzahl an Bestandteilen, wie beispielsweise Filmbildner, Gleitmittel, Netzmittel und Haftvermittler.

25

Ein Filmbildner schützt die Glasfilamente vor gegenseitiger Reibung und kann zusätzlich eine Affinität zu Kunstharzen verstärken, um somit die Festigkeit und den Zusammenhalt eines Verbundwerkstoffes zu fördern.

30

Stärkederivate, Polymere und Copolymer von Vinylacetat und Acrylesteren, Epoxidharz-Emulsionen, Polyurethanharze und Polyamide mit einem Anteil von 0,5 bis 12 Gew.-%, bezogen auf die gesamte Schlichte, sind zu nennen.

35

Ein Gleitmittel verleiht den Glasfasern und deren Produkten Geschmeidigkeit und vermindert die gegenseitige Reibung der Glasfasern, auch bei der Herstellung. Oftmals wird jedoch die Haftung zwischen Glas und Kunstharz durch die Verwendung von Gleitmitteln beeinträchtigt. Fette, Öle und Polyalkylenamine in einer Menge von 0,01 bis 1 Gew.-%, bezogen auf die gesamte Schlichte, sind zu nennen.

Ein Netzmittel bewirkt eine Herabsetzung der Oberflächenspannung und eine verbesserte Benetzung der Filamente mit der Schlichte. Für wässrige Schlichten sind beispielsweise Polyfettsäureamide mit einer Menge von 0,1 bis 1,5 Gew.-%, bezogen auf die gesamte Schlichte, zu nennen.

5

Oftmals existiert keine geeignete Affinität zwischen der Polymer-Matrix und den Glasfasern. Diese Überbrückung können Haftvermittler übernehmen, welche die Adhäsion von Polymeren an der Faseroberfläche erhöhen. Die meisten organo-funktionellen Silane, wie beispielsweise Aminopropyltriethoxysilan, Methacryloxypropyltrimethoxysilan, Glycidylloxypropyltrimethoxysilan und ähnliche sind zu nennen.

10

Silane, welche einer wässrigen Schlichte zugesetzt werden, werden meist zu Silanolen hydrolysiert. Diese Silanole können dann mit reaktiven (Glas-)Faseroberflächen reagieren und somit eine Haftmittelschicht (mit einer Dicke von ca. 3 nm) bilden.

15

Folglich können niedermolekulare, funktionale Agenzien mit Silanolgruppen auf der Glasoberfläche reagieren, wobei diese niedermolekularen Agenzien anschließend weiterreagieren (beispielsweise in Epoxidharzen) und dabei für eine chemische Anbindung der Glasfaser an die Polymer-Matrix sorgen. Eine solche Herstellung ist jedoch zeitaufwändig und dauert bis zur vollständigen Aushärtung der Polymere (beispielsweise der oben genannten Epoxidharze) ungefähr zwischen 30 Minuten bis über eine Stunde.

20

Eine Funktionalisierung durch Umsetzung mit Polymeren ist ebenfalls bekannt. So gelingt es, durch Verwendung niedermolekularer Polycarbonat-Typen das Glasfasergeewebe bzw. -gelege gut zu tränken und durch Reaktion von funktionellen Gruppen auf der Glasfaseroberfläche mit dem Polycarbonat eine „Pfropfung“ durchzuführen, welche die Verträglichkeit zum Polymer erhöht.

25

Diese Verfahrensweise hat jedoch den Nachteil, dass Polycarbonat (PC) eine sehr hohe Viskosität besitzt und für diesen Imprägnierschritt niedermolekulares, d.h. niedrigviskoses PC eingesetzt werden muss, welches eine äußerst schlechte Gebrauchstauglichkeit, wie beispielsweise eine geringe Resistenz gegenüber Spannungsriss auslösenden Agenzien, wie polare Lösungsmittel, aufweist.

30

35

Die mindestens eine Verstärkungsfasern B ist innerhalb des thermoplastischen Verbundwerkstoffs in mindestens zwei Lagen angeordnet. Jede Lage zeichnet sich dadurch aus, dass sie im Wesentlichen aus der mindestens einen Verstärkungsfasern B besteht. Die Verstärkungsfasern B können zusätzlich Hilfsstoffe umfassen, die der

Herstellung und Verarbeitung der Verstärkungsfasern B dienen, die Beständigkeit der Verstärkungsfasern B erhöhen oder die Wechselwirkung der Verstärkungsfasern B mit der thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A verbessern. Hierzu werden der sogenannten Schlichte regelmäßig Haftvermittler zugesetzt. Eine solche Schlichte wird
5 regelmäßig während der Herstellung auf die Verstärkungsfasern B aufgebracht, um die Weiterverarbeitbarkeit der Verstärkungsfasern B (wie Weben, Legen, Nähen) zu verbessern. Wenn die Schlichte für die spätere Weiterverarbeitung unerwünscht ist, muss sie erst in einem zusätzlichen Verfahrensschritt entfernt werden, etwa durch Herunterbrennen.

10

Dann wird für die Herstellung des Faserverbund-Werkstoffs V ein weiterer Haftvermittler in einem zusätzlichen Verfahrensschritt aufgebracht. Schlichte und/oder Haftvermittler bilden auf der Oberfläche der Verstärkungsfasern B eine Schicht, welche die Wechselwirkung der Verstärkungsfasern B mit der Umgebung wesentlich bestimmen kann.

15

Heute steht eine Vielzahl unterschiedlicher Haftvermittler zur Verfügung. Der Fachmann kann je nach Anwendungsgebiet, zu verwendender Styrol-Copolymer-Formmasse A und zu verwendenden Verstärkungsfasern B einen geeigneten Haftvermittler auswählen, der mit der Styrol-Copolymer-Formmasse A und mit den Verstärkungsfasern B kompatibel ist.

20

Innerhalb der mindestens zwei Lagen sind die Verstärkungsfasern B derart angeordnet, dass sie ein flächenförmiges textiles Gebilde G bilden. Das textile Gebilde G kann ein Gewebe, Gewirk, Gelege, Gestrick oder Geflecht sein. Bevorzugt ist das textile Gebilde G ein Gewebe, Gewirk oder Gelege. Besonders bevorzugt ist das textile Gebilde G ein Gewebe. Die unterschiedlichen textilen Gebilde G, G' und G* können unterschiedlich oder identisch sein. Die im Folgenden zum flächenförmigen textilen Gebilde G, enthaltend Verstärkungsfasern B, gemachten Ausführungen gelten sinngemäß
25 ebenso für die flächenförmigen textilen Gebilde G', enthaltend Verstärkungsfasern B', und G*, enthaltend Verstärkungsfasern B*.

30

Die mindestens zwei Lagen Verstärkungsfasern B bilden ein im Wesentlichen planares Substrat. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie sich flächenförmig erstrecken und die mindestens zwei Lagen im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind. Das Substrat besteht aus einem textilen Gebilde G. Das textile Gebilde G ist ferner dadurch gekennzeichnet, dass auf mindestens einer Oberfläche des textilen Gebildes G eine
35 Vielzahl von Faserenden E derart angeordnet ist, dass diese aus der planaren Ebene des Substrats herausragen. Die Vielzahl von Faserenden E kann einzeln über die gesamte Oberfläche des textilen Gebildes G verteilt sein, oder in Bündeln auftreten. Bevorzugt sind Bündel. Diese Bündel befinden sich bevorzugt in regelmäßigen Abständen

voneinander gleichmäßig über die gesamte Oberfläche des textilen Gebildes G oder eines Teils davon verteilt.

Die Faserenden E befinden sich auf mindestens einer Oberfläche mindestens eines
5 textilen Gebildes G des thermoplastischen Faserverbund-Werkstoffs V. In den textilen
Gebilden G' und G* finden die freien Faserenden E ihre Entsprechung in den freien
Faserenden E' bzw. E*. Freie Faserenden E bzw. E', E* können sich auch auf beiden
Oberflächen des textilen Gebildes G befinden. Bevorzugt befinden sich die Faserenden
E bzw. E' auf jeweils mindestens einer Oberfläche beider textilen Gebilde G und G'.
10 Freie Faserenden E, können sich auch auf beiden Oberflächen beider textilen Gebilde
G und G' befinden. Werden Faserverbund-Werkstoffe V mit mehr als zwei Substrat-
schichten (d.h. mehr als zwei flächenförmigen Gebilden G bzw. G') gebildet, so weisen
die beiden äußeren Schichten bevorzugt an ihrer zum Inneren des Faserverbund-
Werkstoffs V gewandten Oberfläche freie Faserenden E, E' auf, das dazwischen lie-
15 genden textile Gebilde G* weist hingegen freie Faserenden E* auf jeder der beiden
Oberflächen jeder einzelnen Schicht.

Aus Sicht der Stabilität der textilen Gebilde G und der Stabilität des thermoplastischen
Faserverbund-Werkstoffs V befinden sich die freien Faserenden E bzw. E' bevorzugt
20 auf jeweils auf einer ersten Oberfläche des ersten und zweiten textilen Gebildes G und
G'. Diese jeweils ersten Oberflächen sind im thermoplastischen Faserverbund-
Werkstoff V bevorzugt einander zugewandt. Die Faserenden E und E' sind dadurch
derart angeordnet, dass sich zwischen den zwei Lagen der Verstärkungsfasern B, B'
ein Hohlraum ausbildet. Der Hohlraum wird durch die Oberflächen der Substratschicht-
25 ten begrenzt. Die Größe des Hohlraums wird somit durch den Abstand der Substrat-
schichten begrenzt. Dieser beträgt bevorzugt nicht mehr als das 1,5-fache der Länge
der Faserenden E bzw. E' gemessen von der Oberfläche der flächenförmigen textilen
Gebilde G und G' bis zum Ende der Faser. Stärker bevorzugt beträgt der Abstand das
1,0-fache, besonders bevorzugt 0,75-fache, insbesondere das 0,5-fache der Länge der
30 Faserenden E bzw. E'.

Der sich zwischen den Lagen der Verstärkungsfasern B bildende Hohlraum ist in dem
thermoplastischen Faserverbund-Werkstoff V im Wesentlichen durch die thermoplasti-
sche Styrol-Copolymer-Formmasse A ausgefüllt. „Im Wesentlichen ausgefüllt“ bedeutet
35 in diesem Zusammenhang, dass die Hohlräume zu mindestens 80 Vol.-%, bevorzugt
90 Vol.-%, insbesondere 95 Vol.-% mit der Styrol-Copolymer-Formmasse A, welche
auch eine geschäumte Styrol-Copolymer-Formmasse A sein kann, ausgefüllt sind.

Die Verstärkungsfasern B können etwa als Gewebe, Gewirk, Gelege, Gestrick oder Geflecht vorliegen. Derartig gebildete flächige Lamine enthalten schichtweise aufgebaute Verbunde aus flächigen Verstärkungslagen (aus Verstärkungsfasern B) und Lagen der diese benetzenden und zusammenhaltenden thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A.

Gewebe ist ein textiles Flächengebilde aus mindestens zwei rechtwinklig oder nahezu rechtwinklig verkreuzten Fadensystemen. Wirk- und Strickware gehören beide zu den Maschenwaren, bei denen eine Fadenschlinge in eine andere geschlungen wird. Gewirke (auch Gewirk oder Wirkwaren genannt) sind aus Fadensystemen durch Maschinenbildung auf einer Wirkmaschine industriell hergestellte Stoffe.

Beim Stricken wird jedoch eine Masche neben der anderen hergestellt (Faden verläuft horizontal, entlang einer Maschenreihe), während in Wirkware der Faden übereinander stehende Maschen bildet (Faden verläuft senkrecht und bildet mit dem benachbarten Faden ein Maschenstäbchen).

Ein Gelege ist ein Flächengebilde, das aus einer oder mehreren Lagen von parallel verlaufenden, gestreckten Fäden besteht. An den Kreuzungspunkten werden die Fäden üblicherweise fixiert. Die Fixierung erfolgt entweder durch Stoffschluss oder mechanisch durch Reibung und/oder Formschluss. Die Fadenlagen bei mehrlagigen Gelegen können alle unterschiedliche Orientierungen aufweisen, auch aus unterschiedlichen Fadendichten und unterschiedlichen Fadenfeinheiten bestehen.

Ein Geflecht ist ein textiles Gebilde, welches durch das regelmäßige Ineinanderschlingen mehrerer Stränge aus biegsamem Material gewonnen wird. Der Unterschied zum Weben liegt darin, dass beim Flechten die Fäden nicht rechtwinklig zugeführt werden.

Das flächenförmige textile Gebilde G ist bevorzugt ein Gelege, ein Gewebe, oder ein Gewirke. Besonders bevorzugt ist als textile Gebilde ein Gelege oder ein Gewebe, insbesondere ein Gewebe aus Carbonfasern B.

Komponente C

Als weitere Komponente C enthält der eingesetzte Faserverbund-Werkstoff V gegebenenfalls 0 bis 40 Gew.-%, vorzugsweise 0 bis 30 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,1 bis 25 Gew.-%, bezogen auf die Summe der Komponenten A bis C, eines oder mehrerer, von den Komponenten A und B verschiedenen Additivs (Hilfs- und Zusatzstoffe).

Insbesondere vorteilhaft ist es für die erfindungsgemäßen Faserverbund-Werkstoffe V, wenn der thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A ein Treibmittel zugegeben wird. Diesem kommt dabei eine doppelte Funktion zu. Die Zugabe eines solchen Treibmittels erlaubt es einerseits eine mögliche Volumenschwindung des Materials, insbesondere der thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A, ganz oder teilweise zu kompensieren. Andererseits dient das Treibmittel in dem beschriebenen Herstellungsverfahren dazu, den Faserenden E, E' bzw. E* das Abspreizen von der Oberfläche der flächenförmigen textilen Gebilde G, G' bzw. G* zu ermöglichen. Dies wird dadurch erreicht, dass die erweichte thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A, welche die textilen Gebilde G, G' bzw. G* sowie die zwischen diesen liegenden Zwischenräume erfindungsgemäß durchdrungen hat, durch das Treibmittel aufgeschäumt wird.

Hierdurch vergrößern sich die Abstände zwischen den einzelnen flächenförmigen textilen Gebilden G, G' bzw. G*, während die Faserenden E, E' bzw. E* durch die Styrol-Copolymer-Formmasse A zurückgehalten werden. So wird erreicht, dass sich die Faserenden E, E' bzw. E* von den Oberflächen der textilen Gebilden G, G' bzw. G* abspreizen und schließlich zwischen den textilen Gebilden G, G' und ggf. G* aufrichten.

Prinzipiell ist jedes dem Fachmann bekannte Treibmittel geeignet. Insbesondere geeignete, sogenannte physikalische Treibmittel sind niedrigsiedende Verbindungen mit einem Siedepunkt von bis zu 100°C bei Atmosphärendruck. Geeignet sind z.B. niedrigsiedende, flüssige Kohlenwasserstoffe, wie Pentan, Hexan, Heptan cycloaliphatische Kohlenwasserstoffe, wie Cyclohexan oder Halogenkohlenwasserstoffe, wie Dichlordifluormethan, 1,2,2-Trifluor-1,1,2-trichlorethan oder auch Mischungen dieser Verbindungen. Geeignet sind ferner chemische Treibmittel, d.h. Stoffe oder Stoffgemische, die bei Erwärmen kontrolliert ein Gas wie z.B. CO₂ oder N₂ freisetzen. Bevorzugt sind niedrigsiedende Alkane, insbesondere Pentan. Die Menge an Treibmittel liegt vorzugsweise bei 1 bis 15 Gew.-%, stärker bevorzugt zwischen 2 und 8 Gew.-%, insbesondere zwischen 2,5 bis 5 Gew.-% bezogen auf die Styrol-Copolymer-Formmasse A.

Weiterhin sind als Additive teilchenförmige mineralische Füllstoffe, Verarbeitungshilfsmittel, Stabilisatoren, Oxidations-Verzögerer, Mittel gegen Wärmezersetzung und Zersetzung durch ultraviolettes Licht, Gleit- und Entformungsmittel, Flammenschutzmittel, Farbstoffe und Pigmente und Weichmacher zu nennen. Auch Ester als niedermolekulare Verbindungen sind zu nennen. Gemäß der vorliegenden Erfindung können auch zwei oder mehr dieser Verbindungen verwendet werden. Im Allgemeinen liegen die Verbindungen mit einem Molgewicht kleiner 3000 g/mol, vorzugsweise kleiner 150 g/mol vor.

Teilchenförmige mineralische Füllstoffe können zum Beispiel durch amorphe Kieselsäure, Carbonate wie Magnesiumcarbonat, Calciumcarbonat (Kreide), gepulverter Quarz, Glimmer, unterschiedlichste Silikate wie Tone, Muskovit, Biotit, Suzoit, Zinnmaletit, Talkum, Chlorit, Phlogopit, Feldspat, Calciumsilikate wie Wollastonit oder Kaolin, besonders kalzinierter Kaolin zur Verfügung gestellt werden.

Unter UV-Stabilisatoren fallen beispielsweise verschiedene substituierte Resorcine, Salicylate, Benzotriazole und Benzophenone, die im Allgemeinen in Mengen bis zu 2 Gew.-% eingesetzt werden können.

Erfindungsgemäß können der thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A Oxidationsverzögerer und Wärmestabilisatoren zugesetzt werden. Sterisch gehinderte Phenole, Hydrochinone, substituierte Vertreter dieser Gruppe, sekundäre aromatische Amine, gegebenenfalls in Verbindung mit phosphorhaltigen Säuren bzw. deren Salze, und Mischungen dieser Verbindungen, vorzugsweise in Konzentrationen bis zu 1 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Mischung, sind einsetzbar.

Ferner können gemäß der Erfindung Gleit- und Entformungsmittel, die in der Regel in Mengen bis zu 1 Gew.-% der thermoplastischen Masse zugesetzt werden. Zu nennen sind hier Stearinsäure, Stearylalkohol, Stearinsäurealkylester und -amide, vorzugsweise Irganox®, sowie Ester des Pentaerythrits mit langkettigen Fettsäuren. Es können die Calcium-, Zink- oder Aluminiumsalze der Stearinsäure sowie Dialkylketone, zum Beispiel Distearylketon, eingesetzt werden. Weiterhin können auch Ethylenoxid-Propylenoxid-Copolymere als Gleit- und Entformungsmittel verwendet werden. Ferner könne natürliche sowie synthetische Wachse verwendet werden. Zu nennen sind PP-Wachse, PE-Wachse, PA-Wachse, gepfropfte PO-Wachse, HDPE-Wachsen, PTFE-Wachse, EBS-Wachse, Montanwachs, Carnauba- und Bienenwachse.

Flammschutzmittel können sowohl halogenhaltige als auch halogenfreie Verbindungen sein. Geeignete Halogenverbindungen, wobei bromierte Verbindungen den chlorierten vorzuziehen sind, bleiben bei der Herstellung und Verarbeitung der erfindungsgemäßen Styrol-Copolymer-Formmasse A stabil, so dass keine korrosiven Gase freigesetzt werden und die Wirksamkeit dadurch nicht beeinträchtigt wird. Bevorzugt werden halogenfreie Verbindungen, wie zum Beispiel Phosphorverbindungen, insbesondere Phosphinoxide und Derivate von Säuren des Phosphors und Salze von Säuren und Säurederivaten des Phosphors, verwendet. Besonders bevorzugt enthalten Phosphorverbindungen Ester-, Alkyl-, Cycloalkyl- und/oder Aryl-Gruppen. Ebenfalls geeignet sind oli-

gomere Phosphorverbindungen mit einem Molekulargewicht kleiner 2000 g/mol wie zum Beispiel in EP-A 0 363 608 beschrieben.

- 5 Ferner können Pigmente und Farbstoffe enthalten sein. Diese sind allgemein in Mengen von 0 bis 15, bevorzugt 0,1 bis 10 und insbesondere 0,5 bis 8 Gew.-%, bezogen auf die Summe der Komponenten A bis C, enthalten. Die Pigmente zur Einfärbung von Thermoplasten sind allgemein bekannt, siehe zum Beispiel R. Gächter und H. Müller, Taschenbuch der Kunststoffadditive, Carl Hanser Verlag, 1983, S. 494 bis 510.
- 10 Geeignete Pigmente sind beispielsweise Weißpigmente wie Zinkoxid, Zinksulfid, Bleiweiß ($2 \text{ PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$), Lithopone, Antimonweiß und Titandioxid. Von den beiden gebräuchlichsten Kristallmodifikationen (Rutil- und Anatas-Typ) des Titandioxids wird insbesondere die Rutilform zur Weißfärbung der erfindungsgemäßen Formmassen verwendet.
- 15 Schwarze Farbpigmente, die erfindungsgemäß eingesetzt werden können, sind Eisenoxidschwarz (Fe_3O_4), Spinellschwarz ($\text{Cu(Cr,Fe)}_2\text{O}_4$), Manganschwarz (Mischung aus Mangandioxid, Siliciumoxid und Eisenoxid), Kobaltschwarz und Antimonschwarz sowie besonders bevorzugt Ruß, der meist in Form von Furnace- oder Gasruß eingesetzt
- 20 wird (siehe hierzu G. Benzing, Pigmente für Anstrichmittel, Expert-Verlag (1988), S. 78ff). Selbstverständlich können zur Einstellung bestimmter Farbtöne anorganische Buntpigmente wie Chromoxidgrün oder organische Buntpigmente wie Azopigmente und Phthalocyanine erfindungsgemäß eingesetzt werden. Derartige Pigmente sind allgemein im Handel erhältlich. Weiterhin kann es von Vorteil sein, die genannten Pig-
- 25 mente bzw. Farbstoffe in Mischung einzusetzen, zum Beispiel Ruß mit Kupferphthalocyaninen, da allgemein die Farbdispersierung in den Thermoplasten erleichtert wird.

Herstellung der Faserverbund-Werkstoffe V (Organobleche)

- 30 Das allgemeine Verfahren zur Herstellung eines Faserverbund-Werkstoffs V umfasst die Schritte:
- a) Bereitstellen eines ersten flächenförmigen textilen Gebildes G enthaltend Verstärkungsfasern B,
- 35 b) Oberflächliches Einschneiden einer ersten Seite des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G in regelmäßigen Abständen bis zu einer Tiefe von bis zu 50% der Schichtdicke des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G, um so Faserenden E zu bilden,

- c) Aufbringen einer thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A auf die erste Seite des textilen Gebildes G,
 - d) Bereitstellen eines zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' enthaltend Verstärkungsfasern B',
 - 5 e) Oberflächliches Einschneiden einer ersten Seite des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' in regelmäßigen Abständen bis zu einer Tiefe von bis zu 50% der Schichtdicke des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G', um so Faserenden E' zu bilden,
 - f) Aufbringen des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' auf das erste flächenförmige textile Gebilde G derart, dass die erste Seite des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G und die erste Seite des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' einander zugewandt sind, und sich die Styrol-Copolymer-Formmasse A zwischen dem ersten flächenförmigen textilen Gebilde G und dem zweiten flächenförmigen textilen Gebilde G' befindet,
 - 10 g) Heißpressen des erhaltenen Schichtfolge bei einer Temperatur oberhalb des Schmelzbereiches der Styrol-Copolymer-Formmasse A, insbesondere bei 250° bis 300°C,
 - h) Lösen des Pressvorgangs, so dass sich die flächenförmigen textilen Gebilde G und G' voneinander entfernen und sich die auf der ersten Seite des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G und der ersten Seite des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' ausgebildeten Faserenden E und E' im Zwischenraum zwischen beiden flächenförmigen textilen Gebilden G und G' aufrichten,
 - 20 i) Abkühlen des Faserverbund-Werkstoffs V,
- 25 wobei der Schritt h) des Herstellungsverfahrens gegebenenfalls unter verringertem Druck durchgeführt wird und wobei nach Schritt c) und vor Schritt d) des Herstellungsverfahrens ggf. die zusätzlichen Verfahrensschritte (i) bis (v) eingefügt werden können:
- (i) Bereitstellen eines weiteren flächenförmigen textilen Gebildes G* enthaltend Verstärkungsfasern B*,
 - 30 (ii) Oberflächliches Einschneiden einer ersten und einer zweiten Seite des weiteren flächenförmigen textilen Gebildes G* in regelmäßigen Abständen bis zu einer Tiefe von bis zu 50% der Schichtdicke des weiteren flächenförmigen textilen Gebildes G*, um so Faserenden E* auf den Oberflächen des textilen Gebildes G* zu bilden,
 - 35 (iii) Aufbringen des weiteren flächenförmigen textilen Gebildes G* auf das erste flächenförmige textile Gebilde G derart, dass die erste Seite des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G und die erste Seite des weiteren flächenförmigen textilen Gebildes G* einander zugewandt sind, und sich die Styrol-Copolymer-Formmasse

- A zwischen dem ersten flächenförmigen textilen Gebilde G und dem zweiten flächenförmigen textilen Gebilde G* befindet,
- (iv) Aufbringen einer thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A auf die zweite Seite des textilen weiteren Gebildes G*,
- 5 (v) ggf. wiederholen der Schritte (i) bis (iv) bis die gewünschte Anzahl an Schichtfolgen erreicht ist.

10 Das Verfahren dient zur Herstellung von Laminaten umfassend mindestens zwei Lagen von Verstärkungsfasern B. Die Anzahl der Lagen ist prinzipiell nicht begrenzt. Bevorzugt werden so Lamine mit 2 bis 5, insbesondere 2 bis 3 Lagen von Verstärkungsfasern B hergestellt.

15 Das Herstellungsverfahren kann die bei der Herstellung von Faserverbund-Werkstoffen V üblichen Phasen der Imprägnierung, Konsolidierung und Solidifikation (Verfestigung) umfassen, wobei der Prozess über die Wahl der Temperatur, des Drucks und der angewandten Zeiten beeinflusst werden kann.

20 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform enthält der Faserverbund-Werkstoff V (oder besteht aus):

- a) 30 bis 95 Gew.-% der thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A, bevorzugt 35 bis 90 Gew.-%, insbesondere 40 bis 80 Gew.-%
- 25 b) 5 bis 70 Gew.-% der Verstärkungsfasern B, bevorzugt 10 bis 65 Gew.-%, insbesondere 20 bis 60 Gew.-% und
- c) 0 bis 40 Gew.-%, bevorzugt 0 bis 30 Gew.-%, insbesondere 0,1 bis 25 Gew.-% des Additivs C.

30 In einem ersten Schritt a) wird ein erstes flächenförmiges textiles Gebilde G enthaltend die Verstärkungsfasern B bereitgestellt. Als Faserkomponente der Verstärkungsfasern B können alle Materialien dienen, die zu Faser verarbeitbar sind und eine Schmelztemperatur aufweisen, welche größer ist als die Schmelztemperatur der verwendeten thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A. Bevorzugt sind Unterschiede in der Schmelztemperatur von mindestens 50°C, insbesondere 70°C. Bevorzugt sind Ma-

35 terialien, welche kein thermoplastisches Verhalten aufweisen. Insbesondere bevorzugt sind Glasfasern, Carbonfasern und Aramidfasern.

Zur Bereitstellung des flächenförmigen textilen Gebildes G werden die Verstärkungsfasern B durch dem Fachmann geläufige textiltechnische Verfahren zu Flächengebilden

verarbeitet. Gängige Verfahren sind Weben, Stricken, Wirken, Ablegen, Flechten und Knüpfen. Die flächenförmigen textilen Gebilde im Sinne dieser Erfindung vorzugsweise Gelege, Gewebe, Gestricke, Gewirke oder Geflechte gemäß den zuvor genannten Definitionen. Bevorzugt sind Gewebe.

5

In einem zweiten Schritt b) wird das flächenförmige textile Gebilde G auf mindestens einer ersten Oberfläche eingeschnitten. Hierzu werden dem Fachmann geläufige Schneidwerkzeuge wie Messer oder Sägen als Hilfsmittel verwendet.

- 10 Die Einschnitte werden oberflächlich auf mindestens einer ersten Seite des flächenförmigen textilen Gebildes G durchgeführt. Oberflächlich bedeutet in diesem Zusammenhang, dass das textile Gebilde G nicht vollständig durchtrennt wird, sondern der Schnitt lediglich bis zu einer Schnitttiefe von bis zu 50% der Schichtdicke des textilen Gebildes G erfolgt. Im Hinblick auf die Stabilität des textilen Gebildes G erfolgt das
- 15 oberflächliche Einschneiden bevorzugt bis zu einer Tiefe von bis zu 30% der Schichtdicke des textilen Gebildes G, insbesondere von bis zu einer Tiefe von 5 bis 10% der Schichtdicke des textilen Gebildes G.

- In einem dritten Schritt c) wird eine Styrol-Copolymer-Formmasse A auf die erste Seite
- 20 des textilen Gebildes G aufgebracht. Bei der Styrol-Copolymer-Formmasse A handelt es sich um die zuvor beschriebenen Styrol-Copolymer-Formmasse A. Diese kann weiterhin mit Additiven versetzt sein. Bevorzugt zu nennen sind hier Treibmittel.

- Bevorzugt handelt es sich bei der Styrol-Copolymer-Formmasse A um eine schäumbare
- 25 Formmasse. Dazu enthält die Styrol-Copolymer-Formmasse A mindestens ein Treibmittel. Prinzipiell ist jedes dem Fachmann bekannte Treibmittel geeignet. Insbesondere geeignete Treibmittel sind niedrigsiedende Verbindungen mit einem Siedepunkt von bis zu 100°C bei Atmosphärendruck. Geeignet sind z.B. niedrigsiedende, flüssige Kohlenwasserstoffe, wie Pentan, Hexan, Heptan, cycloaliphatische Kohlen-
- 30 wasserstoffe, wie Cyclohexan, oder Halogenkohlenwasserstoffe, wie Dichlordifluormethan, 1,2,2-Trifluor-1,1,2-trichlorethan oder auch Mischungen dieser Verbindungen. Geeignet sind ferner Stoffe oder Stoffgemische, die bei Erwärmen kontrolliert ein Gas wie z.B. CO₂ oder N₂ freisetzen. Bevorzugt sind niedrigsiedende Alkane, insbesondere Pentan.

35

Die Menge an Treibmittel liegt vorzugsweise bei 1 bis 15 Gew.-%, stärker bevorzugt zwischen 2 und 8 Gew.-%, insbesondere zwischen 2,5 bis 5 Gew.-% bezogen auf die Styrol-Copolymer-Formmasse A.

Die Styrol-Copolymer-Formmasse A kann in Form einer Folie, einer Schmelze, eines Granulats eines Pulvers oder einer anderen dem Fachmann geläufigen Form auf der ersten Seite des textilen Gebildes G aufgebracht werden. Bevorzugt wird die Styrol-Copolymer-Formmasse A in Form einer Folie oder eines Granulats auf der ersten Seite
5 des textilen Gebildes G aufgebracht. Die Styrol-Copolymer-Formmasse A wird vorzugsweise gleichmäßig auf der gesamten Oberfläche verteilt.

Die Styrol-Copolymer-Formmasse A wird vorzugsweise in einer Menge aufgetragen, die es ermöglicht im Endprodukt den gesamten Faserverbund-Werkstoff V zu durchdringen. Die Styrol-Copolymer-Formmasse A wird in einer Menge von mindestens
10 1 g/cm^2 , bevorzugt mindestens 10 g/cm^2 , stärker bevorzugt mindestens 30 g/cm^2 auf die erste Oberfläche des textilen Gebildes G aufgebracht.

In einem weiteren Schritt d) wird ein zweites flächenförmiges textiles Gebilde G' enthaltend die Verstärkungsfasern B' bereitgestellt. Das zweite flächenförmige textile Gebilde G' kann gleich dem ersten flächenförmigen Gebilde G sein oder auch verschieden davon. Bezüglich der Art der Verstärkungsfasern B' und der verwendeten Textiltechnik zur Bereitstellung des zweiten textilen flächenförmigen Gebildes G' wird auf die zuvor
15 getroffenen Ausführungen verwiesen.

20 In einem weiteren Schritt e) wird das zweite flächenförmige textile Gebilde G' auf mindestens einer ersten Seite oberflächlich eingeschnitten. Wie auch bei dem ersten flächenförmigen textilen Gebilde G geschieht das Einschneiden mit einem dem Fachmann geläufigen Schneidwerkzeug. Die Einschnitte werden oberflächlich auf mindestens einer ersten Seite des flächenförmigen textilen Gebildes G' durchgeführt. Oberflächlich bedeutet in diesem Zusammenhang, dass das textile Gebilde G' nicht vollständig durchtrennt wird, sondern der Schnitt lediglich bis zu einer Schnitttiefe von bis
25 zu 50% der Schichtdicke des textilen Gebildes G' erfolgt. Bevorzugt erfolgt das oberflächliche Einschneiden bis zu einer Tiefe von bis zu 30% der Schichtdicke des textilen Gebildes G', insbesondere von bis zu einer Tiefe von 5 bis 10% der Schichtdicke des
30 textilen Gebildes G'.

Bevorzugt sind das erste flächenförmige textile Gebilde G und das zweite flächenförmige textile Gebilde G' identisch, d.h. beide bestehen aus demselben Material, sind
35 durch dasselbe Textilverfahren hergestellt worden, und weisen Einschnitte in denselben Abständen und mit derselben Schnitttiefe auf mindestens einer ersten Seite des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G und des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' auf.

In einem nächsten Schritt f) wird das zweite flächenförmige textile Gebilde G' auf das erste flächenförmige textile Gebilde G aufgebracht, sodass sich die Styrol-Copolymer-Formmasse A zwischen dem ersten flächenförmigen textilen Gebilde G und dem zweiten flächenförmigen textilen Gebilde G' befindet. Dabei sind die jeweils ersten Seiten
5 des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G und des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' einander zugewandt und beide sind im Wesentlichen parallel ausgerichtet. Im Wesentlichen parallel bedeutet, dass beide Gebilde planar abgelegt sind und sich keine Faltungen in einem der textilen Gebilden ergeben, die in dem anderen keine Entsprechung fänden, sodass die ersten Oberflächen beider Gebilde im Wesent-
10 lichen denselben Abstand voneinander haben, solange sich die gleiche Menge an Styrol-Copolymer-Formmasse A zwischen den flächenförmigen textilen Gebilden G und G' befindet.

In einem nächsten Schritt g) wird die erhaltene Schichtfolge aus erstem flächenförmigem Gebilde G, Styrol-Copolymer-Formmasse A und zweitem flächenförmigem Gebilde G' durch Heißpressen miteinander verbunden.
15

Dazu wird eine Temperatur angewendet, die Oberhalb der Temperatur des Schmelzbereiches der Styrol-Copolymer-Formmasse A liegt. Bevorzugt wird dieser Schritt bei
20 einer Temperatur von mindestens 200°C, bevorzugt mindestens 250°C und weniger als 400°C, insbesondere bei 250°C bis 300°C durchgeführt.

Hierbei ist bevorzugt darauf zu achten, dass möglichst keine Pyrolyse auftritt und die verwendeten Komponenten thermisch nicht zersetzt werden.
25

Der Pressvorgang wird solange gehalten, bis die Styrol-Copolymer-Formmasse A in einem ausreichenden Ausmaß geschmolzen ist, um das erste textile Gebilde G und das zweite textile Gebilde G' durchdringen zu können. Bevorzugt wird der Pressvorgang solange gehalten, bis alle Hohlräume der Schichtfolge vollständig mit der geschmolzenen Styrol-Copolymer-Formmasse A ausgefüllt sind. Gemäß einer bevorzug-
30 ten Ausführungsform beträgt bei der Durchführung des Schrittes g) die Verweildauer bei Temperaturen von $\geq 200^\circ\text{C}$ nicht mehr als 10 min, bevorzugt nicht mehr als 5 min, stärker bevorzugt nicht mehr als 2 min, insbesondere nicht mehr als 1 min. Oftmals reichen 10 bis 60 Sekunden für die thermische Behandlung aus.

35 Das Verfahren kann grundsätzlich bei beliebigem Druck durchgeführt werden, mit und ohne Anpressen der Komponenten. Es hat sich als vorteilhaft gezeigt, wenn im Schritt g) des Herstellungsverfahrens ein Anpressen mittels Überdruck erfolgt. Hierdurch können die Eigenschaften des Faserverbund-Werkstoff V verbessert werden. Gemäß einer

bevorzugten Ausführungsform wird daher Schritt g) des Herstellungsverfahrens bei einem Pressdruck von 5-50 bar und einer Presszeit von 10-60 s, bevorzugt bei einem Pressdruck von 10-30 bar und einer Presszeit von 15-40 s, durchgeführt.

- 5 In einem nächsten Schritt h) wird der Pressvorgang gelöst. Dies ermöglicht eine Entspannung des Laminats, so dass sich die flächenförmigen textilen Gebilde G und G' voneinander entfernen. Dadurch richten sich die auf der ersten Seite des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G ausgebildeten Faserenden E und die auf der ersten Seite des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' ausgebildeten Faserenden E' im Zwischenraum zwischen beiden flächenförmigen textilen Gebilden auf, welcher durch die noch erweichte Styrol-Copolymer-Formmasse A gefüllt ist. Enthält die Styrol-Copolymer-Formmasse A ein oder mehrere Treibmittel, so wird das aufrichten der Faserenden E bzw. E' dadurch unterstützt, dass das nach dem Ende des Pressvorgangs expandierende Treibmittel die beiden flächenförmigen textilen Gebilde G und G' auseinander bewegt, während die Faserenden E und E' durch die erweichte Styrol-Copolymer-Formmasse A zurückgehalten werden.

Darüber hinaus dient das Treibmittel der Kompensation einer eventuell auftretenden Schwindung. Schwindung, d.h. die Volumenänderung des Formteils durch Trocknung, Abkühlung oder chemische bzw. physikalische Umbaumechanismen im Material, ist ein häufig auftretendes Problem bei der Herstellung von Faserverbund-Werkstoffen und Formteilen. Bei den vorliegend verwendeten Materialien, d.h. den thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmassen A, den Verstärkungsfasern B sowie den Additive C, spielen als Auslöser für Volumenschwindung des Materials insbesondere Schwindung durch Abkühlung sowie Schwindung durch physikalische Umbaumechanismen, wie z.B. teilweise Kristallisation der thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmassen A, eine Rolle. Allerdings hat jede Art der Volumenverminderung Einfluss auf die spätere Werkstoffqualität, insbesondere auf die Beschaffenheit der Oberflächen der Formteile.

30 Daher umfasst die erfindungsgemäß eingesetzte Styrol-Copolymer-Formmasse A in einer bevorzugten Ausführungsform ein Treibmittel, welches in dem beschriebenen Verfahren dazu führt, dass die auftretende Volumenschwindung des Materials durch das durch das Treibmittel bewirkte Aufschäumen der Styrol-Copolymer-Formmasse A wenigstens teilweise kompensiert wird. Bevorzugt wird das Treibmittel der Styrol-Copolymer-Formmasse A in einer Menge zugegeben, die eine vollständige Kompensation der während des Herstellungsverfahrens auftretenden Volumenschwindung ermöglicht. Die Menge an zugegebenem Treibmittel liegt vorzugsweise bei 1 bis 15 Gew.-%, stärker bevorzugt zwischen 2 und 8 Gew.-%, insbesondere 2,5 bis 5 Gew.-%

bezogen auf die Styrol-Copolymer-Formmasse A. So können Faserverbund-Werkstoffe V und Formteile T erhalten werden, deren Oberflächen höchsten Ansprüchen genügen. Insbesondere können so Faserverbund-Werkstoffe V und Formteile T hergestellt werden, deren Oberflächen als sogenannte Class-A-Flächen, d.h. sichtbare Flächen im

5 Exterieur- und Interieur-Bereich von Kraftfahrzeugen, Anwendung finden können.

Der Schritt h) kann generell bei atmosphärischem Druck durchgeführt werden. Der Schritt kann auch zusätzlich dadurch unterstützt werden, dass der Umgebungsdruck abgesenkt wird. In einer Ausführungsform wird in Schritt h) der Druck daher auf einen

10 Bereich unterhalb des Atmosphärendrucks abgesenkt, bevorzugt auf einen Bereich von 0,5 bis 1,0 bar.

In einem letzten Schritt i) wird der erhaltene thermoplastische Faserverbund-Werkstoff V unter den Schmelzpunkt der Styrol-Copolymer-Formmasse A abgekühlt. Dadurch

15 wird die Styrol-Copolymer-Formmasse A fest und die nun von der Oberfläche der Gebilde G und G' abgespreizten Faserenden E bzw. E' werden in der Styrol-Copolymer-Formmasse A fixiert. So bilden die Faserenden E und E' Verstärkungsfasern zwischen den beiden textilen Gebilden G und G'. Eine deutliche höhere Festigkeit und Steifigkeit des thermoplastischen Faserverbund-Werkstoffs V gegenüber konventionellen Faser-

20 verbund-Werkstoffen wird erzielt.

Eine Laminatstruktur mit mehr als zwei Schichten kann dadurch erzielt werden, dass zwischen das erste textile Gebilde G und das zweite textile Gebilde G' eine oder mehrere weitere textile Gebilde G* eingebracht werden. Dieses Verfahren ist in den zusätz-

25 lichen Verfahrensschritten (i) bis (v) beschrieben. Das weitere textile Gebilde G* ist ebenfalls auf mindestens einer Oberfläche eingeschnitten, um so Faserenden E* auszubilden. Die einzelnen textilen Gebilde G, G' und G* sind im Faserverbund-Werkstoff jeweils durch Schichten aus Styrol-Copolymer-Formmasse A voneinander getrennt.

30 Bevor die Lagen aus Verstärkungsfasern B mit der thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A laminiert werden, kann wenigstens ein Teil der Verstärkungsfasern B einer Vorbehandlung unterzogen werden, in deren Verlauf die spätere Faser-Matrix-Haftung beeinflusst wird. Die Vorbehandlung kann beispielsweise einen Beschichtungsschritt, einen Ätzschritt, einen Wärmebehandlungsschritt oder einen

35 mechanischen Oberflächenbehandlungsschritt enthalten. Insbesondere kann beispielsweise durch Erhitzen eines Teils der Verstärkungsfasern B ein bereits aufgebracht Haftvermittler teilweise entfernt werden.

Die Verstärkungslagen können beim Herstellungsprozess (Laminieren) vollständig miteinander verbunden werden. Derartige Faserverbund-Werkstoff-Matten bieten optimierte Festigkeit und Steifigkeit in der Faser-Richtung und können besonders vorteilhaft weiterverarbeitet werden.

5

Das Verfahren kann auch die Herstellung eines Formteils T umfassen. Dies kann auf beliebige Art erfolgen, etwa durch mechanische Formgebung durch einen Formgebungskörper, der auch eine Walze mit Prägung sein kann. Bevorzugt wird der noch formbare Faserverbund-Werkstoff V, bei dem die thermoplastische Styrol-Copolymer-
10 Formmasse A noch (teilweise) geschmolzen vorliegt geformt. Alternativ oder zusätzlich kann auch ein ausgehärteter Faserverbund-Werkstoff V kaltgeformt werden. Bevorzugt wird am Ende des Verfahrens ein (weitgehend) festes Formteil T erhalten. Optional kann das Formteil T noch nachbearbeitet werden (z.B. entgratet, poliert, gefärbt usw.).

15 Das Verfahren kann kontinuierlich, semikontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird das Verfahren als kontinuierliches Verfahren durchgeführt, insbesondere als kontinuierliches Verfahren zu Herstellung von glatten oder dreidimensional geprägten Folien. Alternativ könne auch Formteile T semi- oder diskontinuierlich hergestellt werden.

20

Diese können im Spritzgießverfahren mit einer Verrippung angebracht werden, auf einen geschäumten, thermoplastischen Kern oder auf einen Wabenkern als Deckschichten aufkaschiert (verschweißt) werden.

25 Die Verbesserung der Bauteilsteifigkeit durch eine Verrippung (Bildung einer gerippten Struktur) wird durch die Vergrößerung des Flächenträgheitsmomentes begründet. Generell beinhaltet die optimale Rippendimensionierung produktionstechnische, ästhetische und konstruktive Gesichtspunkte.

30 Durch den Einsatz von Faserverbund-Werkstoffen V als Organobleche als Ersatz von Metallen können die Kosten und das Gewicht reduziert werden, da die Dichte der Organobleche wesentlich geringer ist und die fehlende Steifigkeit, im Vergleich zum Stahl, durch eine Verrippung oder einen Sandwichaufbau kompensiert werden kann. Die Verrippung besteht vorzugsweise aus einem Spritzgießmaterial, welches eine
35 stoffschlüssige Anbindung zum Organoblech gewährleistet und so ein hohes Widerstandsmoment entstehen lässt. Bei dem Sandwichaufbau besteht ebenfalls eine Ähnlichkeit, so dass auch hier ein stoffschlüssiger Verbund entsteht. Alternativ kann der Schaumkern mit den Decklagen verklebt werden oder es wird durch eine zusätzliche

Thermoplasten-Schicht auf dem Organoblech eine Verkrallung in der Schaumstruktur hervorgerufen.

- 5 Die Gewichtsreduzierung ist bei allen bewegten Bauteilen von Vorteil, da durch die Gewichtsreduzierung der bewegten Massen eine Energieeinsparung erreicht werden kann.

- 10 Im Vergleich zu einer Polypropylen-basierten Matrix ist ein weiterer Vorteil der hier beschriebenen thermoplastischen Formmassen, die unpolare Oberfläche, die eine direkte Lackierung, Beklebung und Bedruckung ermöglicht.

Die Steifigkeit und Festigkeit der Faserverbund-Werkstoffe V kann durch einen Sandwichverbund oder z.B. durch eine Verrippung nachträglich weiter erhöht werden.

- 15 Als Kernmaterial im Sandwichverbund kann sowohl ein Schaumkern (z.B. Rohacell von Evonik), als auch ein Wabenkern (z.B. Honeycombs von EconCore) eingesetzt werden. Um hierbei einen stoffschlüssigen Verbund zwischen Organoblech und Kern zu erreichen, besteht der Kern aus einem chemisch verträglichen Thermoplast, um so mittels Wärme ein Verschweißen zu erzielen und ein Kaschieren im Produktionsprozess zu ermöglichen.
- 20

- Eine bevorzugte Möglichkeit, eine ausreichende Steifigkeit zu erreichen, ist das Hinterspritzen bzw. Hinterpressen einer Verrippung im Spritzgießprozess bzw. im Pressverfahren. Um auch hier eine stoffschlüssige Anbindung zwischen den Rippen und dem Organoblech zu erreichen, sollte eine geeignete thermoplastische Formmasse, insbesondere eines der o.g. Styrol-Copolymere genutzt werden. Vorzugsweise wird eine SAN, ABS oder ASA- basierte thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A verwendet.
- 25

- 30 Des Weiteren kann durch eine zusätzliche amorphe Thermoplasten-Schicht auf dem Organoblech und einem Vlies, welches mindestens eine Grammatur von 50 g/m² aufweist und zwischen Organoblech und Thermoplasten-Schicht eingebettet ist, mittels der Werkzeugwand eine Narbung abgeformt werden, womit die Oberfläche zusätzlich funktionalisiert werden kann (Kratzfestigkeit, Kaschieren von Einfallstellen). Je nach Bedarf
- 35 kann die zusätzliche Thermoplasten-Schicht deckend eingefärbt werden, so dass sich optisch kein Organoblech vermuten lässt, oder man gezielt durch den Einsatz einer transparenten Schicht einen „fiber-look“ hervorrufen kann.

Durch den Einsatz von Organoblechen im Sandwichverbund oder mittels Verrippung kann eine Kostenreduzierung erreicht werden und gleichzeitig das Gewicht gesenkt werden, was zum einen die Montage des Bauteils und zum anderen die des Gerätes erleichtern kann.

5

Durch den Einsatz von Organoblechen kann neben einem Kosten- und Gewichtsvorteil aber auch ein ästhetischer Vorteil entstehen. Bei dem Einsatz von einer amorphen, transparenten Styrol-Copolymer-Formmasse A, kann ein sogenannter „fiber-look“ erreicht werden. Selbst bei dem Einsatz von Glasfaser, welche von Natur aus transparent ist, kann durch eine Lackierung der Fasern diese sichtbar gemacht werden. Des Weiteren haben die erfindungsgemäßen Organobleche den Vorteil, dass sie unlackiert eingesetzt werden können, wobei im Vergleich zum Stahlblech der Lackierschritt eingespart werden kann.

10

15

Durch den Einsatz von Organoblechen für Gehäuse und / oder tragenden Strukturen, kann das Gewicht von mobilen Geräten gesenkt werden. Dies hat zum Vorteil, dass die Geräte handlicher werden oder bei gleichem Gewicht z.B. ein größerer Akku verbaut werden kann, um so eine längere Akku-Laufzeit zu generieren.

20

Bei den Gehäusen ist die Wanddicke, oftmals aufgrund von nicht ausreichender Fließfähigkeit der Spritzgießmasse bzw. einem zu geringen Fließweg-/Wand-Dickenverhältnis, überdimensioniert. Durch den Einsatz von Organoblechen kann daher die Wanddicke wesentlich verringert werden, da das Organoblech nur umgeformt werden muss und somit auch bei sehr großen Bauteilen mit einer geringen Dicke aus-

25

kommen kann.

Die erfindungsgemäßen Faserverbund-Werkstoffe V können beispielsweise mit einer Dicke von <10 mm, vorzugsweise <5 mm, besonders bevorzugt <1 mm produziert werden. Wenn diese dünnen Organobleche mit einer Verrippung und Umsäumung ausgestaltet werden, entstehen sehr steife Bauteile, da das Organoblech in der Randfaser des Schalenbauteils liegt, was eine Erhöhung des Widerstandmomentes zur Folge hat. Aufgrund der amorphen, ggf. geschäumten Styrol-Copolymer-Formmasse A und dadurch geringen Schwindung, besitzen die Formteile eine sehr glatte Oberfläche, die je nach Bedarf noch lackiert oder kaschiert werden kann.

30

35

Bei strukturellen Teilen, wie beispielsweise einem Tragrahmen, können die Faserverbund-Werkstoffe V ebenfalls einen großen Gewichtsvorteil erreichen. Auch hier kann mit Hilfe einer Verrippung die Aussteifung der Bauteile unterstützt werden.

Die Erfindung wird in den nachfolgenden Beispielen und Ansprüchen näher beschrieben.

5 Beispiele

Die nachfolgenden Versuche wurden auf einer handelsüblichen Intervall-Heißpresse, welche in der Lage ist einen Faser/Folienverbund aus Polymerfolie, Schmelze oder Pulver herzustellen, zur quasi-kontinuierlichen Herstellung von faserverstärkten thermoplastischen Halbzeugen, Laminaten und Sandwichplatten durchgeführt.

Plattenbreite: 660 mm

Laminat-Dicke: 0,5 mm

Laminat-Toleranzen: max. $\pm 0,1$ mm entsprechend Halbzeug

15 Sandwichplattenstärke: max. 30 mm

Ausstoß: ca. 0,1 - 60 m/h, abhängig von Qualität und Bauteildicke

Nennvorschub 5 m/h

Werkzeugdruck: Presseinheit 5-25 bar, für minimale und maximale Werkzeuggröße stufenlos regelbar (optional)

20 Werkzeugtemperierung: 3 Heiz- und 2 Kühlzonen

Werkzeugtemperatur: bis 400 °C

Werkzeuglänge: 1000 mm

Öffnungsweg Presse: 0,5 bis 200 mm

Produktionsrichtung: rechts nach links

25

Die beschriebenen Faserverbund-Werkstoffe V (Organobleche) eignen sich besonders für die Herstellung von Bauteilen für den Bereich Automobilbau, Haushaltswaren, Elektrogeräte, Sportgeräte, Bau- und Konstruktionsmaterialien, Medizintechnik.

30 Beispiel 1 Herstellung des Faserverbund-Werkstoffs V

Ein Carbonfaser-Gewebe (textiles Gebilde G aus Verstärkungsfasern B) mit einem Flächengewicht von 95 g/m² und einer Dicke von 0,2 mm wird auf der Oberfläche bis zu einer Tiefe von 0,05 mm in einem Abstand von 0,5 cm parallel zueinander eingeschnitten, sowie im gleichen Abstand orthogonal zu der ersten Schnittrichtung.

35

Auf die so vorbereitete Oberfläche des Gewebes wird als thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A ein Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer, hergestellt aus 44 Gew.-% Butadien, 28 Gew.-% Styrol, 23 Gew.-% Acrylnitril und 5 Gew.-% Pentan (be-

zogen auf das Gesamtgewicht des ABS-Copolymers), in Form eines Granulats aufgebracht. Die Menge des aufgetragenen Granulats beträgt 445 g/m².

5 Auf die ABS-Granulat-Schicht wird eine zweite Schicht eines Carbonfasergewebes (textiles Gebilde G' aus Verstärkungsfasern B) gelegt. Diese Schicht entspricht der ersten Schicht (textiles Gebilde G) und wurde in gleicher Weise vorbereitet. Die vorbehandelte Oberfläche des Carbonfasergewebes G' ist der ABS-Copolymerschicht zugewandt.

10 Das Laminat wird in die Intervall-Heißpresse eingeführt und bei 250°C für 30 Sekunden bei einem Druck von 15 bar gepresst. Anschließend wird der Druck auf Atmosphärendruck reduziert, wodurch das pentanhaltige ABS-Copolymer aufgeschäumt wird. Der erhaltene Faserverbund-Werkstoff V wird abgekühlt und der Intervall-Heißpresse entnommen.

15

Man erhält einen Faserverbund-Werkstoff V mit folgender Zusammensetzung:

70 Gew.-%, bezogen auf den Faserverbund-Werkstoff V, eines Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymers als thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A (ABS hergestellt aus: 44 Gew.-% Butadien, 28 Gew.-% Styrol, 23 Gew.-% Acrylnitril und 5 Gew.-%
20 Pentan) und
30 Gew.-%, bezogen auf den Faserverbund-Werkstoff V, an Carbonverstärkungsfasern B

25 Beispiel 2 Herstellung von Formteilen aus dem Faserverbund-Werkstoff V

Aus dem Faserverbund-Werkstoff V aus Beispiel 1 werden durch thermisches Umformen Formteile hergestellt.

30 Durch die Verwendung der erfindungsgemäßen thermoplastischen Faserverbund-Werkstoffe V, enthaltend die thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A, die zwei Lagen aus Verstärkungsfasern B und B' sowie ggf. das Additiv C kann auch mit dünnwandigen Faserverbund-Werkstoffen V eine hohe Stabilität und Steifigkeit erzielt werden. Die Organobleche sind insbesondere stabil gegenüber Delaminierung. Das
35 beschriebene Verfahren zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass es mit einfachen Mitteln und kostengünstig durchführbar ist.

Patentansprüche

1. Thermoplastischer Faserverbund-Werkstoff V, enthaltend:
 - 5 a) mindestens eine thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A als Matrix,
b) mindestens zwei Lagen aus Verstärkungsfasern B und B', und
c) optional mindestens ein Additiv C,

wobei jede Lage aus Verstärkungsfasern B bzw. B' durch ein flächenförmiges
10 textiles Gebilde G bzw. G' mit einer ersten Seite und einer zweiten Seite gebildet
wird,
wobei die Verstärkungsfasern B bzw. B' der Lagen eine Vielzahl von Faserenden
E bzw. E' auf der ersten Seite und/oder der zweiten Seite des jeweiligen flächen-
förmigen textilen Gebildes G bzw. G' aufweisen,
15 wobei die mindestens zwei Lagen aus Verstärkungsfasern B bzw. B' derart in
dem Faserverbund-Werkstoff V angeordnet sind, dass die Faserenden E der ers-
ten Lage mit den Faserenden E' der zweiten Lage Zwischenräume zwischen den
Lagen ausbilden,
wobei die thermoplastische Styrol-Copolymer-Formmasse A die durch die ge-
20 genüberliegenden Faserenden E und E' der ersten Lage und der zweiten Lage
gebildeten Zwischenräume durchdringt.
2. Faserverbund-Werkstoff V nach Anspruch 1, wobei die mindestens zwei flächen-
förmigen textilen Gebilde G und G' parallel angeordnet sind und die Verstär-
25 kungsfasern B bzw. B', welche die Faserenden E bzw. E' ausbildenden, struktu-
rell dauerhaft an das erste oder zweite flächenförmige textile Gebilde G bzw. G'
aus Verstärkungsfasern B bzw. B' gebunden sind.
3. Faserverbund-Werkstoff V nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Faserenden E
30 bzw. E' dadurch gebildet werden, dass ein flächenförmiges textiles Gebilde G
aus Verstärkungsfasern B bzw. B' oberflächlich bis zu einer Tiefe von bis zu
50%, insbesondere bis zu einer Tiefe von bis zu 30% der Schichtdicke des flä-
chenförmigen textilen Gebildes G bzw. G' eingeschnitten wird, sodass die Faser-
enden E bzw. E' erzeugt werden, welche in das textile Gebilde G bzw. G' einge-
35 bunden sind.
4. Faserverbund-Werkstoff V nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekenn-
zeichnet, dass die Verstärkungsfasern B bzw. B' aus der Gruppe enthaltend Car-
bonfasern, Glasfasern und Aramidfasern ausgewählt sind.

5. Faserverbund-Werkstoff V nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das eingesetzte textile Gebilde G bzw. G' ein Gewebe, Gewirk, Gelege, Gestrick oder Geflecht ist.
- 5 6. Faserverbund-Werkstoff V nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das textile Gebilde G bzw. G' ein Gewebe ist, das aus Carbonfasern besteht.
7. Faserverbund-Werkstoff V nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Styrol-Copolymer-Formmasse A eine geschäumte Styrol-Copolymer-Formmasse ist.
10
8. Faserverbund-Werkstoff V nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Styrol-Copolymer-Formmasse A mindestens ein Copolymer aus der Gruppe Styrol/Acrylnitril-Copolymer (SAN), Acrylnitril/Butadien/Styrol-Copolymer (ABS) und/oder Acrylnitril//Styrol/Acrylester-Copolymer (ASA) und/oder Polystyrol enthält.
15
9. Verfahren zur Herstellung eines thermoplastischen Faserverbund-Werkstoffs V nach einem der Ansprüche 1 bis 8, umfassend die Schritte:
20
 - a) Bereitstellen eines ersten flächenförmigen textilen Gebildes G enthaltend Verstärkungsfasern B,
 - b) Oberflächliches Einschneiden einer ersten Seite des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G in regelmäßigen Abständen bis zu einer Tiefe von bis zu
25 50% der Schichtdicke des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G, um so Faserenden E zu bilden,
 - c) Aufbringen einer thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A auf die erste Seite des textilen Gebildes G,
 - d) Bereitstellen eines zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' enthaltend
30 Verstärkungsfasern B',
 - e) Oberflächliches Einschneiden einer ersten Seite des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' in regelmäßigen Abständen bis zu einer Tiefe von bis zu 50% der Schichtdicke des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G', um so Faserenden E' zu bilden,
 - 35 f) Aufbringen des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' auf das erste flächenförmige textile Gebilde G derart, dass die erste Seite des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G und die erste Seite des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' einander zugewandt sind und sich die Styrol-Copolymer-

Formmasse A zwischen dem ersten flächenförmigen textilen Gebilde G und dem zweiten flächenförmigen textilen Gebilde G' befindet,

g) Heißpressen des erhaltenen Schichtfolge bei einer Temperatur oberhalb des Schmelzbereiches der Styrol-Copolymer-Formmasse A, insbesondere bei 250° bis 300°C,

h) Lösen des Pressvorgangs, so dass sich die flächenförmigen textilen Gebilde G und G' voneinander entfernen und sich die auf der ersten Seite des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G und der ersten Seite des zweiten flächenförmigen textilen Gebildes G' ausgebildeten Faserenden E und E' im Zwischenraum zwischen beiden flächenförmigen textilen Gebilden G und G' aufrichten,

i) Abkühlen des Faserverbund-Werkstoffs V,

wobei der Schritt h) des Herstellungsverfahrens gegebenenfalls unter verringertem Druck durchgeführt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Verfahren zusätzlich im Anschluss an Schritt c) und vor Schritt d) des Herstellungsverfahrens die Schritte (i) bis (v) umfasst:

(i) Bereitstellen eines weiteren flächenförmigen textilen Gebildes G* enthaltend Verstärkungsfasern B*,

(ii) Oberflächliches Einschneiden einer ersten und einer zweiten Seite des weiteren flächenförmigen textilen Gebildes G* in regelmäßigen Abständen bis zu einer Tiefe von bis zu 50% der Schichtdicke des weiteren flächenförmigen textilen Gebildes G*, um so Faserenden E* auf den Oberflächen des textilen Gebildes G* zu bilden,

(iii) Aufbringen des weiteren flächenförmigen textilen Gebildes G* auf das erste flächenförmige textile Gebilde G derart, dass die erste Seite des ersten flächenförmigen textilen Gebildes G und die erste Seite des weiteren flächenförmigen textilen Gebildes G* einander zugewandt sind, und sich die Styrol-Copolymer-Formmasse A zwischen dem ersten flächenförmigen textilen Gebilde G und dem zweiten flächenförmigen textilen Gebilde G* befindet,

(iv) Aufbringen einer thermoplastischen Styrol-Copolymer-Formmasse A auf die zweite Seite des textilen weiteren Gebildes G*,

(v) ggf. wiederholen der Schritte (i) bis (iv) bis die gewünschte Anzahl an Schichtfolgen erreicht ist.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, wobei das erste flächenförmige textile Gebilde G, das zweite flächenförmige textile Gebilde G' und ggf. das weitere flächenförmige textile Gebilde G* jeweils bis zu einer Tiefe von bis zu 30%, bevorzugt von 5 bis 10% der Schichtdicke des ersten bzw. zweiten bzw. ggf. weiteren flächenförmigen textilen Gebildes G, G' bzw. G* eingeschnitten wird.
- 5
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei das erste flächenförmige textile Gebilde G, das zweite flächenförmige textile Gebilde G' sowie ggf. das weitere flächenförmige textile Gebilde G* in Abständen von 0,1 cm bis 10 cm, bevorzugt 1 cm bis 5 cm eingeschnitten werden.
- 10
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei die Styrol-Copolymer-Formmasse A mindestens ein Treibmittel enthält.
- 15
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, wobei die Styrol-Copolymer-Formmasse A mindestens ein Copolymer aus der Gruppe Styrol/Acrylnitril-Copolymer (SAN), Acrylnitril/Butadien/Styrol-Copolymer (ABS), oder Acrylnitril/Styrol/Acrylester-Copolymer (ASA) enthält, sowie die Verstärkungsfasern aus der Gruppe Carbonfasern, Glasfasern oder Aramidfasern ausgewählt ist.
- 20
15. Formteil T, erhalten nach dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 9 bis 14.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/059036

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV.	B32B5/06 B32B7/08	B32B5/22 B32B27/30
	B32B5/24	B32B5/26
		B32B7/04
ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B32B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 271 982 A (VERPOEST IGNACE H J M [NL] ET AL) 21 December 1993 (1993-12-21) column 2, line 61 - column 3, lines 19-2, 44-51; claims 1-3,,10,16; figures 2-2	1,2,4-6, 8 9,14,15
A		
Y	EP 0 356 930 A2 (GOODRICH CO B F [US]) 7 March 1990 (1990-03-07) claims 1-3,5-10,13,16,18-20; figure 3	1-6, 8-12,14, 15
X	US 6 743 742 B1 (LAROCCO MICHAEL C [US] ET AL) 1 June 2004 (2004-06-01) column 3, line 14; claims 1-5, 9; figures 1,5	1,4-8,13
Y		1-6, 8-12,14, 15
	----- -/-	
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 20 June 2016		Date of mailing of the international search report 08/07/2016
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Derz, Thomas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/059036

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 482 756 A (BERGER JEFFREY L [US] ET AL) 9 January 1996 (1996-01-09) column 3, lines 1-25; claims 1,6, 10-12,14-16; figure 1 -----	1,8
A	DE 689 15 220 T2 (MITSUBISHI RAYON CO [JP]) 29 September 1994 (1994-09-29) page 5 - page 9, line 16; claims 1,4; figures 1a,2 -----	1,4-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/059036

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5271982	A	21-12-1993	DE 9006958 U1 17-10-1991
		DE 9007289 U1 17-10-1991	
		US 5271982 A 21-12-1993	

EP 0356930	A2	07-03-1990	CA 1309938 C 10-11-1992
		EP 0356930 A2 07-03-1990	
		JP H02169237 A 29-06-1990	
		US 4888228 A 19-12-1989	

US 6743742	B1	01-06-2004	US 6743742 B1 01-06-2004
		US 2004188027 A1 30-09-2004	

US 5482756	A	09-01-1996	BR 9101203 A 05-11-1991
		CA 2036247 A1 30-09-1991	
		DE 69119137 D1 05-06-1996	
		DE 69119137 T2 28-11-1996	
		EP 0451944 A2 16-10-1991	
		ES 2086484 T3 01-07-1996	
		JP 3130956 B2 31-01-2001	
		JP H05229071 A 07-09-1993	
		US 5482756 A 09-01-1996	

DE 68915220	T2	29-09-1994	DE 68915220 D1 16-06-1994
		DE 68915220 T2 29-09-1994	
		EP 0352770 A2 31-01-1990	
		JP H0239927 A 08-02-1990	
		US 5143569 A 01-09-1992	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	B32B5/06 B32B7/08	B32B5/22 B32B27/30
	B32B5/24	B32B5/26 B32B7/04
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B32B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A Y	US 5 271 982 A (VERPOEST IGNACE H J M [NL] ET AL) 21. Dezember 1993 (1993-12-21) Spalte 2, Zeile 61 - Spalte 3, Zeilen 19-2, 44-51; Ansprüche 1-3,,10,16; Abbildungen 2-2 ----- EP 0 356 930 A2 (GOODRICH CO B F [US]) 7. März 1990 (1990-03-07) Ansprüche 1-3,5-10,13,16,18-20; Abbildung 3 -----	1,2,4-6, 8 9,14,15 1-6, 8-12,14, 15
X Y	US 6 743 742 B1 (LAROCCO MICHAEL C [US] ET AL) 1. Juni 2004 (2004-06-01) Spalte 3, Zeile 14; Ansprüche 1-5, 9; Abbildungen 1,5 ----- -/-	1,4-8,13 1-6, 8-12,14, 15
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 20. Juni 2016		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 08/07/2016
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Derz, Thomas

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 482 756 A (BERGER JEFFREY L [US] ET AL) 9. Januar 1996 (1996-01-09) Spalte 3, Zeilen 1-25; Ansprüche 1,6, 10-12,14-16; Abbildung 1 -----	1,8
A	DE 689 15 220 T2 (MITSUBISHI RAYON CO [JP]) 29. September 1994 (1994-09-29) Seite 5 - Seite 9, Zeile 16; Ansprüche 1,4; Abbildungen 1a,2 -----	1,4-6

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/059036

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5271982	A	21-12-1993	DE	9006958 U1	17-10-1991
			DE	9007289 U1	17-10-1991
			US	5271982 A	21-12-1993

EP 0356930	A2	07-03-1990	CA	1309938 C	10-11-1992
			EP	0356930 A2	07-03-1990
			JP	H02169237 A	29-06-1990
			US	4888228 A	19-12-1989

US 6743742	B1	01-06-2004	US	6743742 B1	01-06-2004
			US	2004188027 A1	30-09-2004

US 5482756	A	09-01-1996	BR	9101203 A	05-11-1991
			CA	2036247 A1	30-09-1991
			DE	69119137 D1	05-06-1996
			DE	69119137 T2	28-11-1996
			EP	0451944 A2	16-10-1991
			ES	2086484 T3	01-07-1996
			JP	3130956 B2	31-01-2001
			JP	H05229071 A	07-09-1993
			US	5482756 A	09-01-1996

DE 68915220	T2	29-09-1994	DE	68915220 D1	16-06-1994
			DE	68915220 T2	29-09-1994
			EP	0352770 A2	31-01-1990
			JP	H0239927 A	08-02-1990
			US	5143569 A	01-09-1992
